

**T.C.  
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPI İÇİ AYDINLIK DÜZEYİNİN YAPI BİYOLOJİSİ AÇISINDAN İRDELENMESİ**

**TUĞBA ŞAHİN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI  
YAPI PROGRAMI**

**DANIŞMAN  
YARD. DOÇ. DR. S. MÜJDEM VURAL**

**İSTANBUL, 2012**

**T.C.**  
**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPI İÇİ AYDINLIK DÜZEYİNİN YAPI BİYOLOJİSİ AÇISINDAN İRDELENMESİ**

Tuğba ŞAHİN tarafından hazırlanan tez çalışması 03.07.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Tez Danışmanı**

Yard. Doç. Dr. S. Müjdem VURAL  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri**

Yard. Doç. Dr. S. Müjdem VURAL  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof Dr. Ayşe BALANLI  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof Dr. Gül KOÇLAR ORAL  
İstanbul Teknik Üniversitesi

---

---

---

## ÖNSÖZ

---

Yüksek lisans tezim süresince;

Çalışmama yön ve destek veren tez danışmanım Sayın Yard. Doç Dr. S. Müjdem Vural'a, çalışmanın hazırlanmasında yol gösteren Sayın Prof. Dr. Ayşe Balanlı'ya, çeşitli kaynaklara ulaşmama destek veren Sayın Prof. Dr. Leyla Öztürk'e, yaşamım boyunca her koşulda yanımda olan ailemin tüm üyelerine, manevi destekleriyle beni yalnız bırakmayan tüm arkadaşlarıma, özellikle sevgili dostum Perihan Erdil'e teşekkür ederim.

"Doğal olarak bir bütün kötülüğe yönelince, parçaları da onunla birlikte kötülüğe sürüklenir; oysa parçalardan bütüne etki edebilecek olumsuzluklara sağlam bölümler engel olur, bütünü kötülüğe düşmekten korur."

**LYSANDROS SULLA, YAŞAMLAR XXI**

Temmuz, 2012

Tuğba ŞAHİN

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	vii
KISALTMA LİSTESİ.....	viii-ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
ÇİZELGE LİSTESİ .....	xi
ÖZET .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti .....	1
1.2 Tezin Amacı .....	4
1.3 Hipotez .....	4
1.4 Kapsam .....	6
1.5 Yöntem .....	7
BÖLÜM 2	
AYDINLATMA İLE İLGİLİ KAVRAM VE TANIMLAR .....	8
2.1 Temel Fotometrik Tanımlar.....	8
2.1.1 Işık .....	8
2.1.2 Işık Akısı.....	9
2.1.3 Işık Şiddeti .....	9
2.1.4 Aydınlatma .....	10
2.1.5 Aydınlik Düzeyi.....	10
2.1.5.1 Yatay Aydınlik Düzeyi .....	11
2.1.5.2 Düşey Aydınlik Düzeyi .....	11
2.1.6 Parıltı .....	12

2.2	Yapı İçinde Kullanılan Çeşitli Aydınlatma Kaynakları ve Özellikleri .....	13
2.2.1	Doğal Aydınlatma.....	14
2.2.2	Yapma aydınlatma .....	14
2.2.2.1	Akkor Telli Lambalar.....	15
2.2.2.2	Halojen Akkor (Tungsten Halojen) Lambalar .....	15
2.2.2.3	Flüoresan (Flüorışıl) Lambalar.....	15
2.2.2.4	Metal Halojen Lambalar.....	16
2.2.2.5	LED (Light Emitting Diodes) Lambalar.....	16
2.2.3	Bütünleşik Aydınlatma .....	16
2.3	Yapı İçi Aydınlik Düzeyleri.....	16
2.3.1	Yapı İçi Önerilen Aydınlik Düzeyleri (Standartlar ve Kullanıcı Tercihlerine Göre) .....	19
2.3.2	Yapı İçinde Uygun Olmayan Aydınlik Düzeyleri .....	22
<b>BÖLÜM 3</b>		
<b>GÖRME SİSTEMİ, GÖRSEL ALGILAMA VE BİYOLOJİK RİTM DÖNGÜSÜ.....</b>		<b>24</b>
3.1	Görme Sistemi .....	24
3.2	Yapı İçindeki Çeşitli Aydınlik Düzeyleri ve Fotoreseptörler.....	26
3.2.1	Göz Uyumu (Akomodasyon) .....	27
3.2.2	Uyum (Adaptasyon) .....	27
3.2.3	Bağıl Parıltı Farkı Duyarlılığı .....	28
3.2.4	Görsel Algılama .....	29
3.3	Biyolojik Ritm Döngüleri .....	30
<b>BÖLÜM 4</b>		
<b>YAPI İÇİ AYDINLIK DÜZEYİNİN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ.....</b>		<b>34</b>
4.1	Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin Görsel Etkileri ile İlgili Sağlık Sorunları .....	35
4.1.1	Yapı İçi Aydınlik Düzeyine Bağlı Gözde Oluşan Sorunlar.....	36
4.1.2	Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin İnsanın Sinir Sistemine Etkisi .....	39
4.1.3	Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin İnsanın İskelet Sistemine Etkisi .....	39
4.2	Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin Görsel Olmayan Etkileri ile İlgili Sağlık Sorunları.....	40
4.2.1	Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin Hormon Sistemine Etkisi.....	40
4.2.1.1	Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin Melatonin Hormonuna Etkisi ile İlişkilendirilen Sağlık Sorunları .....	42
4.2.1.2	Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin Kortizol Hormonuna Etkisi ile İlişkilendirilen Sağlık Sorunları.....	47
4.2.1.3	Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin TSH Hormonuna Etkisi ile İlişkilendirilen Sağlık Sorunları.....	48
4.2.1.4	Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin Serotonin Hormonuna Etkisi ile İlişkilendirilen Sağlık Sorunları.....	49
4.2.2	Biyolojik Ritm Döngüsüne Bağlı Olarak Gelişen Sağlık Sorunları .....	49
4.3	Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin İnsanın Psikolojik Yapısına Etkisi ve SAD (Mevsimsel Duygudurum Bozuklukları) .....	53
4.4	Yapı İçi Aydınlik Düzeyi ve Performans İlişkisi.....	56

BÖLÜM 5 .....	
YAPI BİYOLOJİSİ VE UYGUN OLMAYAN YAPI İÇİ AYDINLIK DÜZEYİNE KARŞI ALINACAK ÖNLEMLER .....	59
5.1 Yapı Biyolojisi ve Aydınlik Düzeyi İlişkisi .....	59
5.2 Yapı içi Aydınlik Düzeyi Denetimleri .....	63
5.2.1 Yapay Aydınlik Düzeyi Denetimleri .....	64
5.2.2 Doğal Aydınlik Düzeyi Denetimleri .....	65
BÖLÜM 6	
SONUÇ VE ÖNERİLER .....	74
KAYNAKLAR .....	77
ÖZGEÇMİŞ .....	88

## SİMGE LİSTESİ

---

<i>A</i>	Alan
<i>d</i>	Uzaklık
<i>E</i>	Aydınlık Düzeyi (birimi lx-Amerika'da ise fc)
<i>E<sub>h</sub></i>	Yatay Aydınlik Düzeyi
<i>E<sub>v</sub></i>	Düşey Aydınlik Düzeyi
<i>L</i>	Parıltı (birimi nit)
<i>I</i>	Işık Şiddeti (birimi cd)
$\Phi$	Işık Akısı (birimi lm)

## KISALTMA LİSTESİ

---

AASM	American Academy of Sleep Medicine (Amerikan Uyku Tıbbı Akademisi)
ACTH	Adrenocorticotrophic Hormone (ACTH Hormonu)
AMD	Age-Related Macular Degeneration (Yaşa Bağlı Makula -Sarı Nokta-Bozulması)
ATMK	Aydınlatma Türk Milli Komitesi
CIBSE	The Chartered Institution of Building Services Engineers
CIE	Commission Internationale de L'éclairage (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu)
DBP	Diastolic Blood Pressure (Küçük Tansiyon)
EPA	Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
IAEEL	International Association for Energy-Efficient Lighting (Uluslararası Enerji Verimli Aydınlatma Birliği)
IBRO	International Brain Research Organization (Uluslararası Beyin Araştırmaları Örgütü)
IESNA	The Illuminating Engineering Society of North America (Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisliği Topluluğu)
IML	Intermediolateral Cell Column of the Spinal Cord (Omurilik Intermediolateral Hücre Kolonu)
LED	Light Emitting Diodes (Işık Yayan Diyotlar)
LGN	Lateral Geniculate Nucleus (Yanal Dizsi Çekirdek)
LRC	Lighting Research Center (Aydınlatma Araştırma Merkezi)
LRO	Lighting Research Office (Aydınlatma Araştırma Ofisi)
NRC	National Research Council, U.S. (Amerikan Ulusal Araştırma Komisyonu)
NREM	Non Rapid Eye Movement Sleep (Derin Uyku)
PVT	Paraventricular Nuclei
SAD	Seasonal Affect Disorder (Mevsimsel Duygudurum Bozukluğu)
SBS	Sick Building Syndrome (Sağlıksız Bina Sendromu)
SBP	Systolic Blood Pressure (Büyük Tansiyon)
SCN	Suprachiasmatic Nuclei (Suprakiazmatik Çekirdek-Hipotalamusun Yakınında Biyolojik Sistemi Kontrol Eden Bölge)
SDP	Sleep-Disordered Breathing (Uyku Apnesi)
SEM	Slow Eye Movements (Yavaş Göz Hareketi)
SPvZ	Subparaventricular Zone (Subparaventrikular Alan)



TS	Türk Standardı
TSH	Thyroid-Stimulating Hormone (Tiroid Hormonu)
VCP	Visual Comfort Probability (Görsel Konfor Olasılığı)
VDT	Video Display Terminals (Ekran Önü- Bilgisayar- Çalışma Ortamı)
VLPO	Ventrolateral Preoptic Nucleus (Ventrolateral Preoptik Çekirdek)
WHO	World Health Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1.1	Yapı ve insan arasındaki sağlık etkileşimi..... 2
Şekil 2.1	Elektrik spektrumu ve görülebilir (ışık) spektrumu..... 9
Şekil 2.2	Işık şiddeti, uzaklık ve aydınlık düzeyi arasındaki ilişki ..... 10
Şekil 2.3	Deney odasında katılımcı üzerinde ve masada görülen, Eh-yatay aydınlık düzeyi, Ev-düşey aydınlık düzeyi ..... 11
Şekil 2.4	Kamaşma..... 13
Şekil 2.5	Bir işyerinin aydınlık düzeyi oranları ..... 17
Şekil 2.6	19 ülkede yapı içinde önerilen aydınlatma düzeyleri ..... 19
Şekil 2.7	Doğal ve yapma aydınlatma kaynaklarının oluşturduğu konforsuzluk indeksi ..... 23
Şekil 3.1	Göz ve görme duyusu ..... 25
Şekil 3.2	Işık ve görme olayı ..... 26
Şekil 3.3	Bağıl parıltı farkının uyum parıltısına göre değişimi ..... 28
Şekil 3.4	Yatay ve düşey görme alanı ..... 30
Şekil 3.5	Beyindeki görsel olmayan bölgelerin ışık-nedenli aktivasyon yolları ..... 31
Şekil 3.6	Doğal aydınlık/karanlık döngüsü ve vücuda etkileri (2 x 24 saat) ..... 32
Şekil 4.1	Çalışma alanındaki görsel bölgeler ..... 37
Şekil 4.2	Ortamdaki ışığın hormonlarla etkileşim şeması..... 41
Şekil 4.3	Yapı içinde gece aydınlık düzeyi ve melatonin salınım değerleri..... 42
Şekil 4.4	Gece kanser gelişimi ve melatonin etkileşimi şematik gösterimi..... 45
Şekil 4.5	İki farklı aydınlık düzeyinin vücut sıcaklığı ritmi üzerindeki etkisi ..... 53
Şekil 4.6	Ortamdaki aydınlık düzeyine bağlı kullanıcılarda oluşan stres oranları ..... 54
Şekil 4.7	Aydınlatma ve güvenlik; aydınlatma ve kalite; aydınlatma ve konfor; aydınlatma ve verimlilik ilişkisi..... 57
Şekil 5.1	Düşey ve yapay aydınlık düzeyi gereksinimleri için yapma aydınlatma düzenleri ..... 65
Şekil 5.2	Yapıların konumu ve kentsel tasarımdaki boyutları ..... 66
Şekil 5.3	Doğal aydınlatma için gereken yapı boşlukları ..... 67
Şekil 5.4	A) Geleneksel pencere, B) Işık rafı uygulaması ..... 68
Şekil 5.5	Işık Kılavuzu Sistemi ..... 68
Şekil 5.6	Genzyme Center’da uygulanan gelişmiş günışığı sistemleri ..... 69

## ÇİZELGE LİSTESİ

---

	Sayfa
Çizelge 2.1	Çeşitli aydınlık düzeyleri ..... 18
Çizelge 2.2	Yapı içinde önerilen aydınlık düzeyleri..... 20-21
Çizelge 3.1	İnsanlarda gözlenen biyolojik ritim örnekleri..... 33
Çizelge 4.1	Işığın insan üzerindeki etkileri..... 35
Çizelge 4.2	Yapı içi aydınlık düzeyleri ve melatonin salınımları..... 43
Çizelge 4.3	Yapı içi aydınlık düzeyleri ve kortizol salınımları ..... 47
Çizelge 5.1	Yapı iç çevresindeki aydınlık düzeylerinin kullanıcı sağlığı üzerindeki etkileri..... 61-62
Çizelge 5.2	Yapılan eylemin yakın çevresindeki aydınlık düzeyi ve tekdüzelik ilişkisi ..... 63
Çizelge 5.3	Görsel ve görsel olmayan gereksinimler doğrultusunda hazırlanan yapı içi aydınlık düzeyi ve parlıltı oranları ..... 71
Çizelge 5.4	Yapının tasarım evresinde kullanıcı sağlığına uygun aydınlık düzeyleri için alınabilecek önlemlerden örnekler ..... 72
Çizelge 5.5	Yapının üretim ve kullanım evresinde kullanıcı sağlığına uygun aydınlık düzeyleri için alınabilecek önlemlerden örnekler..... 73

## YAPI İÇİ AYDINLIK DÜZEYİNİN YAPI BİYOLOJİSİ AÇISINDAN İRDELENMESİ

Tuğba ŞAHİN

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Yard. Doç. Dr. S. Müjdem VURAL

Yapı tasarımında aydınlatma çoğu zaman yalnızca görme eylemini karşılamak amacıyla ya da ilgi çekme aracı olarak algılanmaktadır. Bu nedenle hacimlerde gereksiz aydınlatma sistemleri kullanılmakta ve uygun olmayan aydınlık düzeylerine ulaşılmaktadır. Yapılan çalışmalara göre, ışığın insan üzerinde görünür (görme sistemi ve buna bağlı) ve görünür olmayan etkileri (biyoriyim döngüsüne bağlı) vardır. Bununla birlikte günışığı eksikliği birçok hastalıkla ilişkilendirilmektedir. Kapalı ortamlarda geçirilen zamanın fazlalığı ve birçok kişiyi etkilemesi nedeniyle bu sorunun denetim altına alınması gereklidir.

Aydınlık düzeylerine bağlı sağlık sorunlarının önlenmesine yönelik denetimde öncelikle yapı içinde oluşan aydınlık düzeyleri, yapılan işin niteliği ve kullanıcı sağlığı gibi özellikler belirlenmelidir. Bu nedenle çalışmada öncelikli olarak aydınlatma ile ilgili öğelerin tanımları ve sınıflandırması yapılmıştır. Sonrasında görme sistemi ve görsel algılama aracılığıyla aydınlık düzeyi, göz ve biyolojik ritim arasındaki ilişki kurulmuştur. Bu etkeninin kullanıcı sağlığı üzerindeki biyolojik, psikolojik, sosyolojik etkilerinin tanıtılmasının ardından, yapı içinde alınabilecek önlemler ve öneriler açıklanmıştır.

Günümüzde kaliteli bir yaşamın önemli bir ölçütü olarak sağlıklı bir yapı ve çevresi kabul edilmektedir. Temel gereksinimlerin karşılanması sağlıklı toplumların oluşması sağlayarak yapı etkenli hastalık ve kazalar nedeniyle oluşabilecek ülke ekonomisi kayıplarının önüne geçilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Işık, biyoriyim, insan sağlığı, yapı biyolojisi, aydınlık düzeyi

**EXAMINATION OF INTERIOR ILLUMINANCE IN TERMS OF BUILDING  
BIOLOGY**

Tuğba ŞAHİN

Department of Architecture  
MSc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. S. Müjdem VURAL

In building design, lighting is often perceived only for seeing or attracting attention. Therefore, unnecessary lighting systems are used and illumination can be reached inappropriate levels. Studies show that light has visual (on visual system and its effects) and non-visual effects (on biorhythm) on human health. Also, deficiency of daylight is linked with many diseases. In this context, interior illuminance has to be taken under control in terms of building biology since humans are spending most of their time in buildings.

For the control of health problems related with illumination, the interior illumination levels, quality of the work and the user's health have to be determined. In the control the regarding of health problems which is connected with illumination levels, first of all, it has to be determined as interior illumination levels, property of work and user health. So that, primarily definition and classification of illumination are expressed in this thesis. Later, the relation between illuminance and biological rhythm is formed by examining visual system and perception. Then, introducing biological, psychological and sociological this problems effects on user health, precaution and advices for insuitable illumination levels indoor environment are explained.

For a quality living, one of the important criteria is healthy building and environment. The basic need of human is to lead a healthy life. Proving a health building and environment will also form a healthy society and will prevent the economical loss caused by building related illness and accidents.

**Keywords:** Light, biorhythm, human health, building biology, illuminance

---

**YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY**

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

#### 1.1 Literatür Özeti

"Yapı, kullanıcıların gereksinmelerini gidermek üzere tasarlanmış ve üretilmiş yapma bir çevredir" [1]. Çevre kavramı ise, herhangi bir canlı ile yaşamı boyunca sürdürdüğü ilişkiler ve canlı cansız tüm oluşumların bütünüdür. Yapının dışında kalan doğal ya da yapma alanlar dış çevreyi, iç kısımda kalan alanlar ise iç çevreyi oluşturmaktadır. Yapının fiziksel iç çevre özellikleri, görsel (ışık, renk, estetik), ses (işitme, gürültü), boyutsal ve biçimsel (en, boy, yükseklik, alan, hacim, oran, biçim), dokunma ile ilgili (sertlik, pürüzlülük, keskinlik, sıcaklık) ve atmosferik özellikler (hava niteliği, sıcaklık, nem, basınç, hareket edebilme, elektro-iklimsel) olarak sıralanabilmektedir [2].

Sağlıklı yapı koşullarının kişinin sağlıklı olma durumuna katkısı olduğu ve sağlıksız yapı koşullarının da hastalık nedeni olabileceği bilinmektedir (Şekil 1.1). WHO'nun farklı dönemlerde yayınladığı raporlarda, günümüz insanların zamanının yaklaşık olarak %90'ını kapalı ortamlarda geçirdiği ve kötü yapı koşullarının kişinin fiziksel ve ruhsal sağlığını olumsuz etkileyerek, birçok hastalıkla ilişkilendirildiği belirtilmektedir.

Çevrenin sağlık üzerindeki etkileri yeni bir araştırma konusu değildir. M.Ö.500'lerde Hipokrat bataklık gibi alanları sağlıksız; güneşli, rüzgarlı yamaçları sağlıklı çevreler olarak nitelemiştir. Çeşitli araştırmalarda, 19. yüzyılda endüstri işçilerinin, yapı koşulları yüzünden (kötü aydınlatma, havalandırma ve yetersiz altyapı) tifüs, sarıhumma, verem, kolera gibi birçok hastalığa yakalandıkları belirtilmiştir [3]. EPA (Çevre Koruma Ajansı)'nın



Yapısal özelliklerin ve çevre koşullarının izin verdiği kadarıyla gün ışığı yapı içine alınmaktadır. Yapının aydınlatması öncelikli olarak görme koşullarını ilgilendirirken, yapının kullanımına göre de şekillenmektedir [6].

Sorunun belirlenmesinde aydınlık düzeyi ve insan sağlığı üzerindeki etkileri arasındaki ilişkiyi araştıran birçok çalışmanın olduğu görülmüştür. Literatürde konu ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları şunlardır;

- Tyrrell ve Leibowitz [7]'in yapı içi aydınlık düzeyi üzerine yaptıkları çalışmada kullanıcılarda, sırt ve boyun ağrısı, baş ağrısı, kol/bilek ağrıları, bulantı, bıkkınlık, kayıtsızlık, sert bacak ya da kollar, bulanık görme, zihinsel yorgunluk, göz yorgunluğu, genel yorgunluk olarak sıralanan belirtilere rastlanmıştır.
- 1975'te A.B.D.'deki yüksek lisans öğrencileri üzerinde yapılan çalışmada %88 oranında miyopluk tespit edilmiştir. Bu oran okuma eyleminin çokluğuna ve düşük aydınlık düzeyine bağlanabilmektedir [8].
- Aydınlık düzeyine bağlı olarak yapı içinde kazalar ve yaralanmalar yaşanmaktadır. Özellikle konutlarda yaşanan kazalarda en çok yaşlılar yaşadıkları fizyolojik değişiklikler (görme, karanlığa uyum zayıflaması, vb.) nedeniyle etkilenmektedir. Kazalar, sakatlık ve ölümlerle sonuçlanabilmektedir. Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre; tüm yaralanmaların %54'ünü konut içi kazalar oluştururken, kaza nedeniyle ölümlerin %25'i konut içinde olmaktadır [9].
- Günümüzde birçok insan aydınlatma eksikliği (mal-illumination) yüzünden (doğal günışığı eksikliği ve özellikle geceleri yapı içinde çok fazla yapma aydınlatmadan etkilenme) çeşitli ritm bozukluklarıyla karşı karşıya kalmaktadır [10].
- Yapı içi aydınlık düzeyleri ile hormon salınımı değiştirebilmektedir. Rea'nın çalışmasında; 1.000 lx'lük ışık uygulamasıyla melatonin salınımı 20 dk. da %25'e düşerken, bu değere 200 lx'lük ışık uygulamasıyla 60 dk. da ulaşılmaktadır [11].
- Jasser vd. [12]'nin yaptıkları deneyde, akciğer kanseri (ör: hepatoma) ya da meme kanseri olan sıçanlarda bir haftalık tümör oluşumuna gece sürekli parlak ışık (ör: göz hizasında 300 lx) verilmesiyle, tümörlü hücrelerin sürekli aydınlık uygulamasında kontrollü (belirli aralıklarla azaltılan) aydınlık düzeni oluşturulan



gruplara göre 2.5-6 kez daha erken ortaya çıkarak gelişiminin hızlı olduğu görülmüştür.

İncelenen çalışmaların sonuçlarına göre; yapı içi aydınlık düzeyinin birçok hastalıkla ilişkili olduğu belirtilmektedir.

## **1.2 Tezin Amacı**

Bu çalışmada amaçlanan; yapı içi aydınlık düzeylerinin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin incelenerek alınabilecek önlemleri ve uygun düzeyler için düşünülmesi gerekenleri açıklamaktır. Yapı içinde genellikle aydınlık düzeyleri görme koşullarının ve yapılan işlere göre belirlenen standartların altında ya da çok üstünde olmaktadır. Bunun nedenleri arasında; aydınlatma aygıtlarının yeterli sayıda olmaması, gerekli yerlerde konumlandırılmaması ve bütünleşik aydınlatma (doğal+yapma aydınlatma) kavramının düşünülmediği tasarımlar sayılmaktadır.

