

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AYDINLATMA TASARIMININ KULLANICI ÜZERİNDEKİ FİZYOLOJİK VE
PSİKOLOJİK ETKİLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dilek ŞAHİN

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

HAZİRAN 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AYDINLATMA TASARIMININ KULLANICI ÜZERİNDEKİ FİZYOLOJİK VE
PSİKOLOJİK ETKİLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Dilek ŞAHİN
(502051728)**

Mimarlık Anabilim Dalı

Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER

HAZİRAN 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 502051728 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Dilek ŞAHİN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“AYDINLATMA TASARIMININ KULLANICI ÜZERİNDEKİ FİZYOLOJİK VE PSİKOLOJİK ETKİLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Gül KOÇLAR ORAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd.Doç.Dr. Rana KUTLU GÜVENKAYA
İstanbul Kültür Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **05 Haziran 2012**

Çok sevdiğim anne ve babama,

ÖNSÖZ

Uzun bir aradan sonra devam ettiğim yüksek lisans eğitimim süresince gösterdiği anlayış ve bu tez çalışmasının tüm süreci boyunca fikirleri, bilgisi, yorumları ve yönlendirmeleri ile sağladığı katkı için tez danışmanım Sayın Prof.Dr. Alpin Köknel Yener'e, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Programı'nda derslerini aldığım değerli öğretim üyelerine, destekleri ve sabırları için çalışma arkadaşlarıma ve tüm hayatım boyunca olduğu gibi bu çalışmam sırasında da her türlü manevi yardımları ile yanımda olan çok sevdiğim aileme teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2012

Dilek Şahin
(Elektrik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xix
1. GİRİŞ	1
2. AYDINLATMA KAVRAMI VE TANIMLAR	5
2.1 Aydınlatmanın Yararları	6
2.2 Aydınlatma Tekniğindeki Temel Kavramlar	8
2.2.1 Işık	8
2.2.2 Işık şiddeti.....	8
2.2.3 Işık akısı	8
2.2.4 Aydınlik düzeyi	9
2.2.5 Parıltı	9
2.2.6 Kamaşma.....	9
2.2.7 Renk sıcaklığı	9
2.2.8 Renksel geriverim.....	11
2.2.9 Görsel konfor koşullarının sağlanmasında eylem türüne bağlı minimum gereksinimler	12
3. AYDINLATMA TASARIMINA İLİŞKİN ELEMANLAR VE YAKLAŞIMLAR.....	13
3.1 Işık Kaynakları.....	16
3.1.1 Akkor telli lambalar.....	17
3.1.2 Flüoresan lambalar	18
3.1.3 Metal halide lambalar	19
3.1.4 Fiber optik sistemler	20
3.1.5 Led sistemler	21
3.1.6 Cold cathode sistemler.....	23
3.2 Aygıtlar	25
3.2.1 Toplayıcı tavan aygıtı	25
3.2.2 Tavana gömme aygıt	26
3.2.3 Duvar yıkayıcı aygıt	27
3.2.4 Ray ve spot aygıtı	27
3.2.5 Sarkıt aygıt	28
3.2.6 Duvara monte aygıt	29
3.3 Aydınlatma Sistemleri	30
3.3.1 Birincil aydınlatma sistemleri	30
3.3.1.1 Genel aydınlatma.....	30
3.3.1.2 Lokal aydınlatma	31

3.3.1.3 Lokal ve genel aydınlatma.....	32
3.3.2 İkincil aydınlatma sistemleri.....	32
3.3.2.1 Vurgu aydınlatması	33
3.3.2.2 Efekt yaratma	33
3.3.2.3 Yönlendirme aydınlatması.....	33
3.3.2.4 Mimari aydınlatma	34
3.3.2.5 Ruh hali aydınlatması	34
4. AYDINLATMA VE İNSAN SAĞLIĞI İLİŞKİSİ.....	35
4.1. Işığın İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri	35
4.1.1 Işığın sirkadiyen ritim üzerindeki etkisi.....	36
4.1.2 Dış görüş.....	39
4.1.3 Işığın ruh hali üzerindeki etkisi.....	41
4.1.4 Işığın performans üzerindeki etkisi.....	42
4.2. Ergonomik Aydınlatma Kavramı ve ELI Hesaplama Yöntemi	44
4.2.1 Ergonomik aydınlatma göstergesi kriterleri	46
4.2.2 ELI hesaplama programının kullanımı.....	48
4.2.3 Ofis aydınlatması için ELI hesaplama programının kullanımı.....	54
4.2.4 Örnek bir ofis binasında ELI hesaplama programının uygulanması ve sonuçların yorumlanması	68
4.3. Aydınlatma Tasarımının İnsan Sağlığı ve Ergonomi Boyutlarının Değerlendirilmesi İçin Önerilen Yaklaşımların Tartışılması.....	78
5. SONUÇ.....	87
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	95

KISALTMALAR

BREEAM	: British Research Establishment Environmental Assessment Method
CCT	: Correlated Color Temperature
ELI	: The Ergonomic Lighting Indicator
EN	: European Norm (Standard)
IR	: Infra-red
LENI	: Lighting Energy Numeric Indicator
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
SAD	: Seasonal Affective Disorder
UGR	: Unified Glare Rating
UV	: Ultraviolet
WHO	: World Health Organization

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Renk sıcaklığı, renksel geriverim (Ra) grupları	11
Çizelge 2.2 : Görsel konfor koşullarının sağlanmasında eylem türüne bağlı minimum gereksinimler	12
Çizelge 3.1 : Düzgünlük - çalışma düzlemi ile yakın çevre aydınlık düzeyi ilişkisi	14
Çizelge 4.1 : ELI değerlendirme kriterleri.....	82

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Çeşitli ışık kaynaklarının renk sıcaklığı değerleri için bazı örnekler.	10
Şekil 3.1 : Akkor telli ve halojen lambaların bazı örnekleri.	18
Şekil 3.2 : Flüoresan lamba örnekleri.	19
Şekil 3.3 : Metal halide lamba örnekleri.	20
Şekil 3.4 : Fiber optik bileşenler.	21
Şekil 3.5 : Aydınlatmada kullanılan led lamba ve aygıt örnekleri.	22
Şekil 3.6 : Cold cathode tüp, trafonun bağlantı şekli ve renkli tüpler.	23
Şekil 3.7 : Toplayıcı tavan aygıtı örnekleri.	26
Şekil 3.8 : Tavana gömme aygıt örnekleri.	27
Şekil 3.9 : Duvar yıkayıcı aygıt örnekleri.	27
Şekil 3.10 : Sıva üstü ve gömme ray aygıt örnekleri.	28
Şekil 3.11 : Spot aygıt ve mercek örnekleri.	28
Şekil 3.12 : Sarkıt aygıt örnekleri.	29
Şekil 3.13 : Duvara monte aygıt örnekleri.	29
Şekil 4.1 : Güneş ışığının insan vücuduna etkisi ile kortizol ve melatonin seviyelerindeki değişim.	36
Şekil 4.2 : 24 Saatlik ışık döngüsünün insan vücudunda neden olduğu reaksiyonlar.	37
Şekil 4.3 : 2x24 saatlik bir ritimde, 24 Saatlik doğal aydınlık-karanlık döngüsünde insandaki vücut ısı, melatonin, kortizol ve uyanıklık seviyeleri arasındaki ilişki.	38
Şekil 4.4 : Aydınlatma koşullarının görme, sirkadiyen ve algısal sistem yolu ile insan performansına etkilerini gösteren şema.	43
Şekil 4.5 : Örümcek ağ grafiği kullanarak ELI değerlendirme örneği.	45
Şekil 4.6 : ELI program ekranı.	50
Şekil 4.7 : Proje bilgilerinin yazıldığı ve yapı tipinin seçildiği ekran.	51
Şekil 4.8 : Ofis, eğitim binaları, hastaneler ve toptan-perakende satış alanları için standart gereksinimleri ve değerlendirme sonucunu gösteren el örümcek ağ grafiği.	51
Şekil 4.9 : ELI kriterler ekranı.	52
Şekil 4.10 : ELI gereksinimler ve değerlendirme sonucunun örümcek ağ grafik gösterimi.	53
Şekil 4.11 : ELI kriterlerinin açılımı üzerinde mouse hareket ettirildiğinde ekrana gelecek bilgi kutucuğu.	53
Şekil 4.12 : ELI kriterlerinin seçenekleri üzerinde mouse hareket ettirildiğinde ekrana gelecek bilgi kutucuğu.	54
Şekil 4.13 : Görsel performans kısmının değerlendirildiği kriterler.	55
Şekil 4.14 : Görünüm kısmının değerlendirildiği kriterler.	58
Şekil 4.15 : Görsel konfor kısmının değerlendirildiği kriterler.	60
Şekil 4.16 : Canlılık-yaşam gücü kısmının değerlendirildiği kriterler.	63
Şekil 4.17 : Yetkilendirme kısmının değerlendirildiği kriterler.	66

Şekil 4.18 : İncelenen ofis binası kat planı.....	69
Şekil 4.19 : Ele alınan ofis bölümünün planı	70
Şekil 4.20 : Dialux aydınlatma programı sonuçlarına göre elde edilen görsel ve çalışma düzlemi için aydınlık düzey sonuçları.	71
Şekil 4.21 : Standart değerlere göre ELI-LENI Stamp (grafik) ekranı.....	75
Şekil 4.22 : Standart değerler ve değerlendirme sonuçları için ELI-LENI Stamp (grafik) ekranı.	75
Şekil 4.23 : ELI-LENI Data-sheet (veri sayfası)	76

AYDINLATMA TASARIMININ KULLANICI ÜZERİNDEKİ FİZYOLOJİK VE PSİKOLOJİK ETKİLERİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

ÖZET

Yaşamın döngüsünün devamı ve insanın günlük gereksinimlerini yerine getirebilmesi için ışığa gerek duyulur. Günışığının yetmediği zamanlarda insanların görsel ihtiyaçlarını yerine getirebilmesi için yapma aydınlatma sistemlerinin tasarlanması gerekir.

Aydınlatma tasarımının öncelikli amacı farklı görevleri yerine getirebilecek, mekân ve nesneleri algılayabilecek görsel koşulların; kısacası görsel konfor koşullarının sağlanmasıdır. Görsel konfor, ışığın nicelik ve niteliğine bağlıdır. Işığın niceliği yani gerekli aydınlık düzeyleri her bir aktivite için standartlara göre belirlenir. Işığın kalitesi ise ışığın doğrultusu, renk, renksel geriverim ve aydınlığın düzgünlüğünü içerir. Günışığı mükemmel kalitededir ve yapma aydınlatmanın spektrumu mümkün olduğunca doğal ışığa yakın olmalıdır. Aynı zamanda göz sağlığının korunması ile de ilişkilidir.

Işık sadece görmemizi sağlamaz aynı zamanda sağlığımız, biyolojik ritmimiz, ruh halimiz, iyi hissetmemiz ve performansımız üzerinde de etkilidir.

Bu çalışmada aydınlatma tasarımının kullanıcılar üzerindeki fizyolojik ve psikolojik etkileri incelenmiştir.

Öncelikle aydınlatmanın yararları ve temel aydınlatma kavramları ele alınmıştır. Bu bölümdeki bilgiler ağırlıklı olarak standartlar ve aydınlatma ile ilgili temel kaynaklar incelenerek derlenmiştir.

3.bölümde ışık kaynakları, aygıtlar ve bunlar kullanılarak tasarlanan aydınlatma sistemleri üzerinde durulmuştur.

Bölüm 4.1' de ışık ve sağlık ilişkisine yer verilmiş, ışığın sirkadiyen ritim, performans ve ruh hali üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Bölüm 4.2 aydınlatmanın hem fizyolojik hem de psikolojik etkilerini göz önüne alarak geliştirilmiş olan " Ergonomik Aydınlatma Göstergesi -ELI " programı ve ofis yapıları için programın kullanımı hakkında bilgi vermektedir.

Bölüm 4.3' de aydınlatma tasarımını ergonomik olarak değerlendiren ELI kriterlerinin bir önceki bölümlerdeki başlıklarla olan ilişkisi yorumlanmış ve önerilerde bulunulmuştur.

Sonuç bölümünde ışık ve sağlık ilişkisine tekrar değinilmiş, aydınlatma tasarım bilincinin Türkiye' deki durumundan bahsedilmiş ve sadece fizyolojik koşullara göre değil ışığın psikolojik etkilerine göre aydınlatma sistemlerinin tasarlanmasının öneminden bahsedilmiştir.

THE ASSESSMENT OF THE PHYSIOLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL EFFECTS OF LIGHTING DESIGN ON OCCUPANTS

SUMMARY

The light is required for the cycle of life and to perform people's daily needs. When natural light is not enough in a space, artificial lighting systems should be designed for people's visual activities.

The primary objective of the lighting design is providing the visual conditions that can enable to perform different visual tasks and perceive of place and objects, briefly visual comfort conditions. Visual comfort depends on the quantity and quality of light. The lighting quantity so required light level is determined for the particular activity according to standards. The quality of light includes the direction and colour of light, colour rendition, illuminance uniformity. Daylight has excellent quality and the light spectrum of artificial light should be as close as possible to that of natural light. Besides, it is related with the protection of eye health.

Light not only enables people to see; it also affects on our health, biological rhythm, mood, sense of wellbeing and performance.

In this study the physiological and psychological effects of lighting design on user has been analyzed.

Firstly, the benefits of lighting and basic lighting concepts have been discussed. The information in this chapter is compiled to mainly research standards and key resources that related to lighting.

The lighting sources, fixtures and the lighting systems that are designed using these components have been emphasized in the chapter 3.

The relation between light and health are featured and the effects of light on circadian rhythm, performance and mood are examined in the chapter 4.1.

The link between daylight and human health is becoming increasingly clear. Daylight can have health effects on skin, eyes, hormone secretions, and mood. Essentially daylight stimulates the production of vitamin D, an essential element for maintaining a healthy immune system and plays a major role in the control of our circadian rhythm - the cycle that regulates our body's sleep at night and alertness during the day. Its temporal variation may be used to combat jet lag and sick building syndrome.

During the evolution of life on earth, with its sunlight characteristic spectrum and variations between day and Night life has had a decisive impact on most existing Their forms and their adaptation to natural environments. As a direct consequence of this, humans display a including circadian rhythm of approximately 24 hours, amongst other things, sleep and wakefulness, body temperature, metabolism, hormone production, and fluctuations in attention and behavior.

Light sends signals via the novel photoreceptor cells and a separate nerve system to our biological clock, which in turn regulates the circadian (daily) and circannual

(seasonal) rhythms of a large variety of bodily processes. The hormones cortisol (“stress hormone”) and melatonin (“sleep hormone”) play an important role in governing alertness and sleep. Cortisol, amongst others, increases blood sugar to give the body energy and enhances the immune system. The level of the sleep hormone melatonin drops in the morning, reducing sleepiness. For good health, it is of importance that these rhythms are not disrupted too much. In case of a disruption of the rhythm, bright light in the morning helps restoring the normal rhythm.

Light is essential to enable vision. Photoreceptors in the human eye pick up the contrast and colour of light emanating from the objects around us, and this is translated into images in the visual cortex of the brain.

Windows are highly valued for their views of the natural environment and for their connection to the outdoors. Movement and changes in light levels throughout the day can be mentally restful or stimulating. Views of landmarks or scenes can give a sense of place. Time of day, weather conditions, and personal safety conditions can be determined by a glance out the window. Interiors without sufficiently large side windows and without clear or lightly tinted glass can cause claustrophobia.

Lack of daylight has been linked to ‘sick building’ syndrome, with some research showing a direct link between a worker’s distance from the window and symptoms of illness.

A 1998 World Health Organization report noted that up to 30% of new and remodeled buildings worldwide may be linked to health problems. ‘Sick Building Syndrome’ (SBS) is a term used to describe situations in which building occupants experience discomfort and even acute health problems that appear to be related to time spent in the building, even when no specific illness or cause can be identified.

The incidence of illness is significantly higher in some buildings than in others. The symptoms that characterize ‘sick building syndrome’ are sore eyes, running nose, headaches, mucous membrane irritation, dry skin, dizziness and nausea. No single, specific cause has been found. It is believed that the syndrome is caused by a combination of poorly adjusted ventilation, air conditioning, temperature, humidity and lighting and psychological factors such as stress, management style and tedious work schedules.

In some climates, daylight systems that provide more illuminance during the winter and less during the summer (in inverse proportion to daylight availability) are considered more desirable, to counter the effects of seasonal affective disorder.

Our chronobiological rhythms are also influenced by summer and winter. In the dark months of the year, we tend to be less fit, we have difficulties concentrating and our responses are slower. We also eat more, so our body weight increases and blood sugar levels rise.

The seasonal depression often found among people living in northern latitudes and typically referred to as Seasonal Affective Disorder (SAD) is a commonly known effect of light that is related to our endocrinal system. The term was first used by Dr Norman E. Rosenthal in 1981 to describe the depression brought about by lack of daylight. SAD is an emotional disorder characterized by drastic mood swings, lowered energy, and depression.

Studies have also found that the colour of lighting can have an effect on a persons’ mood and work performance.

The productivity of an individual or an organization can be defined as the ability to enhance work output through increases in either quantity and / or quality of the product or service to be delivered. There are three routes by which lighting conditions can influence the performance of individuals: through the visual system, through the perceptual system and through the circadian system. The capabilities of the determined by the lighting conditions are visual system. The state of the circadian system is influenced primarily by the light - dark cycle. The "message" delivered by the perceptual system is influenced by many factors, lighting being just one of them.

In the chapter 4.2 provide information about The Ergonomic Lighting Indicator (ELI) which has been developed to consider both physiological and psychological effects of lighting and introduction using of program for office buildings.

Zumtobel, encouraged and supported by intensive research activities, has made lighting quality measurable for the first time ever. The Ergonomic Lighting Indicator (ELI) now makes it possible to express lighting quality, in all its diversity, in figures, showing a total of five aspects of quality: visual performance, vista, visual comfort, vitality and empowerment are shown in a spider chart which comprises five axes. This assessment system makes it possible to make even complex design parameters apparent at a glance. Quality criteria and assessment methods were developed in close cooperation with Professor Christoph Schierz (Swiss Federal Institute Of Technology Zurich). These were used to produce simplified questionnaires regarding practical day-to-day work.

Light for visual functions; people need a minimum level of light in order to perform visual tasks and identify objects. This level varies greatly depending on the particular application area. The visual demands made by an office are different to those of a retail area, and discussions require different lighting qualities than working at a PC. For many areas and activities, these basic visual requirements are summarized in standards and recommendations concerning brightness, uniformity, glare limitation, colour and contrast rendition.

Light which has an emotional effect; relaxing or working, stimulating or calming: the various ways in which light can be used to evoke emotions matches the whole gamut of human emotions. For instance, a room is much more inviting if light is used to attractively illuminate the vertical surfaces and objects in the room. Colors also produce significant effects.

Light which has a biological effect; nature provides the perfect model for using light to achieve biological changes. Daylight has left its imprint on humans. The succession of light and darkness is reflected in our waking and sleeping patterns and hence our circadian rhythms. A light spectrum with sufficient blue components inhibits the production of melatonin, and has a favourable effect on alertness and readiness for action in the morning and early afternoon. Warm colors in the evening interfere with melatonin production and favour relaxation.

The relation between ELI criteria, which evaluate lighting design as ergonomic and headlines in the previous chapters are interpreted and made suggestion.

In the conclusion, the relation of light and health again are mentioned, the condition's sense of the lighting design in Turkey and the importance of lighting systems are designed not only physiological requirements but also accordingly psychological effects are examined.

1. GİRİŞ

Işık yaşamdır. Yaşamımızın her safhasında ışık vardır. Temel gereksinimlerimizden biridir. Çevremizi diğer duyularımızla da algılayabilir, tanımlayabiliriz, ama gözümüz ile bu algılama ve tanımlama, çok daha kolay ve ayrıntı düzeyinde kesin olabilmektedir. İnsan yönünü belirlemekte önce gözlerini kullanır. Algıladığı çevre bir görüntüler dünyasıdır. Algılanan tüm bilgilerin %80'i, duyu organlarının en önemlisi olan göz ile gerçekleştirilir. Işık olmasa bu yolla bilginin algılanması da mümkün olmazdı [1].

Günlüğü bir mekânın aydınlatma ihtiyacını günün her saatinde ve mekânın tümünde karşılayamaz. Günlüğünün yetmediği veya hiç günlüğü almayan mekânlar için uygun yapma aydınlatmanın tasarımı gerekir.

Görebilmek için öncelikle ışık ve onun yansıyabildiği yüzeylerin olması şarttır. Yani görsel konfor için yeterli bir aydınlatmanın sağlanması gerekmektedir [1]. Görsel konfor aydınlık düzeyi, düzgünlük, kamaşma, ışık kaynağının rengi veya renksel geriverimi gibi ölçülebilir ya da tanımlanabilir büyüklükleri içermektedir. Farklı faaliyetler için standartların belirlemiş olduğu uygun aydınlık düzeylerinin sağlanması, mekânın düzgün aydınlatılmış olması ve doğru renkte lamba seçimi ile görsel işlevlerin yerine getirilebileceği uygun aydınlatma tasarımları sağlanabilir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde öncelikle aydınlatma kavramı, aydınlatmanın yararları ve temel aydınlatma kavramlarına yer verilmiştir. Bu bölüm görsel koşulların sağlanması için gerekli ışık şiddeti, ışık akısı, aydınlık düzeyi, kamaşma, renk sıcaklığı ve renksel geriverim gibi temel aydınlatma tanımlarını içermektedir. Mekânlar ve bu mekânlarda yapılacak faaliyetlere göre EN 12464-1standartlarına göre farklı aydınlık düzeyleri tanımlanmıştır. Örneğin ofislerde çalışma alanlarında 500 lux, çizim yapılacak alanlarda 750 lux, kütüphanelerde rafların aydınlatması için 200 lux ve tekstil atölyelerinde kalite kontrol alanlarında 1000 lux aydınlık düzeyinin sağlanması gerekmektedir. Görsel konfor koşulları için renk sıcaklığı ve renksel geriverim önemlidir. Renk ayrımının önemli olduğu faaliyetlerde renksel geriverimi

90 ve üstü lambaların kullanılması gerekir. Ortamlarda yaratılmak istenilen atmosfere göre de kullanılacak lambaların renk sıcaklıkları değişecektir. Rahat, dinlendirici ve sıcak bir ortam etkisi için ışık rengi sıcak lambalar tercih edilirken, özellikle çalışma alanlarında zindelik ve ferahlık hissi için ışık rengi daha soğuk lambalar kullanılmalıdır.

Üçüncü bölümde aydınlatma tasarımıındaki yaklaşımlar ve elemanlara yer verilmiştir. Bu bölümün ana başlıkları ışık kaynakları, aygıtlar ve aydınlatma sistemleri sırasını takip etmektedir. Öncelikle yapma ışık kaynaklarının teknik özellikleri, kullanım alanları, diğer kaynaklara göre avantaj ve dezavantajları hakkında bilgiye yer verilmiş, aygıtlar tanıtılmış, bu ışık kaynakları ve aygıtların kullanımı ile tasarlanan aydınlatma sistemlerine değinilmiştir.

Yapılan araştırmalar ışığın sadece görmeyi sağlamadığı, en başta sağlık ve insanın biyolojik ritmi olmak üzere ruh hali ve performans üzerinde de önemli etkilerinin olduğunu kanıtlamıştır.

Biyolojik ritim aydınlık-karanlık döngüsüne paralel olarak devam eden, uyku-uyanma, zinde ya da yorgun olma, vücut sıcaklığı ve bazı hormonların salgılanma düzenini etkilemektedir. Gün batımı ve karanlıkla beraber vücut sıcaklığı azalır, vücuda dinlenme ve uyku sinyali gönderen melatonin hormonun salgısı artar. Sabah saatlerinde günün ışıması ile vücut sıcaklığı ve vücuda uyanma, güne ve günün aktivitelerine hazırlanma sinyalini iletecek olan kortizol hormonun salgısı artar. Bu ritim bu şekilde bir süreklilik gösterir. Uzun süreli olarak gece vardiyalarında çalışma ya da aralarında fazla zaman farklılığı olan yerlere yapılacak yolculuklar sonrası biyoritmin düzeninde aksamalar yaşanabilir. Bu durum uyku düzensizliklerine, yorgunluğa ve adaptasyon sorunlarına neden olabilir.

Bölüm 4.1' de ışık ve sağlık ilişkisi incelenmiş, ışığın biyoritm süreçleri, ruh hali ve performans üzerindeki etkilerine değinilmiştir. 4.1.2' de "Dış görüş" başlığı altında mekânda bulunan pencereler ve bu sayede mekâna dağılımı sağlanan günışığının yararları ve günışığı eksikliğinin neden olduğu hasta bina sendromu konusuna yer verilmiştir.

Modern yaşam biçimleri ve sanayileşen çalışma koşulları ile insanlar kapalı alanlarda daha fazla vakit geçirmeye başlamıştır. Uzun süre vakit geçirilen bu ortamların insanlar için daha konforlu ve rahat edebilecekleri mekânlar olarak tasarlanması

konusu gündeme gelmiş bu da "Ergonomi" bilimini geliştirmiştir. Ergonomi insanların anatomik, fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarını göz önüne alarak yaşam ve çalışma alanları tasarlayan bilim dalıdır. Bölüm 4.2' de öncelikle ergonomi ve ergonomik aydınlatmanın tanımı yapılmıştır.

Bölüm 2' de temel aydınlatma büyüklükleri, bölüm 3' de ışık kaynakları, aygıtlar ve aydınlatma sistemleri, bölüm 4.1' de ışığın fizyolojik ve psikolojik etkileri üzerinde durulmuştur. Bölüm 4.2' den itibaren devam eden başlıklar altında da önceki bölümlerde değinilen konuları referans alarak geliştirilmiş olan, "Ergonomik Aydınlatma Göstergesi - ELI" programının tanımı, aydınlatma tasarımını değerlendirme kriterleri, ofis yapısı örneği için programın kullanımı, değerlendirme sonuçlarının nasıl yorumlanması gerektiği hakkında bilgi verilmiş ve bölüm 4.3' de aydınlatma tasarımının insan sağlığı ve ergonomi boyutlarının değerlendirilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

Bu çalışmada ele alınan konular, ışığın insanlar için görmeyi sağlayan fiziksel bir büyüklük olmasının yanı sıra sağlık, biyolojik saat, ruh hali ve performansı da etkileyen önemli bir etken olduğunu göstermektedir.

İnsan ve çevreye duyarlı yapıların tasarlanmasını sağlayan bina sertifika sistemleri kredilendirmede iç mekân fiziksel çevre kalitesi ve sağlık-konfor başlıkları altında aydınlatma çözümlerini de değerlendirmektedir. Bu değerlendirmeler ağırlıklı olarak enerji tüketimini azaltmaya yönelik olmakla beraber dış görüşün sağlanması, mekânın belli oranlarda günışığı alması ve görsel konforu sağlayacak aydınlatma çözümlerinin sağlanması gibi bu çalışmanın içinde yer alan konu başlıklarını da değerlendirmektedir. Işığın olumlu psikolojik etkilerinden yararlanılarak elde edilecek faydaların bilinirliği ile aydınlatmada ergonomi ve kalite konusunun bu sertifikalandırmalar içinde daha fazla yer edinebileceği hatta aydınlatma tasarım kalitesini değerlendirecek ayrı bir sertifikalandırma sistemin oluşturulmasının çok uzak bir ihtimal olmayacağı düşünülmektedir.

2. AYDINLATMA KAVRAMI VE TANIMLAR

Aydınlatma bir ışık kaynağının bir nesneye ya da belirli bir çevreye ışık yollayarak onun görünürlüğünün sağlanması anlamına gelir. Aydınlatma, kısa tanımı ile “nesnelerin ve çevrenin gereği gibi görülebilmesini sağlamak amacı ile ışık uygulamak” tır. Yani, Uluslararası Aydınlatma Komisyonunca da benimsenmiş olan bu tanıma göre, aydınlatma, ışıklı reklamlar gibi nesneleri ışıklı kılmak değil, bu nesnelere ve çevrelere ışık yollayarak görünmelerini sağlamaktır [2].

“Aydınlatma”; belirli nesne ve yüzeyler üzerine, görsel algılamaya en elverişli biçimde ışık uygulamaktır. “Aydınlatma tekniği” ise; insan gözünün ışık ve renk görme özelliklerini, lambaların ve aydınlatma aygıtlarının türlü özelliklerini, yüzeylerin ve gereçlerin ışık yansıtma ve geçirme özelliklerini, estetik ve mimari kavramları, türlü ölçme tekniklerini oldukça karmaşık hesapları içeren çok geniş alana yayılmış bilimsel veri ve bilgilerden yararlanan bir bilim, sanat dalı ve uzmanlık koludur [2]. Buna göre aydınlatmanın amacı; ışık kaynağının değil bu kaynağın aydınlattığı çevre ve nesnelerin görünür duruma gelmesidir [3].

Aydınlatmada görünürlüğün sağlanması; iyi bir görüntünün elde edilmesi ve görüntünün gereği gibi olmasının sağlanması olmak üzere amacı bakımından fizyolojik, dekoratif ve dikkati çeken aydınlatma olarak üçe ayrılabilir. Fizyolojik aydınlatmada amaç cisimleri, şekil, renk ve ayrıntıları ile kolay ve hızlı bir şekilde görünürlüklerinin sağlanmasıdır. Dekoratif aydınlatmada amaç cisimleri ayrıntıları ile göstermek değil mimari öğeleri de kullanarak daha çok estetik etkiler uyandırmaktır. Dikkati çeken aydınlatmada ise amaç dikkati çekmek yani reklam yapmaktır. Bunun için yüksek aydınlık düzeyleri, renkli ışık kaynakları, değişken ışık şekilleri ve yanıp sönen düzenekler kullanılır.

1-Görünürlüğün sağlanmasında amaç, nesnelerin varlıklarının görsel yolla anlaşılır duruma gelmesi gibi tanımlanabilir. Bu yaklaşımda amaç yalnızca aydınlığın niceliği yani kaç lux aydınlık elde edildiğidir. Aydınlatma biliminin temel ilkeleri göz önüne

alınarak düzenlenmiş bir çevrede, kullanıcının-ki çoğunlukla insandır- görsel konfor gereksinimleri yerine getirilmiş olur ve böylelikle de;

- a- Gözün görme yeteneği artar (görüş keskinliği, görme hızı artar)
- b- Göz sağlığı korunur, görme bozukluklarına neden olmaz,
- c- Görsel performans artacağından, yapılan işin verimi artar böylelikle de ekonomik yarar sağlanır.
- d- Psikolojik açıdan görsel konfor sağlanır, kullanıcı içinde bulunduğu çevrede kendini mutlu hisseder.
- e- İyi görememe veya görme yanlışlarının neden olduğu kazalar azalır.
- f- Güvenlik duygusu sağlanır.

2- İyi bir görüntünün elde edilmesinde, aydınlığın niceliği yanında ve ondan çok daha önemli olarak aydınlığın niteliği konusu devreye girer. Görme koşullarının “iyi” olarak nitelendirilmesi, aydınlatma tekniğinde aşağıdaki sonuçların elde edilmiş olması koşuluna bağlanmıştır.

- a- Görünmesi gereken en ufak parçaları kolayca görebilmek,
- b- Yüzey biçimleri ve dokuları doğru algılayabilmek,
- c- Devingenliği, yön, hız, ivme vb. bileşenleri ile doğru algılayabilmek,
- d- Renkleri doğru görebilmek ve en ufak renk ayrımlarını fark edebilmek,
- e- “İyi görme” yi yorulmadan uzun süre görebilmek.

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

3- Aydınlatma ile elde edilen görüntünün gereği gibi olması, yani belli bir amaca, bir isteğe uygun olması, konuya yalnız teknik açıdan değil, buna ek olarak sanatsal ve mimari açıdan da yaklaşmayı zorunlu kılar. Bu durumda aydınlatma tekniği belli estetik kurallar bir mimari anlayış içinde uygulanmalıdır [3].

Yukarıdaki ilk iki madde fizyolojik, üçüncü madde ise dekoratif ve dikkati çeken aydınlatmanın amacını ifade etmektedir.

2.1 Aydınlatmanın Yararları

Aydınlatmanın iyi yapılması [4,5];

– Ekonomik potansiyeli artırır: Endüstri kuruluşlarında gece vardiyalarında da gündüz çalışma sırasında elde edilen iş verimi düzeyine erişilebilmesi için iyi ve kaliteli bir aydınlatma gereklidir. Böylece vardiya sistemiyle ekonomik potansiyel ve çalışma hacminin artmasına katkı sağlanacaktır.