Tıpta ışık ve insan sağlığına etkileri konusunda yapılan buluşlar ile birlikte, aydınlatma üzerine standartların tek başına yeterli olmadığı görülmüştür. Avrupa ve Amerika'da yapılan çeşitli araştırmalarda 'Aydınlık Düzeyi' konusu Sağlıksız Bina Sendromu içinde sayılmaktadır. Ancak, yoksulluk, bilinçsizlik ve sosyoekonomik düzeyle bağlantılı [13] ve ilgili disiplinlerin konuya ilişkin gelişmelerden habersiz oluşu, aydınlık düzeyi ve insan sağlığına olumsuz etkileri ile ilgili bağlantının anlaşılmasını ve gerekli önlemlerin alınmasını engellemektedir. Bu nedenle yapılan çalışmada, konuya ilişkin öğeler sistemli bir şekilde incelenerek yapının ön tasarım ve kullanım süreçlerinden sorumlu olan kişileri (aydınlatma tasarımcısı, mühendis, mimar, iç tasarımcı, uygulamacı, bilim insanı, tıp doktoru ve üreticiler) bilinçlendirmek hedeflenmiştir.

## **1.3 Hipotez**

Yapı içinde sağlık sorunlarına yol açan yapı içi aydınlık düzeyi; biyolojik ya da psikolojik etkiler düşünülmeden yalnızca ortamdaki karanlığı yok etmek amacıyla kullanılan doğal ya da yapma aydınlatma kaynaklarının, standartlarda belirtilen düzeylerden çok az ya da fazla düzeylere ulaşılması sonucu olmaktadır. Bu olumsuzluktan kullanıcılar görünen ve görünmeyen olmak üzere iki şekilde etkilenmektedir.

Birinci tür etkilenmede genellikle görmeye bağlı kayıplar sonucu oluşan psikolojik rahatsızlıklar, kazalar ve yaralanmalara rastlanmaktadır. İnsanın duyuşal ve algısal ilişkiler bütününde görsel algılama %80-90'a varan bir yer tutmaktadır [14]. Bu bağlamda ortamla ilgili çeşitli özellikleri öğrenme ve anıların oluşumunda görsel algının yeri büyüktür. Ayrıca, görsel algının eksik oluşu, ortamdaki nesnelere ayırt edememe, görüş açısının kaybolması, algılayamama, kazalar vb. neden olmaktadır.

Bu olumsuzluk etkenlerinin uzun sürmesi durumunda kullanıcılarda psikolojik stres oluşmaktadır. Stres altında, vücut psikolojik değişimleri hızlı bir şekilde gerçekleştirerek ortamdaki tehlikeli durumlara uyum sağlamaya çalışmaktadır. Stresin sürmesi durumunda ise buna bağlı rahatsızlıklar oluşmaktadır. Bunlar başağrıları, mide ülserleri, ülserle bağlı kalın bağırsak iltihabı, sinirsel kalın bağırsak sendromu, şeker hastalığı, kalp-damar rahatsızlığı, yüksek tansiyon, astım ve egzemadır [15].

Yapısal özellikler kullanım ve zamana bağlı olarak değişebildiği gibi kullanıcı özellikleri (cinsiyet, yaş, eğitim durumu ile sosyokültürel durumu) de farklılık göstermektedir [16].

İkinci tür etkilenme; ışığın insanın hormon ve sinir sistemi üzerine [17] olup, görünmeyen etkiler olarak bilinmektedir. Bunlar; melatonin salgılanımı, vücut sıcaklığı, kalple ilgili sorular, psikolojik sorunlar, kış depresyonu, kilo alma, yorgunluk, depresyon, baş ağrısı, ağrı, hormonal dengesizlik, uyku bozuklukları, PMS (adet öncesi gerginlik), bağışıklık sisteminde zayıflama [10], SAD (mevsimsel duygudurum bozuklukları), çeşitli kanser türlerine yakalanma, vb. olarak sıralanmaktadır.

Endüstrileşmiş toplumlarda vardiyalı çalışma sistemi ve yapı içindeki aydınlık düzeyi insanların sirkadyen döngülerini bozulmaya uğratmaktadır. Birçok araştırmada, özellikle gece boyunca yapma aydınlatma etkisinde kalmanın çeşitli kanser türlerini tetiklediği rapor edilmiştir. Bu sorun, gelişmekte olan ülkelere oranla 5 kat daha fazla meme kanseri riski bulundurmaktadır. Stevens'ın hipotezine göre endüstrileşmiş toplumlarda, gece uygulanan aydınlatma ve melatonin arasındaki ilişki meme kanserinde en önemli etkidir [18].

'Aydınlatma & Sağlık' konusu, CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) tarafından önemli başlıklar altında belirlenmiş, çeşitli araştırma merkezlerinde çalışmalar bu konu üstünde yoğunlaşmıştır. Bu yüzden tasarım, yapım ve kullanım süreçlerinde alınabilecek önlemler ve bunlara yönelik öneriler, kullanıcının iyi olma durumu ve

temel gereksinimlerin karşılanması ile yaşamını sağlıklı bir şekilde sürdürebilmesi için bu çalışmaların gerekliliğini artırmaktadır.

İnsanın biyolojik, psikolojik ve sosyolojik gereksinimleri ile yapı ve çevresinin sağlıklı uyum içinde olması, başka deyişle yapı ve çevresinin insanın çeşitli rahatsızlıklara uğramadan yaşamını sürdürmesi ve yapılan işlerde verimli olmasına olanak sağlaması doğal döngü için gereklidir. Bu tez çalışmasında yapının fiziksel iç çevre özelliklerinden olan doğal ve yapay aydınlık düzeyleri ile ilgili özellikler ve bunların kullanıcı sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri sorun olarak kabul edilmiştir. Yapının tasarım, üretim ve kullanım aşamalarında yapı işlevi ve kullanıcı gereksinimlerine uygun oluşturulan aydınlık düzeyleri; kullanıcıların, biyolojik, psikolojik ve sosyolojik sağlık sorunlarının oluşumunun önüne geçerek bu sorunu ortadan kaldıracığı varsayımına dayandırılmıştır.

#### **1.4 Kapsam**

Konunun kapsamının geniş olması nedeniyle, aydınlık düzeyine bağlı sağlık sorunlarının ve çeşitli hastalıkların ışıkla iyileştirilmesi gibi tıbbi konular araştırma dışında bırakılmış olup, Yapı Biyolojisi konuları kapsamı içerisinde çalışılmıştır.

Bu çalışmada yer alan "yapma aydınlatma" kavramı, günümüzde yaygın biçimde kullanılan elektrik temelli aydınlatma üzerine olup, diğer kullanımlar kapsam dışı bırakıldığından bu konu üzerinde devam edilecektir. Ayrıca, konu gereği yapı içinde kullanılan aydınlatma aygıtları açıklanacaktır.

Yapı içinde uygulanan aydınlatma beyaz ışık alınıp ortamdaki aydınlık düzeyi değişken olarak düşünülmüştür. Bu yüzden ortamın aydınlık düzeyi dışındaki renk ve aydınlatma tasarımı gibi Yapı Fiziği konuları araştırma dışındadır. Ancak, çeşitli fotometrik büyüklüklerin tanımlanmasında Yapı Fiziği bilim dalından yararlanılmış olup, yapı içinde oluşturulacak uygun düzeyler ile ilgili önlem ve önerilere kısaca değinilmiştir.

Yapı dışındaki yapma aydınlatma konu kapsamı dışında olup yapı içindeki aydınlık düzeyini ilgilendirdiğinden doğal aydınlatma konu içindedir.

Yapı içinde aydınlık düzeyine bağlı olarak değişen parıltı oranları da konu içine alınmıştır. Ayrıca, çeşitli yapay ışık kaynaklarının yapısında bulunan UV yayma oranları

yüksek aydınlık düzeylerine ulaşma amacıyla arttığı için kısaca bu konuya da değinilmiştir.

### **1.5 Yöntem**

Yapı içi aydınlık düzeylerinin insanlar üzerindeki görünür ve görünmeyen etkilerinin anlaşılabilmesi ve yapılacak denetimin olumlu sonuçlanması için aydınlık düzeyinin yapı işlevi ve kullanıcı özelliklerinin iyi bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Çalışmada öncelikli olarak aydınlatma birimleri tanımlanarak yapı içindeki mevcut doğal ve yapay aydınlık düzeyleri ile önerilen düzeyler hakkında bilgilendirme yapılmış olup, bir sonraki aşamada görme sistemi ile ışık arasındaki bağlantı kurulmuştur. Daha sonraki aşamada ışığın göz aracılığıyla merkezi sinir sistemi ve hormonları etkilemesi yoluyla insan sağlığı üzerindeki etkilerinin sıralanmasının ardından yapı içinde uygun olmayan yapay ve doğal aydınlık düzeylerine karşı önlemler ayrıntılı olarak açıklanıp, son olarak konu bütünü değerlendirilmiştir.

### IŞIK VE AYDINLATMA İLE İLGİLİ KAVRAM VE TANIMLAR

#### 2.1 Temel Fotometrik Tanımlar

Bu bölümde aydınlatma ile ilgili kavramların birbirleri ile ilişkilerinin anlaşılabilmesi için aşağıda çeşitli tanımlara yer verilmiştir.

##### 2.1.1 Işık

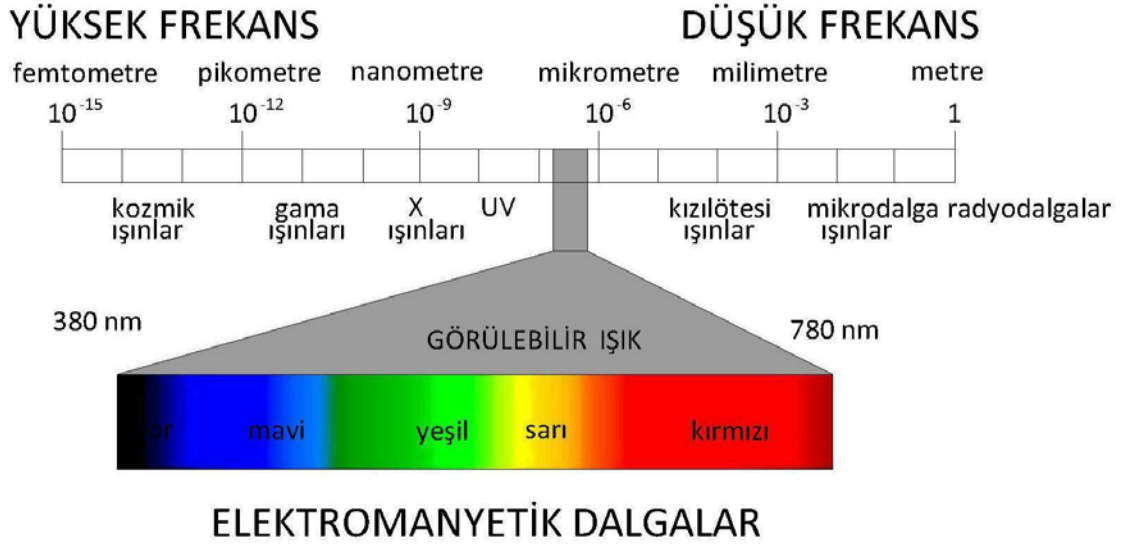
Işık, doğrudan bir görsel duyulanma oluşturabilen optik ışınım [19] olarak adlandırılırken; CIE tarafından ise, görme organına bağlı ya da görme organı aracılığıyla olan bütün duyulama ve algıların vergisi ve görme organını uyarabilen ışınım olarak tanımlanmaktadır [20].

Gözün algıladığı 380 - 780 nm arasında değişebilen elektromanyetik radyasyon enerjisi (Şekil 2.1) insan retinasının fotoreseptöründe tepkimeler olarak açığa çıkardığından, görülebilir (ışık) radyasyon olarak adlandırılmaktadır [21]. Bunlardan daha kısa olan dalga boyları morötesi (UV), daha uzun olanları da kızılötesi (IR) dalgalarıdır.

Görülebilir ışık spektrumu aralığında; mavi ışık içeren dalga boyları yaklaşık 475 nm., yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı ışık içerenler 675 nm., mor ışık içerenler 725 nm.'den büyüktür. Beyaz ışık ise tümünün bileşimidir [22].

Herhangi bir nesnenin görülebilmesi için ya kendisinin bir ışık kaynağı olması ya da üzerine düşen herhangi bir ışığı yansıtması gerekmektedir. Ancak, ışık kaynağı olmayan cisimler yansıtma çarpanlarına göre üzerlerine düşen ışığı az ya da çok yansıtmaktadır.

Işığın algılanabilmesi için; ışık kaynağının nesnelere tarafından yansıtılıp nesnenin göz ile beyne iletilmesi aracılığıyla olmaktadır.



Şekil 2.1 Elektrik spektrumu ve görülebilir (ışık) spektrumu ([20], [23], [24]'den yararlanarak)

Işık, doğrusal olarak hareket etmektedir. Aynı zamanda, ortamdaki nesnelere özelliklerinin belirlenmesinde etkindir. Örneğin, ışığın geçişine ve arkasındaki şeylerin görünürlük oranlarına göre nesnelere 'saydam', 'yarı saydam' ve 'geçirimsiz' olarak adlandırılmaktadır.

### 2.1.2 Işık Akısı

Işık enerjisinin akış miktarı olan ışık akısı, birim yüzeye dik olarak düşen ışık miktarıdır. Simgesi " $\Phi$ ", birimi lümen'dir.

$$1 \text{ lm/m}^2 = 1 \text{ lx'tür.} \quad (2.1)$$

### 2.1.3 Işık Şiddeti

Noktasal bir kaynağın belirli bir doğrultuda birim uzay açısı içinde verdiği ışık akısı miktarıdır. Simgesi " $I$ ", birimi kandel'dir. Aynı ışık şiddetini tanımlayan akı, göz için değişik uzaklık ve yüzeylerde farklı etkiler göstermektedir.

$$1 \text{ candela} = 1 \text{ cd' dir.} \quad (2.2)$$

#### 2.1.4 Aydınlatma

Aydınlatma, CIE tarafından "çevrenin ve nesnelerin gereği gibi görülmesini sağlamak amacıyla ışık uygulamak" olarak tanımlanmıştır [25].

Bu amaca ulaşma için; ortamın aydınlatma ile özelliklerin yanı sıra, görülmesi gereken ayrıntıların boyutları, nesnelerin yansıtma çarpanları, nesne ve çevresi arasındaki parlaklı farkları, görsel algılama, vb. özellikler de önemlidir [26].

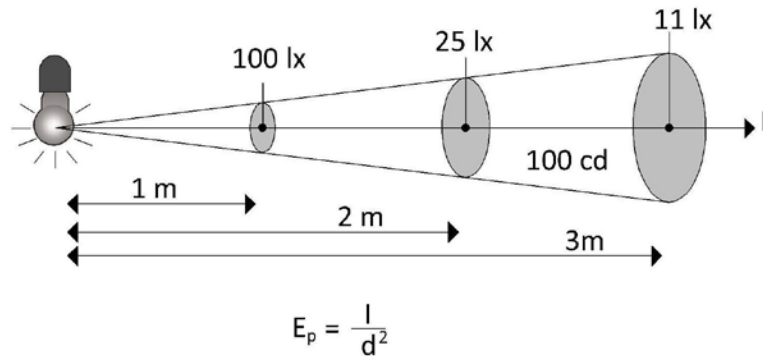
#### 2.1.5 Aydınlik Düzeyi

"...birim zamanda sonsuz küçük bir yüzey parçasına gelen ışık akısının yüzey alanına oranı" [27] olan aydınlık düzeyi, yüzeyin ışık akısının o yüzeyin alanına bölümüne eşit olarak tanımlanmaktadır. Simgesi 'E', birimi lx' tür. Ancak, Amerika'da kullanılan birim footcandle' dır [28].

$$E \text{ (Aydınlik Düzeyi)} = \Phi \text{ (Işık Akısı)} / A \text{ (Alan)} \quad (2.3)$$

$$1 \text{fc} \approx 10.76 \text{ lx} \quad (2.4)$$

Belli bir yüzey alanına düşen ışık şiddeti değişmediğinde, o alanda bulunan aydınlık düzeyi de değişmemektedir. Ancak, ışığın doğrultusal yapısı, yapı içindeki dağılımı, tayfsal yapısı değişebildiği için 'aydınlığın niteliği' değişmektedir [29]. Bununla birlikte ışık şiddeti aynı kaldığı halde uzaklık değişimine bağlı olarak aydınlık düzeyi azalmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Işık şiddeti, uzaklık ve aydınlık düzeyi arasındaki ilişki [24]

Genellikle ölçülen ve önerilen aydınlık düzeyleri denildiğinde, yatay çalışma düzlemine ulaşan değerlere değinilmektedir. Ancak farklı yüzeylerde okunan düzeyler kaynağın ve ölçüm yapan aletin konumuna bağlı olarak, aynı ortamda farklılıklar göstermektedir.

Örneğin, aydınlık düzeyi ölçer tavandaki ışık kaynaklarına doğruysa yataydan (görüş çizgisine yakın) daha yüksek değerler okunacaktır [11].

### 2.1.5.1 Yatay Aydınlik Düzeyi

Yatay aydınlık düzeyi, yatay yüzey üzerine düşen ışık miktarını tanımlamaktadır. Bu tür aydınlık düzeyi, çoğunlukla masa, çalışma yüzeyi ya da döşemede ölçülmektedir [30].

Okuma, cerrahi operasyonlar, dikiş dikme, vb. gibi birçok iş etkinliği yatay düzlemde yapıldığından, çalışma durumundaki performansı ölçmek amacıyla yatay aydınlık düzeyi kullanılmaktadır [20].

### 2.1.5.2 Düşey Aydınlik Düzeyi

Düşey aydınlık düzeyi beyaz tahta, duvarlar gibi düşey yüzeylere düşen ışık miktarını tanımlamaktadır. Kişilerin yüzlerindeki düşey aydınlatma düzeyleri yapı girişlerinde ve güvenlik noktalarında tanımlama işlemleri açısından da önemlidir [30]. Şekil 2.3'de yatay ve düşey aydınlık düzeyleri görülmektedir.

Aydınlatma kurulumu (çok yönlü ve çok dağınık) ve yapı içi koşullarına göre, yatay ve düşey aydınlık düzeyi arasındaki oran bir ile üç arasında değişiklik göstermektedir. Ayrıca, göze ulaşan aydınlık düzeyi (ışık kaynakları ve çevreden yansıyan ışıklar) düşey aydınlık düzeyinin bir parçası olup fizyolojik etkilerinin yanısıra biyolojik etkileri bulunmaktadır [20].



Şekil 2.3 Deney odasında katılımcı üzerinde ve masada görülen, Eh-yatay aydınlık düzeyi, Ev-düşey aydınlık düzeyi [20]



Yapı içindeki aydınlık düzeylerinde; göze ulaşan aydınlık düzeyi, büyük ölçüde çevresel ve bireysel farklılıklara göre değişebilmektedir. Örneğin, görme alanı içindeki nesnelerin değişik yansıtma oranları (göz merceği gibi) ile kişinin fiziksel özellikleri (kaşın fiziksel yapısı ile burun ve yüzün diğer bölümleri) nedeniyle retinaya ulaşan aydınlık düzeyleri arasında farklılıklar oluşmaktadır [11].

Işık uyarılarının gözdeki reseptörler tarafından alınıp beyinde görüntü olarak yorumlanabilmesi için, ışığın bir nesne tarafından yansıtılması ya da iletilmesi gereklidir [31]. O nedenle göze ulaşan aydınlık düzeyine aydınlatma kaynakları kadar ortamdaki nesnelerin yansıtıcılığı da etki etmektedir.

### 2.1.6 Parıltı

Parıltı, bir yüzeyden az ya da çok belli bir doğrultuda yayılan ışık şiddetinin görünmesine bağlı görsel duyulanma verisi olarak tanımlanmaktadır [19]. Simgesi 'L', birimi nittir.

$$1 \text{ nit} = \text{cd} / \text{m}^2 \text{ dir.} \quad (2.5)$$

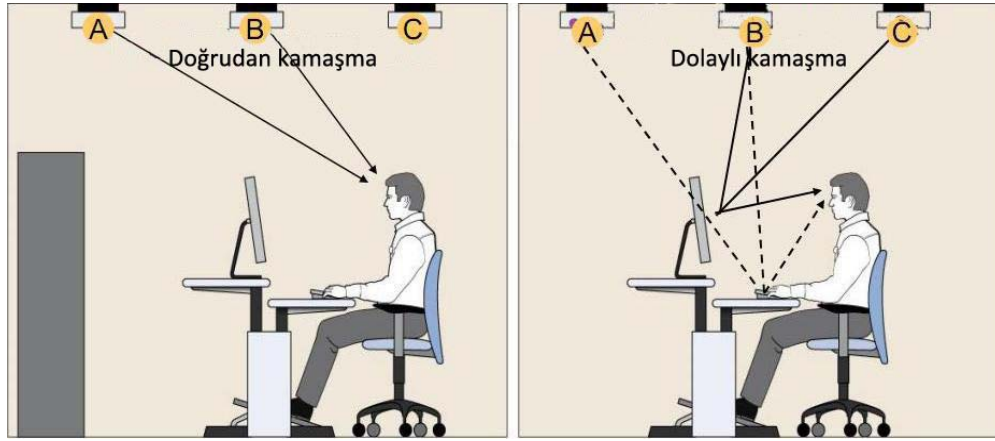
Çeşitli ışık kaynaklarının özelliklerine göre parıltı oranları; öğle saatlerinde güneşten  $1.600.000.000 \text{ cd/m}^2$ , ufuk düzleminde güneşten  $600.000 \text{ cd/m}^2$ , 60W'lık buzlu ampulden  $120.000 \text{ cd/m}^2$ , T5 soğuk beyaz yüksek çıkışlı floresan lambadan  $26.726 \text{ cd/m}^2$ , ortalama açık bir gökyüzünden  $8.000 \text{ cd/m}^2$ , ay yüzeyinden  $2.500 \text{ cd/m}^2$ , ortalama bulutlu bir gökyüzünden  $2.000 \text{ cd/m}^2$  şeklinde olmaktadır [28].

Yapı içindeki parıltı oranları, aydınlık düzeyi oranları kadar önemlidir. Uygun görsel performans ya da görsel konfor koşullarında parıltı oranları için kabul edilebilir sınırlar, bulunan ortamın görüş alanının ortasına (yakın çevre) oranı 3:1, ortamın görme alanının sınırına (uzak çevre) oranı 10:1'den büyük olmamalıdır [32]. Ancak, parıltının düzgün olmadığı durumlarda, kamaşma oluşabilmektedir. Tüm nesnelerin kendine özgü yansıtma çarpanlarından dolayı, ışıklılığı yüksek aydınlatma aygıtları, parıltı, pencere ve parlak yüzeylere bağlı olarak kamaşma oluşabilmektedir [33]. Özellikle metal gibi parlak yüzeyler üzerinde başka yüzey ve nesnelerin görüntüsü oluşmaktadır. Bu olgu, ışıklılığı yüksek aydınlatma aygıtlarının görüntüsü oluştuğunda algılanmaktadır.

Yüzeylerde algılanan görüntüler, bir başka deyişle yansıyan ışıklılıklar, gereksiz karışıklıklar oluşturması nedeniyle olumsuzluk etkeni yaratmaktadır [34].

Kamaşma kökenine göre; doğrudan ve dolaylı kamaşma olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğrudan kamaşmada göze gelen ışık etkili iken, dolaylı kamaşmada görüş alanı içinde olmayan ışık kaynaklarından, başka cisimler üzerinden yansıyan ışığın etkisi bulunmaktadır. Bunlar Şekil 2.4'de gösterilmiştir.

Kamaşma, kullanıcıları etkilemesine göre ise konforsuzluk ve yetersizlik kamaşması olarak ikiye ayrılmaktadır [31]. Konforsuzluk kamaşması (Discomfort Glare) kör edici olmamakta olup, rahatsızlık vericidir. Yetersizlik kamaşması ise (Disability Glare) görüşü azaltarak körlüklere yol açmaktadır.



Şekil 2.4 Kamaşma [24]

Bir ortamdaki aydınlık düzeyini iki ya da üç katına çıkartmak, algılanan parlıltı değerlerine aynı oranda yansımamaktadır. Örneğin ölçülen parlıltı değeri  $350 \text{ cd/m}^2$  olan bir yüzey için, algılanan parlıltı değeri  $350 \text{ cd/m}^2$  ye yakın bir değer iken,  $3,5 \text{ cd/m}^2$  büyüklüğünde bir parlıltı değerine alışan göz için ise  $350 \text{ cd/m}^2$  lik parlıltı değeri, 4 kat daha çok algılanmaktadır [35].

## 2.2 Yapı İçinde Kullanılan Çeşitli Aydınlatma Kaynakları ve Özellikleri

Yapı içinde kullanılan aydınlatma kaynakları doğal ve yapay olarak ikiye ayrılmaktadır.

### 2.2.1 Doğal Aydınlatma

En bilinen doğal aydınlatma kaynağı güneş olmakla birlikte diğer doğal aydınlatma kaynakları ay ışığı, yıldızlar, şimşek, yıldırım, ateş böceği ve deniz diplerinde yaşayan bazı balıklar olarak sıralanabilmektedir. Bu çalışmada yer alan doğal aydınlatma kavramı ise gün ışığı üzerinedir.

Gün ışığı doğrudan güneş tarafından çeşitli şekillerde oluşturulurken, atmosferden yayılan, bulutlardan yansıyan, yapılardan ve zeminden yansıyan ışıkların (özellikle karlı zeminlerde) toplamı olmaktadır [36]. Yapı içindeki gün ışığı düzeyleri; dış çevrede bulunan yapıların konumları, yükseklikleri, uzaklıkları ve kaplama malzemelerinin yansıtma çarpanlarına da bağlıdır.

Gün ışığı tüm ya da çoğu görsel işlevleri gerçekleştirebilmek için bütün özelliklere sahiptir. Ancak gün içindeki devinimden dolayı, yapı içinde aydınlık düzeyi ve spektral bütünlüğü sürekli değişirken, pencere gibi yapı boşluklarına yakın bölgelerde rahatsız edici parlaltılar oluşturabilmektedir [37]. Ancak son yıllardaki aydınlatma teknolojisi ile birlikte gelişmiş doğal aydınlatma sistemleri (ışık rafı, güneş tüpü, anidolik tavanlar, elektrokromik camlar, vb.) ile bu sorun belirli oranda çözümlenebilmektedir.

### 2.2.2 Yapma Aydınlatma

Yapma ışık kaynakları; mum, meşale, gaz lambası, akkor telli lambalar (kömür telli lambalar, madensel telli lambalar), ark lambaları, ışık tüpleri, kızgın elektrotlu deşarj lambaları (sodyum buharlı lambalar, yüksek basınçlı civa buharlı lambalar), flüoresan lambalar, vb. olarak sıralanabilir.

Elektrikli lambaların bulunmasından önce, yapı içi aydınlatmasında genel olarak gün ışığı, ateş, mum, meşale, gazyağı lambası, vb. kullanılmıştır. Ancak bu tür çözümlerde, yapı içinde doğal aydınlatmanın olmadığı zamanlarda yalnızca görme eyleminin sağlanabilmesine yönelik çözümlere gidilmiştir. Günümüzde yapı içinde kullanılan yapma aydınlatma kaynakları ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre farklılık göstermektedir. Örneğin, gelişmekte olan ülkelerde, yakıtı dayalı aydınlatma yaygın bir şekilde kullanılmakla birlikte, refah düzeyinin artışına bağlı olarak, elektrik temelli aydınlatma yönünde değişmektedir [38].

### **2.2.2.1 Akkor Telli Lambalar**

Akkor telli lambalar, tungsten filamanın üzerinden elektrik akımı geçmesi sonucu ısınarak (2700 K-3200 K) akkorlaşması ile ışık yaymaktadır [39]. Buradan da anlaşılacağı üzere, bu lambalarda sıcaklık ne kadar yüksekse görülebilir ışık yayılımı o kadar artacağından, kullanılan filamanların ergime sıcaklığının yüksek olması gereklidir.

Akkor lambalarla, görünür ışıktan daha fazla ısı üretilmektedir. Bu lambalar, enerjilerinin % 95'ini ısı açığa çıkartarak harcamaktadır. Bu yüzden, çok kullanılan bir lamba türü olmasına karşın, birçok ülkede yasaklanmaya başlamıştır [28].

### **2.2.2.2 Halojen Akkor (Tungsten-Halojen) Lambalar**

Akkor telli lambaların bir çeşidi olan bu lambalar halojen gazı ve filamandan oluşmaktadır [40]. Tungsten halojen lambalarda kullanılan filamanın boyu da normal akkor telli lambalara göre daha kısadır. Bu yüzden, tungsten halojen lambalar daha yoğun üretilerek noktasal ışık kaynağı olarak kullanılabilir [24].

### **2.2.2.3 Flüoresan (Flüorışıl) Lambalar**

Flüoresanlar, düşük basınçlı cıva gazlı deşarj lambalardır. Elektrot ısınarak elektronlar birbiri üzerine akmaya başlamakta, bu sürede lambanın içinde bulunan cıva atomlarına çarparak atomlar uyarılarak UV ışınımı yapmaktadır [38].

Işıklılıklarının az olması nedeniyle, projesine uygun tasarımlarla göz kamaşmasına neden olmamaktadır [39].

Günümüzde kamu yapıları, ticari yapılar, ofisler, okullar, hastaneler, vb. yapma aydınlatmanın uzun süreli kullanıldığı birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Genellikle flüoresan lambaların bir çeşidi olan full-spektrum lambalar, gelişmiş UV çıktı özelliklerinden dolayı gün ışığına yakın olarak görülmektedir. Bu yüzden yılın belli zamanları gün ışığı eksikliği yaşanan İskandinav ülkelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [41].

#### **2.2.2.4 Metal Halojen Lambalar**

Metal halojen lambalar, metal ve metal tuzları buharında bir metal buharı karışımının uyarılması ve tuzun ayrışması sonucu ışık yayma ilkesine göre çalışmaktadır [27]. Bu lambaların yapısı civa buharlı lambalara benzemekle birlikte, deşarj tüpünde civanın yanında indiyum, talyum ve sodyum gibi metal halojenler bulunmaktadır [24].

#### **2.2.2.5 LED (Light Emitting Diodes) Lambalar**

LED lambalarda, elektrik enerjisi doğrudan görünür ışığa çevrilerek katı bir yapı içerisinde elektronların uyarımı ile ışık elde edilmektedir. Bu lambalar elektrik akımının tek yönde geçişine izin verdiğinden, akım doğru yönde ilerlediğinde istenilen özellikte ışık üretilmektedir [28].

Günümüz teknolojisinde LED'lerin birim güç başına sağladığı ışık akısı flüoresan lambaların iki katına, akkor telli lambaların ise 10 katına ulaştığından, aydınlatma alanında kullanımının hızla yaygınlaşmasına yol açmıştır [42].

#### **2.2.3 Bütünleşik Aydınlatma**

Bütünleşik aydınlatma; yapı içinde istenilen görsel konfor şartlarının, doğal aydınlatma ve yapma aydınlatma ile bütünleşik olarak oluşturulan bir aydınlatma türüdür [43].

Gelişen teknolojiler (insan algılayıcı dedektör, zaman ayarlı sistemler, günışığına duyarlı sistemler) ile birlikte doğal aydınlamanın yetersiz olduğu durumlarda yapma aydınlatma sistemleri devreye girerek ortamdaki aydınlık düzeyi dağılımları dengelenmektedir.

Ancak, doğal aydınlık düzeylerinin gün içindeki değişimleri önemsenmeden oluşturulacak yapma aydınlatma düzenleri ile uygunsuz aydınlık düzeylerine ulaşılacağından, iyi araştırılması gereken bir konudur.

### **2.3 Yapı İçi Aydınlik Düzeyleri**

Yapı dışındaki aydınlık düzeyleri gün içinde ortalama 5.000–100.000 lx arasında değişmektedir. Ancak yapı içi aydınlık düzeyleri bu sayıların oldukça altındadır. Bunun

nedenleri arasında yapının açıklıklarının (pencere, çatı penceresi, kapı, vb.) boyutları ve yapı içindeki konumuna göre gün ışığının içeri alınması, yapay aydınlık düzeylerinin doğal aydınlık düzeylerinin çok altında oluşundan kaynaklanmaktadır.

Kohsaka vd. (1999)'e göre 1.000 lx uygulaması orta parlak ışık, Lack ve Wright (1993), Youngstedt, Kripke ve Elliott (2001)'a göre 25.00-3.000 lx parlak ışık, Montgomery ve Dennis (2002)'e göre ise 10.000 lx çok parlak ışık olarak adlandırılmaktadır [44].

Yapı içinde değişik bölgelerde ölçülen aydınlık düzeyleri Şekil 2.5'te gösterilmiştir. Buradaki yatay ve düşey aydınlatma düzeylerindeki farklılık, kaynağın yönü ve ışık şiddetine bağlı olarak değişmektedir.



Şekil 2.5 Bir işyerinin aydınlık düzeyi oranları [31]

Górnicka [20]'nın yaptığı çalışmada parlak (2.000 lx) ve loş (100 lx) olmak üzere iki ortam yaratılmıştır. Loş ortamda ölçülen 100 lx' lük yatay aydınlık düzeyi ofislerde önerilen en az düzeyin de altında çıkmıştır (yatay düzlemde 200 lx). Ancak ortamdaki yüzey kaplamaları nedeniyle göze ulaşan düşey aydınlık düzeyleri yatayda önerilen 200 lx' e yaklaşmaktadır. Doğal ve yapma ışık kaynaklarının oluşturdukları aydınlık düzeyleri Çizelge 2.1'de gösterilmiştir. Buradan anlaşılacağı üzere doğal aydınlık düzeyleri güneşin günlük ve mevsimsel devrimine bağlı olarak değişmektedir.

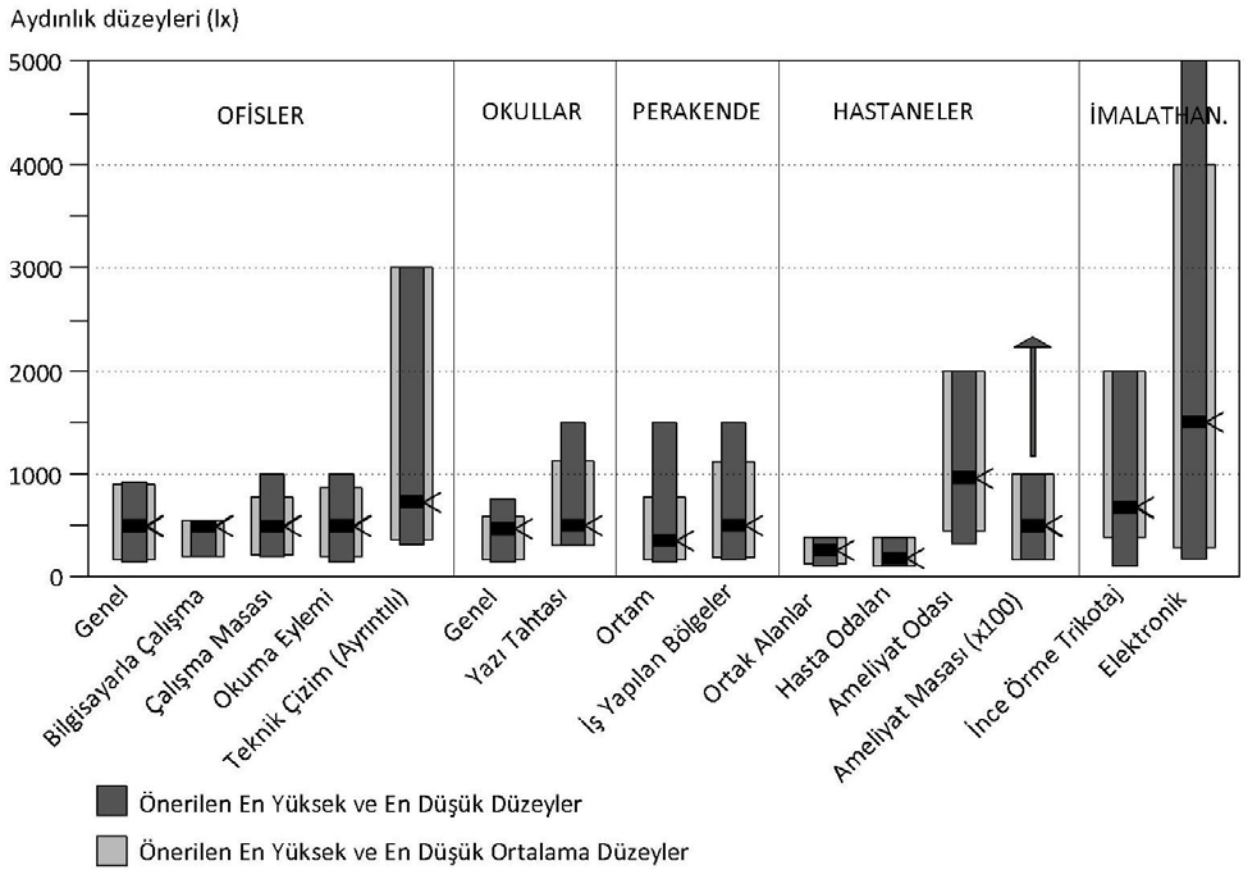
Aries [45]'in yaptığı çalışmada; Almanya'da 87 ofiste Nisan ve Mayıs ayları arasında ölçülen düşey aydınlık düzeyleri 200–1.200 lx, yatay aydınlık düzeyleri de 300–1.600 lx arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 2.1 Çeşitli aydınlık düzeyleri

TÜR	DURUM	AYDINLIK DÜZEYİ	KAYNAK
<b>DOĞAL AYDINLATMA</b>	Bulutsuz bir yaz gününde	100.000 lx	[46]
	Bulutlu bir yaz gününde	30.000-40.000 lx	[28]
	Bulutsuz bir yaz gününde gölgede	10.000 lx	[24]
	Parçalı bulutlu havada (bahar ve güz)	5.000 lx	[24]
	Açık bir akşamda ay ışığı	0.25 lx	[24]
<b>BÜTÜNLEŞİK AYDINLATMA</b>	İyi aydınlatılmış bir ofiste (aydınlatma tasarımı yapılmış)	1.000 lx	[24]
	Ortalama ayrıntılı işler	320 lx	[28]
	Ayrıntı gerektiren işler (koyu renkli dokuma, okuma, vb.)	700-600 lx	[28], [47]
	Kaba işler (kaba montaj, balyaların açılması, vb.)	160-150 lx	[28], [47]
<b>YAPMA AYDINLATMA</b>	Ameliyat gibi özel işler	10.000-20.000 lx	[48]
	Mikroelektronik endüstrisinde hassas işler	5.000-10.000 lx	[48]
	Çok hassas işler (saat üretimi ve onarımı, vb.)	3.000 lx	[47]
	Merdivenler	200-100 lx	[49]
	Loş aydınlatılmış oturma odası	150-100 lx	[24], [28]
	Az kullanılan koridorlar	0.20 lx	[47]

### 2.3.1 Yapı İçinde Önerilen Aydınlık Düzeyleri (Standartlar ve Kullanıcı Tercihlerine Göre)

Standartlara göre tüm kullanıcıların gereksinimleri doğrultusunda aydınlık düzeyleri oluşturulmaktadır. Yatay aydınlık düzeyleri için oluşturulan bu değerlerde, okuma, yazma gibi etkinlikler için 500 lx alınmaktadır. Yakın çevre aydınlık düzeyi için 300 lx, uzak çevre için 200 lx önerilmektedir. 19 değişik (Almanya, Amerika, Avusturya, Avusturalya, Belçika, Brezilya, Çek Cumhuriyeti, Çin, Danimarka, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İsveç, İsviçre, Japonya, Kanada, Meksika, Rusya) ülkede, iş yerleri için önerilen aydınlık düzeyi [50] Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6 19 ülkede yapı içinde önerilen aydınlık düzeyleri [50]

Türkiye’de ise yapı içindeki aydınlık düzeyleri, EN 12464-1:2002’den yararlanılarak Türkçe’ye çevrilen "TS EN 12464-1 Işık ve Işıklandırma - İş Mahallerinin Aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri"nde belirlenmiştir. Çizelge 2.2’ de önerilen aydınlık düzeyleri ve parlıltı oranlarından örnekler görülmektedir.



Çizelge 2.2 Yapı içinde önerilen aydınlık düzeyleri [37]

REF. NO. ve YAPILAN AKTİVİTE	AYDINLIK DÜZEYİ(E)lx	PARILTI ORANLARI(UGR <sub>L</sub> )	NOTLAR
<b>1.2 Dinlenme, İlk Yardım Odaları</b>			
1.2.2 Dinlenme odaları	100	22	
1.2.6 Yoğun Bakım üniteleri	500	16	
<b>2.2 Fırınlr</b>			
2.2.1 Hazırlama ve pişirme	300	22	
2.2.2 Tamamlama, sunuş	500	22	
<b>2.3 Çimento, Çimento ürünleri, beton tuğla yapımı</b>			
2.3.1 Kurutma	50	28	Güvenlik renkleri anlaşılabilir olmalıdır.
<b>2.4 Seramik, fayans, cam ve cam ürünleri yapımı</b>			
2.4.7 Sentetik ve değerli taş üretimi	1.500	16	
<b>2.5 Kimya, plastik ve kauçuk sanayi</b>			
2.5.7 Renk inceleme	1.000	16	
<b>2.11 Çamaşırhane ve kuru temizleme</b>			
2.11.2 Yıkama ve kuru temizleme	300	25	
2.11.4 İnceleme ve onarım	750	19	
<b>2.12 Deri ve Deri Ürünleri Yapımı</b>			
2.12.6 Kalite Kontrol	1.000	19	
<b>5.6 Kütüphaneler</b>			
5.6.1 Kitaplıklar	200	19	
5.6.2 Okuma alanları	500	19	

Çizelge 2.2 Yapı içinde önerilen aydınlık düzeyleri (devam)

<b>5.7 Kapalı Otoparklar</b>			
5.6.2 Park alanları	75	-	1-Döşeme seviyesindeki aydınlık düzeyleridir. 2- Güvenlik renkleri anlaşılabilir olmalıdır.
<b>6.2 Eğitim yapıları</b>			
6.2.1 Sınıflar	300	19	Aydınlatma kontrol edilebilir olmalıdır.
6.2.2 II. Öğretim Sınıfları	500	19	Aydınlatma kontrol edilebilir olmalıdır.
6.2.17 Koridorlar	100	25	
6.2.17 Merdivenler	150	25	
<b>7.10 Ameliyathaneler</b>			
7.10.1 Operasyon öncesi	500	19	
7.10.3 Ameliyathane			Aydınlık düzeyi 10.000-100.000 lx arasında olmalıdır.
<b>7.12 Diş Hekimleri</b>			
7.12.1 Genel aydınlatma	500	19	Aydınlatma hastalar için kamaşma yapmayacak biçimde düzenlenmelidir.
7.12.3 Ameliyathane	5.000	-	Değerler 5000 lx'den yüksek olmalıdır.

\*E: Önerilen Aydınlık Düzeyi, UGRL: Kamaşma limiti

Standartlardan farklı olarak, yapı içi aydınlık düzeyleri, kullanıcı gereksinimlerine göre farklılıklar göstermektedir. Kış ve bahar dönemlerinde yapılan deneylerde gözlenen değişkenlik, tüm dünyada 'geçerli aydınlık düzeyi değeri' olmadığını desteklemektedir. Bu farklılıkların ise kişinin ışığa karşı duyarlılığına, uyku kalitesine, biyolojik saatine ve iyi olma durumuna bağlı olduğu düşünülmektedir. Halonen ve Lehtovaara tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarına göre, kullanıcılar tarafından seçilen aydınlık düzeyleri 230-1.000 lx arasında değişmektedir[51].

400 lx'ün altında, ortamdaki aydınlık düzeyi ve kullanıcı tercihleri arasında tutarsızlıklar oluşmaktadır. Nelson vd. tarafından yapılan çalışmada, ortamdaki en yüksek düzey olan 320 lx, erkek kullanıcıların tercih ettiği düzeylerden düşük bulunmuştur. Aynı çalışma grubu tarafından yapılan başka çalışmada ise, 100–300 lx arasında, dikkat toplama, ruh hali ve hareketlerde erkek deneklerde düşüşler, kadın deneklerde ise yükselmeler gözlenmiştir. Aynı deney yinelendiğinde, erkek deneklerin yüksek düzeyleri tercih ettikleri gözlenmiştir. Horst vd. tarafından işyeri konforu üzerine yapılan başka bir çalışmada ise konfor düzeyi 10–200 lx arasında artarken, 200–800 lx arasında değişmemiştir [52].

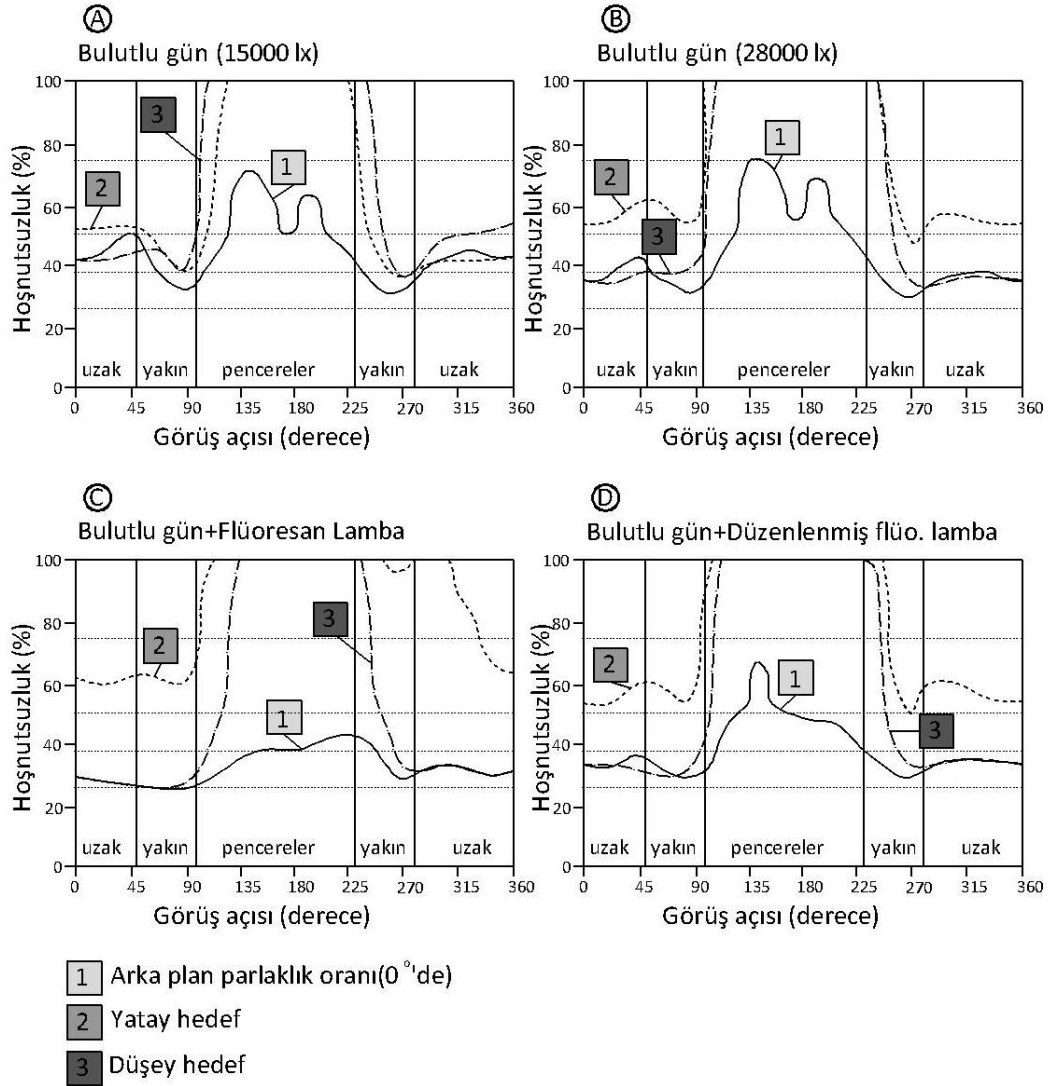
### **2.3.2 Yapı İçi Uygun Olmayan Aydınlık Düzeyleri**

Nabil ve Mardaljevic [53]'in yaptıkları (iç ortam derinliği 6 metre ve çalışma saatleri 9.00-18.00) çalışmada, yapının güney cephesine bakan pencerelerde gün ışığı ölçümleri yapılmıştır. Pencereye yakın bölümde (1 m. derinlikte) ölçülen yatay aydınlık düzeyi (standart 500 lx) yılın % 84'ünde, orta bölümde (3 m. derinlikte) yılın % 70'inde, arka kısımda (5 m. derinlikte) ise yılın %55'inde standardın üstünde çıkmıştır. 2.000 lx' lük yatay aydınlık düzeyi, pencereye yakın bölümlerde yılın % 70'inde, orta bölümlerde % 35'inde, 5 metrede ise %5'inde aşılmıştır.