– Göz sağlığını korur: İyi ve doğru aydınlatılmamış bir ortamda göz sağlığı olumsuz yönde etkilenecektir. Gözün yapısı, isleyişi, özellikleri ve fizyolojik-optik esaslar göz önüne alınarak yapılacak iyi bir aydınlatma hem göz sağlığını koruyacak hem de psikolojik olarak insanları olumlu bir şekilde etkileyecektir.

– Gözün görme yeteneğini artırır: Etrafımızdaki cisimleri gözün görme yeteneği sayesinde algılamaktayız. Görme yeteneği; kontrast duyarlılığı, şekil duyarlılığı (kesinlik) ve görme hızının bileşiminden oluşmaktadır. Gözün görme yeteneği, kontrast ve şekil duyarlılığı ile algılama hızı gibi kriterleri kapsar. Bunların artırılabilmesi veya bazı durumlarda en azından optimize edilebilmesi iyi bir aydınlatmayla mümkündür.

– İş verimini artırır: Görme koşullarının iyileştirilmesiyle gözün gereğinden fazla yorulması engellenecek ve görme düzeyi artacaktır. Bu şekilde yapılan işin verimi, hızı ve kalitesi artacak, hatalar azalacaktır. Bu konuda yapılan araştırmalara göre, aydınlık düzeyi 300 lux’ den 500 lux’ e çıkarılması halinde verimliliğin ağır işlerde %10, kolay işlerde %2,5 oranında arttığı tespit edilmiştir.

– Kazaları azaltır: Özellikle fabrikalarda ve sanayi tesislerinde, ayrıca trafiği yoğun olan yollar başta olmak üzere dış aydınlatmada kazaları oluşturabilecek etkenler iyi bir aydınlatma ile daha erken ve açık biçimde görülüp fark edilebileceği için kazalar azaltılabilir.

Özellikle flüoresan lambaların yani deşarj prensibine göre çalışan lambaların kullanıldığı ortamlarda, titreşimin önüne geçilmemesi halinde stroboskopik olay yüzünden, yani dönen motorların sanki duruyormuş veya ters yöne dönüyormuş gibi görülmesine yol açan görsel algılama hataları ortaya çıkar. Bu da çalışan işçilerin duruyormuş gibi görünen iş makinelerine el veya kollarını kaptırmalarına yol açabilir.

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından yapılan bir araştırmaya göre daha önceden aydınlatılmamış veya aydınlatması iyi olmayan yolların, aydınlatma tekniğine göre aydınlatılmasının yapılması halinde ölümle sonuçlanan kazalarda

%50, ciddi hasar meydana getiren kazalarda %67 ve hafif kazalarda %84'lük bir azalma meydana geldiği tespit edilmiştir.

– Güvenliği sağlar: İyi bir aydınlatmanın en önemli yararlarından biri de güvenliğin sağlanmasına yaptığı katkıdır. Hırsızlık, gasp, cinayet gibi yasa dışı davranışlar genellikle karanlık veya iyi aydınlatılmamış ortamlarda gerçekleşir. Aydınlatma suç işleyecek kişiler için caydırıcı etkenlerden biri olarak değerlendirilebilir.

– Yaşam konforunu artırır: Günümüzde, belirli bir yaşam standardının sağlanması ve estetik duyguların cevaplandırılması da temel ihtiyaçlardan biri olarak kabul edilmektedir. Bu psikolojik ihtiyaçların yanı sıra görme konforunu sağlamaya yönelik olarak fizyolojik ihtiyaçları karşılamak gibi kriterler de aydınlatmada göz önünde bulundurulmalıdır.

İyi bir aydınlatma ile yukarıda ifade edilen yararları sağlamanın yanı sıra, elektrik enerjisinden tasarruf yapılarak başarılı bir enerji yönetimi de gerçekleştirilecek böylece de ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır [4,5].

2.2 Aydınlatma Tekniğindeki Temel Kavramlar

Aydınlatma tekniği ışığa ait ölçme ve değerlendirme yapabilmeyi sağlayan standartlaşmış kavramları içermektedir.

2.2.1 Işık

Işığın, sözlük tanımı “görsel duyum uyandıran elektromanyetik ışınım” şeklinde yapılabilir. Aydınlatmayı, dolayısıyla da görmeyi sağlayan kaynaklara da ışık kaynağı diyebiliriz [6].

2.2.2 Işık şiddeti (I)

Işık şiddeti, bir noktadan belirli bir yönde birim katı açı başına yayılan ışık akısıdır. Bir bakıma kaynağın belirli bir yönde yaydığı ışık enerjisidir. Bir ışık kaynağından çıkan ışık akısının belirli bir doğrultudaki miktarıdır. Ölçü birimi Candela (cd) ‘dır [1].

2.2.3 Işık akısı (Φ)

Işık akısı ışık enerjisinin akış miktarı olarak tanımlanabilir. Bir lambanın ışık gücünü ifade eder. Birimi lümenidir:

Bir kürenin merkezindeki noktasal bir ışık kaynağının küre yüzeyinde oluşturduğu ışık akısı $4\pi I$ lümenidir. Burada, I , ışık şiddetini 1 cd, kürenin yarıçapını da 1 m kabul edersek ışık akısının birimi olan lümeni elde ederiz. Kürede her 1 metrekare yüzeye 1 lümen ışık akısı düşer [1].

2.2.4 Aydınlık düzeyi (E)

Aydınlık düzeyi, düşen ışıksal akının aydınlatılacak yüzeye olan oranını bildirir. Aydınlık düzeyi, 1 lm değerindeki ışık akısının 1 m² alana sahip bir yüzeye eşit yayılmış şekilde düştüğü durumda 1 lux (lm/ m²) değerindedir. “E” harfi ile sembolize edilir $E \text{ (lux)} = \phi \text{ (lm)} / A \text{ (m}^2\text{)}$ [1].

2.2.5 Parıltı (L)

Birim yüzeydeki ışık şiddeti; yani ışık yoğunluğu ışıklılıktır (luminans olarak da adlandırılır). Birimi cd/m²’ dir [1]. Kendinden ışıklı olmayan yüzeyler için, parıltı, o yüzeyin yansıtma çarpanı ile yüzey üzerindeki aydınlık düzeyinin çarpımına bağlıdır. Örneğin, açık renkli bir yüzey ile koyu renkli bir yüzeyin aynı parıltıda görünmeleri için, koyu renkli yüzey, belli bir oranda daha fazla aydınlatılmalıdır. Bu oran her iki yüzeyin yansıtma çarpanlarının oranıdır [7].

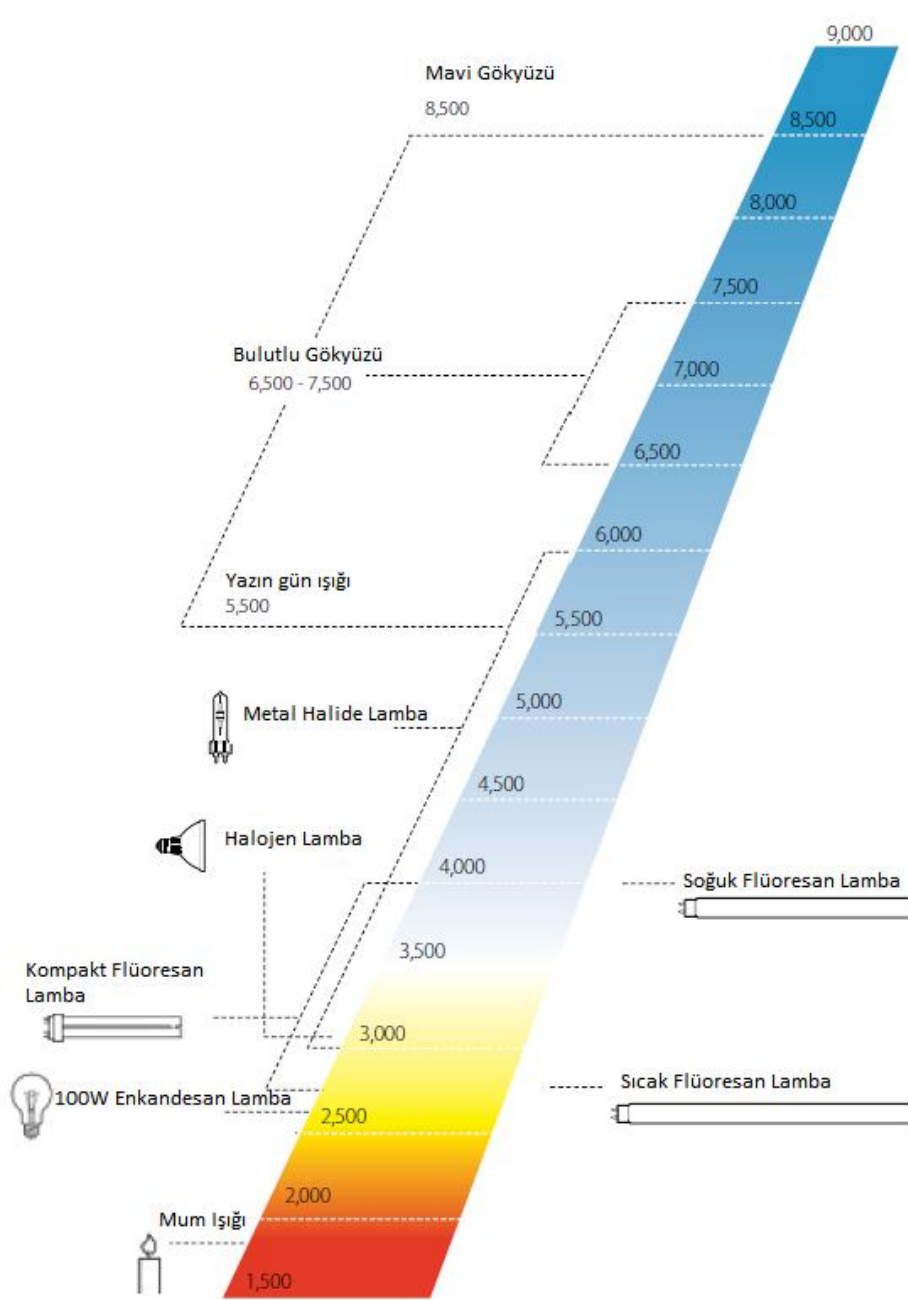
2.2.6 Kamaşma

Kamaşma görüş alanı içindeki yüzeylerin parıltısına bağlı olarak ortaya çıkmakta, konforsuzluk ve yetersizlik kamaşması olarak gerçekleşmektedir. Parlak yüzeylerden yansıyan ışık yansımış kamaşmaya neden olmaktadır. Kazaların, yorgunluğun ve hataların önlenmesi için kamaşmanın sınırlandırılması gerekmektedir. Hacimlerde lambalar veya pencereler konforsuzluk kamaşması yaratabilmekte, bunu önleyici gerekli önlemler alındığında yetersizlik kamaşması da önemli bir sorun olmamaktadır. Kamaşmanın değerlendirilmesi UGR (Birleşik Kamaşma Endeksi, Unified Glare Rating) değerlerine bağlı olarak yapılabilir [8].

2.2.7 Renk sıcaklığı

Renk sıcaklığı, bir kütlenin belirli bir renkte ışık vermesi için ısıtılması gereken sıcaklık olarak tanımlanabilir. Birimi Kelvin’dir. Siyah cisim ısıtıldığında, belirli bir sıcaklık düzeyine ulaştığında önce koyu kırmızı, daha sonra sırası ile kırmızı, turuncu,

sarı, beyaz ve sonunda mavi beyaz bir ışık yaymaktadır. Şekil 2.1' de çeşitli ışık kaynakların renk sıcaklığı değerleri için bazı örnekler verilmiştir [1].



Şekil 2.1 : Çeşitli ışık kaynaklarının renk sıcaklığı değerleri için bazı örnekler [9].

Işık ve renk mekânın atmosferinin yaratılmasında, sıcak ya da soğuk bir mekân olarak algılanmasında, kişinin ruh hali ve psikolojisi üzerinde etkilidir. Aydınlatılacak yerin özelliklerine ve işlevine göre uygun renk sıcaklığı seçilmelidir [1].

Lambalar için ışık rengi, renk sıcaklığı ile üç ana grupta tarif edilmektedir:

- * Sıcak beyaz < 3300 K
- * 3300 K < Doğal beyaz < 5000 K
- * Günışığı beyazı > 5000 K [8].

2.2.8 Renksel geriverim (R_a)

Çevrenin ve objelerin renklerinin doğal ve doğru olarak algılanmasının sağlanması görsel performans, rahat ve iyi hissetme için çok önemlidir. Bir ışık kaynağının renksel özelliği renksel geriverim indeksi ile tanımlanır [8].

Kullanılan yere ve görüş amacına bağlı olarak, yapay ışığın, renk algılamanın olabildiğince hassas gerçekleşmesini (günışığında olduğu gibi) sağlanması gerekir. Bunun için ölçüt, bir ışık kaynağının renksel geriverim özellikleridir. Bu özellikler “Genel Renksel Geriverim Endeksi” (R_a) olarak ifade edilirler. $R_a = 100$ değerine sahip bir ışık kaynağı tüm renkleri, referans ışık kaynağı altındaki gibi optimal gösteri veya R_a değeri azaldıkça renklerin doğru olarak algılanması da giderek azalacaktır [10]. Çizelge 2.1’ de renksel geriverim, R_a grupları verilmektedir [8,11].

Çizelge 2.3 : Renk sıcaklığı ve renksel geriverim R_a grupları [8,11].

Renksel Geriverim Grupları	CIE genel renksel geriverim indisi (R_a)	
1A	$R_a \geq 90$	Tam renk algılamanın çok gerekli olduğu yerler
1B	$90 \geq R_a \geq 80$	Tam renk algılamanın gerekli olduğu resim galerisi, müze, mağaza gibi hacimler
2	$80 \geq R_a \geq 60$	Renk algılamanın orta derecede gerekli olduğu yerler
3	$60 \geq R_a \geq 40$	Renk algılamanın az önemli olduğu fakat renkte bozulmaların istenmediği yerler
4	$40 \geq R_a \geq 20$	Renk algılamanın hiç önemli olmadığı ve renkte bozulmalara izin verilebilen yerler

Tam renk algılamanın çok gerekli olduğu tekstil, boya, baskı gibi konularda çalışılan ortamlarda ışığın rengi olabildiğince doğal ışığa yakın olmalı, ışık kaynaklarının R_a değeri 90 veya üzerinde olmalı ya da başka bir ifade ile R_a değerine göre 1A sınıfından ışık kaynakları seçilmelidir. Tam renk algılamanın gerekli olduğu resim galerisi, müze, mağaza gibi hacimler için seçilecek lambaların R_a değeri 80-90

arasında, 1B sınıfından olmalıdır. Hacmin işlevine bağlı olarak renk algılamının önemi azaldığında R_a değerleri daha düşük olan lambalar kullanılabilir.

2.2.9 Görsel konfor koşullarının sağlanmasında eylem türüne bağlı minimum gereksinimler

Çizelge 2.2’ de eylem türüne bağlı olarak gereksinim duyulan aydınlık düzeyi değerleri, çeşitli işlevlerdeki hacimler için izin verilen UGR sınır değerleri ve renksel geriverim değerlerine ilişkin örneklere yer verilmektedir [8].

Çizelge 2.4 : Görsel konfor koşullarının sağlanmasında eylem türüne bağlı minimum gereksinimler [8].

İşlev veya eylem türü	E_m	UGR_L	R_a	Notlar
Bürolar				
Dosyalama kopyalama, v.b.	300	19	80	
Yazı yazma, okuma, veri işleme	500	19	80	
Teknik çizim	750	16	80	
CAD çalışma alanları	500	19	80	
Konferans, toplantı salonları	500	19	80	Aydınlatma kontrol edilebilir olmalıdır
Resepsiyon bankosu	300	22	80	
Arşiv	200	25	80	
Satış alanları				
Satış alanları	300	22	80	Aydınlık düzeyi ve UGR gereksinimleri mağaza türüne bağlıdır
Kasa	500	19	80	
Paketleme	500	19	80	
Kütüphaneler				
Kitap rafları	200	19	80	
Okuma alanı	500	19	80	
Gişe	500	19	80	
Eğitim binaları				
Derslikler, öğretmenler odası	300	19	80	Aydınlatma kontrol edilebilir olmalıdır
Derslikler (akşam dersleri ve yetişkinler için)	500	19	80	Aydınlatma kontrol edilebilir olmalıdır
Konferans salonu	500	19	80	Aydınlatma kontrol edilebilir olmalıdır
Karatahta	500	19	80	Düzgün yansıma olmamalıdır

3. AYDINLATMA TASARIMINA İLİŞKİN YAKLAŞIMLAR VE ELEMANLAR

Aydınlatma tasarımına başlarken uluslar arası aydınlatma standartlarının belirlediği kurallar ve tekniklerin yanı sıra yapılan tasarım çalışmalarında öncelikle aydınlatılacak mekân, biçimsel ve işlevsel özelliklerinden yapımsal özelliklerine kadar, geniş bir alanda ele alınmalıdır.

Oluşturulacak tasarım bir yandan mimari karakter ve kullanışa uyarken, bu tasarımı sağlayacak ışık kaynaklarının da olabildiğince, mimari ile bütünleşmesini, biçim, renk ve konum bakımından mimariye uyum sağlamasını, yatırım maliyetlerinin yanı sıra işletme maliyetlerinin de göz önüne alınmasını hedeflemelidir.

Aydınlatma tasarımındaki temel prensipler şöyle sıralanabilir;

- Işık çevresi: Doğru aydınlatma uygulamaları için istenen aydınlık düzeyinin yanı sıra niceliksel ve niteliksel gereksinimler karşılanmalıdır. Bu gereksinimler insanın üç temel ihtiyacı olan görsel konfor, görsel performans ve güvenliği sağlama temeline dayanmaktadır [8].
- Parıltı dağılımı: Görüş alanındaki parıltı dağılımı gözün adaptasyonunu ve görme yeteneğini etkilemektedir. Dengeli bir parıltı dağılımı görüş keskinliği, kontrast duyarlılığı ve gözün fonksiyonlarını arttırmaktadır. Görüş alanındaki parıltı dağılımı görsel konforu etkilediğinden kamaşmayı artıracak çok yüksek parıltılardan, çok yüksek kontrastlardan ve çok alçak parıltı ve çok alçak kontrastlardan kaçınılması gerekmektedir. Bu amaçla iç yüzeyler için uygun ışık yansıtma katsayıları aralıkları şu şekilde verilmiştir:

Tavan: 0.6-0.9, Duvarlar: 0.3-0.8, Çalışma düzlemi: 0.2-0.6, Döşeme: 0.1-0.5 [8].

- Aydınlık düzeyi: Çalışma düzlemi ve yakın çevredeki aydınlık düzeyleri görsel işin hızlı, güvenli ve konforlu yapılabilmesi açısından büyük ölçüde etkilidir. Farklı işlevlerdeki hacimler için gerekli aydınlık düzeyleri tanımlanmıştır (bölüm 2.2.4 ve

2.2.9' da işleve bağlı sağlanması gereken değerler verilmiştir). Bu değerler yatay, düşey veya eğimli çalışma düzlemi üzerinde sağlanması gereken minimum değerlerdir. Bu değerler normal görsel koşullar için geçerlidir ve görsel konfor ve iyi hissetme gibi psikolojik ve fizyolojik yönleri, görsel aktivitelerin gereksinimlerini, görsel ergonomiyi, deneyimleri, güvenliği ve ekonomiyi de göz önünde bulundurmaktadır. Normal koşullar geçerli olmadığında bir basamak üst veya alt değer alınmalıdır. Yakın çevredeki aydınlık düzeyi çalışma düzleminden daha düşük değerler olabilir, fakat dengeli bir parıltı dağılımı sağlanması için Çizelge 3.1' de verilen değerlerin altına düşmemelidir [8].

- **Düzensizlik:** Çalışma düzlemi olabildiğince düzensiz aydınlatılmalıdır. Çalışma düzlemi ve yakın çevre düzensizlik değerleri Çizelge 3.1' de verilen değerlerden az olmamalıdır [8].

Çizelge 3.1 : Düzensizlik- çalışma düzlemi ile yakın çevre aydınlık düzey ilişkisi [8].

Çalışma düzlemi aydınlık düzeyi (lx)	Yakın çevre aydınlık düzeyi (lx)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	E_{cd}
Düzensizlik: ≥ 0.7	Düzensizlik: ≥ 0.5

- **Kamaşma:** Kamaşma görüş alanı içindeki yüzeylerin parıltısına bağlı olarak ortaya çıkmakta, konforsuzluk ve yetersizlik kamaşması olarak gerçekleşmektedir. Parlak yüzeylerden yansıyan ışık yansımış kamaşmaya neden olmaktadır. Kazaların, yorgunluğun ve hataların önlenmesi için kamaşmanın sınırlandırılması gerekmektedir (bölüm 2.2.6' da işleve bağlı sağlanması gereken değerler verilmiştir) [8].

- **Doğrultulu aydınlatma:** Nesneleri vurgulamak, dokularını göstermek ve üçüncü boyutu ortaya çıkarmak amacıyla doğrultulu aydınlatma kullanılmaktadır. Modelleme yaygın ve doğrultulu ışığın dengeli kullanımıyla sağlanmaktadır. Işığın baskın olarak belirli bir doğrultudan gelmesi gölgelerin oluşmasını, doku ve şekillerin daha iyi algılanmasını sağlamaktadır [8].

- **Renk:** Lambaların renk sıcaklıkları 3 grup olarak ele alınabilmektedir. Bunlar; sıcak (3300K altı), orta (3300-5300K) ve soğuk (5300K üzeri) olarak belirtilmiştir. Renk seçimi psikolojik, estetik ve doğallığın göz önüne alınması gereken bir

konudur. Sıcak iklimlerde soğuk renk görünümündeki ışık tercih edilirken, soğuk iklimlerde sıcak renk görünümüne sahip ışık tercih edilir (bölüm 2.2.7 ve 2.2.8 de işleve bağlı sağlanması gereken değerler verilmiştir) [8].

- Titreme: Lambalarda düşük frekanslı besleme yapılması sonucunda oluşan titreme etkisinin, baş ağrısı gibi fizyolojik rahatsızlıklara sebep olabileceği için lambaların yüksek frekanslı balastlarla kullanılması gerekmektedir [8].

- Günişığı: Aydınlatma çözümü enerji kaybı olmadan belli bir alanın aydınlatma gereksinimlerini karşılamalıdır. Enerji tüketimini azaltmak için görsel yönlerden taviz vermeden uygun aydınlatma sistemleri, ekipmanları, kontrol sistemleri ve olabildiğince günişığının kullanımı sağlanmalıdır. Pencerelele ile dış görüş sağlanmalı ve açıklıklarda kamaşmayı önleyecek gölgelemelerin üzerinde durulmalıdır. Pencerelele aynı zamanda dış dünya ile görsel iletişim kurmayı sağladığı için önemlidir. İç mekânlarda pencerelelerden uzaklaştıkça, günün zaman ve hava koşullarına göre günişığı aydınlığı değişecektir. Kullanılacak kontrol sistemleri ile yapma aydınlatma ve günişığının uyumlu kullanımı sağlanabilir [8].

- Belli nesneleri ve/veya alanları aydınlatacak olan ışık, buralara yönlendirilmeli ve kesinlikle göze gelmemelidir. Gözün ışık kaynağını görmesi, hem rahatsız edici kamaşmaya neden olur ve yorucudur, hem de oluşturulan aydınlıktan yararlanmayı azaltır. Yani, göze gelen ışık, aydınlatılan nesne ya da alanların, olduğundan daha karanlık görünmesine neden olur [7].

- Gölge niteliği bakımından, içinde, yaşanan iç mekânlarda yumuşak ve saydam gölgeli bir aydınlık oluşturmak uygun olur. Kara gölgeli aydınlıklar, oluşturdukları parıltı kontrastı nedeni ile ilgi çekici fakat yorucudur. Bu tür aydınlıklar ancak vitrin ve sahne gibi içinde yaşanmayan ve kısa süre bakılan yerlerin aydınlatmaları için uygundur [7].

- Mekân kullanıcılarının gereksinimleri göz önünde bulundurulmalıdır. Bu gereksinimlerin kişinin görme yeteneği, kişisel tercihleri, yaptığı işe ve yaşa göre farklılık göstereceği göz önünde bulundurularak aydınlatma tasarımlarına kontrol sistemleri de dâhil edilmelidir. Aynı zamanda kullanılmadığında veya yeterli günişığı olduğunda aygıtların kapatılması veya loşlaştırılması sağlanarak enerji verimliliği de desteklenmiş olacaktır.

- Kullanıcıların görsel gereksinimlerinin yanında psikolojik gereksinimleri ve sağlıkları da göz önünde bulundurulmalıdır. Kişinin kendini iyi ve güvende hissedeceği, görsel beğenisine cevap veren konforlu alanlar yaratılmaya çalışırken, kullanılan ışık kaynakları ve aygıtların yaydıkları ısı, radyasyonun ve neden oldukları elektromanyetik alanın insan sağlığına etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır.
- Kullanılacak aydınlatma sisteminin, aygıtların ve lamba türlerinin seçiminde tasarımı yapılacak mekânın boyutları, mekânın dekorasyonu, pencerelerin konumu ve kullanıcıların mekânı ne gibi faaliyetler için kullanacağı gibi detaylarda değerlendirilmelidir.
- Seçilen aygıt ve lambaların ömürleri ve bakım faktörleri de tasarımda dikkate alınması gereken önemli unsurlardır.

3.1 Işık Kaynakları

Işık kaynaklarının seçiminde rol oynayan kriterler şöyle sıralanabilir;

1. Etkinlik faktörü büyük olmalıdır. Etkinlik faktörü, ışık kaynağının yayımladığı ışık akısının (lm), o akıyı elde etmek için harcanan enerjiye (W) oranı olarak tanımlanabilir. Etkinlik faktörü yüksek lambalar, bir mekânı aydınlatmak için az elektrik enerjisine gereksinim duyanlardır. Örneğin akkor telli lambaların ışık etkinliği 8-16 lm/W, halojen lambaların 12-26 lm/W, flüoresan lambaların 45-100 lm/W ve metal halide lambaların 71-98lm/W' tır [12].

2. Lamba ömrü uzun olmalıdır. İki tür ömür tanımı yapılmaktadır;

a. Ekonomik ömür: İstatistiksel bakımdan değerlendirmeye yetecek sayıda lambadan oluşan bir aydınlatma tesisinde, 100 saat kullanmadan sonraki toplam ışık akısının, lambaların kullanılmaz hale gelmeleri ve ışık akılarının azalmalarından dolayı %30 değer kaybetmesi için geçen süredir [13].

b. Ortalama ömür: İstatistiksel bakımdan değerlendirmeye yetecek sayıda lambadan oluşan bir aydınlatma tesisinde, normal şartlarda lambaların %50'sinin kullanılamaz hale gelmesi için geçen süredir. Gereksiz yere enerji tüketip yeterince aydınlanamama tehlikesini ortadan kaldırmak için, lambaların ekonomik ömürleri sonunda, yenileriyle değiştirilmeleri esas alınmalıdır [13].

3. Işık rengi mümkün olduğunca genişliğine yakın olmalı. Işık kaynaklarının renksel özellikleri "renk sıcaklığı" ve "renksel geriverim" performanslarına göre tanımlanmaktadır. Renk algılanmasının önemli olduğu mekânların aydınlatılmasında renksel geriverimi yüksek lambaların kullanılması önerilir. İstenilen bir renkte görülmesi hedeflenen yüzey ya da cisimlerin aydınlatılmasında, lambanın spektral özellikleri önem kazanmaktadır [12].

4. Bazı lambalar hiç bir yardımcı araca gereksinim duymadan, enerji kablusunun basit bir duya ya da sokete takılması ile ışık vermektedir. Örneğin akkor telli lambalar gibi. Ancak, deşarj lambalar ya da düşük voltajda çalışan lambalar ateşleyici, balast veya trafo gibi yardımcı araçlara gereksinim duyarlar. Yardımcı araçlarında bir kullanım ömrü, belirli bir enerji tüketimlerinin olduğu göz ardı edilmemelidir. Montajı basit, çok fazla yardımcı araç gerektirmeyen daha çok elektronik aksamı ışık kaynakları tercih edilmelidir [12].

3.1.1 Akkor telli lambalar

Işık elde etme biçimi ısı ışıma olan akkor lambada, tungsten telden geçen elektrik akımı teli ısıtarak akkor duruma getirir ve telin ısınmaya başlamasıyla elektrik enerjisi ışıma enerjisine dönüşür. Bu lambaların yayımladıkları ışımların çok büyük bir bölümü ısı, küçük bir bölümü görünür ışımlardır. Bu nedenle, verimleri çok düşüktür [14].

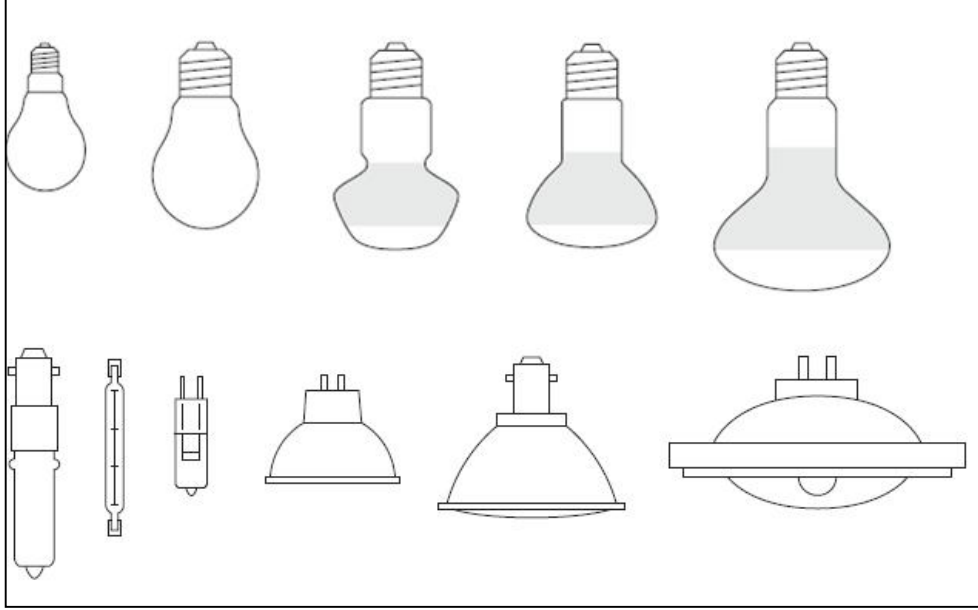
Renksel geriverim indeksleri % 100 olmasına karşın etkinlik faktörleri düşük, ömürleri kısadır. Akkor telli lambaların etkinlik faktörü 8-16 lm/W arasında değişirken bu lambaların ömürleri yaklaşık olarak 1000 saattir. İstisnasız akkor telli lambaların hepsi loşlaştırılabilir. 2800-3000°K civarında düşük renk sıcaklığına sahiptir [14,15].

Akkor halojen lamba, akkor lambanın atmosferindeki gaz karışımının değiştirilmesi (halojen eklenmesi) ile oluşturulmuş bir ısı ışıma kaynağıdır. Bu tür lambaların atmosferinde kullanılan halojen moleküllerinin tungsten teli yenilemeleri nedeniyle, tel sıcaklığı artabilmektedir. Bunun sonucunda da, aynı güçteki akkor lambaya göre, hem verimi hem de renk sıcaklığı biraz yükseltebilmektedir [14].

Ömürleri 2000–10000 saat arasındadır. Renk sıcaklıkları 3000°K civarındadır ve yine akkor elektrik lambalarına göre daha beyaz ve daha soğuk bir renkleri vardır. Akkor

halojen lambaların 220-110 V' un yanı sıra, 12-24V gibi düşük gerilimde çalışan türleri de vardır [16].

Normal akkor telli lambaların çeşitli ebat ve şekilde tipleri mevcut olup (Şekil 3.1), şeffaf, mat ve opal cam seçenekleri ile de dekoratif ihtiyaçlara da cevap vermektedir. Akkor halojen lambalar ayrıca reflektörlü tipleri (Şekil 3.1) ve reflektörün farklı açısı seçenekleri sayesinde farklı uygulama ihtiyaçları için kullanılabilir [15].