Güner ve İllez [54]'in tekstil işletmesinin kalite kontrol bölümünde yaptıkları başka bir çalışmada ise, (Bu bölüm için standart değer 900 lük' tür.) A (802 lx), B (595.6 lx), C (349,5 lx), D (1486,3 lx), E (202,1 lx), F (578,7 lx), G (1340.1 lx), H (888,1 lx), I (790.1 lx) ve J (757,7 lx) olarak saptanmıştır. D ve G işletmelerindeki değerlerin standardın çok üzerinde olmasının nedeni, bu işletmelerde yapma aydınlatmanın yanı sıra yoğun gün ışığı alması olduğu tespit edilmiştir.

Bu bağlamda, insan gözü çok büyük çeşitlilikte aydınlık düzeylerine uyum sağlayabilmektedir. Eğitilmemiş bir göz aydınlık düzeyindeki %20'lik orandaki değişiklikleri kolaylıkla algılayamamaktadır [28]. Ancak, bu değişiklikler gereğinden az ya da çok aydınlatılmış bir ortamda gerçekleştiğinde konforsuzluk oluşmaktadır. Şekil 2.7'de bilgisayar operatörleri için yapı içindeki kamaşma ve yüksek aydınlık düzeyleri nedeniyle ortamda oluşan konforsuzluk indeksi gösterilmiştir. A ve B'deki koşullarda yapay ışık kullanılmamış olup, C'de doğal ışık ve flüoresan lamba, D'de doğal ışık ve

düzenlenmiş flüoresan lambalar bulunmaktadır. Pencereye dönük kullanıcılar, özellikle düşeyde dosya okurken ya da ekrana bakarken doğal aydınlık düzeyinin fazla oluşundan rahatsızlık duymaktadır [55].



Şekil 2.7 Doğal ve yapma aydınlatma kaynaklarının oluşturduğu konforsuzluk indeksi [55]

Lindelöf ve Morel [56]'in yaptıkları çalışmada, aydınlık düzeyinin 500 lx'den fazla olması durumunda, kullanıcı konforsuzluk indeksi 2.500 lx'e kadar yükselmektedir. Konforsuzluk olasılığı, düşük aydınlık düzeylerinde çok yüksektir. 800-1.200 lx aralığında (bu aralıkta konfor düzeyi uygun olarak gösterilmekte) en yüksek değerdedir. Bundan sonra 3.000 lx'e doğru azalarak artan bir eğri çizmektedir. Ancak, daha yüksek aydınlık düzeylerinde, kullanıcı eylemlerinin azlığı nedeniyle eğriyi yorumlamak oldukça zordur.

### GÖRME SİSTEMİ, FOTOSEPTÖRLER VE BİYOLOJİK RİTM DÖNGÜSÜ

Bu bölümde, görme sistemi ve öğeleri incelenerek ışık ve fotoreseptör ilişkisi üzerinden yapı içi aydınlık düzeyi ve insan fizyolojisi bağlantısı kurulacaktır.

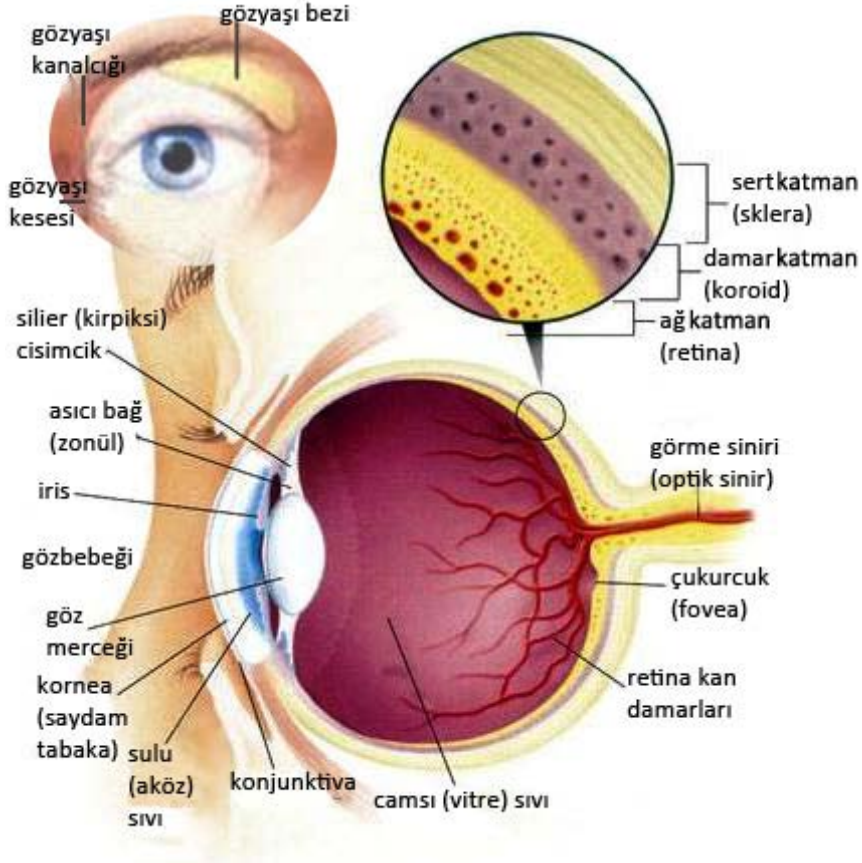
#### 3.1 Görme Sistemi

Görme sistemi, ışığın göz içerisine düşmesiyle başlayıp sinir hücreleri aracılığıyla beyindeki görme alanına kadar ulaşan karmaşık bir düzenden oluşmaktadır. Bu sistemin başlangıç noktası olan insan gözü, göz yuvarlağından başka göz kapaklarını, kirpikleri, gözyaşı ve yağ bezlerini, göz kaslarını ve zarını (Şekil 3.1) kapsamaktadır. Göz kapakları kırpma refleksi ile gözü koruyucu görevde bulunurken, üst kapakta bulunan gözyaşı bezinden salgılanan gözyaşı salgısı ise koruyucu ve saydamlığın sürdürülmesi görevini üstlenmektedir.

Göz üç katmandan oluşmaktadır. En dış kısımda bulunan sert katman, önde tümsekleşerek saydam bir tabakayı oluşturmaktadır. Ayrıca, sert katmanda ışığı kırarak göz bebeğine ulaştıran, yaklaşık 0.5 mm. kalınlığında ve 12 mm. çapında olan kornea bulunmaktadır [57]. Net görebilme yeteneği %70-80 oranında kornea tarafından sağlanmaktadır. Bu yüzden, yapısındaki en ufak bir değişim gözün odaklanma işlevinde büyük değişiklik yaratmaktadır.

Orta kısımdaki damar tabakada iris, kirpiksi bölge ve koroid yer almaktadır. İris, gözün rengini belirleyen, ortada oluşturduğu dairesel bir kas olan gözbebeği açıklığı ile göze giren ışık yoğunluğunu etkileyen yapıdır. Buradaki kristal mercek, gözün ikinci önemli kırıcı dokusudur. Yakına bakış sırasında, göz kasları gevşemekte ve göz merceğinin ön-

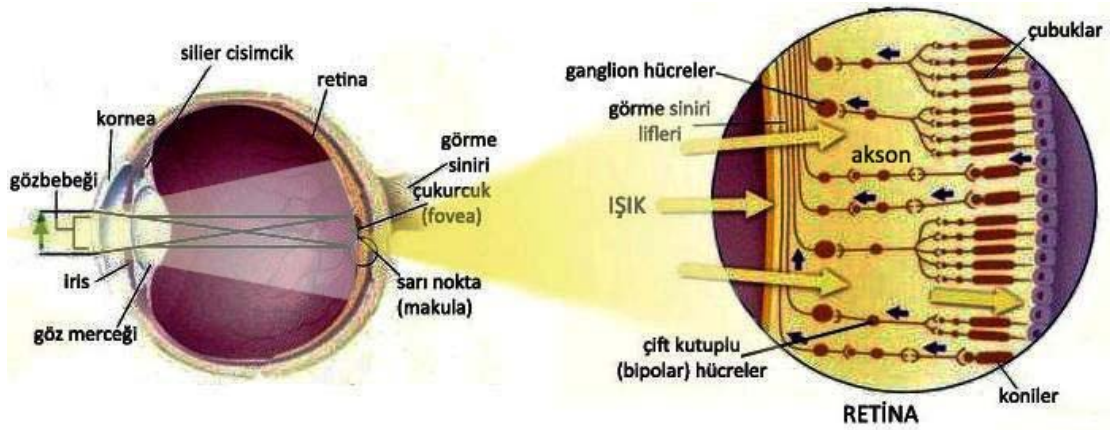
arka kalınlaşarak ışığın kırıcılığı artırılmaktadır. Bu işlemler sonrası retina üzerine odaklanma sağlanmış olmaktadır. En arka bölgede yer alan koroid, gözün arka kısmını besleyen kan damarlarından oluşmaktadır [58]. Bu katmandaki renk pigmentleri yansıma olmaması ve net görüntü elde edilmesini sağlamaktadır.



Şekil 3.1 Göz ve görme duyusu ([59]'dan yararlanarak)

Aydınlıktan karanlığa geçişe kadar gözbebeği boyutu 2-8 mm. arasında değişmektedir [60]. Gözün üçüncü ve en içte yer alan ağ katmanında nesnelere, gözün optik sistemi tarafından görüntüye dönüştürülmektedir [57]. Burada gözlenen cisimlerin imgeleri ters ve boyutları küçültülerek, retina üzerinde odaklanmaktadır. Retina 0.2 mm. kalınlığında ve çok karmaşık yapıda saydam bir tabakadır [61]. İnsan retinasında görüntü odak merkezi (görsel eksen) ise fovea (çukurcuk) dır [58]. Bunun çevresinde bulunan makula (sarı nokta-en az iki kat ganglion hücresi barındırmakta) yer almaktadır. Makula aracılığıyla okuma ve ayrıntı gerektiren işler yapılabilir [62]. Retina üzerinde bir görüntü oluşabilmesi için göze giren ışık kırılmaları uğramaktadır. Kırılma olayı ise kornea, ön oda ve göz merceğinden oluşan gözün optik bölümünde oluşmaktadır [24].

Bu bilgiler doğrultusunda görme olayının gerçekleşmesi ise şu şekildedir. Işık retinadaki yüzeyin bir ucundan diğer ucunda konumlanan koni ve çubuk hücreleri gibi fotoreseptörlere ulaşmaktadır. Buna tepki olarak küçük elektriksel potansiyeller (sinyaller) oluşturulmaktadır. Bu sinyaller, retinadaki hücreler ağından sinapslar aracılığıyla geçerek, sıra aksonlarının bir araya toplanmasıyla optik siniri oluşturan retinal ganglion hücreleri tarafından etkinleştirilmekte ve değişik görsel bölgelere doğru hareket potansiyelleri ileten yerlerden beyne giriş yaparak görme duyumunu (Şekil 3.2) oluşturmaktadırlar [63].



Şekil 3.2 Işık ve görme ([59]'dan yararlanarak)

### 3.2 Yapı İçindeki Çeşitli Aydınlık Düzeyleri ve Fotoreseptörler

Retinadaki fotoreseptör hücrelerinden koni ve çubuk hücreleri, görsel etkileri düzenlemektedir [64]. Buradaki toplam çubuk hücrelerinin sayısı 110 – 125 milyon arasında iken konilerin sayısı 6.3 – 6.8 milyon arasında değişmektedir [57]. Farklı aydınlık düzeylerine göre koni ve çubuk hücrelerinin etkinlik düzeyleri değişmektedir. Buna göre görme bölgeleri üç'e ayrılmıştır.

Bunlardan birincisi olan gündüz görmesi (photopic vision), yüksek aydınlık düzeylerinde (parıltı  $> 3 \text{ cd/m}^2$ ) var olmaktadır. Bu düzeylerde yalnızca koni hücreleri etkin durumdadır. Renk ve çözünürlük görme en üst düzeydedir. Yapı içindeki aydınlık düzeyleri gün ışığıyla birleştigiinden çoğunlukla gündüz görme koşullarını karşılamaktadır [65].

Akşam görmesi (mesopic vision) gece ve gündüz görmesi arasında kalan görme alanında yer almakta olup, etkinlik düzeyi koniden çubuk hücrelerine doğru artmaktadır [66]. Bu bölgede gözün renk ve çözünürlük yeteneği sınırlıdır [36].

Gece görmesi (scotopic vision) ise düşük aydınlık düzeylerinde (parıltı  $< 0.001 \text{ cd/m}^2$ ) var olmaktadır [29]. Yalnızca çubuk hücreleri etkin durumda [64] olup, çubuk hücrelerinin ışığa duyarlılıkları fazla olmasına karşın, rodopsin denilen tek tip fotopigment içermelerinden dolayı yalnızca renk algısı olmamaktadır [67]. Ayrıca, çubukların konilere oranla daha yavaş ve hassas çalışmalarından dolayı, ışığa zamanla uyum sağlanmaktadır [60].

Özet olarak; çubuklar alacakaranlık ve karanlıkta, koni hücreleri ise yüksek aydınlık düzeylerinde renkli görmeyi sağlamaktadır.

### **3.2.1 Göz Uyum (Akomodasyon)**

Göz kasları vücudun en çok çalışan kaslarından biridir. Bu kaslar aracılığıyla göz, gün içinde yaklaşık 100.000 kez hareket etmektedir. Yakındaki bir cisme bakıldığında, retinadaki görüntünün keskinliği için, mercek etrafındaki uyum kasları büzüşüp, kalınlaşarak dışbükey bir yapıya bürünmekte ve odak uzaklığını kısaltmaktadır. Göz uyumu denilen bu olay, genelde bilinçsizce olduğundan yaklaşık 0.7 sn. gibi kısa bir sürede gerçekleşmektedir. Göz uyumunda göz bebeği çapı da etkilidir. Küçük göz bebeği çaplarında odak mesafesi daha uzun olacağından, görüş alanının parıltı düzeyi etkeni devreye girmektedir. Göz uyumu yeteneği yaş, yorgunluk durumu, vb. etkenler doğrultusunda değişmektedir [24].

### **3.2.2 Uyum (Adaptasyon)**

Gözün değişik değerlerdeki aydınlık düzeylerine, dolayısıyla parıltılara kendini ayarlayabilmesine "uyum" denmektedir [27]. Göz bebeği, yüksek aydınlık düzeylerinde ya da yakındaki bir cisme bakarken daralmaktadır. Düşük aydınlık düzeylerinde ya da uzaktaki bir cisme bakıldığında ise genişlemektedir [68].

Uyum olayı, karanlık ve aydınlık uyumu olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Karanlık uyumu, aydınlık bir yerden karanlık bir yere geçişteki uyum, aydınlık uyumu ise bunun tam tersi bir durum olarak açıklanabilmektedir.



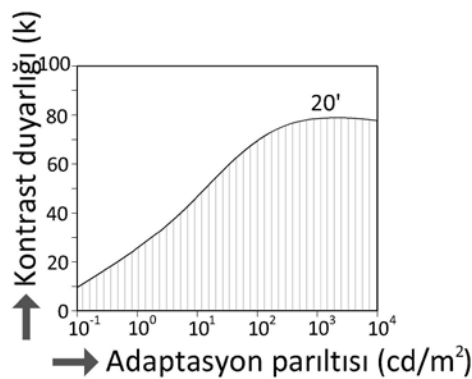
Karanlık uyumu ortalama 20 dakika sürmektedir [67]. Bu durum koni hücrelerinin karanlık uyumunu, çubuk hücrelerine oranla daha hızlı gerçekleştirmesi olarak açıklanabilmektedir. Örneğin, ortalama  $100 \text{ cd/m}^2$ 'lik bir parlıltı düzeyinden çok düşük bir düzeye geçildiğinde, koniler yaklaşık 10 dakikada duyarlık kazanırken, çubuklar 30-60 dakikalık bir sürede bu duruma uyabilmektedir [24].

Aydınlık uyumu ise genellikle bir dakikadan daha kısa bir sürede gerçekleşmektedir. Burada, konilerin hızlı bir şekilde çalışmasına bağlı olarak, kısa bir süre için gözde yanma ya da batma hissi olabilmektedir. Ancak birkaç dakika içerisinde, uyum sürecinin tamamlanması ile bu durum ortadan kalkmaktadır [35].

### 3.2.3 Bağlı Parlıltı Farkı Duyarlılığı

Ortamdaki bağlı parlıltı farkları karşıtlık olarak adlandırılmaktadır. Karşıtlık, cismin parlıltısına, aydınlık düzeyine, gözün uyum düzeyine ve gözlenen cisimlerin imgelerinin retina üzerindeki yerine bağlıdır [61].

Farklı uzaklıklara bakıldığında görme açısı değişmektedir. Bununla birlikte cismin görme açısı cinsinden büyüklüğü, gözlem süresi ve çevre parlıltısı da önemli bir etkidir. Parlıltı kontrast oranlarının artması yüzeylerin abartılı algılanmasına neden olacaktır. Şekil 3.3'de  $20'$  görme açılı cisim için, bağlı parlıltı farkı ve uyum duyarlılığı grafiği gösterilmektedir. Fon parlıltısı  $100 \text{ cd/m}^2$  olana kadar, bağlı parlıltı farkı duyarlılığı doğrusala yakın bir biçimde olarak artarken, bu düzeyden sonra sabite yakın bir değer almaktadır.  $1.000 \text{ cd/m}^2$ 'den sonra ise doğrudan kamaşmadan dolayı tekrar azalmaya başlamaktadır [24]. Burada önemli olan konu gözün büyük parlıltı farklarına anında uyum gösterememesidir.



Şekil 3.3 Bağlı parlıltı farkının uyum parlıltısına göre değişimi [24]

Görüş alanında oluşan parlaklık farklarının yüksek olduğu koşullarda karşıtlık oranının yüksek olduğu yüzeylerin parlaklık izlenimleri daha abartılı algılanmaktadır [27].

Ortamdaki bağıl parlaklık farklarını algılama kadar görme keskinliği de önemlidir [62]. Görme keskinliği gözün iki yakın komşu çizgiyi ayrık olarak fark edebilmesi yeteneği olarak tanımlanırken, görme keskinliği de, bağıl parlaklık farkı gibi görme alanı parlaklığına bağlıdır [61].

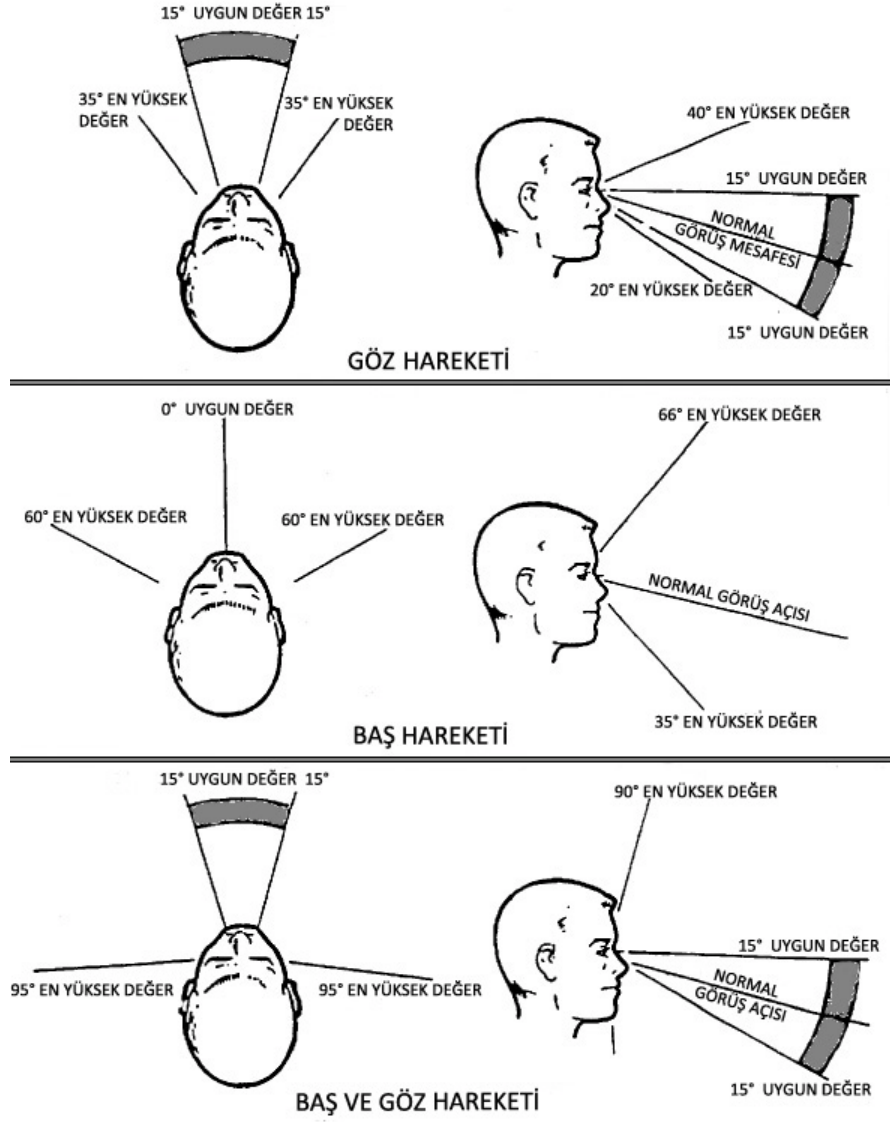
#### **3.2.4 Görsel Algılama**

Gözün, ortamdaki aydınlık düzeyi değişimlerine göre nesnelerin şekil, hareket ve renklerini ayırtedebilme yeteneği olduğu bilinmektedir.