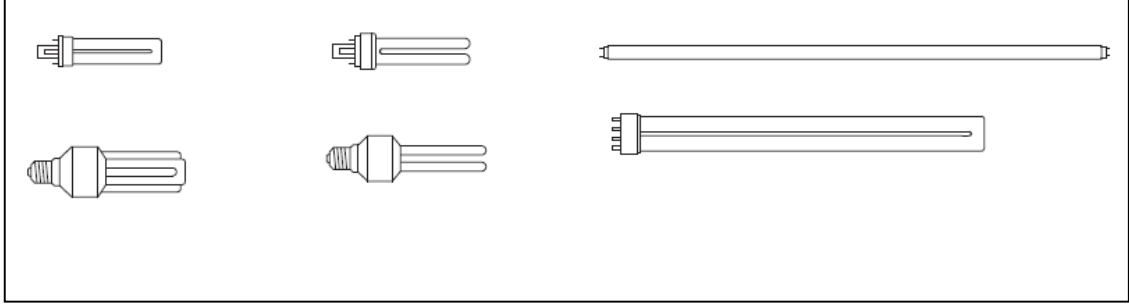
Şekil 3.1 : Akkor telli ve halojen lambaların bazı örnekleri [15].

3.1.2 Flüoresan lambalar

Işınım elde etme biçimi ışıltı ışımaya olan flüoresan lambalarda, ışık üretimi iki aşamada ortaya çıkar. Birinci aşama, alçak basınçlı cıva buharı ortamında lambanın iç yüzeyine flüoresan madde sürülerek elektrik akımı geçirilmesi ile gerçekleştirilen 'elektrik deşarj' olayı ile ışınlam oluşturulmasıdır. Flüoresan lambaların verimi temelde lamba gücü arttıkça artmaktadır. Ancak, aynı güçteki lambalar ele alındığında, verim değişimi doğrudan doğruya flüorışıl tozun yapısına bağlı olmaktadır [14].

Lambaların çapları küçültülüp ışık akıları artırılmış, çok değişik renk sıcaklıklı ve renk ayırım özellikli lambalar üretilmeye başlanmıştır. Küçük çaplı lambalar daha ekonomiktir [14]. Flüoresan lambalar tüp ve kompakt flüoresan olarak ikiye ayrılır. Şekil 3.2' de her iki flüoresan tipleri ile ilgili örnekler yer almaktadır.

Daha az ısı ürettiklerinden etkinlikleri akkorlardan daha fazladır. Etkinlik faktörü 50–100 lümen/Watt' dır. 2700-6500° K arasında sıcak beyaz, soğuk beyaz ve günışığı gibi farklı renk sıcaklıklarına sahiptir. Tüp flüoresanlar da lamba ömrü 4000-7000 saatken, kompakt flüoresanlarda 8000-10000 saattir [15-16].



Şekil 3.2 : Tüp ve kompakt flüoresan lamba örnekleri [15].

Flüoresan lambalar etkinlik değerlerinin yüksek olması, akkor lambalara göre daha az ısınması, farklı şekilleri sayesinde birçok aygıt içinde kullanılması, renk sıcaklığı alternatiflerinin olması ve uzun ömürleri nedeni ile birçok mekânın genel aydınlatmasında tercih edilmektedirler.

Kompakt flüoresan lambalar konutlar ve ofisler için uygun olup, akkor lambaları kompakt flüoresan aydınlatmaya dönüştürmek kolaydır. Akkor lamba kullanılan hemen hemen her yerde kompakt flüoresan lambalar kullanılabilir. Örneğin 75 Watt' lık akkor flamanlı lamba yerine, 15 Watt' lık bir kompakt flüoresan lamba kullanarak, aynı aydınlatma %80 daha az enerji tüketerek elde edilir [14].

Kompakt flüoresan lambaların kullanım ömrü süresince maliyetleri daha azdır. İki faktör bunu doğrulamaktadır; bunlardan birincisi kullanım ömrünün akkor lambaya göre 8 kat uzun olması, ikincisi ise, akkor lambanın % 20'si kadar enerji kullanmalarıdır [14].

3.1.3 Metal halide lambalar

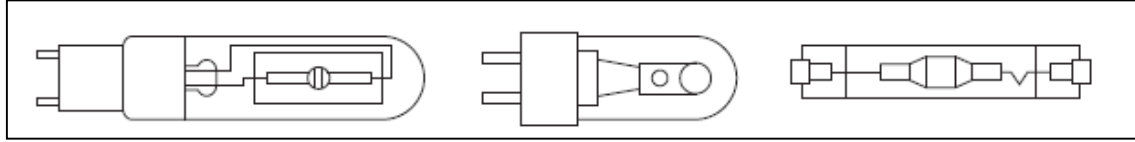
Metal halide lamba; ışığın büyük bölümü, bir metal buharı ve halojen ayrışması ürünleri karışımından oluşan yüksek yeğincikli boşalmalı lambadır [17]. Şekil 3.3' de bazı metal halide lamba örneklerine yer verilmiştir.

Etkinlik faktörleri 80 lm/W civarında ve renk özellikleri iyi olan bu lamba grubu özel aydınlatmalar için de çok uygundur. Ekonomik ömürleri nispeten kısa olup bu

lambalar sadece renklerin belirgin olması gereken ortamlarda, açık hava spor sahalarında ve beyaz rengin vurgulanmak istendiği bina dış cephe aydınlatmalarında kullanılmaktadır [15].

35-400 Watt arasında güç değerleri vardır. Renksel geriverim indeksi 70-90'dır. Ortalama ömürleri 6000-10000 saat arasındadır [19].

Etkinlik faktörünün büyük olması, uzun ömürlü olmaları, 3000-6000° K arasında farklı renk sıcaklık alternatiflerinin olması, renksel geriverim kalitesinin iyi olması nedeni ile mağaza, vitrin, müze, yüksek tavanlı mekânlarda, dekoratif amaçlı olarak iç mekânlarda ve spor sahalarında kullanılmaktadır. Gerilim dalgalanmalarından etkilenmeleri ve loşlaştırmaya uygun olmamaları olumsuz özellikleridir [19].



Şekil 3.3 : Metal halide lamba örnekleri [16].

3.1.4 Fiber optik sistemler

Fiber optik, geleneksel aydınlatma sistemlerinden farklı oluşları nedeniyle sayısız uygulama alanında tercih edilen bir sistemdir. Fiber optik aydınlatma sistemlerini geleneksel aydınlatma sistemlerinden ayıran en önemli özelliği, kaynağın uzakta konumlandırılması ve ışığın fiber kablolar ile taşınmasıdır.

Fiber, ışık kaynağından gelen sinyallerin (ışık) hedefteki kaynağa iletilmesidir. Bu ışık sinyaliyle modüle edilmiş bilgiler cam yüzey üzerinde taşınırlar. Fiberi kaplayan kablolar ise ışığı taşıyan camın kırılmasına ve sinyal kaybına karşı bir koruma görevi üstlenirler. Fiberler ortalama insan saç boyutlarındadır. Kırılma ve sinyal kayıplarına karşı çok iyi korunmuş ve yapılandırılmışlardır [20].

Fiber optik aydınlatma sistemiyle değişik aydınlatma aygıtları kullanılarak ya da ışık çizgileri oluşturularak, ilginç mimari etkiler yaratılabilmektedir. Fiber optik aydınlatma sistemleri, aydınlatma amacıyla olduğu gibi, çeşitli uygulamalarda estetik amaçlı da kullanılabilmektedir [21]. Fiber optik aydınlatma sisteminin genel özellikleri aşağıda özetlenmektedir.

- Işık soğuktur ve ısı taşımaz. Bu nedenle nesnelere olabildiğince yakın kullanılabilir

- Işık kaynağı, ışığın gerektiği noktadan uzak bir noktaya yerleştirilebilir. Bu farklılıklar ile fiber optik birçok alanda avantajlar sağlayabilmektedir. Ulaşılması zor noktalarda veya bakımın çok masraflı hatta imkânsız olduğu noktalarda tek çözümdür.
- Sergileme üniteleri ve vitrinlerde, UV (kızılötesi) ve IR (ısı radyasyon) istenmeyen aydınlatma uygulamalarında, parlama ve patlama riski olan, ekipmanların şiddete maruz kalma ihtimalinin yüksek olduğu, bakımın imkânsız, erişimin zor ya da çok pahalı olabileceği, ışığın yönlendirilmesi, renk değiştirmesi, yanıp sönmesi gibi özel efektler istenen noktalarda güvenle kullanılabilir.
- Elektromanyetik etkileşim yoktur.
- Tek bir ışık kaynağından pek çok noktaya ışık taşınabilir.
- Fiber optik kabloların uçları ve bu uçlara takılan aygıtlar oldukça küçüktür ve çok küçük alanlara sığdırılabilir. Optik lensler ile ışık istenilen noktalarda yoğunlaştırılabilir [22].

Bir fiber optik aydınlatma sistemi üç bileşenden oluşur (Şekil 3.4) ;

- Işık kaynağı,
- Fiber kablo demeti,
- Kablo uçlarına takılan sonlandırıcılar.



Şekil 3.4 : Fiber optik bileşenler [23].

3.1.5 Led (ışık yayan diyot) sistemler

LED ismi, İngilizcede “Light Emitting Diode” kelimelerinin baş harflerinden oluşturulmuştur ve “ışık yayan diyot” anlamına gelmektedir [17]. Yarı iletken teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak ledlerin verimliliği artarken, maliyeti

azalmakta ve gittikçe kullanım alanları yaygınlaşmaktadır. Şekil 3.5' de aydınlatmada kullanılan led lamba ve aygıt örneklerine yer verilmiştir.



Şekil 3.5 : Aydınlatmada kullanılan led lamba ve aygıt örnekleri [24,25].

Aydınlatmada kullanılacak LED' ler aşağıdaki ihtiyaçları karşılamalıdır [26].

- Işık akısı (lümen değeri, lm),
- Etkinlik (lm/Watt),
- Renk sıcaklığı (Farklı beyaz ışık seçenekleri),
- Renksel geriverim (CRI ile belirlenen renksel geriverim kalitesi),
- Güvenilirlik (Işık çıkış eğrisinin kullanım ömrü süresince korunması).

LED'lerin sağladığı kazançlar şunlardır [27];

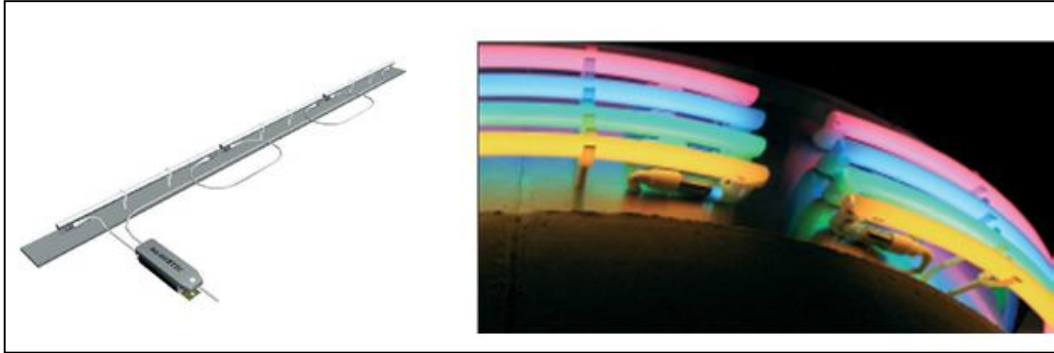
- Verimlilik: LED'ler akkor telli lambalara göre Watt başına daha fazla ışık çıkışı sağlar.
- Renk: LED'ler geleneksel sistemlerde olduğu gibi ışık rengini değiştirmek için renk filtresine gerek duymazlar.
- Boyut: LED'ler çok küçük olabilirler ve kolaylıkla bir devre üzerine monte edilebilirler. Bu özellikleriyle LED'ler kompakt armatür tasarımına olanak sağlamaktadır.
- Açma/Kapama zamanı: LED'ler çok çabuk ışık verir. Bir LED gösterge lambası tam parlaklığa bir mikro saniyenin altında ulaşır. LED ömrü ve bakımı açma/kapama hızından etkilenmemektedir.
- Döngü: LED'ler sıklıkla açma kapama döngüsü olan uygulamalar için idealdir. Örneğin flüoresan lambalar bu döngüye uyabilmede hız açısından başarısız iken, metal halide lambalar tekrar çalışabilmek için uzun bir zamana gerek duyar.

- Loşlaştırma: LED'ler bir darbe-genlik modülatörü ya da akımın düşürülmesi ile kolaylıkla loşlaştırılabilir.
- Soğuk ışık: Birçok ışık kaynağının aksine LED'ler hassas obje ve ürünlere zarar veren ısı üretmezler. Ayrıca LED'lerin performansı düşük sıcaklıklarda artmaktadır. Bu durum LED'lerin marketlerde buzdolabı derin dondurucu vb soğuk tutulması gereken yerlerin aydınlatılmasında olanak sağlar.
- Uzun ömür: LED'lerin ömrü göreceli olarak daha uzundur. Faydalı ömür saati 35.000 ila 50.000 saat arasındadır. Bir akkor telli lambanın ortalama ömrü 1000-2000 saat, bir flüoresan lambanın ömrü ise çalışma şartlarına bağlı olarak 10.000 ile 15.000 saat arasındadır.

Şok dayanımı: LED'ler akkor ve flüoresan lamba balonlarının aksine dış etkilerle oluşacak şoklara dayanıklı katı hal cihazlarıdır.

3.1.6 Cold cathode sistemler

Cold Cathode içinde cold cathode (soğuk katot) gazlarının yer aldığı cam tüplerden oluşan yeni ışık kaynaklarıdır. Dekoratif amaçlı kullanılan neon lambaların daha gelişmiş sistemleridir ve sadece dekoratif amaçlı değil genel aydınlatma amaçlı da kullanılmaktadır (Şekil 3.6) [28].



Şekil 3.6 : Cold cathode tüp, trafonun bağlantı şekli ve renkli tüpler [29].

Kaplama tüplerin iç kaplamaları için flüoresan tüplerde olduğu gibi fosfor karışımları kullanılır, ancak beyaz ve renkli tüpler için daha fazla seçenek vardır. Mimari aydınlatmada kullanılan tüplerin çapları 10 mm ila 26 mm arası, her bir tüpün uzunluğu ise 300 mm ile 3000 mm arası değişmektedir. Çap ve uzunluklar tüpün cinsine bağlıdır; örneğin renkli tüplerin boyutları beyaz tüplerden farklıdır [28].

Cold cathode lambaları için kullanılan cam tüpler, lambalara dönüştürülmeden önce kesilir, kıvrılır ve şekillendirilir. Tüp istenilen şekle getirildikten sonra, lambanın kalbi olan elektrotlar her iki uca kaynaklanır. Elektrotlar tüplerin sonuna, dik açı ile tüple 90 derece açı yaparak veya kıvrılarak (180 derece geri dönüşle) kaynak yapılabilir. Elektrotlar bu şekilde yerleştirildiğinde, kaplama tüpün ucuna kadar devam edebildiğinden ışık emisyonu tüp boyunca kesintisiz olur. Özellikle geri dönüşlü elektrotlar sıkça kullanılır; bu şekilde gölgesiz aydınlatma için eksiksiz ışık bantları oluşturmak üzere birkaç tüp seri olarak bağlanabilir [28].

Cold cathode lambaları standart flüoresan lambalara göre ekonomik ve estetik açıdan pek çok avantaj sağlamaktadır. Aşağıdaki avantajlardan ilk altısı cold cathode tüplerin temel mimari aydınlatma amaçları açısından, diğerleri teknik performans ve güvenilirlik açısından değerlendirilebilir [28].

- Eksiz ve gölgesiz ışık dağılımı sağlanır
- İstenilen her şekle uyarlanabilir, 3 metrelik uzunluklara kadar üretilebilir.
- 2400 °K 'den 6500 °K 'ne çeşitli renk sıcaklıklarından, farklı renklere kadar üretilir.
- Tam kapasitesinin %10'dan daha azına özel trafo kullanmadan rahatlıkla loşlaştırılabilir. Flüoresanlar ise ancak %40-50 arası loşlaştırılabilir ve pahalı balast ve dimmer gerektirir.
- Lambalara veya trafoları hasar vermeden loşlaştırılabilir, seri bağlanabilir ve yanar-söner (flaş) konumuna getirilebilir.
- Trafo ve lamba ömrü daha uzundur:
- Yüksek titreşimli alanlarda son derece dayanıklıdır.
- Birçok kez açıp kapaması lambaya zarar vermez.
- Radyo paraziti olmaz.
- IP 65 korumalıdır

Yukarıda belirtilen teknik avantajlar mimari uygulamalarda özellikle öne çıkmaktadır. Örneğin lamba ömrünün çok uzun olması, özellikle tavan yüksekliği çok olan otel ve bina lobileri gibi mekânların tavanlarında, kıvrılabilme özelliği ise bina dış çizgilerinin kesintisiz vurgulanmasında tercih nedenleridir. Cold cathode tüp lambaları ayrıca aygıt kullanımı gerekmeden IP65 korumalı olduğu için binaların dış çizgilerini de aynı şekilde vurgulayabilmektedir [28].

3.2 Aygıtlar

Yapma ışık kaynakları (lambalar), iyi bir aydınlatmanın gereklerini yalnız başlarına yerine getiremediklerinden genellikle çıplak olarak kullanılamazlar. Çıplak lambalar hem kamaşmaya hem de ışığı istenilen eylem alanına yönlendiremediğinden enerji kaybına neden olurlar. Çevre etkenlerine karşı korumasız olduklarından kısa sürede ömürleri tükenebilir. Estetik açıdan da çıplak kullanım tercih edilmez. Bu nedenle lambalar " aydınlatma aygıtı " adı verilen, çıplak lambanın yayımladığı ışığın uzaysal dağılımını değiştirerek, amaca uygun nitelik ve nicelikte aydınlık sağlayan araçlarla birlikte kullanılırlar [12]. Genel olarak bir aygıtta olması gereken özellikler şunlardır [14];

1. Çıplak lambanın ışık dağılım eğrisine kumanda etmek ve ona istenilen ışık dağılım eğrisi şeklini vermek,
2. İçindeki lamba ve yardımcı gereçlerin elektriksel bağlantılarını sağlamak,
- 3.İçindeki ortam sıcaklığını, ışık kaynağının kararlı çalışması için gerekli olan düzeyde tutmak,
4. Kamaşmayı sınırlamak,
- 5.Olası her türlü değişik ortam koşulunda (aşındırıcı, nemli, patlayıcı ortamlar gibi) lamba ve aksamını korumak,
6. Kolay tesis edilebilir ve bakım yapılabilir olmak,
7. Estetik hislere ve konfor gereksinimlerine yanıt vermek,
8. Ekonomik olmak.

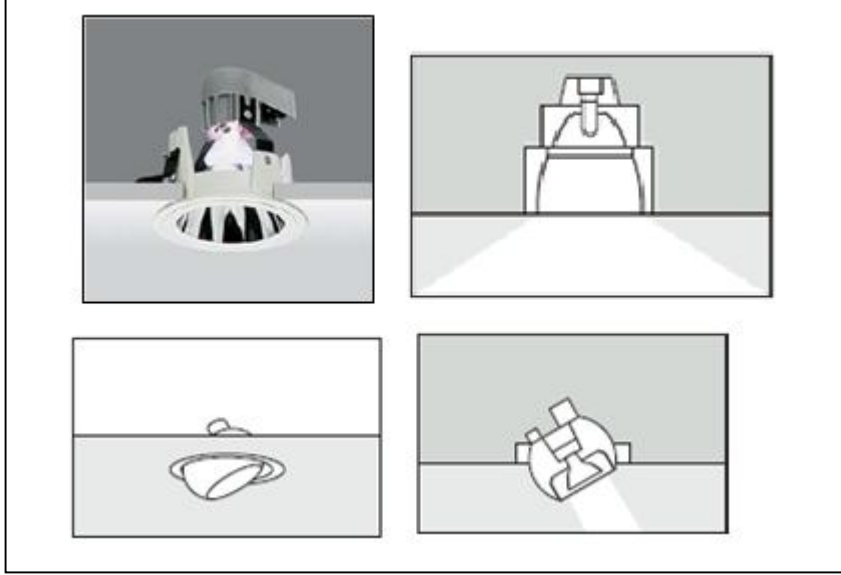
Aygıtlar form ve düzen bakımından mekânın mimari ve iç mimari gereksinimlerini karşılamalıdır.

3.2.1 Toplayıcı tavan aygıtı

Toplayıcı tavan aygıtı (downlight) , aşağı doğru tam dikey ya da ayarlanabilir açıda ışık yayar (Şekil 3.7). Dar açılı, geniş açılı, simetrik ya da asimetrik şekillerde ışık yayarlar. Bu tasarımlarda;

- Işığın dağılım açısı reflektör tarafından tanımlanır.
- Siperlik engel açısı kamaşmayı sınırlar ve görsel konforu artırır.
- Projektör teknolojisi ile standart geriverimi yükseltilmiştir.

Gömme toplayıcı tavan aygıtları, iç mekânda göze çarpmazken, yüzeye monte ve sarkıt biçiminde kullanıldıklarında mekâna özellik katar. Gömme olarak kullanıldıklarında, görülmeleri zordur ve tek etkileri yaydıkları ışıktır. Aygıt seçimi iç mimari gereksinimlerle biçim, işlev ve düzen bakımından örtüşmelidir.

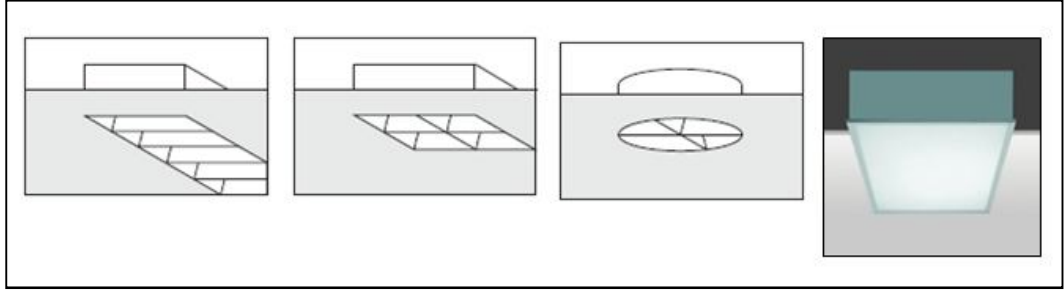


Şekil 3.7 : Toplayıcı tavan aygıtı örnekleri [16,25].

Yönlendirilmiş reflektör tipleri belirli objelerin ve alanların vurgulanması amaçlı kullanılır. Geniş, orta veya dar açılı ışık dağılımı sağlar. Bazı toplayıcı tavan aygıtlarında ayrıca kamaşmayı azaltmaya yönelik aksesuarlar kullanılmaktadır [16].

3.2.2 Tavana gömme aygıt

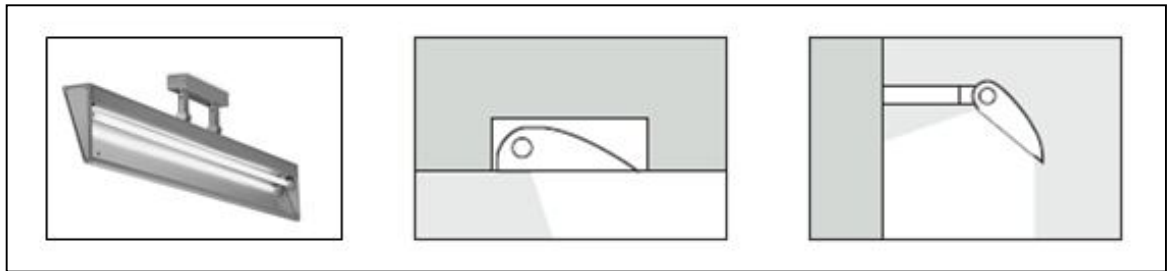
Tavana gömme aygıtlar; çoğunlukla dolaysız olmak üzere dolaylı aydınlatma için de kullanılırlar. Farklı aydınlatma uygulamaları için aygıtlar tek parabolik, çift parabolik, simetrik veya asimetrik alüminyum reflektörlü olabileceği gibi kumlu camlı veya pleksiglas gibi materyaller ile de kullanılmaktadırlar (Şekil 3.8). Bu tip aygıtlarda genel olarak lamba kaynağı tüp veya kompakt flüoresan olarak tercih edilir. Uzun ve dikdörtgen biçimlerde lineer flüoresan lambalar kullanılırken, kare ve yuvarlak biçimlerde kompakt flüoresan lambalar kullanılmaktadır [16].



Şekil 3.8 : Tavana gömme aygıt örnekleri [16,25].

3.2.3 Duvar yıkayıcı (wall-washer) aygıt

Toplayıcı geniş açılı aygıtlardır. Asimetrik ışık yayma özelliğine sahip oluşu sebebiyle tercih edilir (Şekil 3.9). Mekâna vurgu kazandırmada ve düşey yüzey aydınlatmasında mimarinin önemli bileşenlerindendir. Mağaza, müze, sergi salonu, fuar standı, oditoryum, teşhir alanlarında ve mimari dış cephe uygulamalarında bina yüzeylerindeki vurgu yapılmak istenen detayların aydınlatılmasında kullanılır. Duvar yıkayıcı aygıtlar duvar yüzeylerinde homojen bir aydınlatma sağlayabilmek için asimetrik ışık dağılımına sahiptir [16].



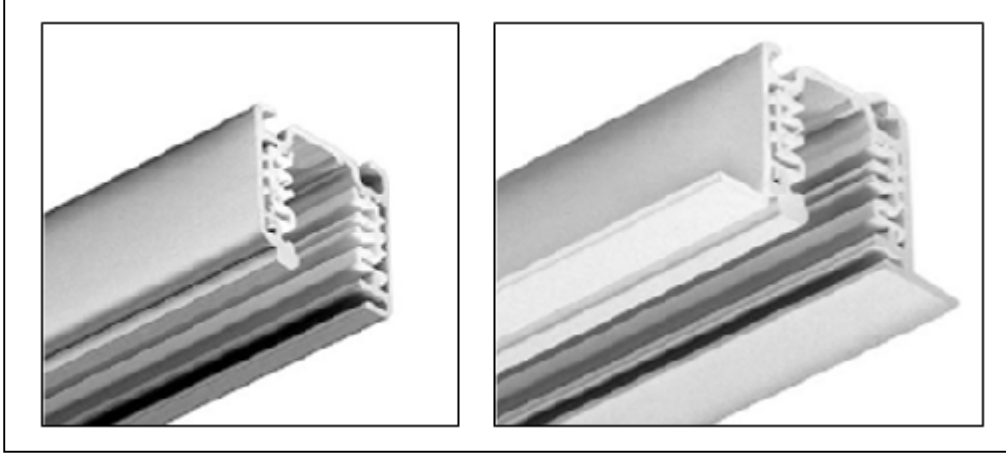
Şekil 3.9 : Duvar yıkayıcı aygıt örnekleri [16,25].

3.2.4 Ray ve spot aygıtı

Ray aygıtları mekânın kullanımı ve iç mekân tasarımı değişikçe değiştirilebilen, esnek bir aydınlatma tasarımına olanak tanır. Aygıtı birleşik adaptörler hem elektrik hem de mekanik bağlantıyı sağlar. Önemli detayları gösterip, istenmeyenleri gizleyebilmeyi mümkün kılar [16]. Şekil 3.10' da sıva üstü ve gömme ray örnekleri yer almaktadır.

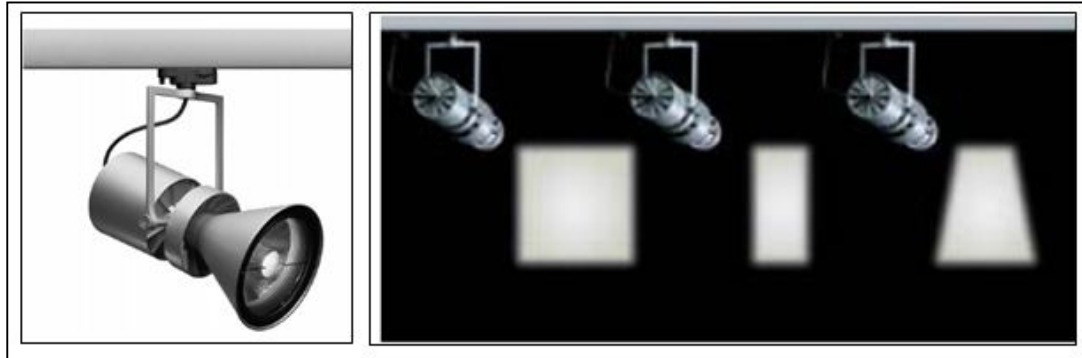
Döndürülebilir, eğilebilir, bu nedenle değişen vurgu aydınlatmalarına uyumludur. Işığı farklı açılarla yayar. Lamba seçimi, ışık rengini, işlevsel ömrünü ve ışık yoğunluğunu belirler. Işık yayılım açısı, reflektörün özelliğiyle belirlenir. Siperlik

açısı kamaşmayı sınırlar ve görsel konforu artırır. Aksesuarları kamaşma kontrolünü sağlayan mercek ve filtrelerdir. Duvardaki resimler veya mekândaki objeler 30°'den az bir açıyla aydınlatılmalıdır. Mağazalarda, teşhir üniteleri ve vitrinlerde, müzelerde, sergi salonlarında, sanat galerilerinde vb. kullanılabilir. Yansıtma efekti için filtre, mercek siperi vb. ile kullanılabilir [16].



Şekil 3.10 : Sıva üstü ve gömme ray aygıt örnekleri [25].

Spot aygıtlar dar-açı (10°) ve geniş-açı (30°) döndürülebilen simetrik ışık yayılımına sahiptir. Bu aygıtlarla mercekler, filtreler(renkli filtreler, morötesi ve kızılötesi filtreleri), kamaşma önleyiciler vb. aksesuarların kullanımı yaygındır (Şekil 3.11) [16].

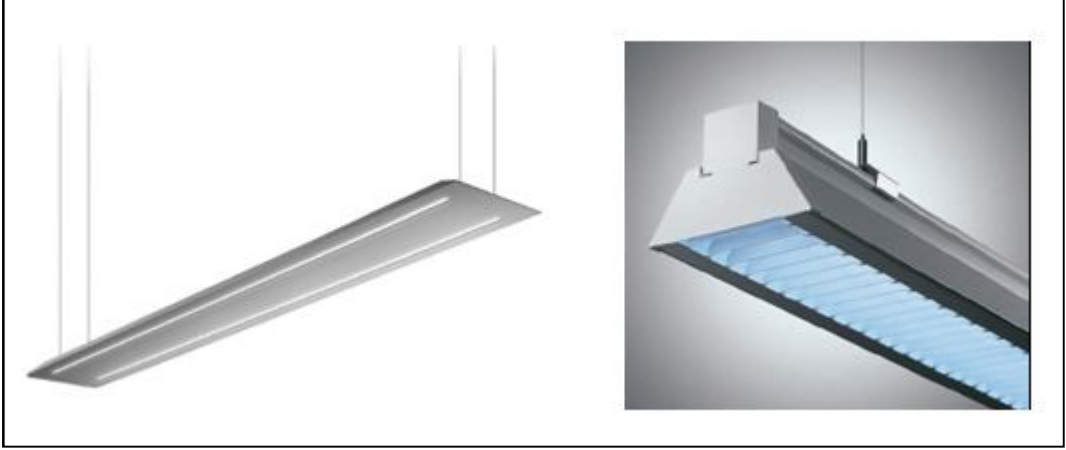


Şekil 3.11 : Spot aygıt ve mercek örnekleri [25].

3.2.5 Sarkıt aygıt

Raylara veya seyyar aygıtlara monte edilebilen aygıtlardır. Genellikle tavandan sarkıtılır (Şekil 3.12). Hem doğrudan genel aydınlatmada hem de dolaylı aydınlatmada kullanılabilen çizgisel ışık kaynaklarıyla bütünleştirilebilir. Mağaza,

ofis, klinik, yaya sirkülasyonunun olduğu alanlarda genel aydınlatma amaçlı olarak kullanılmaktadır [15]. Bir çok materyal kullanılarak değişik formlarda üretilebilir. Bu nedenle bir birinden farklı ışık kaynakları kullanımına uygundur.

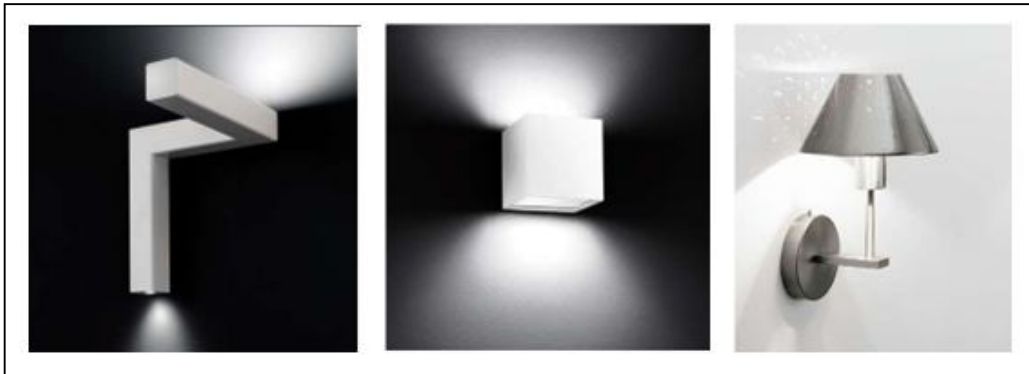


Şekil 3.12 : Sarkıt aygıt örnekleri [25].

3.2.6 Duvara monte (aplik) aygıt

Dar açılı, geniş açılı, simetrik veya asimetrik olmak üzere farklı şekillerde ışık yayarlar. Genel aydınlatmaya katkı amaçlı kullanıldığı gibi tek başına mekan aydınlatması, efekt yaratma veya dekoratif aydınlatma amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Özellikle dekoratif amaçlı kullanılan tiplerinde her türlü farklı malzemenin aplik gövdesi olarak kullanılması nedeni ile kullanılan bu malzeme çeşidine bağlı olarak değişen; enkandesan, flüoresan, halojen veya metal halide gibi değişik lamba çeşitleri kullanılabilir [16]. Şekil 3.13'de bazı aplik örnekleri yer almaktadır.



Şekil 3.13 : Duvara monte aygıt örnekleri [30].

3.3 Aydınlatma Sistemleri

İç mekânda kullanılan aydınlatma sistemleri; fonksiyonel amaçlarla yapılan birincil sistemler ve fonksiyonel amaçlar dışındaki amaçlarla yapılan ikincil aydınlatma sistemler olmak üzere ikiye ayrılır.

3.3.1 Birincil aydınlatma sistemleri

Birincil aydınlatma sistemleri görsel görevlerin yerine getirilmesi ve gerekli görsel koşullarının sağlanması için kullanılan aydınlatma sistemleridir. Genel aydınlatma, lokal aydınlatma, lokal genel+lokal aydınlatma olmak üzere üçe ayrılır.

3.3.1.1 Genel aydınlatma

Genel aydınlatma sistemi, belli bir mekânda elde edilmek istenen yatay aydınlığın, mekânın hemen her yerinde aynı düzeyde tutulmasını sağlar. Genel aydınlatma, yalnız kullanıldığında, ortalama aydınlık düzeyi, belirli bir görsel işlev için istenen aydınlık düzeyine eşit olmalıdır. Genel aydınlatmanın en büyük avantajı, mekânda tam bir esnekliğe imkân vermesidir [15].

Bu yüzden de ev, açık ofis, fabrika, atölye, mağaza, depo vb. her türlü mekânda kullanılabilir. Dezavantajlarından biri ise, bütün alanda en kritik işlevler için gereken aydınlık düzeyi minimumda tutulduğunda bile enerji tüketiminin fazla oluşudur [15].

Aydınlatma ışığın geliş yönüne göre: Direkt (Dolaysız), Yarı Direkt (Yarı Dolaysız), Homojen, Yarı Endirekt (Yarı Dolaylı), Endirekt (Dolaylı) Aydınlatma olarak beşe ayrılır.

• **Direkt (Dolaysız) Aydınlatma:** “Işık yeğînlîğî dağılımı, yayımlanan ışık akısının %90-100 oranı, sınırsız varsayılan yararlı düzleme düşecek biçimde olan aygıtlar ıle yapılan aydınlatmaya denir” [17]. Işığın %10-0’ı yukarıya, %90-100’ü aşağıya yansıyan aydınlatma şeklîdîr. Devamlı ışık kullanılan fabrika, atölye gibi yüksek tavanlı yapılar da, cadde ve sokaklarda, tavan ve duvarlarında estetik özellikleri olmayan yerlerde kullanılır [4].

• **Yarı Direkt (Yarı Dolaysız) Aydınlatma:** Işık yeğînlîğî dağılımı, yayımlanan ışık akısının %90-60 oranı, sınırsız varsayılan yararlı düzleme düşecek biçimde olan ışıklıklar ıle yapılan aydınlatmaya denir [17]. Işığın %10-40’ı yukarıya, %90-60’ı aşağıya yansıyan aydınlatma şeklîdîr. Aydınlatma aygıtından çıkan ışınların bir kısmı

yansıyarak geldiğinden gölgeler yumuşamaya başlar. Aygıttan çıkan ışınların bir kısmı tavan ve duvarlarda yutulur. Bu yüzden aydınlatma verimi biraz düşer. Yarı direkt aydınlatma mağaza, ofis, müze, sergi salonu, yaya sirkülasyon alanları ve çok amaçlı mekanlarda uygulanır.

- **Homojen Aydınlatma:** Işık her yönü eşit olarak aydınlatır. Bu tip aydınlatmada ışığın büyük kısmı tavan ve duvarlardan yansır ve gölge yumuşar. Yansıma ve kamaşma belli oranda azalır. Aygıttan çıkan ışınların büyük bir kısmı kullanılan malzemenin cinsine ve rengine göre yutulduğundan verim düşer. Okul, büro, kütüphane ve hastane gibi yüksek tavanlı yerlerde kullanılır.

- **Yarı endirekt (Yarı Dolaylı) Aydınlatma:** Işık yeğinliği dağılımı, yayımlanan ışık akısının %10~40 oranı, sınırsız varsayılan yararlı düzleme düşecek biçimde olan ışıklıklar ile yapılan aydınlatmadır [17]. Aygıttan çıkan ışınların büyük kısmı tavandan yansıdığından tavan ışık üreticisi durumuna gelir ve aydınlatma verimi düşer. Yansıma ve kamaşma azaldığından dolayı ise göz rahatlar. Tavanda ve duvarlardaki dekoratif özelliklerin vurgulanması amacıyla kullanılır.

- **Endirekt (Dolaylı) Aydınlatma:** Işık yeğinliği dağılımı, yayımlanan ışık akısının % 0~10 oranı, sınırsız varsayılan yararlı düzleme düşecek biçimde olan aygıtlar ile yapılan aydınlatmadır [17]. Tavan tamamıyla ışık üreticisi durumuna geldiğinden aydınlatma verimi çok düşüktür. Işık duvar ve tavandan yansıdığından dolayı duvar ve tavan malzemesinin önemi de büyüktür. Yansıma ve kamaşma yok olmuştur. Fazla ışık istenmeyen dekoratif tavanlı yerlerde kullanılır. Dolaylı genel aydınlatma, mağaza, ofis, çok amaçlı mekânlar vb. uygulanır.

3.3.1.2 Lokal aydınlatma

Lokal aydınlatmada aygıtlar, görsel işlevler ve çalışma alanlarına göre özenle düzenlenmiş olmalıdır. Sirkülasyon alanları gibi ana alanlar dışında, aydınlık düzeyi, görsel işlevler için gerekli aydınlık düzeyinin yaklaşık %50'si olacak biçimde sınırlandırılır. Lokal aydınlatmada direkt (dolaysız) veya endirekt (dolaylı) aydınlatma teknikleri kullanılır [15].

Direkt (dolaylı) lokal aydınlatma da işlevlerine göre gruplandırılarak yerleştirilen aygıtların avantajı; rahatsız edici gölgeleri, doğrudan kamaşmayı ve gizli yansımayı en aza indirecek biçimde düzenlenebilmeleri ve aynı zamanda daha iyi ışık verimi sağlamalarıdır. En büyük dezavantajı ise, mekanın tefrişi değiştikçe, aygıt yerlerinin

de değiştirilmesinin gerekmesidir. Alternatif çözüm; seçilen aygıtların, genel aydınlatma düzenine göre dizilmesidir. Bu, aydınlatmada büyük bir esneklik sağlar, ancak ışık yönü üzerindeki kontrol kaybolur [15].

İyi bir lokal aydınlatma, endirekt aydınlatma tekniği kullanılarak da elde edilebilir.

Ancak estetik sebepler yüzünden gölge serbestliği sağlayan dolaylı aydınlatmayla beraber yönlendirilebilir ışığın da kullanılması tavsiye edilir. Aydınlatmada esneklik, mobilyalara yerleştirilen aygıtların veya seyyar endirekt elemanların kullanımıyla sağlanır [15].

3.3.1.3 Genel + Lokal aydınlatma

Lokal aydınlatma, mekanın belirli bir bölgesinde tümüne oranla daha fazla aydınlık düzeyi gereken durumlarda kullanılır. Bu, küçük bir alan üzerinde, yüksek bir aydınlık düzeyi elde etmenin ekonomik bir yoludur ve ışığın kullanılacağı işleve göre düzenlenmesi gerekir. Uygunsuz kullanımı, yakında çalışanlar için rahatsız edici yansımalarla neden olur. Lokal aydınlatma, tek başına kullanıldığında çok cazip değildir. Aydınlık düzeyi, mekandaki fonksiyonlara göre ayarlanmalı, lokal aydınlatma en azından, lokal aydınlatma düzeyinin %20'sine ulaşan genel aydınlatmayla birlikte kullanılmalıdır [15].

Lokal aydınlatma;

- 1000 lux veya daha fazla aydınlık ihtiyaç duyulan çok kritik görsel işlevlerde,
- Mekândaki objelerin veya yüzeylerin biçim ve dokularının, ışığın belirli bir yönden gelmesini gerektiren durumlarda,
- Birtakım engeller yüzünden genel aydınlatma, belli bazı alanlara geçemiyorsa,
- Yaşlı veya görsel performansları düşük olan çalışanlar için yüksek aydınlık düzeylerinin gerekli olduğu durumlarda,
- Mekân uzun süre sadece bölgesel olarak kullanılacaksa yapılır [15].

3.3.2 İkincil aydınlatma sistemleri

Yukarıda açıklanan birincil aydınlatma sistemleri iyi görme koşullarının sağlanması için gereklidir. İkincil aydınlatma sistemleri ise fonksiyonel amaçlar dışında mekâna ambiyans katmak için kullanılır.

3.3.2.1 Vurgu aydınlatması

Aydınlatma, yapılan dekorasyonun güzelliğinin ortaya çıkarılmasına, istenilen ambiyansın yaratılmasına, mekânın belli bir bölümüne veya özelliğine ya da mekândaki belirli bir objeye dikkat çekilmesine yardımcı olur. Bu da vurgu aydınlatması yapılarak sağlanabilir. Vurgulama genellikle spot ışık kullanımıyla elde edilir. Bu tip aygıtlar, ışığı tam istenilen yöne göndermek için yönlendirilebilir. Vurgulama, yüzey üzerindeki rengin parlaklık veya derinliğinde değişiklik yaratabilir veya dikkat çekmesi istenen obje üzerinde karışık bir ışık gölge oyunu yapabilir [15].

3.3.2.2 Efekt yaratma

Belirli bir özelliğe dikkat çekmek için kullanılan vurgu aydınlatmasının aksine, efekt yaratmak için yapılan aydınlatma, çekici bir özellik yaratmak amacıyla istenilen herhangi bir yere konulabilir. Burada dikkati çeken şey bir obje değil, ışığın kendisidir. Bu tür aydınlatmada sıklıkla kullanılan bir teknik de, komşu duvarda çekici bir oyun yaratmak amacıyla, tavana gömme direkt aydınlatma aygıtlarının yerleştirilmesidir. Ayrıca, mercek ve filtrelerle ilginç efektler yaratılabilir. Mağazalarda, sergi salonlarında, müzelerde, restoran, kafe ve barlarda uygulanabilir [15].

3.3.2.3 Yönlendirme aydınlatması

Yönlendirme aydınlatmasında amaç mekânın aydınlatılması değil, kullanıcıların mekâna uyum sağlaması ve kolayca yön bulmasıdır. Kullanılan aygıt ve tabelalarla çıkış yolları ve kaçış yollarının yönü gibi önemli yerlerin bilgisini verir.

Bir dizi halinde yerleştirilen yönlendirme aygıtları bir ışık hattı yaratarak mekânda yön bulmaya yardımcı olur. Mimari çizgileri tanımlarken, basamak çizgilerini, yürüme hatlarını, giriş hollerinde dağılım hatlarını ve acil çıkış rotalarını belirginleştirirken yönlendirme aydınlatmasına gereksinim duyulur. Düşük aydınlık düzeyleri yönlendirme işlevi için yeterlidir. Yüksek parlıtya sahip küçük aygıtlar çevreden kolaylıkla ayırt edilir. Karmaşık binalarda, yönlendirme aydınlatması ile yangın çıkışları ve acil çıkışlar kolaylıkla erişilebilir hale gelmektedir.

3.3.2.4 Mimari aydınlatma

Mimari aydınlatmada, aydınlatma tasarımı dekorasyonun mimarisi ile yakından ilintilidir. Amaç iç mekândaki mimari öğelere dikkat çekmektir. Bu tip aydınlatmada çoğunlukla kornişler, pervazlar, girintiler ve kubbeler kullanılır. Işık kaynakları bakış açısından gizlenmiştir [15].

3.3.2.5 Ruh hali aydınlatması

Ruh hali (duygu durum) aydınlatması belirli bir aydınlatma tekniği değildir. Aydınlatma tasarımında kullanılan aygıtların açma-kapama ve loşlaştırma kontrolü ile mekânlarda farklı atmosferler yaratılabilir. Mekân kullanıcıların ruh hallerine etki eder ve aktifliğin devamını sağlar [15].

4. AYDINLATMA VE İNSAN SAĞLIĞI İLİŞKİSİ

Işık görme olayını sağlayan fiziksel bir büyüklük olmanın yanı sıra insan sağlığı üzerinde önemli etkileri olan bir bileşendir. Işığın sağlık, iyi ve güvende hissetme, biyoritim ve performans üzerindeki etkilerinin bilinmesi ile sadece fizyolojik değil aynı zamanda psikolojik yönden de gereksinimleri karşılayan aydınlatma sistemleri tasarlanabilir.

4.1 Işığın İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Görsel görevlerin yerine getirilmesi için ışığa gereksinim duyulur. Öte yandan ışık yalnızca görmemizi sağlamakla kalmaz, kendimizi iyi hissedip hissetmememizi yani ruh halimizi de etkiler. Işığın seviyesi, rengi, gölge etkisi ya da aydınlık ile karanlık arasındaki geçişler o anki algılamayı etkiler ve insanın yaşam ritmini belirler [1].

Doğadaki birçok süreç ritmiktir ve ışık insan yaşamı da dâhil dünya üzerindeki tüm yaşam ritimlerini belirler. Dünyanın kendi etrafında dönmesi ile 24 saatlik, güneşin etrafında dönmesi ile 365 günlük bir ritim de tamamlanmaktadır. Bu ritimler ile beraber gece ve gündüz, yaz ve kış döngüsü oluşur. Ve zamanla insan bu döngüye ayak uydurarak kendi biyoritmini (iç saatini) oluşturma yeteneğini göstermiştir [31].

Bazı önemli hormonların düzenlenmesinin ve biyolojik saatin kontrolünün, düzenli bir aydınlık-karanlık döngüsü ile bağlantılı olduğu çok önemli bulgularla desteklenmektedir. Bu durum aydınlatmanın sağlık, iyi hissetme ve zindelik üzerinde büyük bir etkisi olduğu anlamına gelir [32].

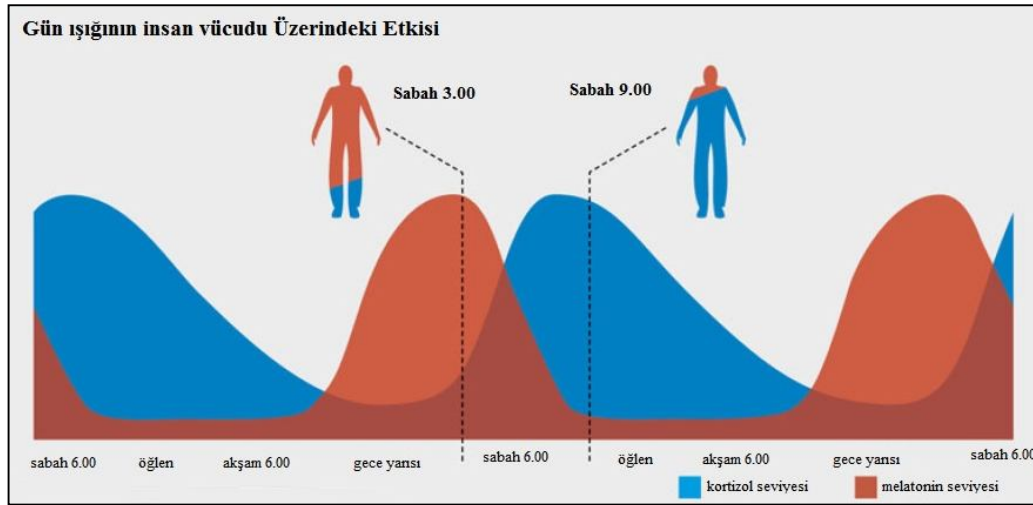
Günlük döngünün yanı sıra mevsimsel değişimler de insan sağlığı ve psikolojisini etkilemekte, yetersiz günışığı hormon sisteminde düzensizliklere neden olmaktadır.

Işık alan mekânların kullanıcıları kendilerini daha iyi hisseder, üretkenlikleri ve mekân memnuniyetleri artar.

4.1.1 Işığın sirkadiyen ritim üzerindeki etkileri

Retina üzerine düşen ve hipotalamusa iletilen ışık, vücudun iç saatini 24 saat süre boyunca düzenlemekten sorumlu sirkadiyen ritmi kontrol eder. Sirkadiyen ritim düzenli olarak kendini tekrar eden biyolojik olaylardır. Eğer iç ritim ile günlük ritim birbiri ile eşleşmiyorsa, insanlar kendilerini yorgun, uykulu ve dalgın hissedebilir. Örneğin gece vardiyasında çalışanlar, 24 saatlik döngülerle çalıştıklarında, gece uykusunun yetersizliği nedeni ile gece vardiyaları yorgun ve uykulu geçecektir [33].

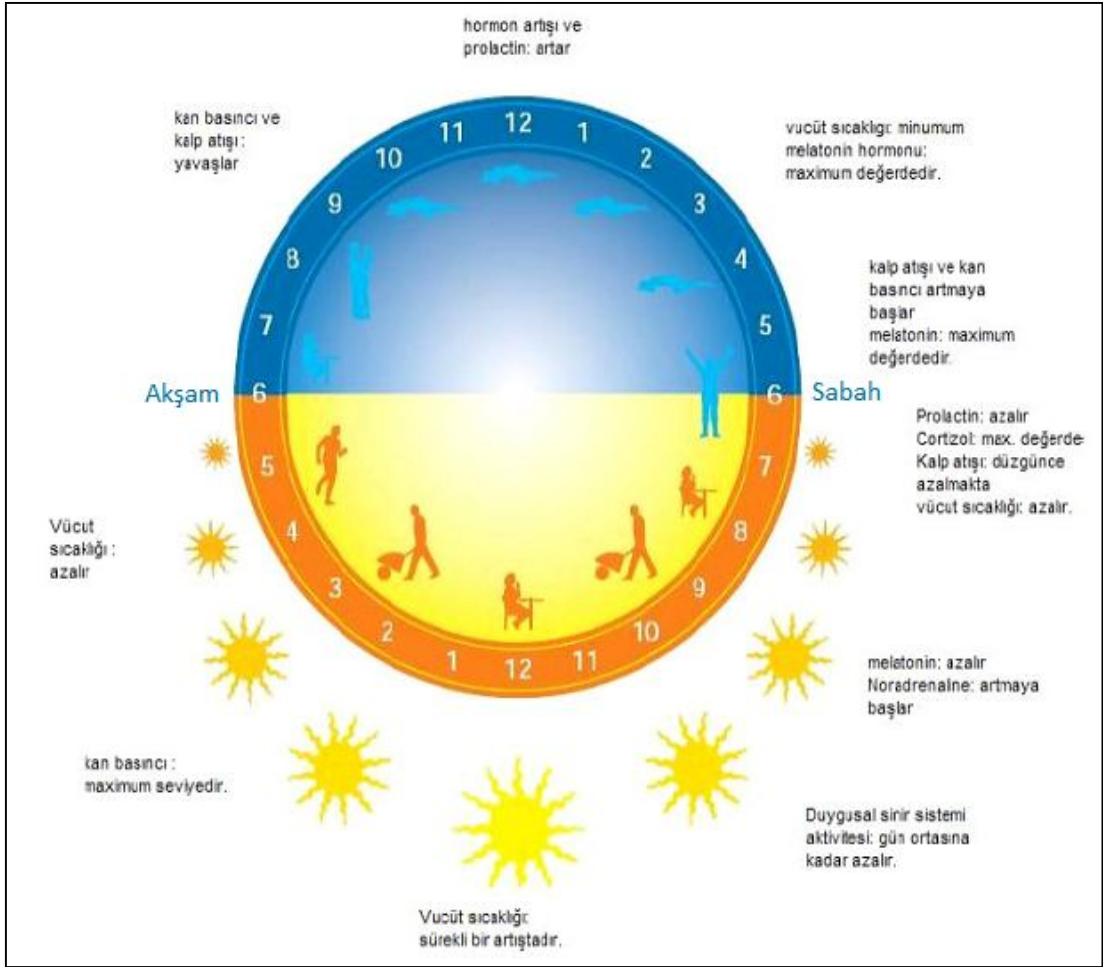
Sabah kortizol seviyesi artar, vücudu ve zihni gelen günün aktivitelerine hazırlar (Şekil 4.1). Aynı zamanda melatonin seviyesi düşer ve uykulu olma hali azalır. Kortizol diğerlerinin yanı sıra vücuda enerji veren kan şekerini artırır ve bağışıklık sistemini güçlendirir. İyi bir sağlık için bu ritmin çok fazla kesintiye uğramaması gerekir. Bu ritmin bozulması halinde sabahın parlak ışığı normal ritmine dönmesine yardımcı olacaktır [34].



Şekil 4.1 : Günışığının insan vücuduna etkisi ile kortizol ve melatonin seviyelerindeki değişim [31].

Sabah ışık seviyesi vücudun biyolojik saatine aktif döngünün başlama sinyalini iletir. Vücut bu sinyale serotonin, adrenalin ve kortizol üretimi ile yanıt verir. Gündüz bu hormonların yanı sıra vücut sıcaklığının ve metabolizmanın seviyesi yükselir. Öğleden sonra metabolizmanın seviyesi zirveye ulaşmıştır.

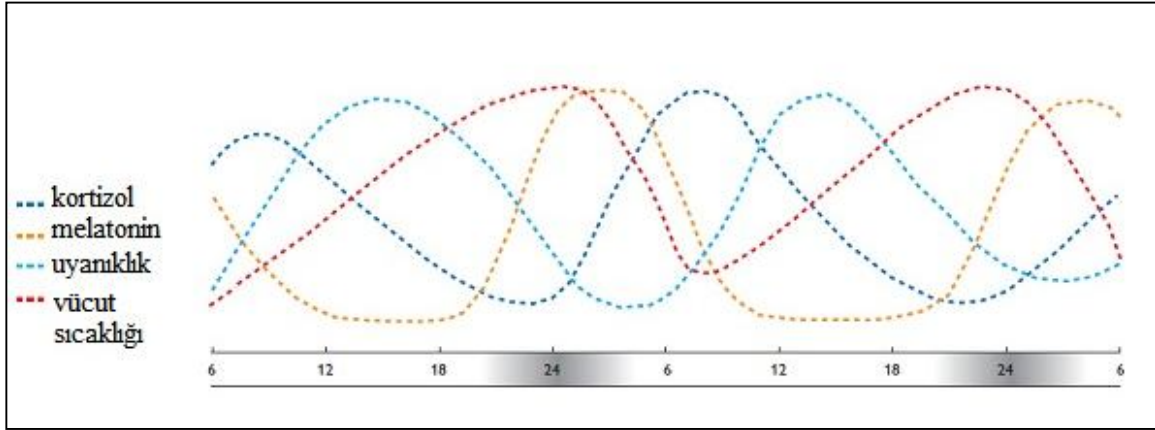
Akşam günışığının yoğunluğunun azalması ile biyolojik saat epifiz bezine serotonin hormonunu melatonine çevirme sinyalini gönderir ve vücut sıcaklığı düşer. Gece ve uyku başlangıcında melatonin hormonu serbest kalır ve vücut sıcaklığı azalır. Uyanma sırasında biyolojik saat melatonin hormonun salınmasını durdurur ve bu döngü tekrar baştan başlar. Şekil 4.2' de 24 saatlik bu ışık döngüsünün insan vücudunda neden olduğu reaksiyonlar yer almaktadır [35].



Şekil 4.2 : 24 Saatlik ışık döngüsünün insan vücudunda neden olduğu reaksiyonlar [36].

Ayrı bir sinir sistemi sayesinde, gözle görülür ışık, biyolojik saatimize bedensel süreçlerde büyük bir çeşitliliğe sahip sirkadiyen (günlük) ve sirkanyen (mevsimsel - circannual) ritminin düzenlenmesi için sinyaller gönderir.

Şekil 4.3 insandaki bu tipik ritimlerin bazılarının örneklerini içermektedir. Bu şekil vücut ısısı, uyanıklık, kortizol hormonun (stres hormonu) ve melatonin hormonun (uyku hormonu) ritmi gibi sadece birkaç örneği göstermektedir.



Şekil 4.3 : 2x24 saatlik bir ritimde, doğal aydınlık-karanlık döngüsünde insandaki vücut ısı, melatonin ve uyanıklık [35].

Uyuma-uyanma döngüsü, uyku olma hali, yorgunluk, ruh hali ve performans gibi diğer ritimler de önemlidir. Kortizol ve melatonin hormonları uyanıklık ve uykunun yönetiminde önemli rol oynarlar. Bu basitleştirilmiş örneklerde açıkça göstermektedir ki hormonal ritimler hem uyanırken işlevlerimizi yapabilmemiz hem de zindelik seviyemize direkt etkileri nedeni ile bizler için çok önemlidir. Kortizol diğerlerinin yanı sıra vücuda enerji veren kan şekerini artırır ve bağışıklık sistemini güçlendirir. İyi bir sağlık için bu ritmin çok fazla kesintiye uğramaması gerekir. Bu ritmin bozulması halinde sabahın parlak ışığı normal ritmine dönmesine yardımcı olacaktır [34].

Vardiyalı çalışma, aşırı uyku hali, gece ve sabah erken saatlerde konsantrasyon (dikkat) eksiliği ve kaza riski de dâhil olmak üzere biyolojik saat üzerinde ciddi aksamalara neden olabilir. Bunun nedenlerinden biri vardiyalı çalışanların uyku halde iken kendilerini gündüz sirkadiyen ritminde tutmaya çalışmalarıdır. Uzun süreli vardiyalı çalışmalar sirkadiyen sistemin tümünden çöküşüne de neden olabilir. Yapılan çalışmalar bu tür aksaklıkların gece boyunca yüksek parlak ışık kullanarak ve doğal ışığın gün içindeki varyasyonlarını başarılı bir şekilde taklit eden yapma aydınlatmalarla çözümlendiğini göstermiştir [37].

Sirkadiyen sistem ile doğal ışık arasındaki ilişki göz önünde bulundurularak dinamik aydınlatma sistemleri geliştirilmiştir. Biyolojik olarak, yapma aydınlatma kullanıcının sirkadiyen ritmine göre düzenlenmelidir. Bu aktif olunan ve dinlenilen zaman olarak ayrılan biyolojik sürecin desteklenmesi için gereklidir. Gün süresince, güneşin konumu ve doğal ışığın renk sıcaklığı değişir. Dinamik aydınlatma çözümleri bu değişiklikleri dikkate almaktadır. Dinamik aydınlatma çözümleri akıllı

kontrol sistemleri ve sensor teknolojileri ile gerçekleştirilmektedir. Bu sayede aygıtlar aynı anda dolaysız veya dolaylı ışık verebilir, farklı renklerdeki ışık kaynakları ayrı ayrı kontrol edilebilir. Aydınlatma yönetim sistemleri, biyolojik ritmi desteklemek üzere tasarlanmış renk sıcaklığı değişen ışık sunabilir [31].

Uçak yolculuğu ile seyahat eden birçok insanın yaşadığı rahatsız edici deneyimlerden biri de "jet-lag" ' dır. Kıtalararası yolculuklar kısa bir süre içinde bir kaç saat dilimi arasında geçiş yapılmasını gerektirir. Bu geçiş, yaşanılan yerdeki aydınlık-karanlık döngüsüne göre ayarlanmış olan sirkadiyen ritmin değişmesine neden olur [38]. Biyolojik saatimiz ile bulunduğumuz zamandaki günün saati arasındaki farklılık "jet-lag" olarak tanımlanır. Farklı zaman dilimleri arasında seyahat edenlerin kronobiyojilerinde (zaman ile ilgili çeşitli döngüler ve ritimler gibi biyolojik aktivite çalışması) ciddi aksamalara neden olabilir. Biyolojik saat günde bir veya birkaç saatten daha fazla değiştirilemez. Bu nedenle seyahat edenler bulundukları yerdeki gün ve gece zamanına bir kaç gün hatta bir hafta içinde ancak uyum sağlayabilirler. Jet-lag' dan kaynaklanan olumsuz durumların etkilerinin hafifletilmesi için ışık terapisi veya oral yol ile alınan melatonin önerilir [37].

4.1.2 Dış görüş

Pencereler günışığının mekânlara alınmasının yanında dış görüşü de sağlar. Bu da doğrudan mekân memnuniyetinin gelişiminde, stresin azalmasında ve verimliliğin artışında etkilidir. Pencereden görülen görünüm dış dünya ile bağlantı, günün veya yılın hangi zamanında olduğunun algılanması, hava koşullarının bilinmesi ve değişimlerinin görülmesini sağlar [39].

Gün boyunca ışık seviyelerindeki hareketlilik ve değişimler zihinsel olarak rahatlamayı ve uyarılmayı sağlar. Günün zamanı, hava koşulları ve kişisel güvenlik konumu pencereden dışarıya bir bakışta tespit edilecek şekilde olmalıdır. İç mekânlardaki çok büyük olmayan pencereler, temiz olmayan ya da koyu renk camlar insanlarda kapalı alan korkusuna neden olabilir [40].

Çalışma alanlarında pencerelerin varlığı ve günışığının girişi çalışma ortamındaki memnuniyet artışı ile bağlantılıdır [33].

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) 1998 deki raporunda, dünya çapındaki yeni ve yenilenmiş binaların yüzde otuzundan fazlasının sağlık problemleri ile bağlantılı olabileceğini açıkladı. Bu durum için "Hasta Bina Sendromu" tanımı kullanılmıştır.

Bina sakinlerinin konforsuzluk ve hatta tanımlanabilir bir neden veya belirli bir hastalığa bağlı olmayan sağlık problemleri yaşamasının binada harcanan zaman ile ilişkili olduğu görünmektedir [41].

Hastalığın görülme sıklığı bazı binalarda diğerlerine göre önemli ölçüde daha yüksektir. Hasta bina sendromunun belirtileri gözlerde yanma, burunda akıntı, baş ağrısı, cilt kuruluğu, baş dönmesi ve mide bulantısıdır. Hastalığın nedeni için tek bir belirgin sebep bulunamamıştır. Bu sendroma kötü havalandırma, klima, sıcaklık, nem ve ışık ile stres, yönetim biçimi ve sıkıcı iş programları gibi psikolojik faktörlerin neden olduğuna inanılmaktadır [42].

Fiziksel çevre ve enformasyon sürecinin düşük olduğu koşullarda, vücutta bulunan çeşitli hormonların salgısı değişmektedir. Yapılan ölçümler sonucunda penceresiz mekânlarda kortizol salgısının oldukça azaldığı, kişilerin ruh halinin bozulduğu ve performansının düştüğü görülmüştür. Pencere ve manzaralı odaları kullanan kişilerin, penceresiz ve kötü manzaralı odaları olan kişilere nazaran morallerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum bağışıklık sistemini etkilemiş ve vücut direncini artırmıştır [43].

Ofislerdeki günışığı eksikliği ile hasta bina sendromu birbiri ile doğrudan ilişkilidir. Yapılan araştırmalar gösteriyor ki çalışanların pencereden olan uzaklıkları ile hastalık semptomları arasında ters orantılı bir bağ vardır. Yani çalışanlar pencerelere ne kadar yakınlarsa hasta bina sendromunda görülen hastalık semptomları o derece azalmaktadır ya da bunun tersi geçerlidir [39].

Dış görüş ve günışığının mekân için önemi yeşil bina sertifikalandırma sistemlerinde de göz önünde bulundurulmakta ve değerlendirme kriterlerinde yer almaktadır.