İnsanın dış dünya, yakın ve uzak çevre ile olan algısal ilişkiler bütününde %95'e varan bir yeri olan görsel algı, ortamdaki ışık aracılığıyla olmaktadır [26]. Diğer duyular ile elde edilen çevresel veriler, görme duyusundan gelen verilerle birleşerek, beyin tarafından yorumlanacak bilgiyi oluşturmaktadır [69]. Algılamada seçicilik olduğundan, önceden edinilen bilgilere dayanarak, çevre ile ilişki kurulmaktadır. Ayrıca, insanın algılanan nesne üzerindeki düşünceleri, davranışların temelini oluşturmaktadır.

Gözün hareketli bir organ oluşu bakış açısının sürekli değişimine neden olmaktadır. Şekil 3.4'de insanın düşey ve yatay toplam bakış açıları gösterilmiştir. Buradaki açılardaki farklar baş ve gözün hareketlerine bağlı olarak değişmektedir.

Bakış açısına göre, bakılan bir nesneden göze ve beyne iletilen mesajlarda farklılık oluşmaktadır. Bunun nedeni algılamanın öncelikle nesne algılamasından ayrıntıya doğru gelişmesindedir [29]. Görsel algılamada bakış açısı olduğu kadar farketme hızı da önem taşımaktadır. Uyarımın olduğu andan tepkiye kadar geçen süre, tepki zamanı olarak adlandırılmakta olup, bu sürenin uyarımın görme sinirlerine ulaşması ile beyinde görsel duyuma dönüşmesi sırasında kullanıldığı düşünülmektedir. İlk aşamadaki kullanılan süre ve uyarımın şiddeti ile son aşamadaki süre ise uyarımın şekli ve kişinin o andaki dikkati ile değişebilmektedir [61].



Şekil 3.4 Yatay ve düşey görme alanı [70]

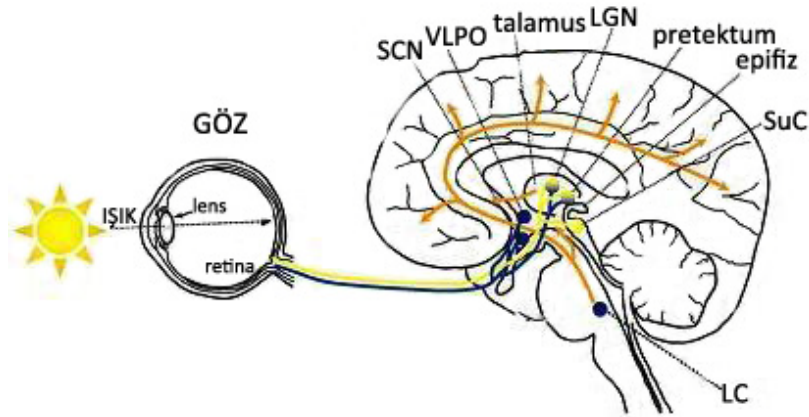
Görsel algı, bir nesne ya da yüzeydeki aydınlık düzeyine bağlı gerçekleştiğinden, görsel algının tamamlanabilmesi için, aydınlatılan nesne-yüzey, görme alanı içinde bulunmalı ve aydınlatılan nesne ile ilgili mesajlar, göz ve sinir hücreleri aracılığıyla beyne iletilmelidir [29].

### 3.3 Biyolojik Ritm Döngüleri

Koni ve çubuk hücrelerinin 1834'de keşfinden sonra, görsel ve biyolojik etkilerin bu fotoreseptörlere bağlı olduğu ve ortamdaki aydınlık düzeyinin yalnızca göz sağlığı üzerinde etkili olduğu düşünülmüştür. Ancak, 2002'de David Berson vd. tarafından

bulunan ışığa duyarlı ganglion hücreler ile görsel sistemin çalışmasına ilişkin yeni veriler elde edilmiştir [17].

Şekil 3.5'te görüldüğü üzere, aydınlık düzeyi koni, çubuk hücreleri ve beyindeki değişik bölgeleri etkinleştirmektedir. gösterilen ışığa duyarlı ganglion hücreler mavi çizgiyle; görsel fotoreseptör sistem, sarı çizgiyle gösterilmiştir. Işığın etkinleştirdiği sistem, turuncu çizgiyle gösterilen şekilde beyne etki etmektedir. Ganglion hücreleri, özünde ışığa duyarlı ganglion hücreleri aracılığıyla beyinde hipotalamusun ön kısmında yer alan SCN (suprakiazmatik çekirdek), biyolojik saat ve epifiz bezi olan iki alanda elektrik uyarımı yapmaktadır. Ayrıca, VLPO (Ventrolateral Preoptik Çekirdek) uyanıklık, LGN (Lateral Geniculate Nucleus- Yanal Dizsi Çekirdek) ise görsel birincil geçiş alanından sorumludur [71].



Şekil 3.5 Beyindeki görsel olmayan bölgelerin ışık-nedenli etkinleştirme yolları [72]

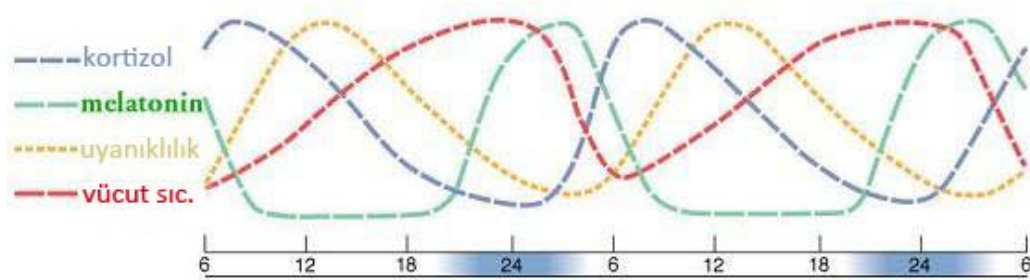
Ganglion hücreleri görsel süreçleri yerine getirmede önemli bir yer tutmaktadır [57]. Bu hücreler, iki kutuplu hücreler ile amakrin (bir çeşit nöron) görsel veri toplamaktadırlar. Retinal ganglion hücrelerinin küçük bir alt kümesi olan özünde ışığa duyarlı (fotopigment melanopsin) ganglion hücreleri ise, doğrudan ışık uyarılarına cevap verebilme özelliğine sahiptir. Ayrıca, bütün retinal ganglion hücrelerinin de %25'inin özünde ışığa duyarlı ganglion hücre olduğu varsayılmaktadır [58].

SCN'nin ortamdaki aydınlık düzeyi ile ilişkisi, ortamdaki aydınlık düzeyi artırıldığında beyin bu bölgesinin kullandığı glikoz miktarı (Glikoz kullanma metabolik etkin olmayla eşdeğer artarken, karanlık ortamda azalmaktadır) değişimlerinden gözlenebilmektedir [73].

Epifiz bezi vücuttaki hormon türlerini düzenleyen bir organdır. Bu mekanizma, doğrudan aydınlık/karanlık döngüsü (SCN aracılığıyla) ile zaman ve hormon yoğunluğuna (epifiz bezi aracılığıyla) bağlı olarak, birçok bölgeyle de doğrudan ya da dolaylı ilişki içerisinde [17].

Canlıların biyolojik ritimleri, genellikle çevre koşullarından -döngüsel özellikler gösterenlerle- eşzamanlı olarak etkilenmektedir. Bunların bir bölümü, ritimlerini düzenlemesi için başlatıcı görev düzenlemekte olup bunlara, zeitgeber (alm.; zeit=zaman, geber=vermek) ya da "ritim verici" denmektedir [73]. Işık en güçlü zeitgeberdir. Biyolojik ritimler organizmayı çevresel etmenlerin değişimine karşı bilgilendirmede ve çevre ile uyumlu eş zamanlı çalıştırılmasında yararlılık göstermektedir [74]. Bununla birlikte biyolojik ritimler coğrafi etkenler, cinsiyet, yaş ve çeşitli fiziksel kusurlar nedeniyle çeşitlilik göstermektedir. Örneğin; körlerde ve çift gözü kataraklı yaşlı kişilerde ritimler, çevresel etkenlerden bağımsız şekilde (free running) çalışmaktadır [75]. İnsan ve bazı canlılarda görülen biyolojik saatler ve etkileri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Biyolojik ritimlerin içinde en çok kullanılanlardan biri sirkadyen ritmdir. Günlük değişimleri düzenleyen bu ritimler, ortamdaki aydınlık düzeyine bağlı olarak uyanıklık/uyku süreleri (erişkin bir insanda ~16 saat uyanıklılık / 8 saat uyuma) vücut metabolizma hızı, hormonların kan ve doku yoğunlukları üzerinde etkili [76] olup, bu değişimler Şekil 3.6’da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Doğal aydınlık/karanlık döngüsü ve vücutta etkileri (2 x 24 saat) [77]

Biyolojik ritimde, yapı içindeki aydınlık düzeyleri kadar uygulama süresi de önemlidir. Ancak, deneylerin çoğu fareler gibi boyutları küçük canlılar üzerinde yapılmakta olup, bu canlıların biyolojik ritimleri insana oranla daha hızlı gerçekleşmektedir. Örneğin

Bullough vd. [78]'nin yaptıkları çalışmada ortamdaki aydınlık düzeyi değişimlerine bağlı olarak farelerde melatonin salınımı 15-20 dk. arasında değişmiştir. Buijs vd. 'nin yaptıkları başka bir çalışmada ise 5 dk. lık ışık uygulamasından sonra kortizol düzeyi düşerken, 15 dk. sonra eski düzeye geri döndüğü görülmüştür [71].

Çizelge 3.1 İnsanlarda gözlenen biyolojik ritim örnekleri

RİTİM SIKLIĞI	FİZYOLOJİK VE DAVRANIŞSAL SALINIM	KAYNAK
<b>ULTRADYAN RİTİM</b>		
Saniyede 1'den fazla döngü	Görme ve işitme sistemleri, EEG dalgaları	[58], [73]
Dakikada 1'den fazla döngü	Kalp atışları, nefes alıp verme, mide hareketleri	[79]
Saatte 1' den fazla döngü	Kan dolaşımı, çeşitli enzim etkinlikleri, beyin oksijen tüketimi	[76], [79]
Günde 1'den fazla döngü	Yeme, içme, idrar çıkarma, dışkılama, REM/nonREM uyku basamakları (90-100 dk.)	[73], [76]
<b>SİRKADYEN RİTİM</b>		
Günde yaklaşık 1 döngü	Uyku-Uyanıklık, dinlenme, hormon üretimi, vücut ısı dalgalanmaları, kan basıncı, yorgunluk-dinç olma, ruh durumu, stres, fiziksel ve zihinsel performans,vb.	[77], [80], [81], [82]
<b>İNFRADYAN RİTİM</b>		
Her ay döngüsünde 1 döngü	Menstruel döngü, insan ve primatlarda ayın evrelerine menstruel döngüsünün kilitlenmesi, memeli gebelik süresinde 30 günlük süreç, erkeklerde 21-28 günlük testosteron salınım döngüsü	[76], [79], [83]
Yılda yaklaşık 1 döngü	İnsan ve memeli hayvan doğumları, SAD(mevsimsel duygudurum bozuklukları), serebrovasküler kazalar ve solunum kaynaklı ölümler, ani bebek ölümleri, kazalar, hastalıklar, cinayet, intihar	[73]

### YAPI İÇİ AYDINLIK DÜZEYİNİN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO) farklı dönemlerde yayınladığı raporlarda, günümüz insanların zamanının yaklaşık %90'ını kapalı ortamlarda geçirdiği belirtilmektedir. Bununla birlikte yapı içinde uygun olmayan aydınlık düzeylerine bağlı oluşan fiziksel ve psikolojik sorunlar, aydınlatma teknolojilerinin insan sağlığı yönünden geliştirilmesi gereksinimini doğurmaktadır.



Gün ışığının şiddeti 50.000-100.000 lx dolaylarındadır. Elektrik temelli yapma aydınlatma kullanımından önceki dönemlerde yapı içinde günışığından günlük  $\approx 10$  saatlik süre ile yararlanılmıştır [10]. Ancak, yapı içindeki değerler gündüz ve gece yapı dış çevresinden 40 ile 200 kez daha düşük olmaktadır [46].

Elektrikli lambaların bulunmasından sonra yapı içi çevresel koşullardan aydınlatma kavramı özellikle çalışma ortamı için değişmiştir. Yapma aydınlatma, doğal aydınlatmanın yerini kamaşma ve gün içerisinde sürekli değişimi gibi olumsuz etkilerinden dolayı almıştır. Ancak gün batımından sonra ya da güneş doğmadan önce (karanlık dönemde) yapay ışık etkisinde kalma, insan fizyolojisinde biyolojik ritm düzensizliklerinden dolayı olumsuz etkiler doğurmaktadır [84]. Ayrıca, gün ışığının aydınlık düzeyinin yanısıra değişik özellikleri (UV yayma, mikropları yok etme, spektrum, vb.) bulunduğu için yapma aydınlatma ile bu özellikler karşılanamamaktadır.

Fiziksel çevre uyararı olarak aydınlık düzeylerinin insan üzerindeki etkileri Çizelge 4.1'deki gibidir. Burada ışık göze ulaştıktan sonra iki yolu izlemektedir. Görme ve algılama ilgili olaylar beyinde birincil optik yolu izlerken, retino-hipotalamik yol ile

bilişsel işlevler, davranış kontrolü, vücut sıcaklığı, çeşitli hormonların salınımı, uyanıklılık, psikolojik olaylar vb. gibi olaylar ortamdaki aydınlık düzeyine bağlı olarak değişebilmektedir.

Çizelge 4.1 Işığın insan üzerindeki etkileri ( [38], [85]'den yararlanarak)

IŞIK	GÖZ ve RETİNA	ÇIKIŞ ALANI	YANSITMA ALANI	FİZYOLOJİK ETKİLER
	 <p>Koniler ve çubuklar</p> <p>Yeni özünde ışığa duyarlı retinal ganglion hücreler</p>	TALAMUS	BİRİNCİL GÖRME KORTEKSİ	GÖRÜŞ İLE İLGİLİ ŞEKİL ve NESNE TANIMLAMA HAREKET ALGILAMA RENK GÖRME GELEN BİLGİLERİ YORUMLAMA
				PVT (PARAVENTRICULAR NUCLEUS)
		(NUCLEUS ACCUMBENS)	DESTEK MEKANİZMASI MOTOR ENTEGRASYONU	
		SPVZ (SUBPARAVENTRICULAR ZONE)	HİPOTALAMUS	
		RCA (RETROCHIASMATIC)	BAZAL ÖN BEYİN	DAVRANIŞ KONTROLÜ NEOKORTİKAL UYUM-DUYU ALGILAMASI, BİLİNÇLİ DÜŞÜNME
			BEYİN SAPI	OTONOMİK UYUM
			OMURİLİK	SENSORIMOTOR KONTROLÜ
		IGL (INTERGENICULATE LEAFLET)	TALAMUS'UN ORTA ÇİZGİSİ	DAVRANIŞ KONTROLÜ
			ZONA INCERTA	MOTOR HAREKETLERİ UYUMU
			PRETEKTAL ALANI-GÖZLE İLGİLİ BİRÇOK EMRİN KOORDİNE EDİLDİĞİ ALAN (SUPERIOR COLLICUS)	IŞIĞA BAĞLI SCN'NİN DÜZENLENMESİ GÖRSEL İŞLEVLER

Buradan da anlaşılacağı üzere ışık göz aracılığıyla beynin değişik noktalarını etkin duruma getirmektedir.

#### 4.1 Yapı İçi Aydınlık Düzeyinin Görsel Etkileri ile İlgili Sağlık Sorunları

Yapı içi aydınlık düzeyine bağlı görsel etkiler ile ilişkili sağlık sorunları; yapının tasarım ve kullanım sürecinde önemsenmeyen doğal ve yapma aydınlatma düzenleri özellikle görsel performansa dayalı çalışılan işlerde çalışıldığında gözde çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Görüşün net sağlanamaması çeşitli duruş bozuklukları ile iskelet sistemi ve kas yapısını etkilemektedir. Ayrıca, görüşün engellenmesi sonucu çeşitli kazalar ve sakatlanmalar yaşanmaktadır.



#### 4.1.1 Yapı İçi Aydınlik Düzeyine Bağlı Gözde Oluşan Sorunlar

Aydınlık düzeyinin standartların çok üzerinde ya da altında oluşu, gözde çeşitli işlev bozukluklarına neden olmaktadır. Özellikle yüksek aydınlık düzeylerinde, göz bebeği daralarak retina üzerine fazla ışık düşmesini engellemeye çalışmaktadır. Düşük aydınlık düzeylerinde ise göz kaslarına uyum, akomodasyon ve konverjans (her iki göz retinasındaki aynı alana düşürülmesi) olayları ile aşırı yük binmektedir. Gözlerdeki bu kasların gereğinden çok çalışması, göz ve kas yorgunluğunu oluşturmaktadır [65].

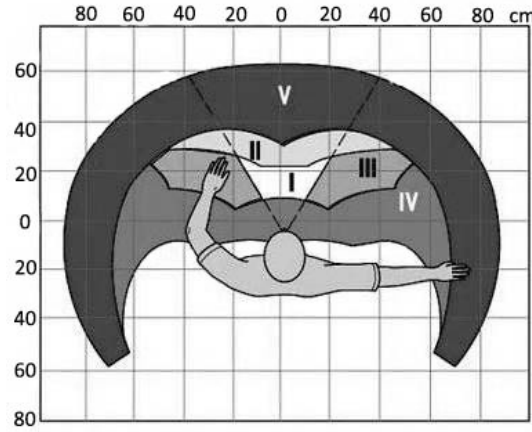
Göz yorgunluğu, uzun dönem hastalık nedeni olarak gösterilmemektedir. Belirtileri olumsuzluk etkeni ortadan kalktığında devre dışı olmaktadır. Göz yorgunluğunun nedeni yetersiz aydınlatma, çevredeki nesnelere, bireyin görsel sistemindeki yetersizlikler ya da bunların toplamı olmaktadır [20], [86].

Ekran ile çalışma gibi yoğun göz çalışmasına gereksim duyulan eylemlerde, kişinin üç farklı yöne (doküman, klavye ve ekran) bakışı ile gözde zorlanma olmaktadır. Bu duruma fiziksel çevre öğelerinden aydınlatma, kontrast ve uzaklık değişimleri [87] ile incelenen nesneye 25-35 cm'den daha az bakılması eklendiğinde bir süre sonra gözlerde uyum güçlükleri oluşmaktadır [88], [89]. Zorlanmadan kaynaklanan yorulma stres düzeyinin artmasına neden olduğundan bu durum tüm vücut üzerinde yorgunluk ve stres oluşturmaktadır.

Aydınlık düzeyine bağlı göz yorgunluğunun belirtileri; gözlerde sulanma, kızarma, çift görme, görme keskinliğinde azalma, batma, kamaşma ve yanma hissi, baş ağrıları, epilepsi ve migren nöbetleridir [90], [91], [92]. Bu belirtilerden göz yorgunluğuna bağlı olarak göz tahrişi, görme bulanıklığı ve boyun omuz ya da sırtta ağrı oluşmaktadır [93]. Tyrrell ve Leibowitz [7] 'in yapı içi aydınlık düzeyi üzerine yaptıkları çalışma sonucunda kullanıcılarda; sırt ve boyun ağrısı, baş ağrısı, kol/bilek ağrıları, bulantı, bıkkınlık, kayıtsızlık, sert bacak ya da kollar, bulanık görme, zihinsel yorgunluk, göz yorgunluğu, genel yorgunluk olarak sıralanan belirtilere rastlanmıştır.

Görsel çalışmaya dayalı çeşitli meslek gruplarında (sekreterler, muhasebeciler, saymanlar, ressamalar, vb.) astenopi (görüş zayıflığı) çoğunlukla görülmektedir. Astenopi ile ilişkilendirilen belirtiler; göz yorgunluğu, konforsuzluk, yanma, tahriş, ağrı, gözlerde acı hissi, genel kaşıntı, kırmızı göz, keyifsizlik, bulanık ve çift görme, baş dönmesi, iskelet-kas ağrısı, bulantı ve baş ağrısıdır [94], [95].

Çalışma düzeni ve harcanan görsel çaba düzeyleri Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Buna göre I. bölge en çok zaman harcanılan bölge olup, görsel performansın en üst düzeyde olduğu alandır. IV. bölgeye kadar olan alanlara gidildikçe görme çabası artarken, V. bölgeye yerleştirilecek çalışma düzenlerinde ise görsel yorgunluk en üst düzeydedir [48]. Yapı içinde kurulan aydınlatma senaryolarında genellikle I. alana aydınlatma aygıtları yerleştirilmektedir. Bu nedenle V. Bölgedeki (görsel performans en üst düzeyde) gereksinimleri karşılamakta yetersiz kalmaktadır.



Şekil 4.1 Çalışma alanındaki görsel bölgeler [48]

Okuma eylemi, düşük aydınlık düzeyi ile birleştiğinde çeşitli bireylerde stres oluşturmaktadır. Stres de görsel algı ile birleşerek bilgi işleme ve öğrenme düzeyinde düşümlere yol açmaktadır. 1975’te A.B.D.’deki yüksek lisans öğrencileri üzerinde yapılan çalışmada %88 oranında miyopluk tespit edilmiştir. Bu oran okuma eyleminin çokluğu ve düşük aydınlık düzeyi ile ilişkilendirilmiştir [8].

BOED (Bureau of Occupational and Environmental Diseases) tarafından elektronik ve mücevher endüstrisinde çalışanlarında oluşan göz sorunları üzerine yapılan çalışmaya göre çalışanlarda aydınlık düzeyi ile ilişkilendirilen sorunlar; görsel yorgunluk, göz yanması (%26,6), göz ağrısı (%14,0), göz tahrişi (%11,2) olmuştur [93].

Düşük aydınlık düzeylerinde, özellikle koyu renkli nesnelere çalışılan işlerde, görme işlevine ileri derecede yüklenilmesi ve yapılan işe uyum sağlanamamasından dolayı yorgunluk, görme bozuklukları ve baş ağrıları görülmektedir [90]. Yüksek aydınlık düzeylerinde ise, geçici ya da kalıcı körlükler oluşmaktadır [96]. Çeşitli araştırmalarda yüksek aydınlık düzeylerinin beyin etkinliğinde düşüş ve dönemsel unutkanlıkta etkili olduğu tespit edilmiştir [97].

Bangor (2000)'un yaptığı çalışmada, 0 ile 1.200 lx'e yakın değerlerdeki aydınlatma koşullarının kolay bir şekilde görsel yorgunluğa neden olduğu rapor edilmiştir. 300 lx'lük aydınlık düzeyinde ise uzun süre yorgunluk olmadan çalışılabildiği gözlenmiştir [98].

Boyce vd. (2001)'nin yaptıkları çalışmada, yaştan bağımsız olarak görsel çalışma bölgelerinde kontrast oluşturulduğunda, 100 lx altında kitap okuma eyleminin kolaylıkla ve hata yapmaksızın yapılabildiği gözlenmiştir. Yaşlı kullanıcılarda 100 lx'ün altındaki aydınlık düzeylerinde hatasız okumada sorunlar yaşandığı ve yorgunluğa neden olduğu belirtilmiştir [20].

Yapı içinde yüksek aydınlık düzeyleri de olumsuzluk etkeni oluşturmaktadır. Yapılan işe göre 20.000 lx'e kadar aydınlık düzeyine gereksinim duyabilmektedir. Dinlenme durumunda ise 50 lx yeterli olabilmekte, hatta fazla aydınlık düzeyi rahatsız edici bir etki yaratabilmektedir [99]. Yapılan eylemin niteliğine uyum göstermeyen aydınlık düzeyleri ve ortamdaki yüzey malzemelerinin uygun olmayışı ya da yerleşimlerdeki uyumsuzluklar göz kamaşmalarına yol açmaktadır.