LEED (Çevre ve Enerji Tasarımında Liderlik Sertifikası) sertifikasyon sisteminde dış görüş ve günışığı, iç mekân fiziksel çevre kalitesi ana başlığı altında yer almaktadır. Kullanıcıların hacimde, dış ortam ile görsel temas kurabilmesi ve binaya günışığı alınmasını değerlendiren ölçüttür. Kullanılan mekânların %75'inde yaklaşık 250 lux değerinde günışığı aydınlığının öngörülmesi halinde bu bölümden 1 puan alınabilmektedir. Ayrıca bu kriterde kullanıcıların %90'ının oturdukları yerden dışarıyı görebilmeleri istenmektedir. Planlamanın bu şekilde olması durumunda, 1 puan alınabilmektedir [44].

Diğer bir sertifikasyon sistemi olan BREEAM (Bina Araştırma Kurumu Çevre Değerlendirme Yöntemi)' de ise dış görüş ve günışığı sağlık ve konfor başlığı altında yer almaktadır. Bu kriter zemin alanının kullanılan kısmının en az %80'inin günışığı almasını belirtmektedir. Kriterin sağlanması halinde 1 puan alınabilmektedir. Dış mekân ile görsel temasın sağlanması ayrıca değerlendirilmektedir. Bu kritere göre özellikle ofis binalarında göz yorgunluğu ve monotonluğu engellemek amacıyla her kullanıcının dış mekân ile göz ilişkisi kurması sağlanmalıdır. İlgili alanların dış görüş sağlayan pencereye en fazla 7m uzaklıkta olması ve saydamlık oranının minimum %20 değerini sağlaması istenmektedir. Belirtilen kriterlerin sağlanması ve yeterli dış görüşün olması halinde 1 puan alınabilmektedir [45].

4.1.3 Işığın ruh hali üzerindeki etkisi

Işık ile ruh hali ve üretkenlik (verimlilik) arasındaki bağlantı karmaşıktır ve diğer katkı sağlayan faktörlerin sayısı nedeni ile de bilimsel olarak ölçmek kolay değildir. Ancak yapılan araştırmalar özellikle çalışma alanlarındaki günışığı miktarı ve üretkenlik (verimlilik) arasındaki bağlantıyı ortaya koymuştur [46].

Kronobiyolojik (zaman ile ilgili çeşitli döngüler ve ritimler gibi biyolojik aktivite çalışması) ritimlerimiz yaz ve kış mevsimlerinden etkilenir. Kışın kendimizi daha az formda hisseder, konsantrasyonumuzda azalma ve tepkilerimizde yavaşlama olur. Ayrıca daha fazla yemeğe başlar, vücut ağırlığımız artarken, kan şekeri de yükselir. Bu mevsimlerin psikolojik etkisidir. İnsanlar kış aylarında yaz aylardakine göre daha gergin (sinirli) ve ayrıca daha kötü huylu olurlar. Ancak bazı insanlar kış aylarında sadece düşük ruh haline sahip olmakla etkilenmez, klinik depresyon hale gelebilirler [31].

Mevsimsel depresyon kuzey enleminde yaşayan insanlarda daha sık görülür. Mevsimsel Duygu Durum Bozukluğu - SAD (Seasonal Affective Disorder) olarak adlandırılır ve yaygın olarak ışığın endokrin sistemimiz üzerindeki etkisi olarak bilinir. Bu terim ilk kez 1981' de Dr. Norman E. Rosenthal tarafından günışığı eksikliğinin neden olduğu depresyonu tanımlamak için kullanılmıştır [41]. Yazın gündüzlerin uzun sürmesi ve vücudumuzun daha fazla günışığı alabilmesi melatonin seviyesini azaltmakta, kışın ise gecelerin daha uzun sürmesi sonucunda vücuttaki melatonin seviyesi artmaktadır. Bu etkileşim, farklı iklim bölgelerinde yaşayan kişiler arasında daha belirgin olarak görülmektedir. SAD, iklimsel etkenlere bağlı

olarak yeteri kadar günışığı alamayan kişilerin hormon sistemindeki düzensizlikle ilgili bir belirtidir. Özellikle kuzey ülkelerinde görülen bu rahatsızlığı gidermek için hastalara yüksek aydınlık düzeylerinde ve değişen periyotlarla ışık terapisi uygulanmaktadır [47].

Işık miktarındaki azalma hormonal dengeyi etkilemekte, hastalığa ve bağışıklık sisteminde zayıflamaya neden olmaktadır. Kadınların erkeklere oranla ışığa daha duyarlı oldukları ve kanlarındaki melatonin düzeylerinin düşmesiyle bağlantılı olarak kış depresyonuna yakalandıkları bilinmektedir. Bu kapsamda, özellikle sabah erken saatlerde uygulanan ışık tedavisi, kış depresyonunun yenilmesinde etkili olmaktadır. Güneş ışınlarının belirli şiddet ve süre dâhilinde, beden ve ruh sağlığı için gerekli ve yararlı olduğu kanıtlanmıştır [48].

Işık renklerinin insanlar üzerinde değişik etkileri vardır. Genelde kırmızı ve sarı renk tonları yani sıcak renkler insanlara daha rahatlatıcı gelir. Özellikle soğuk ülkelerde mekânları insanlara daha sıcak gösterebilmek ve hissettirebilmek için sıcak renkler tercih edilir. Buna karşılık sıcak ülkelerde ise ışık rengi soğuk beyaz ve mavi tonları tercih edilmektedir. Bu renkler insana ferahlık hissi vermektedir. Işık kaynağının rengini kullanarak mekâna değişik özellikler katabilir ve mekânın çekiciliği artırılabilir. Buna en iyi örnek ise otellerin resepsiyon bölümleridir. Buralarda yapılacak tasarımlarda davetkâr bir sıcaklığın insanlara verilmesi tasarımın ana amacıdır [46].

4.1.4 Işığın performans üzerindeki etkisi

İş performansı çalışanın kendi iş görevi gereksinimlerini ne ölçüde karşıladığı olarak tanımlanabilir. Bunun kesin niteliği yapılan işin türüne göre geniş bir çapta değişir. Araştırmacılar üretkenliği (verimliliği- bir çalışanın belli bir süre boyunca yaptığı işin miktarı ve hacmi) problem çözme, takım performansı, iş arkadaşları ile ilişkiler ve iletişim tarzı gibi farklı iş tipleri için bir kriter olarak kullanır [49].

İş yerindeki verimliliği etkileyen ana faktörlerin ilk aşamasında iyi hissetme, motivasyon, iş memnuniyeti gibi bireysel insan faktörleri, ikinci aşamasında organizasyon yapısı, iç çevre koşulları, dış çevre koşulları, çalışılan tesis ve sağlanan hizmetler gibi sistemsel faktörler yer almaktadır. İnsanın çalışma sırasında performansını etkileyen iç çevre koşulları tanımlanırken de nem, havalandırma, kalabalık ve aydınlatma dâhil edilmiştir. Aydınlatma koşullarının kişisel performansı

etkileyebileceği üç yol vardır. Bunlar görme sistemi, sirkadiyen ritim ve algısal sistem üzerinde olabilecek etkilere dir. Görme sisteminin yetenekleri aydınlatma koşulları tarafından belirlenir. Sirkadiyen sistemin durumu öncelikle aydınlık-karanlık döngüsünden etkilenir. Algısal sisteme iletilen mesajları etkileyen birçok faktörden biri de aydınlatmadır [50]. Şekil 4.4 aydınlatma koşullarının görme, sirkadiyen ve algısal sistem yolu ile insan performansına etkilerini göstermektedir.

Şekil 4.4 : Aydınlatma koşullarının görme, sirkadiyen ve algısal sistem yolu ile performansına etkilerini gösteren şema [50].

Çalışma koşulları ve saatlerindeki değişime bağlı olarak, kişilerin biyoritmi olumsuz etkilenmekte, bu olumsuzluk da uyku düzensizlikleri, mide ve sindirim sorunları (gastrointestinal), hafızada bulanıklık, yorgunluk ve adaptasyon güçlüğü gibi sonuçlara neden olmaktadır. Brainard ve Glickman tarafından yapılan bir araştırmaya göre, çalışma saatlerinde sık değişim yaşayan kişilerde, biyoritm dengesizliğine bağlı olarak daha fazla kalp rahatsızlıkları ve psikolojik sorunla karşılaşmışlardır [51].

Yirmi yıldan fazla bir süredir, bilim tarafından iyi bir aydınlatmanın etkileri arasında, insan sağlığı ve kendini iyi hissetme üzerindeki pozitif etkileri gösterilmektedir. Daha iyi bir aydınlatmanın iş performansında daha hızlı olunması ve başarısızlık oranlarının düşmesi, güvenlik, kaza oranlarında azalma, kendini iyi hissetme, sağlık ve işe devamlılık açısından olumlu katkıları vardır [34].

Işığın kalitesi insanın yaptığı aktivitelerde performansı direkt etkileyen bir faktördür. Özellikle performans beklenen ortamlarda (üretim tesisleri, ofis vs.) doğru ışık, ışık rengi, ışığın geliş açısı ve ışık şiddeti gibi konular, tasarımı yaparken referans olarak alınacak önemli konulardır. Uzun süre vakit geçirilen ortamlarda insanı rahatsız etmeyecek, hatta psikolojik olarak rahatlatıcı bir aydınlatma performansı doğrudan üst seviyelere çıkarabilir [46].

Çalışma ortamının yeterince aydınlatılması ile işin kolaylıkla yapılması ve verimlilik arasında yakın bir ilişki vardır. Yapılan araştırmalar aydınlık düzeyinin arttırılmasına paralel olarak üretimin %8-27 yükseldiğini ortaya koymaktadır. Kötü aydınlatma ise sıkıntılı bir çalışma ortamı yaratmakta; göz sinirlerini yıpratmakta, zayıflatmakta ve geçici ya da daimi körlüklere neden olabilmektedir [52].

Kötü aydınlatmanın neden olduğu yorgunluk; dikkati dağıtmakta, moral bozukluğu ve sinirli davranışlara neden olmaktadır. Bu yönüyle iyi bir ışıklandırma, erken yorulmayı önlemesi ve insanları etkileyerek iş verimini arttırması nedeniyle önemsenmesi gereken bir araçtır [52].

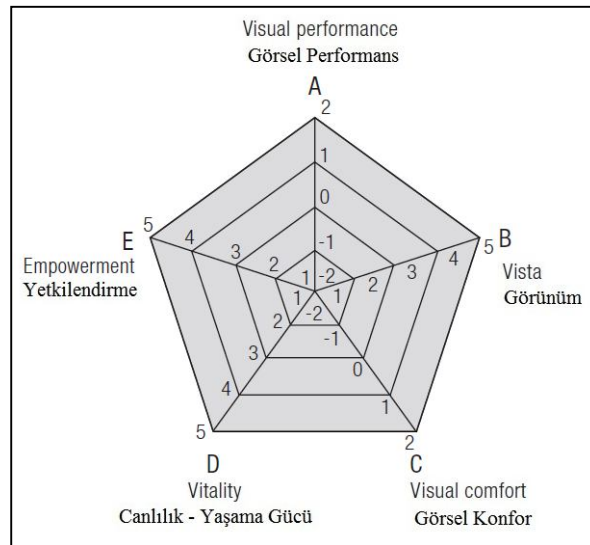
4.2 Ergonomik aydınlatma kavramı ve ELI hesaplama yöntemi

Ergonomi, insanı ve çevresini iyi tanımayı ve işi çalışana uygun hale getirmeyi konu edinen bilim dalıdır [53]. Kişisel çalışma bilimidir. İnsan organizmasının özelliklerini ve yeteneklerini araştırarak işin insana, insanın işe uyumu için gerekli şartları sağlar. İnsanların yeteneklerini fark etmesini ve etkili bir şekilde

kullanılmasını sağlayarak insanın çalışırken aşırı zorlanmalar yüzünden yıpranmasını önler ve bu uyum sayesinde iş başarımını artırır [54]. Buradaki amaç, bir yandan insan verimi ve konforunu arttırmak diğer yandan ise tasarlanan çevrenin, insan için güvenli olmasını sağlamaktır. Kullanıcının gerek antropometrik gereksinimlerinin saptanması, gerekse duyuşsal, algısal ve zihinsel değerlendirmelerinin belirlenmesinde ergonominin önemi büyüktür [55].

Ergonomik Aydınlatma Göstergesi (The Ergonomic Lighting Indicator- ELI) aydınlatma kalitesini ölçmek için Zumtobel Lighting tarafından Univ.- Prof. Christoph Schierz (Swiss Federal Institute Of Technology Zurich) ile birlikte geliştirilmiş bir değerlendirme programıdır. Ofisler, eğitim binaları, imalat yapan fabrikalar, oteller, restoranlar, hastaneler, toptan ve perakende satış hizmeti veren alanlar ve bunların dışında kalan mekânlar için ergonomik açıdan aydınlatma tasarımını inceleme ve değerlendirme şansı verir. Program Zumtobel Lighting'in <http://www.zumtobel.com/com-en/service.html#software> internet sitesinden indirilip, basit yönergelerle kurulumu sağlanabilir.

Ergonomik Aydınlatma Göstergesi (**The Ergonomic Lighting Indicator -ELI**) beş ana kalite kriteri kullanarak aydınlatma kalitesini nicelik açısından değerlendirmeyi sağlar. Kontrol listeleri kişisel kriterleri kaydetmek için kullanılır ve kriterler Kiviat grafik (örümcek ağ grafiği) de gösterilir. Şekil 4.5' de gösterildiği gibi grafiğin en dışındaki hat bir kriterin en iyi şekilde yerine getirildiği noktayı göstermektedir [56].



Şekil 4.5 : Örümcek ağ Grafiği Kullanılarak Bir ELI Değerlendirme Örneği [56].

4.2.1 Ergonomik aydınlatma göstergesi kriterleri

ELI kriterleri beş ana başlık altında toplanmıştır. Bu kriterler;

- A- Görsel Performans
- B- Görünüm
- C- Görsel Konfor
- D-Canlılık-Yaşam Gücü
- E- Yetkilendirme

A - Görsel performans

İlgili standartlara uygun olan aydınlatma, görsel bir görevin tespit ediliyor olmasını ve ilgili faaliyetlerin yerine getirilmesini sağlamak için belirleyicidir. Aydınlatmanın geleneksel kalite özelliklerinin göz önünde bulundurulması görsel görevlerin performansında büyük bir etkiye sahiptir.

- Aydınlık Düzeyi
- Aydınlığın Düzgünlüğü
- Renk Geriverimi
- Sert Gölgelerden Kaçınmak
- Kontrast
- Fizyolojik Kamaşma [56].

B- Görünüm

Aydınlatma sadece görebilmek için değil, aynı zamanda iç mekânın görsel etkisini arttırmak için de kullanılmaktadır; örnek olarak prestijli binalar ele alınabilir. Işık iç mekânlara girişte insanlara rehberlik eder ve ilk görsel izlenimleri ile mekânı tanımlarını sağlar.

- Mimari Tasarım
- Ruhsal - Zihinsel Tasarım
- Rehberlik
- Algı Hiyerarşisi
- Dış görünüş
- Malzeme
- Armatürlerin Koruma Tipi
- Zararlı Işınlara Karşı Koruma [56].

C- Görsel konfor

Işık sadece görsel görevlerin yapılacağı alanlar için değil mekânın algısı için de gerekli bir tasarım öğesidir. Mekânlarda parıltı dağılımı ve parıltı kontrastları dengeli bir biçimde düzenlenmiş olmalıdır.

- Dengeli Aydınlık
- Farklı Parıltı Seviyeleri
- Plastisite / modelleme
- Rahatsız Eden Yansıma
- Görsel Görev Çevresinde Düzgün Aydınlık
- Güvenlik Duygusu
- Güneş ışığı ile Bütünleşmiş Yapma Aydınlatma
- Titreşimsiz Balastların Kullanımı [56].

D- Canlılık -yaşama gücü

Işık insanların aktivitelerini ve iyi hissetme duygularını önemli ölçüde etkiler. Bunun yanı sıra sağlık üzerinde olumlu etkilere sahiptir hatta biyolojik süreçleri geliştirebilir veya etkileyebilir.

- İyi Hissetme Duygusu
- Harekete Geçirme Ve Uyarma
- Sirkadiyen Ritim
- Güneş ışığına Benzer Aydınlatma
- Tehlike Noktalarından Kaçınmak
- Termal (Isıl) ve Işınım (Radyasyon) Kaçınmak
- Elektromanyetik Alanlar [56].

E- Yetkilendirme

Bireylere göre değişen görsel gereksinimler, görsel görevler veya kullanım süreleri aydınlatmanın durumunu etkiler. Sensör ve kontrol sistemleri kullanıcılara kişisel ihtiyaçlarına göre aydınlatmanın durumunu ayarlamalarına yardımcı olur.

- Anahtarlama ve Loşlaştırmaya Birey etkisi
- Kişi Varlığını Algılama
- Güneş ışığına Bağlı Kontrol
- Aydınlatma Senaryoları Seçimi

- Mekânın Değişen Düzeni İçin Esneklik Sağlaması
- Gizlilik-Mahremiyet [56].

4.2.2 ELI hesaplama programının kullanımı

Zumtobel Lighting tarafından geliştirilen program ile hem Ergonomik Aydınlatma Göstergesi- (The Ergonomic Lighting Indicator) ELI hem de Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi (The Lighting Energy Numeric Indicator)-LENI için bir değerlendirme ve hesap sonucu elde edilir. Program sayesinde ergonomik aydınlatma için belirtilen standart gereksinimler ile tasarım sonucu elde edilen değerler veya hâlihazırdaki yapılarda var olan koşullar karşılaştırılarak tasarım sırasında eksik kalan veya gereğinden fazla üzerinde durulan kriterler belirlenebilir. Böylece uygulamaya geçmeden, daha tasarım aşamasında iken veya var olan koşullarda yapılacak değişiklikler ve iyileştirmelerle son kullanıcının fiziksel ve psikolojik gereksinimlerini karşılayacak kaliteli bir aydınlatma tasarlanmış olur.

Ayrıca bu programda Aydınlatma Enerjisi Sayısal Göstergesi-LENI' nin de hesaplanması mümkündür. LENI acil aydınlatma akülerinin şarjı ve kontrol sistemlerin bekleme konumları da dâhil olmak üzere metrekare başına yıllık aydınlatma enerji tüketimi hakkında bilgi verir. EN 15193 ' te enerji tüketiminin nasıl belirleneceği tanımlanmıştır ve LENI ' de bu tanıma göre tasarlanmıştır. EN 15193 Binalarda Enerji Performansı – Aydınlatma Enerjisi Gereksinimleri, binalarda aydınlatma enerjisi tüketiminin değerlendirilmesi için bir hesaplama yöntemini tanımlamaktadır.

Bu hesaplama yönteminde mevcut günışığının aydınlatma enerjisi tüketimi üzerindeki etkisi, hacimlerde günışığından yararlanan bölgenin dış engeller, cephe, hacim ve pencere özelliklerine bağlı olarak tanımlanması ile belirlenmiştir. Ayrıca, otomatik kontrol sistemlerinin kullanımıyla toplam aydınlatma enerjisi tüketiminin düşürülebilmesi de göz önüne alınmıştır. Öte yandan, hacimlerde gerçekleştirilen eylem türüne bağlı görsel konfor koşullarının, EN 12464-1, Light and Lighting – Lighting of work places – Part 1: Indoor work places standardında verilen değerlere uygun olarak sağlanması gerekmektedir. Türkiye için geliştirilen hesaplama yönteminde bu durum dikkate alınarak işleve bağlı standartta tanımlanan minimum aydınlık düzeylerinin (Em) ve istenen renksel geriverim (Ra) değerlerinin sağlanması öngörülmüştür. Standart değerlere uyulması halinde, aydınlatma; enerji

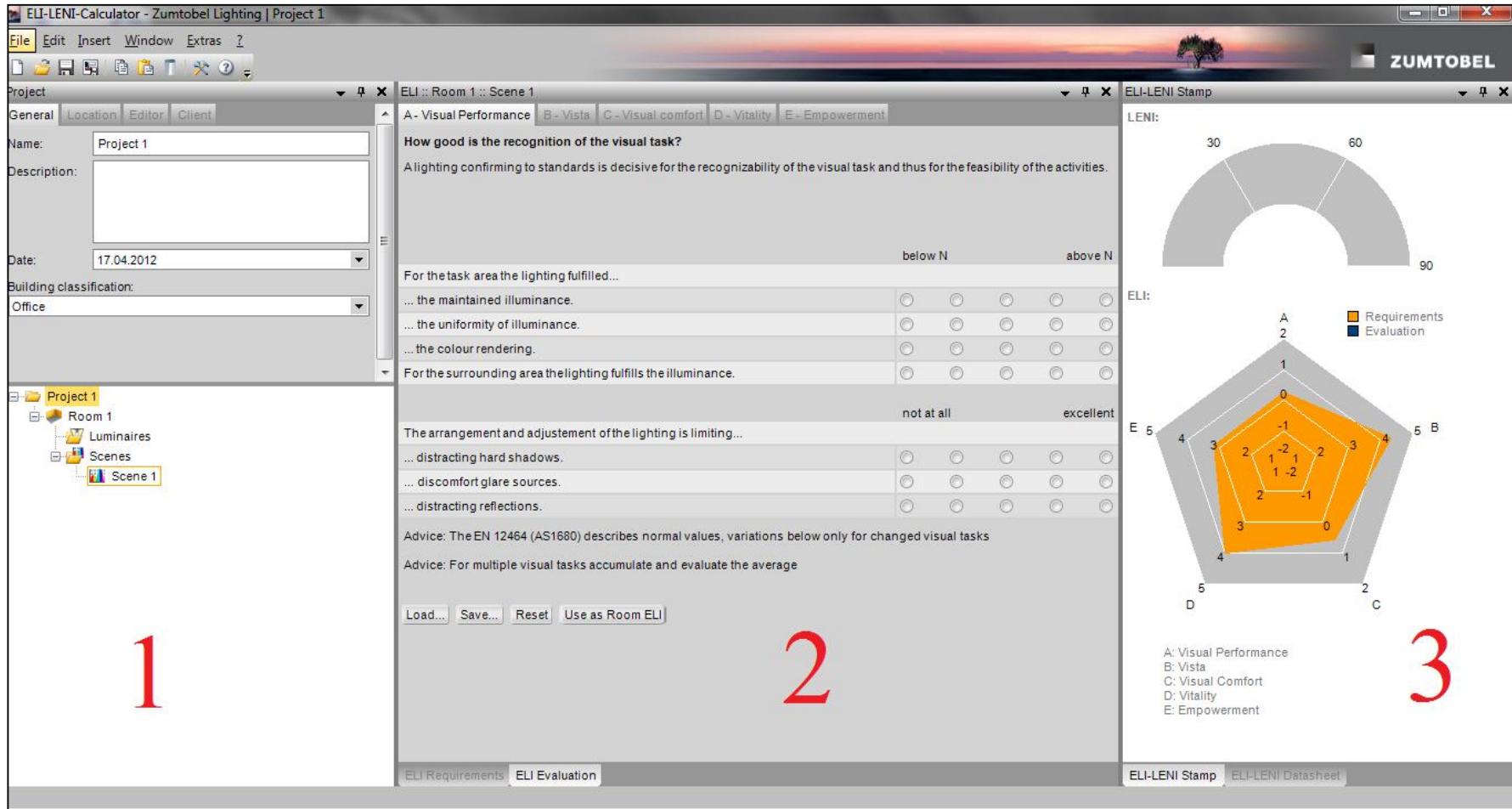
kaynaklarının yönetiminde dikkatli davranılmasına ve karbon dioksit emisyonun azaltılmasında önemli bir katkı sağlar [8,57].

ELI daha önce de belirtildiği üzere görsel performans, görünüm, görsel konfor, canlılık-yaşam gücü ve yetkilendirme olmak üzere beş ana başlık altında toplanmış 33 farklı kriterin ne derece sağlandığının değerlendirilmesidir. Bir kriterin ne derece sağlandığına dair beş farklı seçenekten biri seçilerek her bir kritere verilen yanıtların sonucu örümcek ağ grafikte görülebilir. Bu beş farklı seçenek 1'den 5'e derecelendirilmiş olup, 1 kriterin hiç sağlanmadığını, 5 ise kriterin en iyi derece de sağlandığını ifade etmektedir. Bu seçenekler dışında teknik veri gerektiren örneğin aydınlık düzeyi 250 lux' den az, 875 lux' den fazla ya da kullanılan lamba renksel geriverimi 60' dan az 95' ten fazla seçenekleri arasından sağlanan değer seçilmelidir.

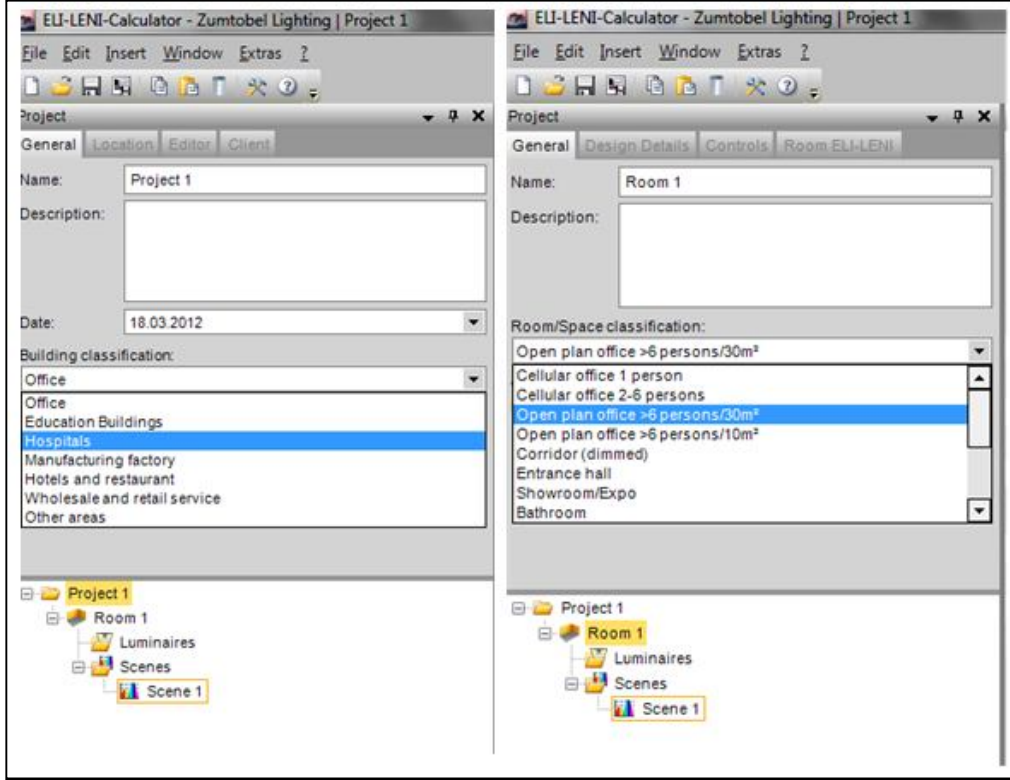
Program başlatıldığında açılan ekranın Şekil 4.6' deki gibi üç kısımdan oluştuğu görülecektir. Ekranın sol kısmı olan birinci bölümde Project 1 seçildiğinde proje ismi, tarihi, müşteri bilgileri ve tasarımı yapan kişi hakkında bilgilerin doldurulacağı form yer alacaktır.

Şekil 4.7' de yer alan ekranda tasarımı yapılan yapı tipi seçilebilmektedir. Ayrıca LENI hesaplaması için aygıt tipleri ve varsa farklı aydınlatma senaryoları seçilerek tasarlanmış her bir senaryo için enerji tüketimi hesaplanabilir. Room 1 seçildiğinde ise çalışma yapılacak yapı tipinin farklı mekânları seçilebilir ve mekânın boyut bilgileri ilave edilebilir. Örneğin yapı tipi ofis olarak seçildikten sonra Room 1 tıklandığında "Oda / Mekân Sınıflandırması" sekmesinden 30 metrekarede altıdan fazla kişi olan açık ofis, tek kişilik hücresel ofis, teknik bölüm, dinlenme alanı veya konferans salonu gibi ofise ait farklı mekânlar için seçim yapılabilir (Şekil 4.7).

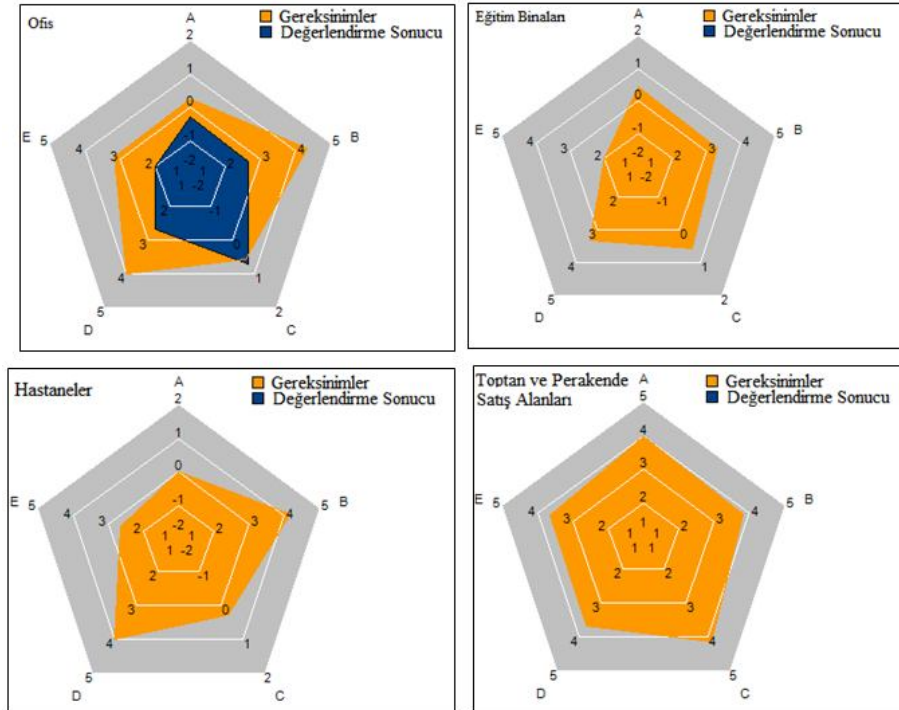
Seçilen her alanla birlikte mekânın kullanıcı gereksinimleri değişeceği için örümcek ağ üzerindeki minimum gereksinim sınırlarını ifade eden turuncu taralı alan da Şekil 4.8'deki gibi değişecektir. Aydınlatma tasarımına başlarken öncelikle aydınlatma tasarımı yapılacak yapının her mekânı birbirinden bağımsız değerlendirilerek o mekânı kullanacak kişilerin fiziksel ve psikolojik gereksinimleri göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin bir hastane projesi için aydınlatma tasarımı yaparken hasta odaları, muayenehaneler, ameliyathaneler, bekleme alanları veya kafeteryalar gibi işlevsel olarak birbirinden farklı her bir mekân kendi özel gereksinimleri dikkate alınarak tasarlanmalıdır.



Şekil 4.6 : ELI program ekranı.



Şekil 4.7 : Proje bilgilerinin yazıldığı ve yapı tipinin seçildiği ekran.



Şekil 4.8 : Ofis, eğitim binaları, hastaneler ve toptan-perakende satış alanları için standart gereksinimleri ve değerlendirme sonucunu gösteren ELI örümcek ağ grafiği.

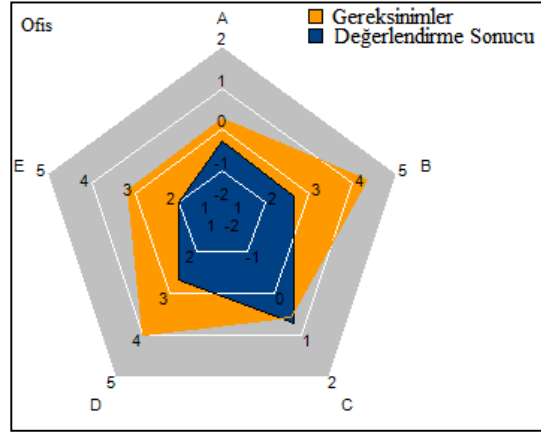
Şekil 4.6'da iki numaralı alan olarak tariflenen orta bölümde ise beş ana başlık altında toplanmış (görsel performans, görünüm, görsel konfor, canlılık-yaşam gücü ve yetkilendirme) kriterlere ilişkin bölüm yer almaktadır (Şekil 4.9).

Bu bölüm ELI gereksinimler (Şekil 4.9' da 1 numara ile tariflenmiştir) ve ELI değerlendirme (Şekil 4.9' da 2 numara ile tariflenmiştir) olarak ikiye ayrılmaktadır.

ELI gereksinimler bölümü, Şekil 4.7' de gösterildiği gibi bina tipini seçtiğinizde standartlara göre hazır profilde turuncuya taranmış bir alan olarak, değerlendirme sonucu ise değerlendirmeler kısmındaki kriterlere verilen yanıtlara göre turuncu alan üzerine mavi taralı alan olarak (Şekil 4.6' de üçüncü bölüm diye tariflenen kısımda) ekrana gelecektir.

Şekil 4.9 : ELI kriterler ekranı.

Gereksinimlerin turuncu, değerlendirme sonuçlarının ise mavi taralı alan olarak örümcek ağ grafik gösterimi Şekil 4.10' da yer almaktadır. Gereken durumlarda gereksinimler kısmı sıfırlanıp (Şekil 4.9' da gösterilen "Reset" sekmesi ile), standartlara göre yüklenen profil dışında proje koşullarına göre yeni gereksinim şartları belirlenebilir.



Şekil 4.10 : ELI gereksinimleri ve değerlendirme sonucunun örümcek gösterimi.

Değerlendirme yapılacak kriterler bir kaç kelime ile özetlenmiş olup mouse her bir kriterin üzerinde hareket ettirildiğinde Şekil 4.11' deki gibi daha detaylı açıklamaların yer aldığı bilgi kutucuğu ekrana gelecektir.

Şekil 4.11 : ELI kriterlerinin üzerinde mouse hareket ettirildiğinde ekrana gelecek bilgi kutucuğu.

Yine her bir kriter için 5 seçenek yer almakta olup mouse 1' den 5'e kadar sıralanmış bu seçeneklerin işaretleme kutucuğunun üzerinde hareket ettirildiğinde Şekil 12'deki gibi seçim ile ilgili açıklama ekrana gelecektir.

Tüm kriterlere ait seçimler yapıldığında Şekil 4.6' deki üçüncü bölümde beş ana kriter için hesaplanan puanlama sonuçları ve örümcek ağ grafik gösterimi ekrana gelecektir. ELI programının bir örnek üzerinde yapılan uygulaması başlık 4.2.4' de ayrıntılı olarak incelenmiştir.

How good is the recognition of the visual task?
A lighting confirming to standards is decisive for the recognizability of the visual task and thus for the feasibility of the activities.

	below N	above N
For the task area the lighting fulfilled...		
... the maintained illuminance.	☒	☐
... the uniformity of illuminance.	☐ <250	☐ >625
... the colour rendering.	☐	☐
For the surrounding area the lighting fulfills the illuminance.	☐	☐
	not at all	excellent
The arrangement and adjustment of the lighting is limiting...		
... distracting hard shadows.	☐	☐
... discomfort glare sources.	☐	☐
... distracting reflections.	☐	☐

Advice: The EN 12464 (AS1680) describes normal values, variations below only for changed visual tasks
Advice: For multiple visual tasks accumulate and evaluate the average

Load... Save... Reset Use as Room ELI

Şekil 4.12 : ELI kriterlerinin seçenekleri üzerinde mouse hareket ettirildiğinde ekrana gelecek bilgi kutucuğu.

4.2.3 Ofis aydınlatması için ELI hesaplama programının kullanımı

ELI hesap programı ofisler, eğitim binaları, imalat yapan fabrikalar, oteller, restoranlar, hastaneler, toptan ve perakende satış hizmeti veren alanlar ve bunların dışında kalan mekânlar için ergonomik açıdan aydınlatma tasarımını inceleme ve değerlendirme imkânı sağlayan bir programdır. Çalışmanın bu bölümünde; farklı bina tipolojisi arasından ofis tipi seçilerek aydınlatma tasarımının değerlendirilmesi açıklanacaktır.

Program başlatıldığında Şekil 4.6' deki ekran açılacaktır. İlk önce Şekil 4.7' deki proje bilgilerini içeren form doldurulup, yapı tipi ofis olarak seçilir. Şekil 4.6' deki ikinci bölümde ELI Gereksinimler kısmı standart olarak ekrana gelecektir. Ancak proje koşullarına göre bu standart profil sıfırlanıp yeni gereksinim koşulları

belirlenebilir. Bu örnekte standart profil kullanılarak değerlendirme sonuçları yorumlanacaktır.

A- Görsel performans kısmının değerlendirilmesi

Standartları sağlayan bir aydınlatma görsel görevlerin tanınırlığını ve bunun sonucu olarak da faaliyetlerin yapılabilirliğinde belirleyici olur. Görsel Performans kısmı Şekil 4.13' deki gibi tasarımın 7 kriter için değerlendirmesini içermektedir.

ELI :: Room 1 :: Scene 1

A - Visual Performance | B - Vista | C - Visual comfort | D - Vitality | E - Empowerment

How good is the recognition of the visual task?

A lighting confirming to standards is decisive for the recognizability of the visual task and thus for the feasibility of the activities.

	below N	above N
For the task area the lighting fulfilled...		
... the maintained illuminance.	☐	☐
... the uniformity of illuminance.	☐	☐
... the colour rendering.	☐	☐
For the surrounding area the lighting fulfills the illuminance.	☐	☐
	not at all	excellent
The arrangement and adjustment of the lighting is limiting...		
... distracting hard shadows.	☐	☐
... discomfort glare sources.	☐	☐
... distracting reflections.	☐	☐

Advice: The EN 12464 (AS1680) describes normal values, variations below only for changed visual tasks

Advice: For multiple visual tasks accumulate and evaluate the average

Load... Save... Reset Use as Room ELI

Şekil 4.13 : Görsel performans kısmının değerlendirildiği kriterler.

1.Kriter- Görev alanında sağlanan aydınlık düzeyi;

1. 250 lux ,

2. > 250 lux,

3. 500 lux ,

4. >625 lux,

5. >875 lux seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir. Yapı tipi ve yapı tipinde yapılacak işlemlere göre EN12464-1' de kabul edilen en düşük aydınlık düzeyleri belirtilmiştir.

2. Kriter- Görev alanında sağlanan düzgünlük;

1. <0.3 ,

2. >0.3 ,
3. >0.6 ,
4. ≥ 0.7 ,
5. ≥ 0.8 seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir. Düzgünlük; yüzeydeki minimum aydınlık düzeyinin ortalama aydınlık düzeyine oranıdır (EN 12464-1).

3.Kriter- Görev alanın aydınlatmasında kullanılan lambaların renk geriverimi;

1. <60 ,
2. 60-79,
3. 80,
4. >80 ,
5. >95 seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

4.Kriter- Görev alanının çevresi için sağlanan aydınlık düzeyi;

1. <175 ,
2. >175 ,
3. 300,
4. >400 ,
5. >625 seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

5.Kriter - Düzenlenebilir ve ayarlanabilir aydınlatma ile rahatsız edici sert gölgeler sınırlandırılabilir. Aygıtların yönlendirilmesi veya farklı şekillerde düzenlenebilmesi ile çalışma alanı ve bu alanda kullanılan mobilyalar üzerindeki rahatsız edici gölge riskleri azaltılabilir. Bunun için komşu alanlardaki hesaplama noktalarının aydınlık düzeyleri arasındaki oran değerlendirilir.

1. Komşu alanlardaki hesaplama noktalarının aydınlık düzeyleri arasındaki oran 1:5
2. Komşu alanlardaki hesaplama noktalarının aydınlık düzeyleri arasındaki oran 1:4
3. Komşu alanlardaki hesaplama noktalarının aydınlık düzeyleri arasındaki oran 1:3
4. Komşu alanlardaki hesaplama noktalarının aydınlık düzeyleri arasındaki oran 1:2
5. Komşu alanlardaki hesaplama noktalarının aydınlık düzeyleri arasındaki oran 1:2'den az seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

6.Kriter - Düzenlenebilir ve ayarlanabilir aydınlatma ile konforsuz kamaşma kaynakları sınırlandırılabilir.

1. Sıklıkla 4000cd/m² mevcuttur,
2. Seyrek olarak 4000cd/m² mevcuttur,
3. Siperlik engel açısı 1000-4000cd/m² arasındadır,
4. Seyrek olarak 1000cd/m² üzerindedir,
5. 1000cd/m² üzerinde oluşmamaktadır seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

7.Kriter - Düzenlenebilir ve ayarlanabilir aydınlatma ile rahatsız edici yansıma sınırlandırılabilir. Bakış yönünde sıralanmış veya gruplanmış aygıtların yansıma değerleri kritiktir. Bu nedenle de görsel görevler için karışıklık geriverim çarpanı CRF (Contrast Rendering Factor) tanımlanmıştır. CRF; belli bir aydınlık altında yapılan işin karışıklığının, aynı işin, referans aydınlık altındaki karışıklığına oranı olarak tanımlanan çarpandır [16].

1. CRF sınıfı III,
2. CRF sınıfı III ve II arasındaki değerlerdedir,
3. CRF sınıfı II,
4. CRF sınıfı II ve I arasındaki değerlerdedir,
5. CRF sınıfı I seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

B- Görünüm kısmının değerlendirilmesi

Bu bölümde ışığın aydınlatma dışında sağladığı görsel etki Şekil 4.14' deki gibi tasarımın 6 kriteri için değerlendirilmesini içermektedir.

1.Kriter - Aydınlatma tasarımının mimari özellikleri tamamlayıcı olup olmadığı 1'den 5'e sıralanmış seçenekler arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir. Bu kriterde aygıtın yerleşimi, yönlendirilmesi ve bulunduğu yükseklik dolayısı ile mimari özelliklere bir katkı sağlayıp sağlamadığı değerlendirilir. 1 aygıtın mimari ve mobilya ile hiç bir ilişkisi olmadığını ve bu kriterin hiç sağlamadığını, 5 ise tasarımın bu kriteri en iyi derecede sağladığını ifade eder.

2. Kriter - Aydınlatma tasarımının kullanıcı beklentilerini karşılayıp karşılamadığı 1'den 5'e sıralanmış seçenekler arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir. 1 tasarımda bu detayın göz önünde bulundurulmadığını ve bu kriterin hiç sağlanmadığını, 5 ise tasarımın kullanıcı beklentilerini en iyi derecede sağladığını ifade eder.

ELI :: Room 1 :: Scene 1

A - Visual Performance **B - Vista** C - Visual comfort D - Vitality E - Empowerment

How high is the value of the optical impression of the lighting solution?

Light serves e.g. in representative buildings not only the vision, but also the appearance. Light can serve as guideline assistance and determine the acceptance of the space by the first visual impression.

not at all excellent

The lighting design...

... complements architectural features.	☐	☐	☐	☐	☐
... meets the user expectations.	☐	☐	☐	☐	☐
... differ to activity zones.	☐	☐	☐	☐	☐
... creates a structure of perception (Eye Catching, focus of light etc.).	☐	☐	☐	☐	☐
The luminaire enhanced the quality of the space.	☐	☐	☐	☐	☐
The environmental conditions and maintenance requirements have been considered...	☐	☐	☐	☐	☐

Load... Save... Reset Use as Room ELI

Şekil 4.14 : Görünüm kısmının değerlendirildiği kriterler.

3. Kriter - Aydınlatma; ışık hatları, zeminde ve bölgelerdeki yönlendirici ışık çizgileri yardımı ile bir mekân içinde yönlenmeye ve mekâna uyum sağlamaya yardımcı olur. Bu kriterde aydınlatma tasarımının etkinlik bölgelerinde farklılık gösterip göstermediği incelenmekte olup 1'den 5'e sıralanmış seçenekler arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir. 1 tasarımda bu kriterin hiç sağlanmadığını, 5 ise tasarımın bu kriteri en iyi derecede sağladığını ifade eder.

4. Kriter - Işık bir mekânın ilk genel izlenimlerini algılar tarifler. Bu nedenle de göz alıcı ve odaklayıcı bir ışık, mekâna bakan kişinin dikkatini etkiler. Bu kriterde aydınlatma tasarımının bir algı yaratıp yaratmadığı 1'den 5'e sıralanmış seçenekler arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir. 1 tasarımda görünür ışığın herhangi bir odaklayıcı özelliğinin olmadığını, 5 ise tasarımda odaklayıcı ışık kullanarak kullanıcının bakışlarını kontrol edilmesinin ve dikkatini çekilmesinin hedeflendiğini ifade eder.

5. Kriter - Aydınlatma tasarımında kullanılan aygıtların mekânın kalitesini arttırıp arttırmadığını irdeler. Kullanılan aygıtların kalitesi, montaj yüksekliğinde hatalı açığa neden olup olmadığı, aygıtların eksik kullanılıp kullanılmadığı ve aynı sıra düzeninde olan diğer armatürlerle arasındaki uyum değerlendirilir.

1. Tasarımda hatalı açıkların kullanıldığını,

2. Açılarının doğru, aygıtların eksik ve aygıt diziliminin ilişkili olduğu diğer aygıtlara göre uyumlu olmadığını,
3. Açılarının doğru, aygıt diziliminin ilişkili olduğu diğer armatürlere göre uyumlu ama aygıtların eksik olduğunu,
4. Açılarının doğru, aygıtların gerektiği kadar olduğunu ancak aygıt diziliminin ilişkili olduğu diğer aygıtlara göre uyumlu olmadığını,
5. Açılarının doğru, aygıtların gerektiği kadar olduğunu ve aygıt diziliminin ilişkili olduğu diğer aygıtlara göre uyumlu olduğunu ifade eder.

6. Kriter - Aydınlatma tasarımında çevre koşullarının ve bakım gereksinimlerinin göz önünde bulundurulup bulundurulmadığı irdelenir. Aygıtların temizlenmesi, aygıtların toz, nem ve kimyasallara karşı korunması, aygıt ve lambaların uzun yıllar dayanıklılığı, nesnelerin korunmasına ek olarak kirlilik derecesi ve rutubet gibi çevresel koşulların da göz önünde bulundurulması irdelenecek detaylardır. 1'den 5'e sıralanmış seçenekler arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

1. Koruma sınıflarına veya bakım zamanlarına dikkat edilmediğini,
2. Koruma sınıflarına dikkat edildiğini ancak bakım zamanlarının çok kısa aralıklarla olduğunu,
3. Çevresel koşulların önünde bulundurulduğunu,
4. Çevresel koşulların önünde bulundurulduğunu ve bakım zamanlarının uzun aralıklarla olduğunu,
5. Yüksek koruma sınıfının sağlandığını, uzun yıllar kullanmaya karşı dayanıklı ve uzun zaman aralıkları ile bakım gerektiren aygıtların kullanıldığını ifade eder.

C- Görsel konfor kısmının değerlendirilmesi

Işık sadece mekânlardaki görsel görevler için değil aynı zamanda mekânların algısı için de gereklidir. Mekânda aydınlık dağılımı ve parıltı farkları dengeli olmalıdır. Görsel konfor kısmı Şekil 4.15' deki 7 kriterin değerlendirilmesini içermektedir.

1. Kriter - Aydınlatma çözümünde kamaşma önlenmiş olmalıdır. (Birleşik Kamaşma Endeksi, Unified Glare Rating – UGR değerleri verilmiştir)

1. >22,
2. 22-20,
3. 18-20,
4. 18-16,

5. <16 seçenekleri arasında tasarımda sağlanan değer seçilmelidir. Doğrudan kamaşma EN 12464 ' de ki UGR değerlerine göre belirlenebilir (Bölüm 2.2.9, Çizelge 2.2 ' de yer verilmiştir).

ELI :: Room 1 :: Scene 1

A - Visual Performance B - Vista C - Visual comfort D - Vitality E - Empowerment

How comfortable is the viewing?

Light is needed not only at the place of the visual task, but also for the perception in the room. The room should be illuminated evenly bright and balanced.

	below N	above N
The lighting solution avoids glare (UGR) and rapid cutoffs.	☐	☐
The lighting solution achieve a slow rate of brightness change.	☐	☐
Walls and ceiling are pleasantly lit.	☐	☐

	not at all	excellent
The lighting solution considers effective use of daylight	☐	☐
The lighting does not flicker.	☐	☐
The lighting conditions are uniform.	☐	☐
In the surround of the visual task the lighting meets the conditions of uniformity of illu...	☐	☐

Load... Save... Reset Use as Room ELI

Şekil 4.15 : Görsel konfor kısmının değerlendirildiği kriterler.

2. Kriter - Aydınlatma çözümü parıltı değişimini düşük oranda sağlamalıdır. Aydınlatma dağılımı üç boyutlu objelerin üzerindeki gölge oluşumunda önemli bir etkiye sahiptir. Bu durum bakan kişinin göz seviyesindeki silindirik aydınlık düzeyinin yatay aydınlık düzeyine oranı hesaplanarak değerlendirilebilir.

1. <0.1,

2. >0.1-<0.3,

3. >0.3-<0.4,

4. >0.4-<0.5,

5. >0.5-<0.7 Bu oran için seçenekler arasında tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

3. Kriter -.Hoş bir mekân algısı için mekân yüzeylerinin de dengeli aydınlatılmış olması gerekir. Yüzeylerin aydınlık düzeyleri arasındaki oranlara göre

1. Tavan / çalışma düzlemi < 0.3 ve duvarlar / çalışma düzlemi < 0.5 ,

2. Tavan / çalışma düzlemi ≥ 0.3 ve duvarlar / çalışma düzlemi < 0.5 ,
3. Tavan / çalışma düzlemi ≥ 0.3 ve duvarlar / çalışma düzlemi ≥ 0.5 ,
4. Tavan / çalışma düzlemi ≥ 0.3 , duvarlar / çalışma düzlemi ≥ 0.5 ve tavan yansıtması $\geq \%70$,
5. Tavan / çalışma düzlemi ≥ 0.3 , duvarlar / çalışma düzlemi ≥ 0.5 , tavan yansıtması $\geq \%70$, yoğun günışığı etkisi vardır seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

4. Kriter -Aydınlatma çözümünde günışığının kullanımı da göz önünde bulundurulmalıdır. Günışığın mekâna dağılımına göre aydınlatma grupları ayrı ayrı kontrole uyumlu olmalıdır.

1. Ne aynı hizadaki aygıtların kontrolü ne de sensörlerin yardımı ile yapma aydınlatma ve günışığı arasında bir uyum sağlanmıştır,
2. Günışığının etkisine bağlı olarak aydınlatma el ile kontrol edilmektedir,
3. Günışığının etkisine bağlı olarak aygıt grupları el ile kontrol edilmektedir,
4. Günışığının etkisine bağlı olarak aygıt grupları anahtarlama ile kontrol edilmektedir,
5. Günışığının etkisine bağlı olarak aygıt grupları otomatik loşlaştırılmaktadır seçenekleri arasından tasarım da sağlanan değer seçilmelidir.

5. Kriter - Aydınlatmada titreşimler olmamalıdır. Bunun için uygun elektronik balast ve kontrol sistemleri kullanılmalıdır. Manyetik balastlar titreşime ve ses artışına neden olur.

1. Manyetik balast kullanılmıştır,
2. Manyetik balasttan daha az kayıplı balast kullanılmıştır,
3. Düşük kayıplı balast kullanılmıştır,
4. Elektronik balast ile düşük kayıplı balast arasındaki sınıfta yer alan balastlar kullanılmıştır,
5. Elektronik balast kullanılmıştır seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

6. Kriter - Aydınlatma koşullarında düzgünlüğün sağlanmış olması gerekir. Güvende hissetmek için bulunulan mekândaki her bir yerin görülebilmesi çok önemlidir. Mekânda büyük karanlıkların ve belirsiz bölgelerin oluşması önlenmelidir.

1. Mekânda büyük karanlık bölgeler var,
2. Birinci seçeneğe göre daha az karanlık bölgeler var,
3. Bir kaç büyük karanlık bölge var,
4. Üçüncü seçeneğe göre daha az karanlık bölge var,
5. Mekânda hiç karanlık bölge olmadığı seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

7. Kriter - Görsel görevin çevresindeki aydınlatma, aydınlığın düzgün olma koşullarını sağlamalıdır. Görsel görev alanın çevresinde standartlara göre olması gereken düzgünlük değerleri EN 12464 ' de tanımlanmıştır. Düzgünlüğü iyi olmayan bir aydınlatma sık sık gözün adaptasyonunda sorunlara ve yorgunluğa neden olur. Görsel görev alanın çevresinde sağlanan aydınlığın düzgünlüğü;

1. < 0.4 ,
2. > 0.4 ,
3. ≥ 0.5 ,
4. ≥ 0.6 ,
5. ≥ 0.7 seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

D- Canlılık -yaşama gücü kısmın değerlendirilmesi

Işık insanların iyi hissetmeleri ve aktiviteleri üzerinde bir etkiye sahiptir. Ayrıca sağlığı olumlu olarak etkiler, biyolojik süreçleri güçlendirebilir veya etkileyebilir. İyi hissetme ve harekete geçme birbirini etkiler ve Şekil 4.16' deki 6 kriterin etkileşimine bağlıdır.

1. Kriter -Işığın doğrultusunu kontrol etmek - Memnuniyet. Işığın doğrultusunu (dolaysız, dolaylı) kontrol etmenin mekândaki kişinin iyi hissetmesi üzerinde büyük bir etkisi vardır. Aydınlatma çözümlerinde dolaylı aydınlatma kısmı arttırılabilir. Dolaysız aydınlatma işe odaklanmaya yardımcı olur.

1. Sadece dolaysız veya dolaylı aydınlatma var,
2. Dolaysız veya dolaylı aydınlatma birlikte anahtarlanmış (birlikte açıp, kapatılabilmekte) ,
3. Dolaysız veya dolaylı aydınlatma birlikte loşlaştırılmakta,
4. Dolaysız veya dolaylı aydınlatma ayrı ayrı loşlaştırılmakta ve dolaysız aydınlatmanın dolaylıya oranı 20: 80,

5. Dolaysız veya dolaylı aydınlatma ayrı ayrı loşlaştırılmakta ve dolaysız aydınlatmanın dolaylıya oranı 40: 60 seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

ELI :: Room 1 :: Scene 1

A - Visual Performance B - Vista C - Visual comfort **D - Vitality** E - Empowerment

How positive is the influence of the light on human beings?

Light has relevant influence on the well-being and the activity of humans. Besides that it affects the health positively and can support or influence biological processes.

not at all excellent

Well-being and activation interact with each other. They depend on the interaction of the following components:

Control of light direction.	☐	☐	☐	☐	☐
Control of light colour.	☐	☐	☐	☐	☐
Control of light quantity.	☐	☐	☐	☐	☐

The light...

... simulates daylight.	☐	☐	☐	☐	☐
... stabilizes/ supports the biological rhythm.	☐	☐	☐	☐	☐

Health impairments by radiant heat and/or electromagnetic fields are avoided.

☐	☐	☐	☐	☐
-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------	-----------------------

Load... Save... Reset Use as Room ELI

Şekil 4.16 : Canlılık-yaşam gücü kısmının değerlendirildiği kriterler.

2.Kriter - Işık rengini kontrol etmek - Uyarılma. Yüksek renk sıcaklıklarını kullanmak melatonin (uyku hormonu) salgılanmasını önleyebilir ve hareketliliği arttırabilir.

1. Işığın renk sıcaklığında değişim olmamakta,
2. Farklı renk sıcaklıkları anahtarla açılabilir
3. Farklı renk sıcaklıklarındaki iki aydınlatma bileşeni el ile kontrol edilebilir,
4. Farklı renk sıcaklıklarındaki farklı aydınlatma bileşenleri otomatik kontrol ile seçilebilir,
5. Renk sıcaklığı ayrı ayrı otomatik olarak değiştirilebilir seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

3. Kriter - Işığın niceliğini kontrol etmek - Yüksek dikkat. Mekâna uyum sağlamanın zindelik, canlılık üzerinde önemli etkileri vardır. Mekân içinde yapılacak farklı görevler içinde farklı aydınlatma seviyeleri gerekir.

1. Anahtarlama ile farklı aydınlatma seviyeleri sağlanamıyor,

2. El ile kontrol edilebilen anahtarlama ile farklı aydınlatma seviyeleri sağlanabilir,
3. Farklı aydınlatma seviyeleri el ile loşlaştırılabilir,
4. Uyanıklılığın, dikkatin arttırılması için aydınlatma seviyelerinin zamana göre uyumu sağlanabilir,
5. İşlevsel aygıtların aydınlatma seviyelerinin zamana göre uyumu sağlanabilir ayrıca değişen koşullara göre düşey plandaki aygıtlar kolayca devreye girebilir seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

4.Kriter- Işık günışığına benzer-taklit eder. Işık; mekân içinde günışığının dağılımına benzer şekilde dağıtılırsa, ışık kaynakları görünür olmazsa ve günışığına benzer spektral dağılımda olursa doğal gözükecektir.

1. Hiç günışığı kaynağı kullanılmamıştır,
2. Az da olsa günışığı kaynağı kullanılmıştır,
3. Işık rengi günışığı rengi ile bağdaşmaktadır,
4. Diğer üç seçeneğe göre hem renk hem de yoğunluk olarak daha iyi bir günışığı kaynağı mevcuttur,
5. Işığın rengi, ışığın dağılımı ve ışık kaynağı günışığına benzemektedir seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

5. Kriter- Işık biyolojik ritmi dengede tutar, destekler. Yapma aydınlatma insanın doğal biyoritmini (sirkadiyen ritim) etkileyebilir ve destekleyebilir.

1. Sirkadiyen ritim hiç göz önüne alınmamıştır,
2. İşlevsel bileşenler gün içinde ışık yoğunluğuna göre makul değerlerde değişir,
3. Işığın dolaysız ve dolaylı bileşenleri ışığın yoğunluğuna göre ters yönde değişir (sabah ve akşam dolaysız aydınlatma kısmı, öğleden sonra dolaylı aydınlatma kısmı),
4. İşlevsel bileşenler dolaysız ve dolaylı aydınlatmayı değiştirir, hareketliliği artırmak için yüksek renk sıcaklığındaki bileşenler zaman zaman ilave edilebilir,
5. Sirkadiyen ritmi dikkate alan aydınlatma çözümü iyi hissetmeyi sağlayan bileşenler ile hareketliliği sağlayan işlevsel bileşenleri akıllı bir şekilde birleştirmiştir seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

6. Kriter- Isı yayılımının ve/veya elektromanyetik (EM) alanların neden olduğu sağlık bozuklularından kaçınılmaktadır. Bağlantısız aktarımlar, manyetik alandan arındırılmış sistemler, özel kontrol sistemleri ve balastlar, UV filtreler ve IR reflektörler kullanılarak rahatsız edici ve sağlığa olumsuz etkilerinden kaçınılabilir.

1. IR, UV ve EM etkisi mevcut,
2. UV ve EM etkisi mevcut, IR etkisi mevcut değil,
3. EM etkisi mevcut, IR ve UV etkisi mevcut değil,
4. IR, UV ve EM etkisi mevcut değil,
5. Sağlığa olumsuz etkisi olan hiç bir kaynak kullanılmamıştır seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

E- Yetkilendirme kısmının değerlendirilmesi

Farklı görsel ihtiyaçlar, görsel görevler ya da kullanım süreleri aydınlatma çözümünde kişisel etkinin kontrolünü gerektirir. Sensörler ve kontrol sistemleri aydınlatma çözümünü kullanıcının ihtiyaçlarına göre uyarlamasına yardımcı olur. Şekil 4.17' de yetkilendirme kısmında değerlendirilecek 7 kriteri gösterilmektedir.

1. Kriter- Aydınlatma anahtar ve/veya loşlaştırma ile ayarlanabilir. Aydınlatma çözümü aygıtların anahtarlanması veya loşlaştırılması ile kişiye özgü olarak değiştirilebilir.

1. Bireysel müdahalenin hiç olmadığı,
2. Bireysel ihtiyaçlar için aydınlatmanın ayrı anahtarlandığı,
3. Ayrı anahtarlanmış aygıt gruplarının açma-kapama ve loşlaştırılması mümkündür,
4. Her bir aygıt için ayrı anahtar ve loşlaştırılmanın mümkün olduğu,
5. Çalışma alanından her bir aygıt için ayrı anahtar ve loşlaştırılmanın olanaklı olduğu seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

2. Kriter- Önceden ayarlanmış aydınlatma senaryoları temel aktiviteye uygun olarak seçilebilir. Seçilecek uygun aydınlatma senaryosu mekân kullanıcısının veya temel aktivitenin amaçlarına göre seçilmelidir.

1. Aydınlatma senaryosu seçilememektedir,
2. Birinci ve üçüncü seçenek değerleri arasında kalan uygulamalardır,
3. Temel aktiviteler ayrı bir aydınlatma senaryosuna sahip,
4. Üçüncü ve beşinci seçenek değerleri arasında kalan uygulamalardır,
5. Tüm temel aktiviteler için aydınlatma senaryosu tanımlanmıştır seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

ELI :: Room 1 :: Scene 1

A - Visual Performance B - Vista C - Visual comfort D - Vitality **E - Empowerment**

How well can the light be adapted to personalised needs?

Different visual needs, visual tasks or utilization periods require a personalised influencing control on the lighting situation. Sensors and control systems help to adapt the light situation to its needs for the user.

	not at all				excellent
The lighting can be adapted through switching and/or dimming.	☐	☐	☐	☐	☐
Pre-set lighting scenes can be selected to suit the main activities.	☐	☐	☐	☐	☐
Presence detectors switch/dim the light automatically.	☐	☐	☐	☐	☐
Daylight dependent lighting control adjusts the artificial light automatically.	☐	☐	☐	☐	☐
Automatic dynamic scenes and cycles are available.	☐	☐	☐	☐	☐
Luminaires and switches are flexible and displaceable.	☐	☐	☐	☐	☐
The luminaires are arranged in such a way that the premises can be simply reconfigu...	☐	☐	☐	☐	☐

Load... Save... Reset Use as Room ELI

Şekil 4.17 : Yetkilendirme kısmının değerlendirildiği kriterler.

3. Kriter- Algı dedektörleri ışığı otomatik olarak açıp kapatmakta ve/veya loşlaştırmaktadır. Işık sadece mekânda insan olması halinde gereklidir. Algı dedektörleri, insanın varlığını algılayarak ışığı otomatik ayarlayabilir ve enerji tasarrufu sağlar.

1. El ile açma-kapama yapılabilir,
2. Açma el ile kapama otomatik olarak yapılabilir,
3. Açma-kapama otomatik olarak yapılabilir,
4. Kapama ve loşlaştırma otomatik olarak yapılabilir,
5. Loşlaştırma, açma-kapama otomatik olarak ile yapılabilir seçenekleri arasında tasarımda sağlanan değer seçilmelidir.

4. Kriter- Günışığına bağlı aydınlatma kontrolün yapay aydınlatmayı otomatik olarak ayarlar. Günışığı sensörleri ve ışık kontrolleri yardımı ile değişen günışığı sistemine göre açma-kapama ve loşlaştırma düzenlenebilir.

1. Işık sensörü hiç kullanılmamış,
2. Birinci ve üçüncü seçenek değerleri arasında kalan uygulamalardır,
3. Günışığı sensörleri kullanılarak bazı alanlarda açma-kapama yapılmıştır,
4. Üçüncü ve beşinci seçenek değerleri arasında kalan uygulamalardır,

5. Günişığı tamamı ile kontrole bağıdır seçenekleri arasından tasarım da sağlanan değır seçilmelidir.

5. Kriter- Otomatik dinamik aydınlatma senaryoları ve döngüleri mevcuttur. Işık yönetmeliklere ya da hava şartlarına göre tanımlanmış akıllı dinamik kontrol sistemleri ile ayarlanabilir.

1. Zamana bağı ışık kontrolü yapılmamıştır,
2. Birinci ve üçüncü seçenek değırleri arasında kalan uygulamalardır,
3. Tek bir aydınlatma bileşeni ile zamana bağı ışık kontrolü yapılmaktadır,
4. Üçüncü ve beşinci seçenek değırleri arasında kalan uygulamalardır,
5. Otomatik olarak zamana bağı ışık kontrolü yapılmaktadır seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değır seçilmelidir.

6. Kriter- Armatürler ve anahtarlar esnek ve değıştirilebilir. Çalışma alanlarında esnek ve hareket edebilen aygıtların seçimi ile çalışanlar kişisel aygıt düzenlerini oluşturabilir ve ışığı yönlendirebilir.

1. Aydınlatma bileşenleri esnek değildir,
2. Birinci ve üçüncü seçenek değırleri arasında kalan uygulamalardır,
3. Bileşenler esnektir,
4. Üçüncü ve beşinci seçenek değırleri arasında kalan uygulamalardır,
5. Aygıtların, anahtarların ve kullanıcı kontrollerinin yerleri kolayca değıştirilebilir seçenekleri arasından tasarım da sağlanan değır seçilmelidir.