Kamaşma, gözü üç şekilde etkilemektedir. Bunlar, gözün kontrast duyarlılığını azaltması, yüksek aydınlık düzeyine karşı gözbebeğinin çapını daraltması ve görünen nesnelerin kontrastını azaltması olarak sıralanmaktadır. Yani kamaşma, gözün büyük parıltı farklarına uyum sağlayamamasından dolayı oluşmaktadır. Gözdeki kontrast duyarlılığı değişiminin, doğrudan görsel yorgunluk nedeni olduğunu belirten çalışmalar bulunmaktadır [94]. Ayrıca göz kamaşma tepkilerinin sık olması durumunda, göz yorulması ve göz ağrıları artmaktadır [88].

Yapı içindeki kamaşmanın en önemli nedeni olarak günışığı gösterilmektedir. Doğal ışığın açısının gün içerisinde değişim göstermesi, yapma aydınlatmaya oranla daha kolay kamaşmalara neden olmaktadır [46]). Başçıl tarafından [87] yapılan çalışmaya göre günışığının, pencereye dönük çalışanlarda (deneklerde %77'lik etkilenme oranı) günün belirli saatlerinde doğrudan göz kamaşmasına neden olduğu belirtilmiştir. Kamaşma sonucu görüş keskinliğinin azaldığı ve gözün ışığa duyarlılığı azalması sonucu erken göz yorulmaları ve göz rahatsızlıkları olduğu rapor edilmiştir.

Aydınlık düzeyine bağlı konforsuzluklarda cinsiyet de etkili olmaktadır. Anketlerin çoğunda, kadınların erkeklere oranlara daha çok bu olumsuzluktan etkilendiği rapor edilmiştir. Örneğin, Sjødren ve Elfstrom (1990)'in yaptıkları çalışmada konforsuzluk oranları kadınlarda % 41 iken erkeklerde % 24 gibi büyük değişiklik göstermektedir. Ayrıca 5-8 saatlik çalışmanın 1-4 saatlik çalışmaya göre kullanıcıyı daha fazla etkilediği belirtilmiştir [100].

#### **4.1.2 Yapı İçi Aydınlık Düzeyinin İnsanın Sinir Sistemine Etkisi**

Işık uyarısına karşı gözün uyumsuzluğu olan kamaşmanın sık olması ya da uzun sürmesi zorlanmaya neden olmaktadır. Bu çerçevede baş ve göz ağrıları yaşanmakta, göz yorulmakta, epilepsi ve migren nöbetleri gerçekleşebilmektedir [90]. Gelişmiş ülkelerde migren toplumun %10-15 lik bölümünü etkilemektedir [28].

23 sağlıklı bireyden 5'i 20.000 lx ışık uyarımına katlanabilmektedir. Ancak migrenli hastalar ışığa karşı daha duyarlıdır. Migrenliler, daha düşük aydınlık düzeylerine (680-1.747 lx) normal standartlara oranla (6.429-2.510 lx;  $P<.0001$ ) dayanabilmektedir. Kamaşma ve yüksek aydınlık düzeyleri olan ortamlarda bulunan çocuklarda, % 38.8 migrenus, %54.9 gerilim tipi baş ağrısı ve %28.3 migren sorunu görülmektedir [101].

#### **4.1.3 Yapı İçi Aydınlık Düzeyinin İnsanın İskelet Sistemine Etkisi**

Yapı içinde düşük aydınlık düzeylerinde, net görüşün azalması nedeniyle ergonomik olmayan duruş (kötü postür) oluşması sırt, bel ve boyun ağrılarına yol açmaktadır. Ayrıca, uzun süre aynı pozisyonda çalışılması ve uygun aralıklarla dinlenme gerçekleşmemesi sonucu strese bağlı bütün vücuttaki kaslarda yorgunluk oluşmaktadır. Düşük aydınlık düzeylerinde olduğu kadar yüksek düzeylerde de kamaşmaya bağlı görüş azaldığından iskelet ve kas sistemi etkilenmektedir.

Net görüşün azalması duruş bozuklukları oluşturabileceği gibi düşme ve çarpma, vb. neden olmaktadır. Örneğin iyi aydınlatılmış bir odadan, az aydınlatılmış koridor ve az aydınlatılmış merdivenlerin bulunduğu bölgelere geçişte göz uyumu için yeterli zamanlamanın tasarlanmaması durumunda; düşmeler, kaymalar ve çarpmalar yaşanmaktadır [92].

Düşmeler, yaşlılar arasında sıklıkla karşılaştıkları kazalar arasında ilk sırayı almaktadır. Bunun nedenleri arasında belirli bir hastalık nedeni olmasa da görme yetisinde azalmalar (ortamdaki nesnelere ayırt edeme, görüş açısının kaybolması, algılayamama, vb.) [10] ve yeterli olmayan aydınlık düzeyleri sayılmaktadır.

Fiziksel çevresel etmenlerine sağlıklı yetişkin bireylere oranla daha geç uyum sağlayabilen yaşlıların nüfusu, dünyada yaşam kalitesinin artması ile insan ömrünün uzaması sonucu olarak artmaktadır. TÜİK (2008) verilerine göre yaşlı nüfus Türkiye’de % 7’ye ulaşmıştır. Buna göre 5 milyonluk bir nüfus 65 yaş ve üzerinde olup, 2050 yılına gelindiğinde %15-16’ya ulaşacağı öngörülmektedir [102]. Yaşlılar, kazalardan en çok etkilenen gruptur.

Yaşlılık döneminde kazalar, sakatlık ve ölümle de sonuçlanabilmektedir. Özellikle bakım evlerinde yaşayan yaşlılarda D vitamini eksikliği %70-100 dolaylarında olup, kazaların etkisini artırmaktadır. Yaşlı erkeklerde yapılan bir araştırmada 11 yıl süresince vücutlarındaki D vitamini yüksek ve düşük düzeyde olanlarda kalça kırılma riski incelenmiş ve düşük olanlarda risk oranının daha fazla olduğu rapor edilmiştir [103].

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre; tüm yaralanmaların %54’ü ve kaza nedeniyle ölümlerin de %25’ i yapı içinde oluşmaktadır [9].

## **4.2 Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin Görsel Olmayan Etkileri ile İlgili Sağlık Sorunları**

Yapı içi aydınlık düzeyinin görsel özellikler üzerinde olduğu kadar hormon sistemini etkileyerek tüm vücut üzerinde çeşitli etkileri vardır.

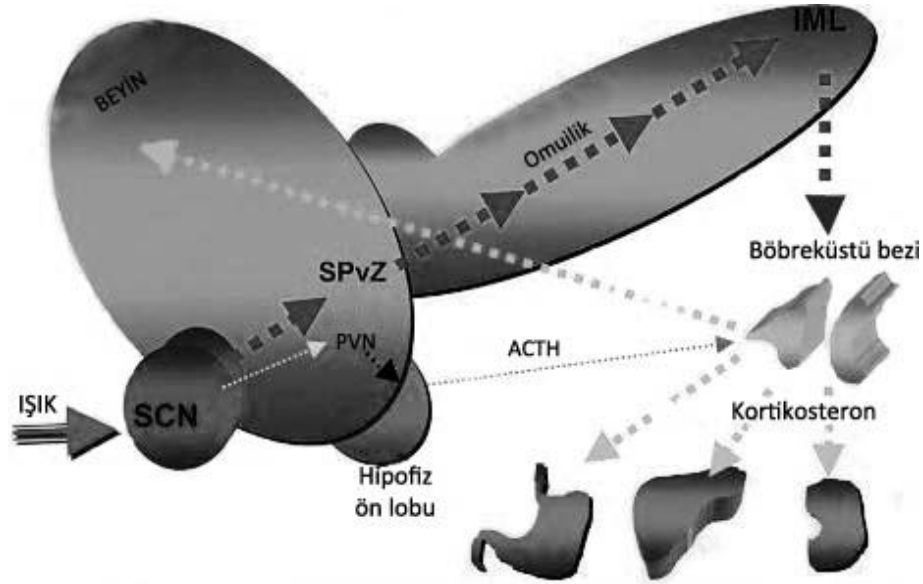
### **4.2.1 Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin Hormon Sistemine Etkisi**

Vücuttaki büyüme, gelişme, üreme, vücut dengesinin sağlanması, vb. metabolik olayların sağlanarak sağlıklı bir organizma için gerekli kimyasal uyarıcılar olan hormonların kaynaklarının oluşturduğu bütüne "**Hormon Sistemi**" denmektedir. Hormon sistemi; hipofiz, epifiz, tiroid, paratiroid, timus, böbreküstü bezleri, pankreas, eşey bezlerinden (testis ve yumurtalık) oluşmaktadır [104].

Hormon sisteminin üyelerinden hipotalamus tarafından kontrol edilen hipofiz bezi vücuttaki tüm hormonların salınımının ana düzenleyicisidir [10].

Taşındıkları hücreye nasıl tepki vermesi gerektiğini haber veren hormonlar, birbirleriyle etkileşim içindedir. Vücudun dengesi bu etkileşim sonucu sağlandığından, ölçülerindeki değişimlerden birçok organ etkilenmektedir [104].

Retinadan gelen uyarıların, bir bölümü görsel kortekse, bir bölümü SCN (suprakiazmatik çekirdek)'ye giderken, diğerleri de melatonin hormonu üretiminin düzenlenmesinde sorumlu epifiz bezi tarafından alınmaktadır [80]. Düşey aydınlık düzeyleri beyinde çeşitli tepkimelere girerek hormon üretimini sağlamaktadır. Şekil 4.2'de ışığın biyolojik sistemin düzenleyicisi SCN'ye gelişi ve böbrek üstü bezlerini etkilemesi şematik olarak gösterilmiştir. Burada gösterilen IML<sup>1</sup>, omurilik intermediolateral hücre kolonunu, PVN<sup>2</sup>, paraventrikular çekirdek'i ve SPvZ<sup>3</sup>, subparaventrikular alan'ı temsil etmektedir.



Şekil 4.2 Ortamdaki ışığın hormonlarla etkileşim şeması [71]

Önceleri 500 lx gibi aydınlık düzeylerinin melatonin salgılanımı için yetersiz olduğu varsayılırken, daha yakın süreçte yapılan çalışmalarda 3.5 lx gibi çok düşük aydınlık düzeylerinin biyolojik ritmi etkilediği görülmüştür [11].

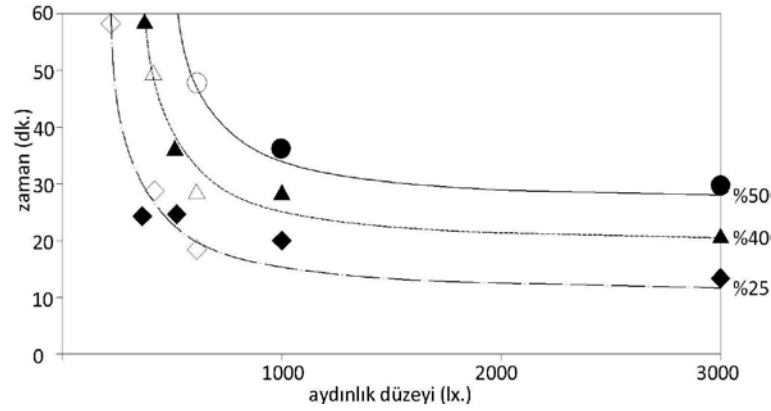
<sup>1</sup> **IML**, omurilik intermediolateral hücre kolonu; T1-L2 vertebral düzeylerinde bulunan, vücudun sempatik etkileşimine aracılık etmektedir. Çekirdeği omuriliğin gri madde bölgesinde yer almaktadır.

<sup>2</sup> **PVN**, paraventrikular çekirdek; Hipotalamusta yer alan, oksitoksin hormonunun salınımı ve su tutulması gibi işlevlerden sorumlu bölge.

<sup>3</sup> **SPvZ**, subparaventrikular alan; Hipotalamusta yer alan, SCN'nin etkisinin diğer bölgelere iletilmesinden sorumlu bölge.

#### 4.2.1.1 Yapı İçi Aydınlık Düzeyinin Melatonin Hormonuna Etkisi ile İlişkilendirilen Sağlık Sorunları

Melatonin (N-asetil-5-metoksitriptamin), epifiz bezinden salgılanan, memeli hayvanlar başta olmak üzere, omurgasızlar ve protozoaların da içinde bulunduğu birçok canlıların yapısında olan ve canlıların biyolojik ritmini düzenleyen bir hormondur [73]. Üretimi doğrudan aydınlık-karanlık döngüsüyle ilişkilidir [80]. Bir günde yaklaşık 30 mg (%80'i gece) melatonin üretilmektedir [84]. Şekil 4.3'de gece uygulanan 1.000-3.000 lx'lük aydınlık düzeylerine göre %25-40-50 lik salınım değerleri gösterilmiştir. %25'lik melatonin salınımı (göze uygulanan), 1.000 lx'lük ışıktaki 20 dakikaya yakın süre sonra gerçekleşmektedir. Aydınlik düzeyi 500 lx'ün altına indiğinde ise melatonin salınımı bir saate yakın bir süre sonra olmaktadır.



Şekil 4.3 Yapı içi gece aydınlık düzeyi ve melatonin salınım değerleri [11], [105])

Melatoninin, tiroit, böbreküstü bezleri gibi birçok hormon üzerinde doğrudan ya da dolaylı etkisi bulunmaktadır [75]. Ayrıca, dolaşım sistemini düzenleyici ve kanser önleyicidir [18]. Melatonin üretimi, epifiz bezi, retina, böbrekler ve sindirim sistemi gibi vücudun değişik yerlerinde olmaktadır. Retinada sentezlenen melatonin, aydınlık/karanlık döngüsüne karşı retinanın vereceği yanıtın düzenlenmesinde rol oynamaktadır. Deride, pigment granüllerinin değişiminden ve dokuların güneşin zararlı radyasyonuna karşı korunmasından sorumludur. Safrada sentezlenen melatonin ise, kolesterol türevlerine ve safra asitine karşı safra yollarının mukozasını ve epitelini oksitdatif hasara karşı korumaktadır [106]. Ayrıca, melatonin sentezinde görev alan çevresel kan hücrelerinin, bağışıklık sisteminin düzenlenmesinde de rolü olduğunu göstermektedir [107].

Gece uygulanan çeşitli aydınlık düzeyi senaryolarıyla melatonin salınımı azaltılabilmektedir. Çizelge 4.2’de çeşitli aydınlık düzenlerinde melatonin salınımı üzerine yapılan çalışmalar gösterilmektedir.

Çizelge 4.2 Yapı içi aydınlık düzeyleri ve melatonin salınımları

AYDINLIK DÜZEYİ (lx)	SÜRE	ETKİLERİ	KAYNAKLAR
9.600	300 dk. sürekli	Aralıklı uygulamada, sürekli aydınlatılan ışıktan daha az faz kaymasına neden olur.	[83]
	Toplam 300 dk.; her 25 dk.da bir 5 dk.-		
9.500	390 dk. sürekli	Salınımında %90 lık azalma görülmektedir.	[11]
	Toplam 360 dk.; her 60 dk.da bir 15 dk.	Salınımında %20 lik azalma görülmektedir.	
≥2.500	-	Gece melatonin salınımı baskılanır ve diğer sirkadyen cevaplar etkilenmektedir.	[108]
200	Toplam 90 dk; her 20 dk.da bir 10 dk.	Aralıklı uygulamada sürekli aydınlatılan ortamdan daha az salınım görülür.	[83]
	Toplam 90 dk		
≤200	-	Melatonin salınımında faz kayması oluşabilir.	[109]
100 (retinal güçlü beyaz ışık)	-	Melatonin salınımını etkiler, uyku ve vücut sıcaklığı üzerinde etkisi yoktur.	[110]
~0.5 - ~200	-	Melatonin salınımı oluşmaktadır.	[111]
≥1.000	-	Melatonin salınımı bastırılır.	[105], [112]
≥1.000	20 dk.	Melatonin salınımı %25’e düşer.	[11]
200≤500	60 dk.	Melatonin salınımı %25’e düşer.	
≥10-15	-	Uyku sırasında melatonin salgılanımını bastırılır.	[113]



Ortamdaki aydınlık düzeyi ve süresine ek olarak, zamanlama melatonin salınımında önem taşımaktadır. İnsanlarda melatonin salınımı karanlıkla (20:00-23:00) başlarken, gecenin ortasında (02:00-04:00) en üst düzeylere ulaşmakta ve sabah saatlerinde (07:00-09:00) ise sona ermektedir [114]. Bununla birlikte melatoninin salgılanımı mevsimsel özellikler de taşıdığından, günlerin kısa olduğu kış mevsiminde üretim artarken, yaz günleri ise azalmaktadır.

Çam ve Erdoğan [115]'a göre uykusuz kalmak ise melatonin üretimini etkilememektedir. Melatonin düzeyi yaşa göre de değişiklik göstermektedir. Yenidoğanlarda melatonin düzeyi düşükken ilerleyen dönemlerde eğride (en yüksek dönem üçüncü ve beşinci yıllar arası) artış görülürken, yaşlanmayla birlikte azalmaktadır [114].

Burgess vd., yaptığı çalışmada yüksek aydınlık düzeyi ve melatonin küçük tansiyon üzerinde etkili olmazken, büyük tansiyonun önemli ölçüde değiştiği gözlenmiştir. Yüksek aydınlık düzeyi koşullarında, melatonin başlangıcından 90 dakika sonra, düşük aydınlık düzeylerine oranla, kalp atış hızında yükselmeler görülmektedir [58].

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, melatoninin kalp-damar sisteminde etkili olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca, myokard infarktüs riski ve ani ölüm riski olan kalp-damar hastalarında melatonin düzeyi düşük bulunmuştur [84].

Nathan vd., (2000)'nin yaptıkları çalışmada cinsiyet farkının melatonin salınımı üzerine etkisi olmadığı, yalnızca şiddete bağlı olduğu tespit edilmiştir [45].

Melatonin sentezinin engellenmesiyle bağışıklık sistemi baskılanmaktadır [114]. Bağışıklık sistemi vücudu mikroorganizmalar, soğuk iklimsel özellikler gibi değişik dış etkenlere karşı korumaktadır.

İnsan menstruel döngüsünde, ışık ve melatonin salınımının etkisi önemlidir. Kadın denekler üstünde yapılan çalışmalarda bazı kadınların menstruel ovulasyonunda çeşitli farklar olduğu görülmüştür [115]. Ayrıca yapılan çalışmalarda menstruel döngüsüne bağlı olarak üreme sistemi organlarında kanser oluşumu gözlenmiştir.

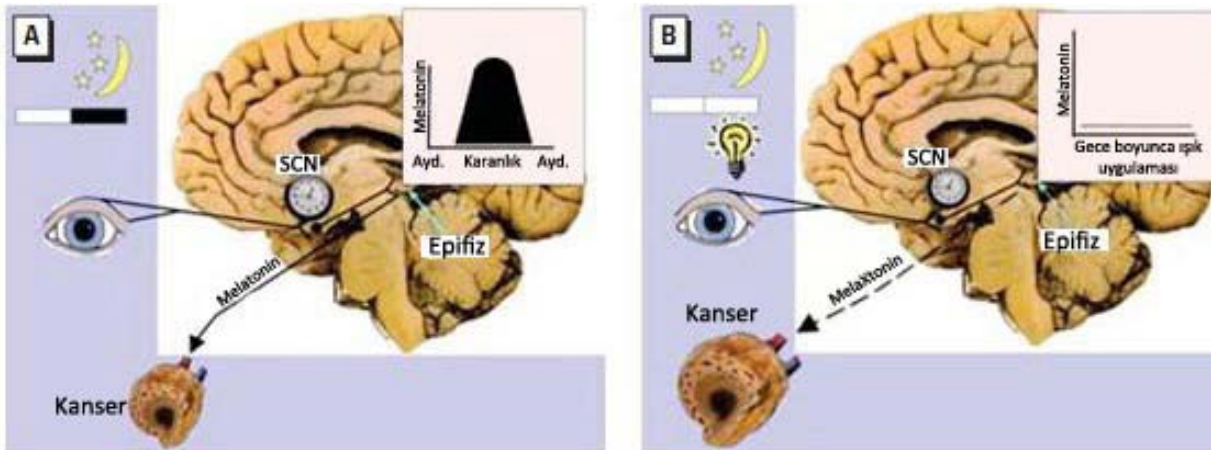
Stevens vd. [116]'ne göre melatonin meme kanserinin gelişimini ve büyümesini engellemektedir. Dünya genelinde ilk üç ölüm nedeni arasında yer alan kanser, Türkiye'de de kalp-damar hastalıklarından sonra ikinci sırada yer almaktadır [117].

Gelişmiş toplumlarda meme kanseri riski, gelişmekte olan ülkelere oranla beş kat daha fazla görülmektedir.

Brainard yaptığı çalışmalarda, geceleri yüksek aydınlık düzeyleri kandaki melatonin düzeyini bozmakta olup, iltihaplanma, tümör hücreleri gelişimi artırarak bağışıklık sisteminin bastırılması gibi olumsuz etkiler göstermektedir [78], [118]. Ayrıca rahim, prostat, akciğer, gastrik ve kolon kanserlerinde melatonin düzeylerinin düşük olduğu çeşitli çalışmalarla bildirilmiştir [84], [12].

Schernhammer vd. (2003), tarafından yapılan çalışmada, 15 yıl ve üstü süre ile haftada en az üç gece vardiyalı çalışanlarda kolon kanseri riskinin %35 daha fazla olduğu bulunmuştur [119].

Stevens vd. [116]'nin yaptıkları çalışmada, Şekil 4.4'de gösterildiği gibi aydınlık/karanlık senaryosu oluşturulmuştur. **A**'da, 12'şer saatlik aydınlık/karanlık döngüsünde, karanlık olan bölümde melatonin düzeyinin en üst noktaya ulaştığı, **B**'de ise gece boyunca ışık uygulaması yapıldığında melatonin salınımının kesildiği görülmektedir.



Şekil 4.4 Gece kanser gelişimi ve melatonin etkileşimi şematik gösterimi [116]

Jasser vd. [12]'nin yaptıkları deneyde, akciğer kanseri (ör: hepatoma) ya da meme kanseri (bir haftalık tümör oluşumu) olan sıçanlara gece sürekli parlak ışık (ör: göz hizasında 300 lx) ve aralıklı parlak ışık verilmek üzere iki tip aydınlatma düzeni oluşturulmuştur. Tümörlü hücrelerin, sürekli aydınlık uygulaması ve kontrollü (belirli aralıklarla azaltılan) aydınlık düzeni oluşturulan gruplara göre 2.5-6 kez daha erken ortaya çıktığı ve gelişiminin hızlı olduğu görülmüştür.

Davis vd. [120]'nin yaptıkları çalışmada ise, kullanıcıların yaşam şekilleri ve genetik faktörlerin yanı sıra deneklerin işyerindeki çalışmadan önceki on yıllık uyuma saatleri,

uykunun kalitesine yönelik sorular sorulmuştur. Bunlar; uykunun bölünmesi (ne sıklıkla ve ne kadar uzun sürdüğü, çevreden uyuma eylemi süresinde ışığın gelmesi, vb.), uyku alışkanlıkları (uykuda kullandıkları aydınlık düzeyleri karanlıktan okuma eylemini rahatlıkla gerçekleştirebilme), çalışılan iş şekilleri (işin süreleri, vardiyalı işçi olup olmadıkları ve çalıştıkları süre boyunca ne kadar mola verdikleri, vb.) şeklinde sıralanmaktadır. Deney sonuçlarında ise, en az 10 yıldır vardiyalı çalışan kadınların %60'nda (haftada en az 5.7 saat çalışan kadınlarda da 2 kat daha fazla) meme kanseri riski daha yüksek bulunmuştur. Uyku sürecinin ışıkla kesilmesi risk düzeyini artırmamaktadır. Ancak, aydınlık düzeyi yüksek yatak odalarında uyuyanların risk düzeyi artmıştır.