7. Kriter- Armatürler, mekânlar kolayca yeniden yapılandırılabilir şekilde düzenlenir.

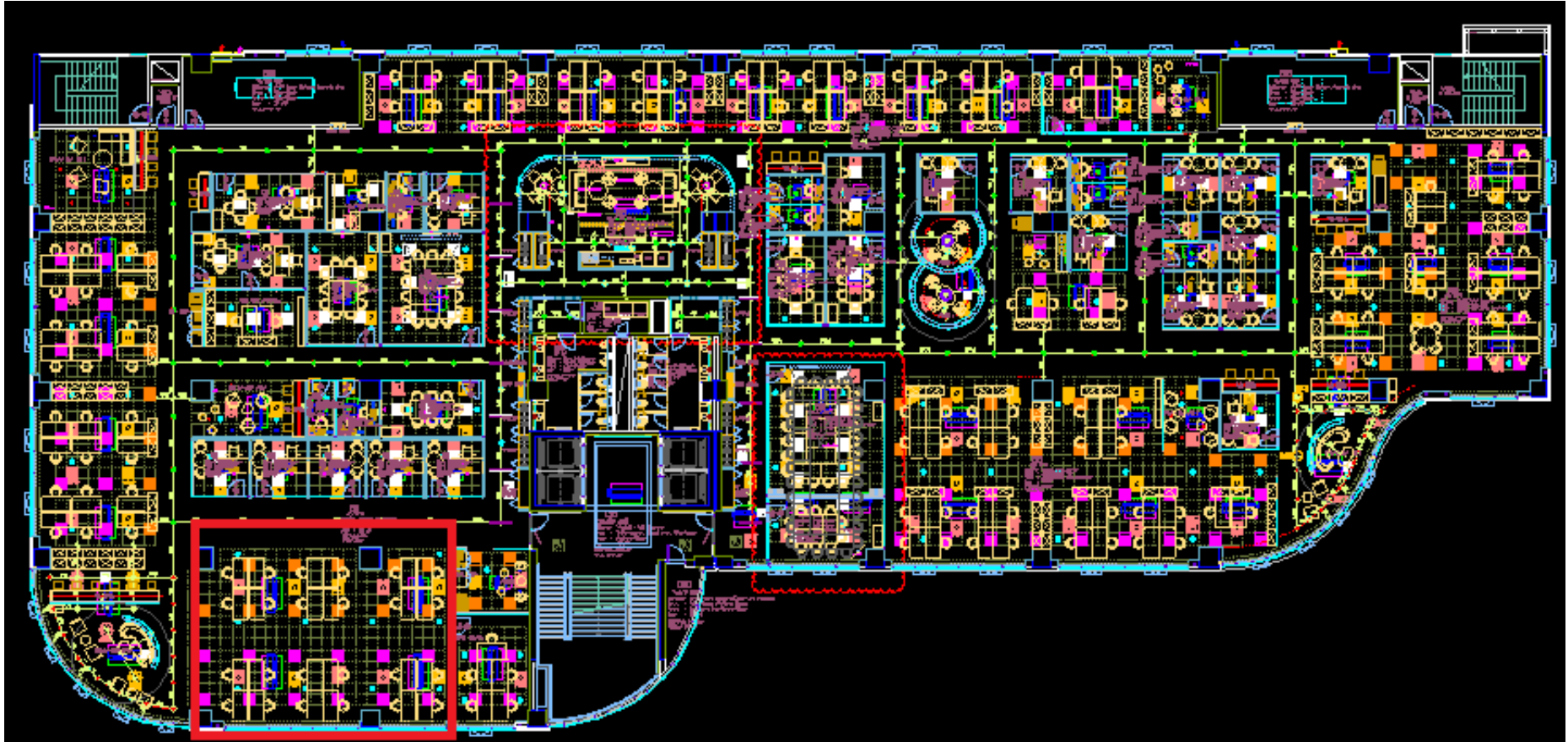
1. Aydınlatma tasarımı sabittir ve mekân düzeninin yeni yönelimlerine imkân vermemektedir,
2. Birinci ve üçüncü seçenek değırleri arasında kalan uygulamalardır,
3. Aydınlatma tasarımı, mekânın düzeninin değışimine kısmi olarak uygundur,
4. Üçüncü ve beşinci seçenek değırleri arasında kalan uygulamalardır,
5. Aydınlatma tasarımı mekân düzeninin bireysel düzenlemelerine uygundur seçenekleri arasından tasarımda sağlanan değır seçilmelidir.

4.2.4 Örnek bir ofis binasında ELI hesaplama programının uygulanması ve sonuçların yorumlanması

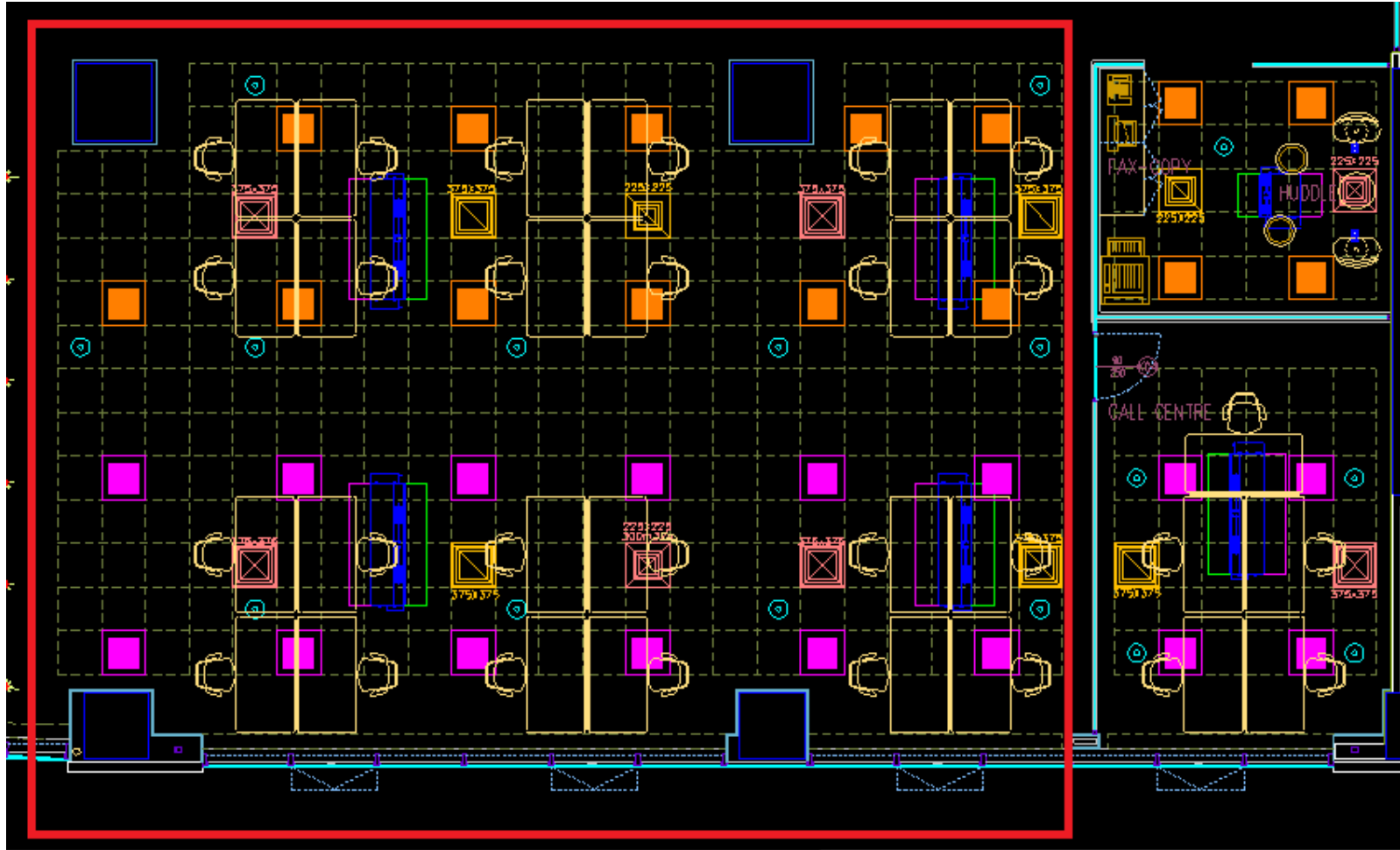
Bölüm 4.2.2' de program ve kullanımı tanıtılmış, 4.2.3' de ofis alanları için kullanımı açıklanmış, kriterler ve kriterlere ait seçenekler hakkında bilgi verilmiştir.

Değerlendirme sonuçlarının yorumlanması ise bir ofis örneği üzerinden açıklanmaya çalışılmıştır. ELI kriterlerine göre aydınlatma koşulları değerlendirilecek olan ofis İstanbul Ümraniye' de LEED sertifikasına sahip bir ofis binasıdır. 2500m² kullanım alanlı (Şekil 4.18); açık ofisler, yönetici ve toplantı odaları ile dinlenme alanlarından oluşan ofis katlarından birinin 150 m² 'lik bir alana, 2.80mt yüksekliğe sahip açık ofis bölümü (Şekil 4.19) değerlendirilmiştir. Cam kaplama cephesi sayesinde günün her saatinde günışığı alan yapıda, yerleşim planı çalışanların dışarıyı görebileceği ve günışığından maksimum seviyede faydalanabileceği şekilde tasarlamaya çalışılmıştır.

Ofisin genel aydınlatması için parabolik reflektörlü 4x14W flüoresan gömme aygıtlar, iki kişilik hücre ofislerde aynı aygıtın 3x14W modeli, sirkülasyon alanlarında önü opal cam kapaklı 2x26W flüoresan aygıtlar, dinlenme alanlarında ise gizli aydınlatma ve lineer sarkıt aygıtlar kullanılmıştır. Cama yakın konumdaki iki sıra aygıt grubuna günışığı sensörü dâhil edilmiş olup, günışığı seviyesine göre aygıtlar açılmakta veya kapanmaktadır.

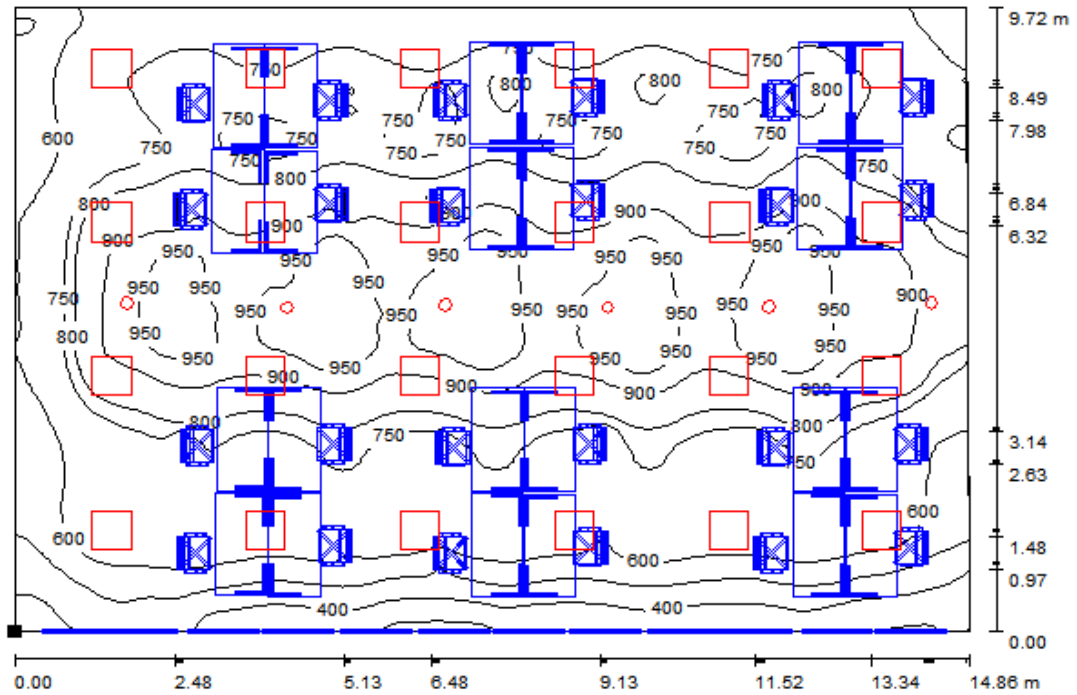


Şekil 4.18 : İncelen ofis binası kat planı.



Şekil 4.19 : Ele alınan ofis bölümünün planı.

Öncelikle çalışma yapılacak alan için ELI değerlendirme kriterleri içindeki aydınlık düzeyi, UGR değeri, düzgünlük ve diğer teknik verilerin elde edilebilmesi için Dialux aydınlatma programında Şekil 4.20' deki gibi günışığı katkısı göz ardı edilerek aydınlatma hesapları yapılmıştır. Ofis alanındaki otomasyon sistemi, günışığı sensörleri var olup olmadığı, kullanılan balast tipleri, aygıtlar içinde farklı ışık renginde lamba kullanıp kullanılmadığı gibi diğer bilgiler ise ofisin teknik personelinin edinilmiştir.



Şekil 4.20 : Günışığı göz ardı edilerek elde edilen Dialux aydınlatma programı hesap sonuçları.

Dialux aydınlatma hesaplarına ve ofis ilgilerinden alınan bilgilere göre ELI değerlendirme kriterlerinin her biri için şu sonuçlar elde edilmiştir;

A- Görsel performans

1.Kriter- Görev alanında sağlanan aydınlık düzeyi ; 673 lux

Designation	Grid	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	u_0
Task Area 1	128 x 128	673	275	801	0.408
Surrounding Area	128 x 128	642	163	938	0.253

2.Kriter- Görev alanında sağlanan düzgünlük ; 0.408

3.Kriter- Görev alanın aydınlatmasında kullanılan lambaların renk geriverimi; >80

4.Kriter- Görev alanının çevresi için sağlanan aydınlık düzeyi; 642 lux

5.Kriter - Komşu alanlardaki hesaplama noktalarının aydınlık düzeyleri arasındaki oran 1:2' den az.

6.Kriter- Seyrek olarak 1000cd/m² üzerindedir

7.Kriter- CRF sınıfı II ve I arasındaki değerlerdedir,

B- Görünüm

1.Kriter- Aydınlatma tasarımının mimari özellikleri tamamlayıcı olup olmadığı 1'den 5'e sıralanmış seçenekler arasından 3 olarak seçilmiştir.

2.Kriter- Aydınlatma tasarımının kullanıcı beklentilerini karşılayıp karşılamadığı 1'den 5'e sıralanmış seçenekler arasından 3 olarak seçilmiştir.

3.Kriter- Aydınlatma; ışık hatları, zeminde ve bölgelerdeki yönlendirici ışık çizgileri yardımı ile bir mekan içinde yönlenmeye ve mekana uyum sağlamaya yardımcı olması 1'den 5'e sıralanmış seçenekler arasından 3 olarak seçilmiştir.

4.Kriter- Aydınlatma tasarımının bir algı yaratıp yaratmadığı 1'den 5'e sıralanmış seçenekler arasından 3 olarak seçilmiştir.

5.Kriter- Açılarının doğru, aygıtların gerektiği kadar olduğunu ve aygıt diziliminin ilişkili olduğu diğer armatürlere göre uyumlu seçeneği seçilmiştir.

6. Kriter- Yüksek koruma sınıfının sağlandığını, uzun yıllar kullanmaya karşı dayanıklı ve uzun zaman aralıkları ile bakım gerektiren aygıtların kullanıldığını seçeneği seçilmiştir.

C- Görsel Konfor

1. Kriter- UGR değeri ; maksimum 16 hesaplanmıştır. Bu kriter için 18-16 arası seçeneği seçilmiştir.

UGR Surface List

No.	Designation	Position [m]			Size [m]		Max	Viewing direction [°]
		X	Y	Z	L	W		
1	UGR Calculation Area 1	19.400	12.200	0.800	11.900	8.400	16	0.0

2. Kriter - silindirik aydınlatmanın, yatay aydınlatmaya oranı aşağıdaki verilere göre 0,53'tür. >0.5-<0.7 seçeneği seçilmiştir.

Designation	Type	Position [m]			Value [lx]
		X	Y	Z	
Horizontal Calculation Point 1	horizontal, normal	13.900	14.000	1.200	714
Vertical Calculation Point 3	vertical, cyl.	13.895	13.927	1.200	379

3. Kriter- Tavan/çalışma düzlemi ≥ 0.3 ve duvarlar / çalışma düzlemi < 0.5 seçeneği seçilmiştir. Hesap sonuçlarına göre ortalama aydınlık düzeyi tavan için 291 lux, çalışma düzlemi için 645 lux ve duvarlar için 302 lux' tur.

Height of Room: 2.800 m, Maintenance factor: 0.80

Values in Lux, Scale 1:125

Surface	ρ [%]	E_{av} [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	$u0$
Workplane	/	645	163	938	0.252
Floor	61	431	47	735	0.109
Ceiling	70	291	173	389	0.593
Walls (17)	82	302	138	674	/

4.Kriter- Günışığının etkisine bağlı olarak aygıt grupları otomatik loşlaştırılmaktadır.

5.Kriter- Elektronik balast kullanılmıştır.

6.Kriter- Mekânda hiç karanlık bölge yoktur.

7.Kriter- Görsel görev alanın çevresinde sağlanan aydınlığın düzgünlüğü ; 0,253.

D- Canlılık -Yaşama gücü

1. Kriter- Sadece dolaysız veya dolaylı aydınlatma var.

2. Kriter- Işığın renk sıcaklığında değişim olmamakta.

3. Kriter- Uyanıklılığın, dikkatin arttırılması için aydınlatma seviyelerinin zamana göre uyumu sağlanabilir.

4. Kriter- İlk üç seçeneğe göre hem renk hem de yoğunluk olarak daha iyi bir günışığı kaynağı mevcuttur.

5. Kriter- Işığın dolaysız ve dolaylı bileşenleri ışığın yoğunluğuna göre ters yönde değişir (sabah ve akşam dolaysız aydınlatma kısmı, öğleden sonra dolaylı aydınlatma kısmı).

6. Kriter- Sağlığa olumsuz etkisi olan hiç bir kaynak kullanılmamıştır.

E- Yetkilendirme

1. Kriter- Ayrı anahtarlanmış aygıt gruplarının açma-kapama ve loşlaştırılması mümkündür.

2. Kriter- Aydınlatma senaryosu seçilememekte.

3. Kriter- Açma-kapama otomatik olarak yapılabilir.

4. Kriter- Günışığı sensörleri kullanılarak bazı alanlarda açma-kapama yapılmıştır.

5. Kriter- Zamana bağlı ışık kontrolü yapılmamıştır.

6. Kriter- Aydınlatma bileşenleri esnek değildir.

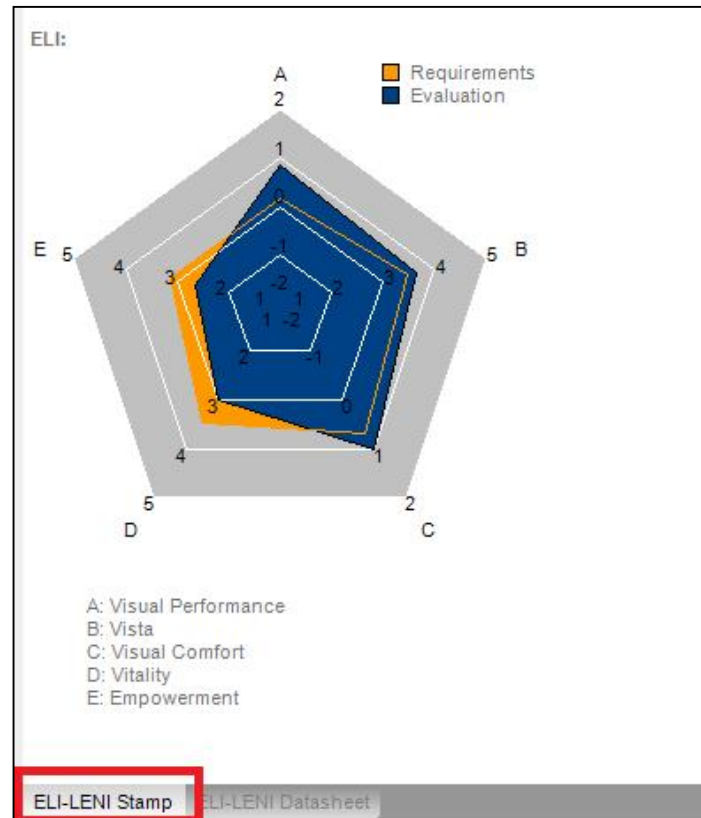
7. Kriter- Aydınlatma tasarımı sabittir ve mekân düzeninin yeni yönelimlerine imkân vermemektedir.

Başlangıçta yapı tipi "Ofis", yapı tipi içindeki mekanda 30m²'de altı kişiden kalabalık açık ofis olarak seçildiğinde, sağlanması gereken standart değerlere göre örümcek ağ grafiği turuncu taralı olarak standart verilere göre Şekil 21' d eki gibi ELI-LENI Stamp (grafik) ekranına yüklenecektir.

Görsel performans, görünüm, görsel konfor, canlılık-yaşam gücü ve yetkilendirme başlıklı beş ana bölümün altında yer alan 33 farklı kriterden her biri için tasarımda sağlanan değerler seçildiğinde değerlendirme sonuçları turuncu alan üzerinde mavi taralı olarak Şekil 4.22' deki gibi ELI-LENI Stamp (grafik) bölümünde ekrana gelecektir.

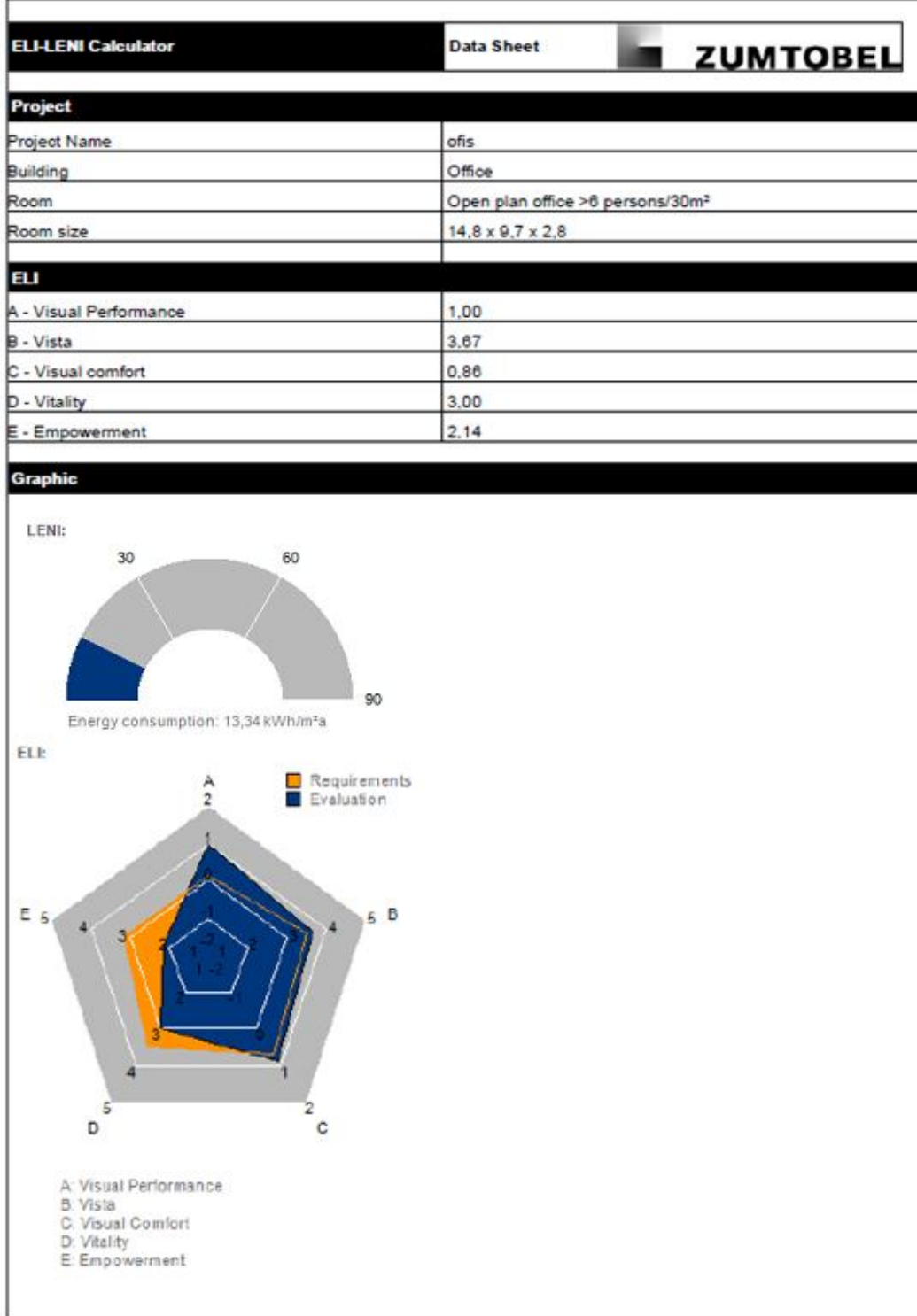


Şekil 4.21 : Standart değerlere göre ELI-LENI Stamp (grafik) ekranı.



Şekil 4.22 : Standart değerler ve değerlendirme sonuçları için ELI-LENI Stamp (grafik) ekranı.

Kriterlere ait seçimler tamamlandıktan sonra sonuçların örümcek ağ üzerindeki gösterimi ve elde edilen puanlar Şekil 4.23'deki gibi "ELI-LENI Datasheet (veri sayfası)" ekranında yer alacaktır.



Şekil 4.23 : ELI-LENI Data-sheet (veri sayfası).

Örümcek ağ grafiğinde turuncu taralı alanın kapladığı sınır değerlere göre;

A-Görsel Performans için ≥ 0.15 ,

B- Görünüm için ≥ 3.5 ,

C- Görsel Konfor için ≥ 0.85 ,

D-Canlılık-yaşam gücü için ≥ 3.5 ve

E-Yetkilendirme için ≥ 3.15 olmalıdır.

Tasarımda sağlanan değerlerin seçilmesi ile hesaplanan puanlar Şekil 4.19' deki veri sayfası bilgilerinde "ELI" başlığı altında gözükecektir. Buradaki puanlara göre;

A-Görsel Performans için 1,

B-Görünüm için 3.67,

C- Görsel Konfor için 0.86,

D-Canlılık-yaşam gücü için 3 ve

E-Yetkilendirme için 2.14 hesaplanmıştır.

Bu puan verilerine göre de görsel performans, görünüm ve görsel konfor için istenilen minimum değer fazlası ile sağlanmış ancak canlılık-yaşam gücü ve yetkilendirme için sağlanan değerler olması gereken değerlerin altında kalmıştır.

Bu sonuçlara göre tasarımcının canlılık-yaşam gücü ve yetkilendirme için standartta sağlanması gereken değerlere ulaşması için tasarımda iyileştirmede bulunması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Sağlanması gereken değerlerin üstünde sağlanan kriterlerdeki gereksinimler ve tasarımda var olan koşullar da karşılaştırılmalıdır.

Örneğin açık ofisler için görev alanın aydınlık düzeyi için 750 lux, yakın çevre aydınlık düzeyi ise 500 lux sağlanmalıdır. İncelenen örnekte ise görev alanı için 673 lux, yakın çevre için ise 642 lux sağlanmıştır. Bu koşullar gözden geçirilmeli, koşulların gereksinimleri sağlayacağı yeni düzenlemelere gidilmelidir.

Canlılık - yaşam gücü için sınır değerlere yaklaşmıştır ancak farklı renk ışık kaynaklarının kullanılması, günışığını taklit eden aydınlatma sistemlerinin dahil edilmesi, dolaylı ve dolaysız aydınlatmanın uygulanması ile çalışanların biyolojik ritimlerine katkı sağlayan, çalışılan zaman diliminde daha zinde olunan ve iyi hissetmeyi sağlayan bir aydınlatma tasarımı sağlanabilir.

Yetkilendirme kısmı için sağlanması gereken değerlerin çok altında bir sonuç ortaya çıkmıştır. Pencereleere yakın olan aygıt hatları için günışığı sensörleri kullanılmış ve günışığı yoğunluğuna göre armatürler devreye alınmakta ya da kapatılmaktadır. Kişisel yetkilendirme sistemleri uygulanmamakta olup, kişisel tercihlere göre loşlaştırma ya da kullanılmadığında aygıtlar devrede kalmaktadır. Günışığı sensörlerinin yanı sıra açık ofis koşullarına uygun aydınlatma kontrol sistemleri kullanılarak farklı görsel görev ve ihtiyaçları karşılayan aydınlatma çözümleri sağlanabilir.

Kriterlerin ergonomik aydınlatma gereksinimlerini sağlayacak şekilde düzenlenmesi ile insanın aydınlatma tasarımından beklediği fizyolojik konfor koşullarının yanı sıra psikolojik açıdan ihtiyaç duyacağı koşullar da sağlanmış olacaktır.

Şekil 4.23' de görüldüğü gibi veri sayfasında ELI örümcek ağ grafiğinin yanı sıra LENI için de bir grafik bilgisi yer almaktadır. Kullanılan aygıt sayısı, aygıt güçleri, günışığı faktörü, günışığının nasıl kontrol edildiği, kullanım süreleri, bekleme konumunda tükettikleri güç gibi bilgilerin programa eklenmesi ile hesaplanan alan için yıllık enerji tüketim bilgisi KWh/m²a olarak elde edilecektir.

Bu çalışmada programın sadece ELI kısmı detaylı olarak ele alınmıştır. Ancak her iki kısım birbirinden bağımsız düşünülmemelidir. Ergonomik aydınlatma koşulları sağlanmaya çalışılırken enerji tüketimi de göz önünde bulundurulmalıdır. Enerji tüketimini azaltmak için görsel konfor koşullarından vazgeçilemeyeceği gibi, kullanıcıların fizyolojik ve psikolojik beklentilerini karşılayan bir tasarım gerçekleştirilirken enerji tüketimi üst seviyelere çıkmamalıdır

4.3 Aydınlatma Tasarımının İnsan Sağlığı ve Ergonomik Boyutlarının Değerlendirilmesi için Önerilen Yaklaşımların Tartışılması

Işığın insan üzerindeki etkileri hakkında elde edilen her yeni bilgiden, giderek daha uzun süre kapalı mekânlarda vakit geçiren ve yapma aydınlatmaya daha fazla ihtiyaç duyan insanın yaşam kalitesini arttıracak yönde yararlanılmaktadır. Ergonomik Aydınlatma Göstergesi de (**The Ergonomic Lighting Indicator- ELI**) ışığın hem fizyolojik hem de psikolojik etkileri göz önüne alınarak oluşturulmuş, aydınlatma tasarımını ergonomik yönden değerlendirmeyi amaçlayan programdır. Bu program, sadece günışığının yeterli olmadığı zamanlarda ve yerlerde gerekli aydınlık düzeyini

sağlayan bir yapma aydınlatma sistemini değerlendirmez. İçinde bulunan yapı tipindeki, hatta yapının farklı mekânlarındaki ihtiyaçları göz önünde bulunduran, standartların belirlediği minimum fizyolojik koşulların yanı sıra insanın bulunduğu çevreye ve yaptığı işe uyumunu sağlayacak psikolojik koşulları da tasarım kriterleri arasında ele alan bir aydınlatma tasarımının gerçekleştirilmesini hedeflemektedir.

ELI, görsel aktivitelerin yerine getirilmesini sağlayan, kullanılan ışık kaynakları ile elde edilecek aydınlatma tasarımının duygusal etkilerini göz önünde bulunduran, biyoriitm döngüsünü sağlayan günışığındaki renk değişimleri ve ışık seviyesini dikkate alan ve standartların belirlediği kriterler çerçevesinde mekânlar için aydınlatma çözümlerinin tasarlanması için geliştirilmiştir. Bölüm 4.2.1' de detayları ile yer alan görsel performans, görünüm, görsel konfor, canlılık-yaşam gücü ve yetkilendirme başlıkları ile beş ana grup altında toplanmış 33 farklı kriterin değerlendirilmesini içermektedir.