Kanser araştırmaları sırasında incelenen kişilerde, körlerde ışık algılaması "0" olan kişilerde melatonin salınımı 24 saat içinde serbest olarak dağılım gösterdiği [84] ve normal görüşlü kadınlara oranla kör kadınlarda (özellikle doğuştan kör olanlarda) kanser riskinin azaldığı tespit edilmiştir [12].

Blask vd. [18] 'nin gece ışık uygulaması ve tümör gelişimi üzerine yaptıkları çalışmada, 12 sağlıklı kadın (menapoz öncesi) gönüllünün dokuzunun saat 12:00'de uygulanan yarı aydınlık faz, saat 02:30'da yarı karanlık faz ya da 90 dakika süresince 2.800 lx (göz hizasında ölçülen) dolaylı, beyaz flüoresan ışıkla aydınlatılmış yarı karanlık senaryo kurulmuştur. Aydınlık düzeyine bağlı azalan melatonin için tümörlü gruplara yapay melatonin eklendiğinde tümör gelişiminin azaldığı gözlenmiştir.

Melatoninin kanser hücreleri üzerinde etkili olmasının yanı sıra, yüksek kortizol düzeyleri meme kanseri riskini artırdığı yapılan çalışmalarda gözlenmiştir [84], [12].

Yüksek aydınlık düzeylerine ulaşmak için kullanılan aydınlatma aygıtları belli oranlarda UV üretmektedir. Örneğin, Kanada'da full-spektrumlu aydınlatmalı okullarda okuyan öğrencilerde geleneksel flüoresan lambalar altında okuyanlara oranla iki yıl içinde büyüme 2.1 cm.'den daha fazla tespit edilmiştir [121]. Lancet Dergisi'nde yapılan bir araştırmada, iş yerinde flüoresan lambalar etkisine kalmanın malignant melanomaya yakalanma riskinin özellikle kapalı ofis ortamlarında çalışan kadınlarda iki kat daha fazla olduğu belirtilmiştir. Ayrıca flüoresan altında çalışan erkeklerde de bu riskin arttığı not edilmiştir [122].

Prostat Kanseri ile UV radyasyonu arasındaki ilişkiyi araştıran birçok tıbbi çalışmada, 1990'lı yıllarda UV eksikliğinin, prostat kanserinin ilerlemesine katkıda bulunduğu hipotezi ortaya atılmıştır. Bunun oluşmasında yaşlılık, kuzey enlemlerde yaşayanlar ve siyah ırk (Güneş ışınlarının en etkin emilimi 35° üzerinde olan enlemlerde olmakta) üzerinde yapılan çalışmalar etkin olmuştur. Ayrıca, çocuklar ve genç erişkinlerde gün ışığı etkisinde kalma sürelerinin artmasıyla non-Hodgkin lenfoma hastalığı riskine %40 daha az rastlanmıştır. Grant (2002)'a göre, hem erkek hem de kadınlarda gün ışığı eksikliği kanserden ölme riskini artırmaktadır [103].

#### 4.2.1.2 Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin Kortizol Hormonuna Etkisi ile İlişkilendirilen Sağlık Sorunları

Kortizol böbreküstü bezlerinden salgılanarak tüm vücut üzerinde etkili olan; gelişme, dengeleşim ve beyin işlevlerinde etkili olan bir hormondur [71]. Vücut su dengesine de katkıda bulunmakta olup, böbreklerden su atılmasını sağlamaktadır. Azlığı ya da çokluğunda psikolojik bozukluklar oluşmaktadır [104]. Aydınlik düzeylerine bağlı kortizol salınımları Çizelge 4.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Yapı içi aydınlık düzeyleri ve kortizol salınımları

AYDINLIK DÜZEYİ (lx)	ETKİLERİ	KAYNAKLAR
2.000 lx	30 dk. da plazma kortizolde değişiklik yok	[71]
	60-120 dk. da yükselme gözlenmiştir.	
	180 dk. da bazal düzeye geri dönmüştür. Bu deneyde kortizol artışı fiziksel stres etkenine bağlı olarak arttığı rapor edilmiştir.	
150 lx-450 lx	Kademeli artışta 110-140 nmol olarak artış gözlenmiştir. Sabah erken saatlerde ışık etkisinde kalma kortizol düzeyinde değişikliklere yol açarken öğleden sonrasında değişiklik görülmemiştir.	[123]
800 lx	Sabah uyanmanın 20. 40 ve 60 dk. ya kadar ışık etkisinde kalma kortizol düzeylerinde artışa yol açmıştır.	[124]

Yüksek aydınlık düzeylerinde üretimi artarken (gündüz/yaz), düşük aydınlık düzeylerinde (gece/kış) üretimi azalmaktadır [20], [75].

Bu hormonda zamanlama da önemlidir. En düşük düzeyler saat 22.00'de gözlenirken, 3.00'de artmaya başlamaktadır. En üst düzeye ise saat 7.00-8.00'de ulaşmaktadır [125].

Yağ ve protein yıkımını artırarak kanın glikoz yoğunluğunu yükseltmesinden dolayı, insülin karşıtı olarak görev yapmaktadır. Ayrıca, stres gibi herhangi bir zararlı etken karşısında (sahip olduğu çok yönlü etkilerle), salınımını artırarak, savunma mekanizmalarını harekete geçirmektedir. Örneğin, egzema gibi iltihaplı durumlarda, kan basıncını artırarak bağışıklık sistemini baskılamaktadır. Böylece bu hücrelerin şişmesi (savunma hücrelerinin yabancı maddeye karşı oluşturduğu büyümeler) hafifletilmektedir [58].

Geç saatlere kadar salgılanan kortizol, vücudun stres oranını yüksek düzeylerde tutarak sürekli acıkmaya neden olmaktadır. Şeker oranı yüksek beslenmeyi tetiklediğinden, tip 2 diyabet ve obezite riskinin artmasına neden olmaktadır [126]. Düşük melatonin ve yüksek kortizol düzeylerinde kilo alımında artış olduğu bildirilmiştir [127].

Dr. Walker, çocuklarda sürekli stresin vücut gelişiminde rolü olduğunu stres anında büyümeyi engelleyici kortizol ve ACTH hormonlarının yükseldiğini belirtmiştir. Bu hormonların yükselmesi bütün gün yapma aydınlatma altında eğitim gören çocuklarda zihinsel yetenek ve fiziksel davranışlarda düşüş, tedirginlik, yorgunluk belirtileri gözlenen çocuklarda stres faktörünün büyüme üzerindeki etkilerini göstermektedir [8].

Ayrıca, sirkadyen ritme bağlı olarak değiştiğinden, yüksek kortizol ve düşük melatonin de kemik kaybına yol açmaktadır [84].

#### **4.2.1.3 Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin TSH Hormonuna Etkisi ile İlişkilendirilen Sağlık Sorunları**

Hipofiz bezinden üretilip salgılanan TSH (Tiroid Uyarıcı Hormon)'ın görevi, tiroid hormonlarını yönetmektir. TSH tiroid bezini uyararak, T4 (tiroksin) and T3

(tiriiyodotironin) ölçülerini ayarlamaktadır. Bunlardan, T4 kan dolaşımında görevli (Hücre içine girerken T3'e dönüşür.) önemli bir hormondur [58].

Kandaki düşük TSH değerlerinde; yaşam enerjisi, vücut ısısı düşmekte, kalp atışları yavaşlamakta [61], yağ dokusunda olumsuz değişimler, hipertiroidizm, yalıtılmış TSH eksikliği vb., görülürken; yüksek TSH değerlerinde ise hipofiz tümörü, hipotiroidizm (düşük tiroid), vb. görülmektedir [125]. Hipotiroidizmde bilişsel bozukluklar ve ruhsal bozukluklar oluşturmaktadır [128].

Tiroit bezinin arka tarafında paratiroid bezleri bulunmaktadır. Bunların ürettiği hormon vücutta kalsiyum ve fosfat dengesini sağlamakta olup; kalsiyum, sinir ve kas uyarımlarının birbiriyle uyumlu çalışması için, kalsiyumfosfat ise kemiklerin sertleşmesi için gerekli olan bu dengeyi TSH sağlamaktadır. Bu bezin az hormon üretmesi, ilerleyen dönemlerde spazmlara varan aşırı sinir ve kas uyarımlarının oluşmasına, fazla hormon üretmesi ise kemiklerin erimesine neden olmaktadır [61].

Wakabayashi [125]'nin sıçanlar üzerinde yaptığı çalışmada aydınlık düzeyi değişimlerinin TSH değerleri üzerinde etkisi olmadığı gözlemlenirken, insanda günlük ritimler de TSH düzeyi etkilenmektedir. Kandaki TSH düzeyi 21.00'de artmaya başlarken, 24.00'de en üst noktaya ulaşarak 9.00'a kadar düşmekte ve 21.00'e kadar buna yakın düzeylerde kalmaktadır.

#### **4.2.1.4 Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin Serotonin Hormonuna Etkisi ile İlişkilendirilen Sağlık Sorunları**

Beyin sapında bulunan raphe çekirdeği tarafından üretilmektedir. Serotoninin değişik duygu durumları, endişe, uyanıklık, düşünce, biliş (cognition), iştah, sirkadyen ritimler, uyku, vücut ısısı ve mevsimsel ritimler, ağrı duyumu ile beyin-hormon işlevleri (metabolizma ve cinsel işlevler) ve öfke kontrolünde düzenleyici etkileri bulunmaktadır. Çeşitli araştırmalarda depresyon ve intihar olaylarında serotonin azlığını kanıtlamıştır [129].

Gün ışığı ya da yüksek aydınlık düzeyleri (aydınlık/yaz) etkisinde kalmak serotonin düzeyini artırmakta, tam tersi durumlarda (karanlık/kış) da azalmaktadır [130].

#### 4.2.2 Biyolojik Ritm Döngüsü ile İlişkilendirilen Sağlık Sorunları

İnsanların temel gereksinimlerin; besin, su, sıcaklık, uyku, üreme, vb. konuların olduğu bilinmektedir. Bütün canlılar gibi insanoglu da doğal koşullara göre programlanmıştır. Doğal aydınlık/karanlık döngüsünün aydınlık bölümünde, vücut mücadelede olduğunu düşündüğünden sürekli besin depolamaktadır. Karanlık bölümünde ise vücut ısısı düşerek uyku durumu oluşmaktadır. Biyolojik ritim döngüsünün en önemli parçalarından biri olan SCN (suprakiazmatik çekirdek), ışık uyarını ile zaman bilgilerini alarak vücut saatini ayarlamakta, fiziksel çevre değişimlerine karşı organizmayı düzenlemektedir.

Uyku, organizmanın çevreyle iletişiminin çeşitli şiddet ve uyarılarla geri döndürülebilir biçimde geçici ve periyodik olarak kaybolması durumu olarak tanımlanmakta olup, insan yaşamının 1/3'lük kısmını oluşturmaktadır [131].

Metabolizmanın dinlenmesi için gerekli olan uyku üzerine yapılan bir çalışmada gece uykusunun 1.3-1.5 saatlik bir bölümünü kısaltmanın ertesi günkü uyanıklık durumunu %32 oranında azalttığı gözlemlenmiştir. Ancak günümüz koşullarında uyku süresi yedi-sekiz saatten beş-altı saate düşmüştür [126].

Az uyku, yapılan eylemlerde performans düşüşü, dikkati toplayamama, bellekte sorunlar, tepki süresinin uzaması, uyuklamada artış, yaşam kalitesinde düşüş, kazalar ile depresyon ve kızgınlık gibi psikiyatrik hastalıklar görülmektedir [44].

Düşük dikey aydınlık düzeyinde (göze ulaşan aydınlık düzeyi) çalışan kişilerde önemli ölçüde uyku kalitesinde azalma ve yorgunluk gözlenmektedir [45].

Uyku enerji dengesinin ayarlanmasında da önemli bir rol oynamaktadır. Uyku yetersizliğinde, yorgunluk, bezginlik, dikkati toplayamama, ağrıya karşı duyarlılığın artması ve sinirlilik, düşünce duygu ve motivasyon alanlarında bozulma başlamaktadır. Uykuyu etkileyen faktörler üzerine bir hastanede yapılan araştırmada, çeşitli bölümlerinde yatmakta olan hastaların uykularını etkileyen faktörler arasında %31.5'lük kesim odanın fazla aydınlık olmasından, %5.5' i ise odanın fazla karanlık olması olarak yakınmıştır. Hastanede aydınlatma zorluğu bilinen ve kaçınılmaz bir gerçektir. Ancak kontrol altına alınmayan aydınlık düzenlerinde oluşan uykusuzluğun, sağlıklı bireylere oranla hastalarda daha fazla gerginlik yaratmakta, yara iyileşmesini

geciktirmekte, ağrıların artması dolayısıyla günlük etkinlikleri yerine getirmede güçlük yaratılacağı belirtilmektedir [132].

Görme özürlü insanlarda, sirkadyen ritim 24 saate uyumlu çalışmamaktadır. Bunun yerine 24 saate yakın bir içsel saatle çalışmaktadır. Günlük işlerini (uyumak, çalışmak, sosyal iletişim, vb.) düzenli bir uyumla yapmalarına karşın günlük döngünün çalışmamasına bağlı uykusuzluk (insomnia) sorunu ile karşı karşıya kalmaktadır.

Işığın uzun süreli akut etkilerine yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Budnick vd. [133]'nin 13 fabrika çalışanı üzerine yaptıkları çalışmada 1.200-1.500 lx ortamdaki aydınlık düzeyinde çalışan işçilere, 12 saatlik vardiya sürelerinin üç saatlik bölümünde 6.000-12.000 lx ışık uygulaması yapılmıştır. Vardiyalı çalışan bu işçilerde %50 oranında sirkadyen değişiklik gözlenmiştir. Çalışanlarda uyku ve uyanıklılık düzenlerinde bazı değişimler olmasına karşın, asıl yakınmanın ışık uygulamasından sonra işe uyum sağlamada yaşanan zorluk olduğu belirtilmiştir. Buna benzer bir çalışma İsveç'te yapılmasına rağmen gündüz bu tür sorunlara rastlanmamıştır [58].

Lafrance vd., (1998)'nin 50-150 lx'den 9.000-13.000 lx'e doğru artan aydınlatma düzenleri oluşturarak yorgun ya da iki gece uykusuz durumda olan denekler üzerinde yaptığı çalışmada, gündüz yüksek aydınlık düzeyi uygulamasında (9:00-13:30) uyanıklılık, uyku gecikmeleri, psikomotor görevleri üzerinde bir değişim gözlenmemiştir. Buradaki tek etkilenme yüksek aydınlık düzeyi grubundaki tepki hızında artış olmuştur [45].

Yapı içi aydınlık düzeylerine bağlı olarak yaşanan uykusuzluğun tam tersi bir durum özellikle kış aylarında (gün ışığı eksikliği) yaşanmaktadır. Doğal aydınlık düzeyinin azalmasına bağlı serotonin azalması ve melatoninin artmasıyla birlikte uykululuk durumunda artışlar görülmektedir [126].

Günümüz koşullarında yapma aydınlatma düzenleri vücuda gündüz olduğu mesajını vermektedir. Aydınlık ve karanlık saatlerin uzunluğu insülin, serotonin ve dopamin gibi hormonların düzenlenmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte vücut yeme-içme ile birlikte sürekli besin depolayarak kilo artışı gözlenmekte ve toplumda artan oranlarda insan tip 2 diyabetle karşı karşıya kalmaktadır. Bu durumun görülme sıklığı toplumun şeker ve karbonhidrat ağırlıklı beslenme şeklinden (1900'den bu yana şeker tüketimi



%150 artmıştır) de kaynaklanmaktadır [10]. Ancak yapma aydınlatmanın uykuyu böldüğü ve geciktirdiği durumlarda vücuttaki kortizol hormonu salgılanmaya devam etmektedir.

Uyku sürelerinin kısalması leptin (iştah, metabolizma, kalori yakma) ve ghrelin (leptin hormonunun tam tersi etki) hormonlarının uygun salgılanımını bozarak metabolizmanın yavaşlamasını sağlamaktadır [134].

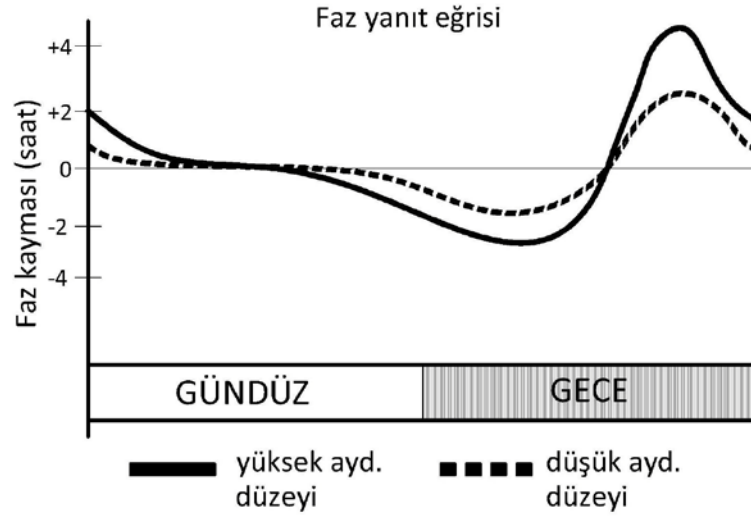
Gece uykusunda, plazma glikoz düzeyleri %20-30 oranında artış gösterirken, uykunun ortasında en üst düzeye ulaşmaktadır [126]. Uykunun aralıklı olarak bölünmesi bu düzeyi azaltmaktadır.

Biyolojik ritme göre vücut ısısı değişmektedir. Hipotalamustaki vücut ısısını düzenleme merkezlerinden olan preoptik alan, beyin ve bütün vücudun ısısını fizyolojik ve çevresel etmenlere göre; SCN ise, sirkadyen ritme göre günlük olarak vücut sıcaklığı düzenlemektedir.

Sirkadyen ve çevresel olumsuzluk etkenine bağlı olarak gelişen değişimler bazal metabolizma ve çeşitli ısı merkezlerinde ısı kazanımı ya da kaybına yol açmaktadır. Ayrıca çeşitli deneylerde gece vardiyasında çalışanlarda düşük vücut sıcaklığı ve performans rapor edilmiştir. Diğer birçok çalışmada da beyinsel etkinlikler, uyanıklılık, vücut sıcaklığının sirkadyen ritimle ilişkilendirilmiştir [135].

Vücut ısısı günlük olarak, genellikle öğleden sonra en üst düzeye ulaşırken, uyku ortasından bir iki saat sonra en düşük düzeye inmektedir. Vücut ısısı 24 saat içinde yaklaşık 1°C değişme göstermektedir. Gece yarısına göre büyük tansiyon, öğleden sonra en az %2 ve nabız hızı da en az %30 artmaktadır [76]. Şekil 4.5'te ışık uygulamasının biyolojik ritm üzerindeki etkisi görülmektedir. Işık uygulaması gecenin ilk yarısında uygulandığında biyolojik saat ikinci yarısında uygulandığından daha fazla ötelenmektedir. Bu da vücut ısısında değişime yol açmaktadır.

Akşam olduğunda biyolojik saat, vücudu ısı kaybını artırması ve ısı üretiminin azalması için uyardığından, vücut ısısı düşmekte ve uyuşukluk oluşmaktadır. Sabahın erken saatlerinde ise vücut ısısı artarak bedeni günlük etkinlikler için hazırlamaktadır. Sonuç olarak beden ısısında öğleden sonra en yüksek, gece yarısı ise en düşük düzey ulaşan ritmik değişimler gözlenmektedir [136].



Şekil 4.5 İki farklı aydınlık düzeyinin vücut sıcaklığı ritmi üzerindeki etkisi [137]

Wright, Jr. vd. [135]'nin yaptıkları çalışmada, ( $<3$  lx çevre ve  $<8$  lx çalışılan alan) bakış açısına  $\approx 1.5$  lx gelecek şekilde kurulan aydınlatma düzeninde gözlenen düşük vücut sıcaklıklarının yüksek vücut sıcaklığına oranla performans, bellek ve uyanıklık üzerinde daha etkili olarak düşüşe neden olduğu rapor edilmiştir.

Ayrıca biyolojik ritmin (aydınlık/karanlık döngüsü) çeşitli zaman dilimlerinde hızlı bir şekilde yolculuk edilmesi sonrası oluşan jet-lag olayında da etkisi bulunmaktadır. Jet-lag, iç saatin dış etkenlere yenik düşmesinden (özellikle farklı uçuş noktalarındaki aydınlık/karanlık döngüsünden) kaynaklanmaktadır. Genel belirtiler; yorgunluk, dikkat dağınıklığı, genel huzursuzluk hissi, uyuklama ve uyku durumunun sürdürülmesi olarak sıralanmaktadır. Sirkadyen ritmin ötesinde yolculuk stresi, uçuşla ilişkilendirilen jet lag'a katkıda bulunmaktadır. Jet-lag etkileri birkaç gün içinde düzelmesine rağmen, belirtileri iş veriminde düşme, eylemlerin kısıtlanması gibi etkiler oluşturmaktadır [138]. Birbirleri üzerine yolculuk eden sanayileşmiş toplumların aynı enlem üzerinde sıralandığı düşünüldüğünde, bu sendromun birçok kişiyi etkilediği sonucuna varılabilmektedir.



Yapı içinde yapılan işin niteliğine uygun olmayan aydınlık düzeylerinin kişilerde stres oluşturduğu bilinmektedir. Sık tekrarlayan stres beyinde, hipokampüste (Hipokampüs, olayların zaman ve yerinin hatırlanmasında ve kelime belleğinde önemli rol oynamaktadır) etkisini göstermektedir. Bu olumsuzluk etkenin süregelmesi durumunda bellekte bozukluklar ortaya çıkabilmektedir. Stres etkenin sonlandırılması durumunda ise bu durum gerileyebilmektedir [141].

Yeraltında çalışan işçiler üzerinde yapılan bir çalışmada, penceresiz ortamda UV eksikliğine bağlı olarak birçok sağlık sorunu ile ilişki kurulmuştur. Bunlardan bir kısmı nezle ve soğuk algınlığının ile deri kılcal damarlarının geçirgenliğinin artması ve beyaz hücre etkinliğinin azalması şeklinde sıralanmıştır [8].

Yapı içine alınan gün ışığının aydınlık düzeyini artırıcı etkileri olmakla birlikte dış çevreyle bağlantıda bulunduğu bir gerçektir. Küller ve Wetterberg [142]'in oluşturduğu laboratuvar ortamında, pencereli ve penceresiz iki odada, psikolojik tedavi gören iki deney grubunda, pencerenin varlığının psikolojik açıdan önemini vurgulayan sonuçlar görülmüştür. Penceresiz odadaki denekler, odada kaldıkları süreyi tahmin edememiş, ve halüsinasyon görme durumu, pencereli odadaki deneklere oranla iki kat artmıştır.

Stres etkeninin uzun sürmesi baş ağrısı, mide ülseri ve yüksek tansiyon sorunları ile işe devamsızlık, düşük iş performansı gibi davranış değişikliklerine yol açmaktadır [86].