Aydınlatma tasarımında ölçülebilen ve objektif olarak değerlendirilebilen ışık şiddeti, ışık akısı, aydınlık düzeyi, kamaşma, renk sıcaklığı ve renksel geriverim gibi temel kavramlara ilişkin tanımlara tezin 2.Bölüm'ünde kısaca yer verilmiş ve aydınlatma sistemlerinde kullanılabilecek lamba ve aygıt türleri de Bölüm 3'de tanıtılmıştır. Bu bölümlerde ele alınan başlıklar aydınlatma tasarımında görsel konfor koşullarının sağlanması için öncelikli olarak bilinmesi gereken ve standartlarda yer verilen konulardır. Bu bilgiler doğrultusunda, aydınlatma tasarımı yapılacak bir mekânda kullanılabilecek lamba türü, ışık rengi, aygıt türü vs. gibi konularda doğru karar vermek olanaklıdır. Doğru aydınlatma çözümünü oluşturmak için genel aydınlatma veya lokal aydınlatma gibi birincil sistemler ile vurgu aydınlatması gibi ikincil aydınlatma sistemlerinin uyumlu bir biçimde tasarlanması da bu bilgiler ışığında gerçekleştirilebilir.

Bölüm 2 ve 3' de yer alan bilgilere göre doğru bir aydınlatma tasarımının sonucunda; iş ya da yaşam alanlarındaki aktiviteler yerine getirilirken, göz sağlığı korunmalı ve görsel konfor koşulları sağlanmalıdır. Baş ağrıları ve yorgunluğun önlenmesi için standartların ön gördüğü minimum aydınlık düzeyi ve düzgünlük oranı sağlanmalı, kamaşmaya neden olan ışık kaynakları sınırlandırılmalı ve mekân yüzeyleri çalışma düzlemine göre dengeli aydınlatılmalıdır. Rahatsız edici titreşim ve sese neden olan yardımcı gereçlerden kaçınılması, özel bir amacı olmadığı sürece mekânın ve mekândaki objelerin doğru algılanması için doğru renkte ve renksel geriverimi

yüksek ışık kaynaklarının kullanılması gerekmektedir. ELI' nin A- Görsel Performans grubundaki yedi kriter ve C- Görsel Konfor grubundaki yedi kriter tasarımın bu yönlerden değerlendirilmesine olanak vermektedir.

Bölüm 4.1.3'de ışığın ruh hali üzerindeki ve bölüm 4.1.4' de ışığın performans üzerindeki etkileri incelenmiştir. Işık şiddeti, aydınlık düzeyi, ışığın doğrultusu ve rengi kullanıcıların mekân algısını, ruh halini ve performansını etkileyen faktörlerdir. Mekânın mimari özellikleri dikkate alınarak ve oluşturulmak istenen atmosfere uygun aydınlatma sistemleri seçilerek, ortamın kullanıcılar tarafından ferah, rahat ve sıcak olarak algılanması ve hoşnutluklarının artırılması sağlanabilir. Özellikle çalışma alanlarında aydınlatmada yapılacak iyileştirmeler çalışan memnuniyetini ve dolayısı ile performanslarını olumlu yönde etkileyecektir.

Kullanıcı ihtiyaçlarını göz önünde bulunduran, mimari özellikleri tamamlayan, mekâna görsel beğeni kazandıran ve yönlendirmeyi sağlayan bir aydınlatma tasarımı kullanıcının iyi hissetmesini, güven duymasını, bulunduğu ortamdan memnun olmasını, kaliteli ve konforlu bir mekân algısını sağlar. ELI' nin B-Görünüm grubundaki altı kriter tasarımın bu yönlerden değerlendirilmesine olanak vermektedir.

Bölüm 4.1.1' de ışığın biyoritm üzerindeki etkilerine değinilmiştir. Biyoritm 24 saatlik aydınlık-karanlık döngüsü ile sürekli devam eden ve vücudun uyku-uyanma, hormon salgısının düzeni, vücut sıcaklığı ve vücudun zindeliğini kontrol eden periyodik bir süreçtir.

Herhangi bir nedenle bu süreçte olabilecek bir aksama uyku düzensizliklerine, yorgunluğa, dikkat eksikliğine, hoşnutsuzluğa ve uzun süreli devamı ile de bazı sağlık sorunlarına neden olmaktadır.

Özellikle günışığı almayan veya yetersiz olan çalışma alanları için biyoritm ve günışığı arasındaki ilişki yorumlanarak dinamik aydınlatma sistemleri tasarlanmıştır. Günışığının değişen konumu ve ışık rengini dikkate alarak yapılan dinamik aydınlatma çözümleri ile biyoritmin kesintiye uğramadan devamı sağlanmaya çalışılmaktadır.

Bölüm 4.1.2' de dış görüş başlığı altında dış dünya ve günışığı ile kurulan bağın insan psikolojini ve sağlığını nasıl etkilediği incelenmiştir. Pencerele dış dünya ile iletişimi, değişen hava koşullarını ve günün zamanını bir bakışta algılamayı ve

günüşiğının mekânlar dağılımını sağılayan yapı elemanlarıdır. Özellikle uzun zaman harcanan çalışma alanlarında pencerelerden uzaklaştıkça ve günüşiğının yetersizliğinde insanların ruh hallerinin bozulduğı, performanslarının düştüğü ve hormonların salgısında düzensizliklerin olduğı yapılan çeşitli araştırmalar ile ortaya konmuştur. Günüşiğının yetersizliğinin yanında kötü havalandırma, nem, ses ve stres gibi farklı etkenlerin de neden olduğı bu durum "hasta bina sendromu" olarak adlandırılmaktadır.

Bölüm 4.1.1 ve 4.1.2' de değinildiğı üzere ışık sağılık üzerinde olumlu etkilere sahiptir ve biyoritm süreçlerini de etkiler. Işığın doğrultusunun (dolaysız, dolaylı) kontrol edilebilmesi ve farklı görevler için farklı aydınlık düzeylerinin sağılanması iyi hissetme ve yapılan aktiviteye odaklanmayı sağılar. Işık rengi kontrol etmek hormonların salgılanması etkiler. Örneğın yüksek renk sıcaklıkları melatonin (uyku hormonu) salgılanmasını azaltabilir ve hareketliliğı arttırabilir. Günüşiğine benzer spektral dağılımda ışık kaynakları kullanmak biyoritmi dengeler. Isı yayılımı azaltılmış ve elektromanyetik alandan arındırılmış ekipman kullanılarak rahatsız edici ve sağılığa olumsuz etkilerden kaçınılabılır. ELI' nin D-Canlılık-Yaşam Gücü grubundaki altı kriter tasarımın bu yönlerden değeriendirilmesine olanak vermektedir.

Bölüm 4.1.4' de ışığın performans üzerindeki etkilerinde belirtildiğı gibi yeterli düzeyde aydınlatılmış çalışma alanlarında memnuniyetin ve üretkenliğin arttığı gözlemlenmiştir. Aydınlatmanın kalitesinin arttırılması ve aydınlatma sistemlerinde yapılan iyileştirmeler hata ve kazaları azaltacak, erken yorgunluğu ve dikkat eksikliğini önleyecektir.

Aynı ortamda dahi yapılan aktiviteler, görsel görevler, kullanıcı gereksinimleri ve aydınlatmayı kullanma süreleri kişisel olarak farklılık göstermektedir. Yaş, cinsiyet, görsel performans yeteneğı, kişisel tercihler ve ruh hali kullanıcı gereksinimlerini farklılaştıran faktörlerdir. Bu nedenle aydınlatma çözümlerinin basit anahtarlama veya otomasyon sistemleriyle kullanıcının ihtiyaçlarına göre kontrol edilebilmesi gerekmektedir. ELI' nin E-Yetkilendirme grubundaki yedi kriter tasarımın bu yönlerden değeriendirilmesine olanak vermektedir.

Önceki bölümlerde detayları ile açıklanan ELI' nin beş ana başlık altında toplanmış değeriendirme kriterlerine Çizelge 4.1' de özet halinde yer vermeye çalışılmıştır.

Çizelge 4.1 : ELI değerlendirme kriterleri.

A- Görsel Performans	B- Görünüm	C-Görsel Konfor	D-Canlılık-Yaşam Gücü	E-Yetkilendirme
Görsel Görev Alanında Aydınlık Düzeyi	Mimari Tasarım	Konforsuz Kamaşma	İyi Hissetme Duygusu	Anahtarlama ve Loşlaştırmaya Birey etkisi
Görsel Görev Alanında Düzgün Aydınlık	Kullanıcı Beklentilerini Sağlama	Farklı Panlı Seviyeleri	Harekete Geçirme Ve Uyarma	Aydınlatma Senaryoları Seçimi
Lambaların Renksel Geriverimi	Rehberlik	Dengeli Aydınlık	Zindelik, Yüksek Dikkat	Kişi Varlığını Algılama
Görev Alan Çevresindeki Aydınlık Düzeyi	Algı Hiyerarşisi	Gümüşü ile Bütünleşmiş Yapma Aydınlatma	Gümüşüna Benzer Aydınlatma	Gümüşüna Bağlı Kontrol
Sert Gölgelerden Kaçınmak	Kullanılan Aydınlatma Aygıtlarının Mekana Karakısı	Titreşimsiz Balastların Kullanımı	Sirkadiyen Ritm	Dinamik Aydınlatma
Kamaşmayı önleyici aygıt kullanımı	Armatürlerin Koruma Tipi	Güvenlik Duygusu - Karanlık Alanları Engelleme	Termal(Isıl) ve Işınmadan (Radyasyon) Kaçınmak, Elektromanyetik Alanlar	Kişisel Gereksinimleri Sağlama
Rahatsız Edici Yansıma		Görsel Görev Çevresinde Düzgün Aydınlık		Mekanın Değişen Düzeni İçin Esneklik Sağlaması

Aydınlik düzeyi ve mekân yüzeylerinin dengeli aydınlatılmış olması birbiri ile ilişkili olan görsel performans ve görsel konfor kriterlerinde değerlendirilmiştir. Kamaşma konusu da her iki başlık altında yer almakta olup, görsel performans için kamaşma önleyici ışık kaynağı ve aygıt kullanımına, görsel konfor içinse aydınlatma çözümünün standartlarla belirlenmiş kamaşma değerleri içinde kalmasına değinilmiştir.

Karanlık alanlardan kaçınılmasının, mekâna uyum ve kolay yön bulma konusunda ışığın rehberlik etmesinin ve bir bakışta mekânın tüm alanlarının rahatlıkla görülebilir olmasının gerekliliği görünüm ve görsel konfor başlıkları altında ayrı ayrı vurgulanmıştır.

ELI' nin tasarım sonunda ulaşmayı hedeflediği amaç kullanıcının fizyolojik ihtiyaçlarının yanı sıra psikolojik ihtiyaçlarına da cevap veren bir aydınlatma çözümünün tasarlanmasıdır. Görünüm başlığı altında tasarımın kullanıcı beklentilerini sağlaması, canlılık-yaşam gücü başlığı altında tasarımın iyi hissettirmesi ve yetkilendirme başlığı altında da aydınlatma kontrol sisteminin kişisel gereksinimleri karşılaması değerlendirilmektedir. Bu üç kriterin ortak noktası kişisel ihtiyaçların karşılanmasına yöneliktir.

ELI değerlendirme kriterleri içinde günışığı konusuna, insanlar üzerindeki olumlu etkileri nedeni ile önem verilmektedir. Görsel gereksinimler için günışığı ve yapma aydınlatmanın birlikte kullanımı, günışığı kullanarak daha doğal bir tasarımın sağlanması ve doğal ışığın insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri görsel konfor, canlılık-yaşam gücü ve yetkilendirme başlıkları altında değerlendirilmiştir.

Birbiri ile yakın ilişkili olan ışığın harekete geçirme, uyarma ve sirkadiyen ritim döngüsüne etkisi ve bu etkileri dikkate alarak geliştirilen dinamik aydınlatma sistemleri ELI değerlendirme kriterleri içinde hem canlılık-yaşam gücü hem de yetkilendirme başlıkları altında değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.1' de görüldüğü gibi beş ana başlık altında toplanmış 33 kriterin bazıları farklı başlıklar altında yer almakta ancak benzer konuları değerlendirmekte veya sonucunda aynı amaca ulaşmayı hedeflemektedir.

Çalışma ve yaşam alanları gibi kapalı mekânlarda insanlar daha fazla zaman harcamaya başladıkça, bu alanları insanlar için daha konforlu hale getiren çözümler üzerinde çalışılmaktadır. Işığın insanlar üzerindeki fizyolojik ve psikolojik etkileri de sürekli üzerinde düşünülen ve araştırılan konulardan biridir. Elde edilen her yeni bilgi de insan yaşamına artı bir değer katmak için kullanılmaktadır. Aydınlatma tasarımı yapılırken ergonomik bir tasarım gerçekleştirmek, performansı arttırmak ve duygusal, algısal ve zihinsel gereksinimlere cevap veren aydınlatma çözümleri isteniyorsa ELI bu konuda yardımcı olacak bir programdır.

Aydınlatma tasarım programları standartların ve tasarımın gerektirdiği görsel koşullara uygun aydınlık düzeyini sağlama, kamaşmayı sınırlandırma ve düzgün aydınlatılmış bir mekâna ulaşma gibi fiziksel büyüklüklerin elde edilmesini sağlar. ELI ise bu tasarım sonrası elde edilen büyüklükleri, bu değerlere ulaşmak için kullanılan ılık kaynakları ve aygıtları, aydınlatma çözümünde kullanıcının fiziksel gereksinimlerinin yanında psikolojik ihtiyaçlarının da dikkate alınıp alınmadığını, aydınlatma açısından ergonomik yaşam ve çalışma alanlarının tasarlanıp tasarlanmadığını sorgulayan bir değerlendirme programıdır.

Sonuç olarak, ELI insanın yaşam kalitesini artıracak aydınlatma çözümleri için bir yol gösterici olsa da geliştirilmeye açık yönlerinin olduğu ve ele aldığı tasarım kriterlerinin önemi vurgulanarak kullanımının yaygınlaştırılması gerektiği söylenebilir.

Program ücretsiz olarak temin edilip, sınırsız süre ile kullanıma açık olduğu halde ülkemizde yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bunun nedeni ticari bir firmanın geliştirdiği bir program olup diğer rakip firmalarca kullanılmak istenmemesi ve programın tanıtımın yeterince yapılamamış olması olabilir. Diğer yandan "Aydınlatma Tasarımı ve Tasarımcısı " kavramlarının halen yeni tanımlar olması, aygıt üreticileri tarafından sadece fizyolojik gereksinimler düşünülerek aygıt seçimi ve yerleşiminin yapılmasının aydınlatma tasarımı için yeterli görülmesi gibi nedenler programın kullanımın sınırlı kalmasına neden olmuş olabilir.

Program şu an ki versiyonu ile sadece Almanca ve İngilizce olarak kullanılmakta olup, dil alternatiflerinin artırılması ile daha çok kullanıcıya ulaşımı sağlanabilir.

Program <http://www.zumtobel.com/com-en/service.html#software> [58] internet sitesinden indirilip, basit yönergelerle kurulumu sağlanabilir. Ancak programın kullanımı hakkında detaylı bir bilginin yer aldığı bir kaynak bulunmamaktadır. Sadece programın "yardım" sekmesi bölümünde böylesi kapsamlı ve teknik kriterlerin olduğu bir program için kısa ve genel olarak nitelendirilebilecek bilgilere yer verilmiştir. Programın amacını anlatan, anlaşılabilirliğini ve kullanımını kolaylaştırıcı bir rehberin oluşturulabileceği düşünülmektedir.

Bölüm 4.2.2' de programın kullanımı ve 4.2.4' de sonuçların değerlendirilmesi açıklanırken belirtildiği gibi, tasarım beş ana başlık altındaki kriterlere göre değerlendirildikten sonra, programın veri sayfasında her bir başlığın karşılığı için hesaplanan puan bilgisi görülecektir.

Yapı tipi veya mekân seçildiğinde örümcek ağ grafiği standart verilere göre turuncu taralı olarak, kriterlere ait seçimler yapıldıkça sonuçlarda turuncu taralı alan üzerinde mavi taralı alan olarak ekrana gelecektir. Mavi taralı alanın turuncu alan üzerinde kapladığı sınırlara göre tasarımın standartlara göre ne durumda olduğunu anlamak mümkündür. Ancak değerlendirme sonrası her bir başlık için hesaplanan puanları karşılaştırma yapabilecek puan bilgisine yer verilmemektedir. Bu puan bilgisi yaklaşık değerlerle örümcek ağ grafiğinin üzerindeki turuncu alanın sınır değerleridir ve bu sınır değerlere göre belirlenebilir. Ancak kullanım ve karşılaştırma kolaylığı için yapı tipi seçildiğinde standart puan bilgisinin de program kullanıcılarına sunulması önerilmektedir.

Değerlendirme sonuçlarının nasıl yorumlanacağına dair bir bilgilendirme olmayıp, tamamı ile program kullanıcısının bilgi ve tecrübesinin yorumuna bırakılmıştır. Hesaplanan puanların standart değerlerin altında veya üstünde kaldığı tasarımlar için yol gösterici bilgiler verebileceği düşünülmektedir.

Özellikle A- Görsel performans ve C- Görsel konfor kısmı içinde teknik bilgiye dayalı kriterler yer almaktadır. Örneğin mekânın aydınlık düzeyi, sağlanan düzgünlük oranı, lambaların renk geriverimi ya da birleşik kamaşma değeri (UGR) gibi. Bu teknik büyüklüklerin olması gereken sınır değerleri için EN 12464-1 referans gösterilmiştir. Ancak bu temel aydınlatma büyüklüklerinin standart değerlerini içeren tabloların programa dâhil edilmesi önerilmektedir.

Bu programın kullanımının yaygınlaşması, yukarıda kısaca belirtilmiş olan eksik yönlerinin geliştirilmesi ve ele aldığı kriterlerin aydınlatma tasarımcıları tarafından göz önünde bulundurulması sonucunda, aydınlatma tasarımının niceliksel yönünün olduğu kadar niteliksel yönünün de değerlendirilebilmesi ve sonuç olarak bu kriterlerin sağlanması olanaklı olacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Işığın insan sağlığı, ruh hali, performans ve psikoloji üzerindeki etkilerinin anlaşılması ile yapma aydınlatma sistemleri sadece doğal ışığın yetmediği zamanlarda gerekli görsel koşulları sağlamak için kullanılmamaktadır. İnsan fizyolojisi ve psikolojisi ile ışık arasındaki etkileşim göz önüne alınarak tasarlanan aydınlatma sistemleri ile insan için daha kaliteli ve konforlu yaşam ve çalışma alanları yaratılabilir. Ayrıca mimari öğeleri vurgulayacak ve göze hoş gelecek bir atmosfer yaratmak için kullanılan aydınlatma tasarımı ile insanlara kendilerini güvende ve iyi hissedecekleri, iş performanslarına olumlu katkı sağlayacak ve mekân memnuniyetini arttıracak ortamlar sunulabilir.

Aydınlatma tasarımının başında ışığın görsel, duygusal ve biyolojik fonksiyonlar üzerindeki etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. İnsanlar görsel görevlerini yerine getirebilmek, bulundukları mekânı algılayabilmek ve mekân içindeki objeleri tanımlayabilmek için gerek duydukları en az seviyedeki aydınlık düzeyi değerleri standartlarda tanımlanmıştır. Mekânlar ve bu mekânlarda yapılan farklı her aktivite için gereksinimler farklıdır. Bu nedenle de görsel görevleri yerine getirebilecek yeterli aydınlık düzeyine, doğru ışık rengine sahip ve kamaşmanın önlendiği fizyolojik görme koşullarının sağlanacağı kaliteli bir aydınlatma hedeflenmelidir.

Güneş ışığının 24 saatlik zaman dilimindeki değişimi insan biyoritmini etkiler. Günün döngüsüne bağlı olarak vücudun biyolojik saati uyku ve uyanıklık düzenini ve bu düzeni sağlayacak kortizol ve melatonin hormonlarının salgılanmasını sağlar.

Işık rengindeki ve seviyesindeki değişim ruh hali ve duyguları etkiler. Yetersiz ışık olan mekânlarda kullanıcılar daha rahatsız, yorgun ve uykulu hissederken, aydınlık mekânlar ferahlık ve zinde olma hissi verir. Işık rengi mekânları olduklarından daha farklı algılamamıza neden olabilir. Örneğin soğuk kuzey ülkelerinde mekânlara daha sıcak bir atmosfer yaratmak için ışığın sıcak renk tonları ve yüksek aydınlık düzeyleri kullanılır.

Mevsimsel döngüler sırasında yaşanan değişimlerin insanın psikolojisi ve ruh hali üzerinde etkileri mevcuttur. Yaz ve kış aylarındaki güneş ışığı seviyesindeki farklılıklar,

özellikle kışların uzun geçtiği Kuzey ülkelerinde yaşayanların hormonal sistemlerinde düzensizliklere neden olur. İnsanlar kışın kendilerini daha yorgun, keyifsiz ve sinirli hissederler. Bu olumsuzluklar Mevsimsel Duygu Durum Bozukluğu - SAD olarak tanımlanan, iklimsel etkenlere bağlı olarak, yeteri kadar güneşliği alınmamasının sonucunda ortaya çıkmaktadır.

Işığın insan üzerinde fizyolojik ve psikolojik etkileri insan yaşamını kolaylaştıracak ve kalitesini arttıracak yönde kullanılmaya çalışılmaktadır.

Bunun bir örneği dinamik aydınlatma sistemleridir. Güneşliğin biyoritme olan etkileri göz önüne alınarak özellikle güneşliği almayan ve günün zamansal döngüsünün fark edilemediği mekânlarda çalışan insanlar için dinamik aydınlatma sistemleri modellenmiştir. Güneşliğin, gün içindeki değişen renk ve konumunu taklit eden bu sistemler çalışanlar için daha dinamik ve performanslarını arttıran ortamlar sağlamaktadır.

Diğer bir örneği de bu çalışma kapsamında yer alan ve aydınlatma tasarımını kullanıcı gereksinimlerini üst düzeyde tutarak değerlendiren "Ergonomik Aydınlatma Göstergesi" -ELI programıdır. Bu program, aydınlatma tasarımının görsel performans, mekân algısı ve memnuniyet, görsel konfor, canlılık-yaşam gücü ve sistemin kontrolünde yetkilendirme kriterlerine göre değerlendirilmesini sağlamaktadır.

Aydınlatma tasarım süreci yapının işlevi, hangi faaliyetler için ve günün hangi zamanında kullanılacağı, yapı içindeki her bir mekânın kullanıcı ihtiyaçlarının belirlenmesi, mimari özellikler, teknik gereklilikler, işletme ve ilk yatırım maliyetleri, enerji verimliliği ve hatta yapının bulunduğu coğrafik ve iklimsel koşullar gibi daha da çoğaltılabilecek tasarım kriterlerinin göz önünde bulundurulup, yorumlanmasını kapsamaktadır. Yapılan değerlendirmeler sonucu tasarımcının bilgi ve tecrübelerinin ışığında yapıya özel aydınlatma çözümleri ortaya çıkacaktır.

Ülkemizdeki aydınlatma alanında devam ettirilen bilimsel ve akademik faaliyetlerin doğrultusunda "Aydınlatma Tasarımı ve Tasarımcısı" konusu ülke koşulları içinde giderek gelişmekte ve hızla önem kazanmaktadır. Ancak, bünyesinde proje tasarım ekibi barındıran nitelikli aydınlatma firmaları dışındaki bazı aygıt üreticisi firmalar tarafından yapılan çalışmalar ne yazık ki proje çizimleri üzerinde görme koşullarını sağlayacak şekilde aygıt yerleşiminin yapılmış olmasından öteye gidememektedir.

Kısa sürede ve aygıt satışına odaklı, ticari bir mantıkla ortaya çıkarılan bu çalışmaları yeterli bir aydınlatma tasarımı olarak adlandırmak olanaksızdır.

Aydınlatma tasarımcılarının, ışığın insanın fizyolojik ve psikolojik durumuna etki eden önemli bir faktör olduğunun, tasarımlarda sadece aydınlatmanın niceliksel yönünün değil, niteliksel kriterlerin de ele alınması gerektiğinin ve aydınlatma tasarımının yaşam kalitesine katacağı artı değerlerin öneminin bilincinde olmaları gerekmektedir. Bu çalışmada yer verilen "Ergonomik Aydınlatma" kavramının göz önüne alınması ve aydınlatma tasarımını bu kavram çerçevesinde değerlendiren "ELI- Ergonomik Aydınlatma Göstergesi" programının kullanımının yaygınlaşması, aydınlatma tasarımının tüm boyutlarıyla ele alınarak niceliksel ve niteliksel kriterlerin sağlandığı doğru bir tasarımın gerçekleştirilebilmesi açısından önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] **Fördergemeinschaft Gutes Licht.** (2008). Lighting with Artificial Booklet 1.
- [2] **Sirel Ş.** (1993). Yapı Fiziği Konuları 1, alındığı tarih:18.02.2011.
<http://www.yfu.com/booklets/booklet-05.pdf>
- [3] **Sirel Ş.** (2001). Aydınlatma ve Mimarlık, alındığı tarih:26.03.2012.
<http://www.yfu.com/booklets/TasDer110-AydveMim.pdf>
- [4] **Özkaya M.** (2000). Aydınlatma Tekniği, *Birsen yayınevi*, İstanbul.
- [5] **Şahin P.** (2006). Aydınlatma Tasarımı Ve Mağaza Kimliğine Katkısı, *Yüksek lisans tezi*, MSGS Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [6] **Elektrik Mühendisleri Odası (EMO)** (t.y.) Teknik Bilgiler- Aydınlatma- Lambalar Hakkında Genel Bilgiler, alındığı tarih 01.04.2012.
www.emo.org.tr/resimler/ekler/e043a5e421240eb_ek.xls?tipi=34&turu=X&sube=0
- [7] **Şirel S.** (1996). Aydınlatma Tasarımında Temel Kurallar, *YFU yayınları*, İstanbul.
- [8] **EN 12464-1: Light and lighting – Lighting of work places – Part 1: Indoor work places**, 2002, *European Committee For Standardization*.
- [9] **Sustainable Energy Authority of Ireland.** (t.y., Ver 02_0410). A Guide To Energy Efficient And Cost Effective Lighting, alındığı tarih: 14.04.2012 .
http://www.seai.ie/Publications/Your_Business_Publications/Energy_Guides/General_Lighting_Guide_FNL.pdf
- [10] **Elektrik Mühendisleri Odası.** (t.y.) Işık Tekniği Bilgileri, alındığı tarih: 01.04.2012.
www.emo.org.tr/ekler/035d6563a2adac9_ek.doc?tipi=34&turu=X
- [11] **Yener A.K. (2010)** (t.y.) Bina Tipolojinse Bağlı Aydınlatma Sorunları, *ders notları*.
- [12] **Lamp 83.** (2003). *Işık Hayattır - Temel Aydınlatma ve Sıkça Sorulan Sorular*.
- [13] **Onaygil S.** Aydınlatma Temel Prensipleri, *Tedaş Semineri*, 23-24 Ocak 2007.
- [14] **Url.** <http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarrufu/konut_ulas/en_tasarruf_f_bina_ay.html>, alındığı tarih: 05.03.2012.
- [15] **Philips Lighting.** (1993). Lighting Manual, *Fifth Edition*, Hollanda.
- [16] **Ganslandt R., Hofmann H.** (1. edition 1992). Handbook of Lighting Design *Erco Lighting Edition*, Almanya.
- [17] **Sirel Ş.** (2012) Aydınlatma Terimleri Sözlüğü, *YFU yayınları*.

- [18] Url . <www.emo.org.tr/ekler/76db12c821b79a9_ek.xls?tipi=34&turu=X>, alındığı tarih: 01.04.2012.
- [19] Kaya S. (t.y.) Enerji verimliliğinde; Aydınlatmada kullanılan lamba seçiminin önemi, alındığı tarih: 12.02.2012.
www.emo.org.tr/ekler/76db12c821b79a9_ek.xls?tipi=34&turu=X
- [20] Url. <web.firat.edu.tr/bilmuh/gaydin/dersler/0809/bmu401/ppt/FiberOptik.doc>, alındığı tarih: 15.02.2012.
- [21] Şerehanoglu, M. ve Bostancı, T. (2000). Aydınlatmada Fiber Optik Kullanımı
3. Ulusal Aydınlatma Kongresi, Bildiri
- [22] Url. <<http://www.lamp83.com/fiberoptik.php>>, alındığı tarih: 15.02.2012.
- [23] Eltek Professional Lighting Optical Fibers. Fiber Optik katalogu (2008).
- [24] Url. <<http://www.ecat.lighting.philips.com.tr/l/>>, alındığı tarih: 12.03.2012.
- [25] I.Guzzini Internal Lighting System Kataloğu. (2011-2012).
- [26] Url. <<http://www.bilesim.com.tr/dergi.php?git=yazi&id=4928>>, alındığı tarih: 12.03.2012.
- [27] Menteşoğlu D. (2011). Yeni Nesil Aydınlatma Sistemleri-1,LED Işık Kaynakları Aydınlatma Sınıfı LED'ler, alındığı tarih: 12.03.2012.
http://www.emo.org.tr/ekler/a64c6646bd6ef8c_ek.pdf?dergi=4
- [28] Url. <<http://www.bilesim.com.tr/yazdir.php?t=3&id=4931&sn=0>>, alındığı tarih: 14.02.2011.
- [29] Antrox Cold Cathode Kataloğu. (2009).
- [30] Studio Italia Design Kataloğu. (2009).
- [31] Fördergemeinschaft Gutes Licht. (2010). Impact Of Light on Human Body Booklet 19.
- [32] Beld. GJ. , Bommel WJM. (2004). Lighting for Work: A Review of Visual and Biological Effects , Philips Lighting, Holland.
- [33] Joseph A. (2006). Impact of Light on Outcomes in Healthcare Settings, Director of Research, The Center for Health Design.
- [34] Beld. GJ. ,Bommel WJM. (2002). Industrial Lighting and Productivity, Philips Lighting, Holland.
- [35] Philips Lighting. (t.y.). Biological Effects of Light on Humans ,sunum.
- [36] Purves D. (2007). Molecular Mechanisms of Biological Clocks.
- [37] Küller R. (2002). The Influence of Light on Circarhythms in Humans, Journal of Physical Antropology and Applied Human Science.
- [38] Webb A.R. (2006). Considerations for Lighting in the Built Environment: Non-visual effects of light.
- [39] Url. <<http://www.workplaceintelligence.co.uk/>>, alındığı tarih 31.03.2012.
- [40] International Energy Agency (2000). Daylight in Buildings
- [41] Boubekri M. (2008). Daylighting, Architecture and Health Building Design Strategies.

- [42] Url. <www.workcover.nsw.gov.au> , alındığı tarih: 10.11.2011.
- [43] **Manav B.** (2005). Ofislerde Aydınlik Düzeyi, Parıltı Farkı ve Renk Sıcaklığını Görsel Konfor Koşullarına Etkisi: Bir Model Çalışması, *Doktora tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [44] Url. <<http://www.usgbc.org>>, alındığı tarih: 04.02.2012.
- [45] Url. <<http://www.breeam.org>>, alındığı tarih: 04.02.2012.
- [46] **Ekerbiçer M.** (2007) Işık ve İnsan Psikolojisi, *PLD Dergisi*, 2007/5.
- [47] **Manav B.** (2007) Işık ve Sağlık : Işığın Biyolojik Sistem Üzerisindeki Etkisi, *IV. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, Bildiri*.
- [48] **Güler E.** (2001) Çalışma Yaşamında Işık Ve Aydınlatmanın Önemi, *SBE Dergisi, Makale*.
- [49] **Konstantinou E. , Silvester J.** (t.y.). Lighting, Well-being and Performance at Work, Philips Lighting and City University.
- [50] **Boyce P., Howlett O., Hunter C.** (2003). Benefits Daylighting Through Windows.
- [51] **Brainard G., Glickman G.** (2003). The Biological Potency of Light in Humans: Significance to Health and Behavior, 25th Session of CIE Proceedings, San Diego.
- [52] **Sabuncuoğlu Z., Tüz M.** (1996). Örgütsel Psikoloji; 2. Baskı, *Ezgi Kitabevi*.
- [53] Url. <<http://www.tdk.gov.tr/>>, alındığı tarih: 18.04.2012.
- [54] Url. <<http://www.ergonomi.itu.edu.tr/ergonomi.html>>, alındığı tarih: 08.03.2012.
- [55] **Çetin D., Gümüş Y., Özbudak B.** (2003). Aydınlatma Özelliklerinin Ergonomik Açıdan Değerlendirilmesi II. *Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, Bildiri*.
- [56] **Zumtobel Lighting Handbook.** (2008). *Second Edition*.
- [57] **EN 15193: Energy performance of buildings - Energy requirements for Lighting,** (2006). Technical Committee CEN/TC 169 “Light and Lighting”.
- [58] Url. <<http://www.zumtobel.com/com-en/service.html#software>>, alındığı tarih: 01.10.2011

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Dilek Şahin

Doğum Yeri ve Tarihi: Gümüşhane, 1979

E-Posta: dilsa19@gmail.com

Lisans: Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü (2001)