Ayrıca yüksek aydınlık düzeyleri kişisel tercihlere bağlı olmadığında stres durumunu artırarak, bağışıklık sistemi işlevlerin baskılanmasına yol açabildiğinden vücuttan enfeksiyonun temizlenmesi gecikebilmektedir [141].

Aydınlık düzeyi ile ilişkilendirilen bir diğer psikolojik rahatsızlık da SAD (Mevsimsel Duygudurum Bozukluğu) olarak adlandırılmaktadır. Genel depresyonda mevsime bağlı etkilere rastlanılmamakla birlikte, uykusuzluk (insomnia) ve iştah kaybı yaşanmaktadır [89]. Ortamdaki aydınlık düzeyi yeterli olmadığında, sirkadyen ritim etkilenerak SAD artışı gözlenmektedir. SAD, kış aylarında yapı içine giren dış ortam aydınlık düzeyi ve enleme bağlıdır. SAD'de görülen belirtiler; uykuya düşkünlük (hypersomnia), karbonhidrat tüketiminin artması (ağır vakalarda 30 kiloya yakın kilo artışı görülebilmekte) [8] ve buna bağlı kilo artışı, depresyon (birçok eyleme ya da her şeye karşı duyarsızlık, olumsuz düşünce durumu, bellekte bozulmalar) [129], sinirlilik,

belirgin düzeyde yorgunluk olarak sıralanmaktadır. Bu belirtiler yazın kaybolmaktadır. Ancak bazı bireylerde az olmakla birlikte SAD, yaz aylarında görülmektedir [86].

Nüfusun büyük bir bölümünün bulunduğu Kuzey yarımkürede insanlar, kış yorgunluğundan (Kasım-Şubat) yakınmaktadırlar. Buna oranla bahar yorgunluğu (Kasım-Aralık, Mart-Mayıs) daha az sıklıkla görülmektedir. Alaska, Danimarka, İngiltere, Finlandiya, İzlanda, Norveç, Suudi Arabistan, İskoçya, İsveç, İsviçre ve A.B.D.'de yapılan ve belgelenen SAD'le ilgili çalışmalar, Arjantin, Avusturalya, Güney Afrika gibi güney yarımküredeki ülkelerin karanlık aylarında yapılan çalışmalardan daha fazladır [75]. Kuzey yarımkürenin kutup bölgelerine doğru kişilerde kış depresyonu daha sık görülmektedir. Örneğin, Sarasota/Florida'da yaşayanların yalnızca %8.9'u SAD'den etkilenirken; Nashua/New Hampshire'da yaşayanların %30'ndan fazlası bu durumdan etkilenmektedir. SAD, 20-40 yaş aralığındaki yetişkinlerde öncelikli olarak görülmesine rağmen, çocuklar da bu olumsuzluk etkeni altında kaldıklarında; sinirlilik, yorgunluk, üzüntü ile birlikte dikkat eksikliği ve performans düşüklüğü yaşamaktadır [143].

#### **4.4 Yapı İçi Aydınlik Düzeyi ve Performans İlişkisi**

Yapı içindeki uygunsuz aydınlık düzeyi; monotonluk, ruhsal nedenler, sosyal streslerle birleştiğinde kişinin performansını olumsuz olarak etkilemektedir [88].

Düşük aydınlık düzeyleri ve sıcak bir ortamda çalışma gibi çevre koşulları da yapılan işi monoton hale getirebildiğinden performansta düşüşe neden olmaktadır. Su (2001)'nin yaptığı çalışmada işçilerden gruplara ayrılmış olan incilerin bir ipe dizilmesi istenmiştir. Araştırmanın sonucunda, aydınlık şiddeti arttıkça işçilerin başarı düzeyinin arttığı gözlenmiştir. Ancak 1000 lx ten sonra yorgunlukta artış gözlenmiştir [144].

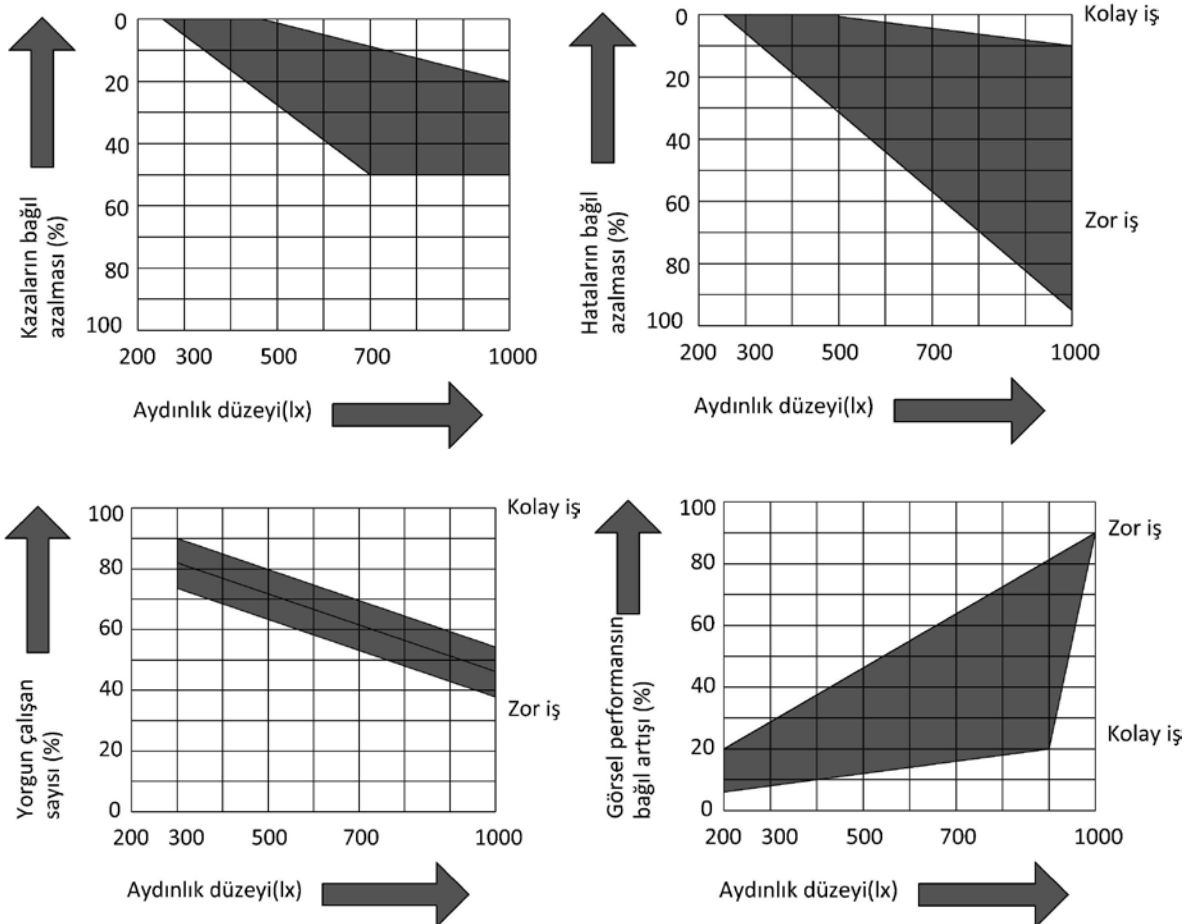
Manav [29]'ın yaptığı çalışmada, aydınlık düzeyine bağlı olarak performans değişimi iki farklı denek grubu ile değerlendirilmiştir. Birinci grupta aydınlık düzeyi 500-750-1000 lx artarken, ikinci grupta 1000-750-500 lx azalan olarak azaltılmıştır. Sorulara cevap verme hızı ve yapılan yanlış sayısı değerlendirildiğinde; azalan gruptaki deneklerin daha geç sürede soruları cevaplandığı görülmüştür.

Löfberg vd. (1975)'nin değişik aydınlık düzeyleri (60, 250 ve 1000 lx) ve sıcaklıkların (sabah 22 °C ve öğleden sonra 27 °C) performansı üzerine yaptığı çalışmada, öğrencilere

değişik kontrastta kağıtlar verilmiştir. Deney sonucunda, öğleden sonra yüksek aydınlık düzeyi dışındaki senaryolarda performansta düşüş tespit edilmiştir. Sabah yinelenen deneyde de aynı sonuçlara varılmıştır [145].

Wu vd. [146]'in farklı aydınlık düzeyi (75, 200, 450, 750 lx) senaryoları ve uzaklıklar (3, 6, 9m.) oluşturularak göz yorgunluğu ve performans üzerine yaptıkları çalışmada, deneklere 10-30 dk.'lık filmler ve MS Powerpoint'te dört değişik makale izletilmiştir. 750 ve 450 lx altındaki düzeylerde dikkat oranı %10'ndan (75-200 lx) fazla oranda düşmüştür.

Yapı içi aydınlık düzeyinin, kısa süreli performans üzerinde etkisi bulunmamakla birlikte, uzun süreli performans üzerinde de etkili olduğu bilinmektedir [20]. Şekil 5.1'de yapı içinde uygulanan değişik aydınlık düzeylere bağlı olarak değişen performans ilişkileri gösterilmiştir.



Şekil 4.7 Aydınlatma ve güvenlik; aydınlatma ve kalite; aydınlatma ve konfor; aydınlatma ve verimlilik ilişkisi [24]

Bu konu özellikle eğitim yapılarında daha da önemlidir. Çocuk ve gençler tarafından bu yapıların yoğun olarak kullanılması ve olumsuzluktan etkilenmesi kaçınılmazdır. Bu yaş grubundaki kullanıcılar, diğer yetişkinlere göre yapı içindeki olumsuz koşullara karşı daha duyarlıdır. Bu etki, öğrenme yeteneklerinin azalması ve sağlıklarının bozulması ile okula devamsızlık şeklinde görülmektedir (Esin [4]).

### YAPI BİYOLOJİSİ VE UYGUN OLMAYAN YAPI İÇİ AYDINLIK DÜZEYİNE KARŞI ALINACAK ÖNLEMLER

#### 5.1 Yapı Biyolojisi ve Aydınlik Düzeyi İlişkisi

Yapı, kullanıcısının biyolojik, psikolojik ve sosyolojik yapısından kaynaklanan her türlü gereksinmelerini karşılamak için tasarlanan ve üretilen yapma bir çevredir [1]. Çevre kavramı, herhangi bir canlı ile yaşamı boyunca sürdürdüğü ilişkiler ve canlı cansız tüm oluşumların bütünüdür. Yapının dışında kalan doğal ya da yapma alanlar dış çevreyi, iç kısımda kalan alanlar ise iç çevreyi oluşturmaktadır. Yapının fiziksel iç çevre özellikleri, görsel (ışık, renk, estetik), ses (ışıtme, gürültü), boyutsal ve biçimsel (en, boy, yükseklik, alan, hacim, oran, biçim), dokunma ile ilgili (sertlik, pürüzlülük, keskinlik, sıcaklık) ve atmosferik özellikler (hava niteliği, sıcaklık, nem, basınç, hareket edebilme, elektro-iklimsel) olarak sıralanabilmektedir [2].

Kullanıcının temel gereksinmesi ise, yaşamını sağlıklı biçimde sürdürmedir. WHO'ya göre sağlık, yalnızca hasta ya da sakatlığın olmaması değil; fiziksel, ruhsal ve sosyal açıdan tam olarak iyi olma durumu olarak açıklanmaktadır [147].

Bozulan çevrenin sağlık üzerindeki etkileri birçok araştırma tarafından kanıtlanmıştır. Ancak, yapıda oluşabilecek sorunlar ve kullanıcı sağlığı üzerindeki etkileri karmaşık bir sorundur. Belirli bir sistem içinde farklı meslek dallarını bir arada toplayarak yapı sağlığı ile ilgili çözüm arayışı gerekmektedir.

Bu bağlamda; "Yapı Biyolojisi", insan ve yapı çevresi arasındaki ilişkileri belirli bir yöntem oluşturarak, yaşamını etkileyecek olumsuzlukları gidermeye çalışan, yapının



tasarım, üretim ve kullanımını insan sağlığı açısından yönlendiren kararları oluşturan ve denetleyen bir bilim dalıdır [148]. Konu ile ilgili disiplinlerle (mimarlık, ilgili mühendislik dalları, tıp, psikoloji, sosyoloji, ergonomi, biyoloji, kimya, fizik, jeoloji, ekoloji, üretimden sorumlu kişiler, vb.) ve yapı kullanıcıları ile iletişimde bulunmaktadır.

İlk olarak Almanya'da "Bau-biologie" olarak ortaya çıkan yapı biyolojisi terimi; sağlıklı yapı ilkelerini (yaşam ve çalışma alanlarının gelişimi ve kullanıcıların sağlığı) destekleme hareketi olarak kullanılan bir kelimedir [149].

Yapı biyolojisinin alt başlıklarından biri olan uygunsuz yapı içi aydınlık düzeyi, kullanıcının öğrenme ve algısal yaşamı ile hormon sistemini en çok etkileyen olumsuzların başında gelmektedir. Özellikle, Avrupa ve Amerika'da yapılan çeşitli araştırmalarda 'Aydınlık Düzeyi' konusu kullanıcı sağlığını etkileyen olumsuzluklar içerisinde yer alarak, Sağlıksız Bina Sendromu başka deyişle, yapı ile ilişkilendirilen ve hastalık kaynağı oluşturulan yakınmalar içinde sayılmaktadır.

Kullanıcıda, yapı içi aydınlık düzeyi kaynaklı olumsuzlukların giderilmesi için risk yönetim planı oluşturulmalıdır. Bu süreçte öncelikli olarak sağlıkla ilişkili olumsuzluklar belirlenerek model oluşturulmalı, yapıda çeşitli denetimler alınarak ilgili kişiler bilinçlendirilmelidir. Yapı içi aydınlık düzeyinin kullanıcı sağlığı üzerindeki etkileri, Balanlı ve Öztürk [1] ile Balanlı ve Küçükcan [150] modelleri baz alınarak oluşturulan Çizelge 5.1'de gösterilmiştir. Bu model;

- Yapının iç çevresel özelliklerinden aydınlık düzeyine bağlı olumsuzluğun,
- Olumsuzluğa bağlı sağlığı bozan etkenin,
- Kullanıcının olumsuz özelliklerinin,
- Oluşan sağlık sorununun belirlenmesi adımlarını içermektedir.

Model baz alınarak; yapının ön tasarım aşamasında gerekli önlemlerin alınması ya da Kullanım sırasında, belirli dönemlerde yapının olumlu ve olumsuz özellikleri denetlenmeli ve sonuç olumsuzsa, çeşitli önlemler alınarak yeniden sağlıklı olması sağlanmalıdır.

Çizelge 5.1 Yapı iç çevresindeki aydınlık düzeylerinin kullanıcı sağlığı üzerindeki etkileri

FİZİKSEL İÇ ÇEVRE	OLUMSUZ NİTELİKLER	SAĞLIĞI BOZAN ETKEN	KULLANICI YAPISI	SAĞLIK SORUNU	
				SÜREKLİ KULLANICI	KISA SÜRELİ KULLANICI
IŞIK	GÖRSEL ÖZELLİKLER	<ul style="list-style-type: none"> <li>Doğal ve yapay aydınlık düzeyinde yetersizlik</li> <li>Yapma aydınlatma aygıtları için gerekli düzenlemelerin yapılmaması sonucu oluşan parlıtı oranları</li> <li>Güneş için gerekli düzenlemelerin yapılmaması (önlenemeyen dinamik aydınlık düzeyi)</li> <li>Yapı içindeki malzemelerin (yansıtma çarpanları), yapı içi aydınlatma düzenlerine uygun seçilmemesi sonucu oluşan yansımalar ve kamaşmalar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yaşlı, gözlük ya da lens kullanabilen, atopik yapıda olabilen</li> </ul>	<p><b>BIYOLOJİK</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gözde yorgunluk</li> <li>Görme bozuklukları</li> <li>Görsel performansın düşmesi</li> <li>Baş ağrısı</li> <li>Yaralar</li> <li>Migren</li> <li>Duruş bozukluğuna bağlı iskelet yapısında değişimler</li> <li>Kazalara bağlı sakatlanmalar</li> </ul> <p><b>PSIKOLOJİK</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gerginlik (Stres)</li> <li>Mutsuzluk</li> <li>Rahatsızlık hissi</li> <li>Karamsarlık</li> <li>Yabancılaşıma</li> <li>Algı yanılmaları</li> </ul>	<p><b>BIYOLOJİK</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gözde yorgunluk</li> <li>Görsel performansın düşmesi</li> <li>Baş ağrısı</li> <li>Kazalara bağlı yaralanmalar</li> </ul>
	GÖRSEL OLMAYAN ÖZELLİKLER	<ul style="list-style-type: none"> <li>Doğal ve yapay aydınlık düzeyinde yetersizlik</li> <li>Güneş için gerekli düzenlemelerin yapılmaması (mevsimsel özelliklere bağlı azalan aydınlık düzeyi değerleri)</li> <li>...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bazı hormonların salgılanmaması</li> <li>Bazı hormonların fazla salgılanması</li> <li>UV azlığından çeşitli organlar ve kemik yapısının etkilenmesi</li> <li>...</li> </ul>	<p><b>BIYOLOJİK</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Genetik özellikleri farklı kadın ya da erkek</li> <li>Yaşlanma gibi etkenler sonucu fizyolojik yapıda değişimler</li> <li>...</li> </ul>	<p><b>BIYOLOJİK</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kan basıncı düzensizlikleri</li> <li>Yorgunluk</li> <li>Dikkat dağınıklığı</li> <li>Uyuklama</li> <li>Baş ağrısı</li> <li>...</li> </ul>

Çizelge 5.1 Yapı iç çevresindeki aydınlık düzeylerinin kullanıcı sağlığı üzerindeki etkileri (devam)

FİZİKSEL İÇ ÇEVRE	OLUMSUZ NİTELİKLER	SAĞLIĞI BOZAN ETKEN	KULLANICI YAPISI	SAĞLIK SORUNU	
				SÜREKLİ KULLANICI	KISA SÜRELİ KULLANICI
IŞIK	GÖRSEL OLMAYAN ÖZELLİKLER	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Jet-lag (aydınlık/karanlık döngüsünün çeşitli zaman dilimlerinde hızlı bir şekilde yolculuk yapılması)</li> <li>▪ Doğal ve yapay aydınlık düzeyinde yetersizlik</li> <li>▪ Güneş için gerekli düzenlemelerin yapılmaması (UV ışınlarından yeterli oranda yararlanamama)</li> <li>▪ Yapı içinde oluşturulan statik aydınlık düzeyleri (yapma aydınlatma)</li> <li>▪ Vardiyalı (gece ışık uygulaması) çalışma saatleri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zararlı alışkanlıklar sonucu vücudun dış etkenlere karşı savunma sisteminin zayıflaması</li> </ul>	<p><b><u>BIYOLOJİK</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vücut ısısında değişimler</li> <li>▪ Kalp atış hızında değişimler</li> <li>▪ Bilişsel düşüş</li> <li>▪ Mide ve sindirim bozuklukları</li> <li>▪ Bağışıklık sisteminin baskılanması</li> <li>▪ Kanseri gelişimi ve tümör boyutlarının artması</li> <li>▪ Kas yapısında bozulmalar</li> <li>▪ Kemik yapısında değişimler (raşitizm, boy kısalığı, dış gelişiminin yavaşlaması, vb.)</li> <li>▪ Üreme bozuklukları (menstrual döngü, vb.)</li> </ul>	<p><b><u>PSİKOLOJİK</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gerginlik (Stres)</li> <li>▪ Karamsarlık</li> <li>▪ Adaptasyon sorunları</li> <li>▪ Mutsuzluk</li> </ul>
				<p><b><u>PSİKOLOJİK</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gerginlik (Stres)</li> <li>▪ Karamsarlık</li> <li>▪ Yabancılaşma</li> <li>▪ Performans düşüklüğü</li> </ul> <p><b><u>SOSYOLOJİK</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Belirli bir gruba katılmama</li> </ul>	<p><b><u>SOSYOLOJİK</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Belirli bir gruba katılmama</li> <li>▪ Kişinin sosyalleşme sürecinde yaşadığı sorunlar</li> </ul>

## 5.2 Yapı İçi Aydınlık Düzeyi Denetimleri

Aydınlik düzeyi denetimleri bulunulan ortamın fiziksel özellikleri ve kullanıcı gereksinimi değişkenlikleri göz önünde bulundurularak yapılmalıdır. Tasarım sürecinde doğal ve yapma aydınlatmanın bir arada kullanıldığı tasarımlar, kullanıcı gereksinimlerini karşılamak açısından uygundur [151].

CIE standartlarına bakıldığında, 'aydınlık düzeyi farklarının' gözün uyum yeteneğini kaybetmemesi ve uyum güçlüğü yaşanmaması (görsel konfor, görsel performans) açısından, 1.5 katı adımla birbirini izlemesi önerilmektedir. Burada alınan 20 lx insan yüzünü ayırt etmek için alınan en düşük değerdir. Bu durumda aydınlık düzeyi çeşitliliği; 20-30-50-75-100-150-200-300-500-750-1.000-1.500-2.000-3.000-5.000 lx şeklindeki adımlarla birbirini takip etmelidir. Aynı ortamda ya da bir ortamdan diğerine geçiş durumunda ve aydınlık düzeyleri arasında fark olduğunda, bu geçiş kontrollü olarak yapılmalı, kamaşma ve koyu gölge oluşması engellenmelidir [37]. Çizelge 5.2'de gösterildiği gibi, düzgünlük faktörü sağlanarak çalışma düzlemi üzerinde aydınlık düzeyleri değişimleri 0.7 den az olmamalı, çalışma düzlemi-yakın çevre alan arasındaki düzgünlük dağılımı ise 0.5 değerinin altına düşmemelidir.

Çizelge 5.2 Yapılan eylemin yakın çevresindeki aydınlık düzeyi ve tekdüzelik ilişkisi [37]

YAPILAN EYLEMLER İÇİN GEREKEN AYDINLIK DÜZEYLERİ (lx)	YAKIN ÇEVREDEKİ AYDINLIK DÜZEYLERİ (lx)
≥750	500
500	300
300	200
≤200	E <sub>görev</sub>
Tekdüzelik: ≥0.7	Tekdüzelik: ≥0.5

Yapı içi aydınlık düzeyi hesapları yapılırken; yapılan işin niteliğine uygun olarak, çalışma düzlemi baz alınmalıdır. Aydınlik düzeyi yapılan işin önemine (mücevher yapımı,

mikroelektronik işleri) göre artırılabilir. Yapıyı kısa süreli kullanımda, yapılan eylemin önem derecesinin az (kaba montaj gibi işler) ya da ayrıntılarda karşıtlık oranlarının çok olması durumunda aydınlık düzeyi azaltılabilir. Ancak sürekli bulunulan ortamların aydınlık düzeyi 200 lx'ün altına düşmemelidir [29].

Yapı iç yüzeylerinin ışık yansıtma çarpanları da, ortamın aydınlık düzeyini etkileyen değişkenlerden biridir. İç yüzeylerin açık renklerle kaplanmış olması (ışık yansıtma çarpanlarının büyük olması) durumunda, ışık daha az yutularak çalışma düzleminde istenen aydınlık düzeyine daha kolay ulaşılacaktır [152].

Aries [45]'in yaptığı çalışmada, yapı içindeki aydınlık düzeyi hoşnutluk değerlerinin mevsimsel farklılıklar gösterdiği belirtilmiştir. 1.000 lx'te hoşnutluk değeri yazın %93, 2.000 lx'de ise %74 olarak ölçülmüştür. Aydınlık düzeylerindeki çeşitlilik, yapı içindeki parlaklık ile ilgili değişkenlerle (monotonluk, yansıma ve çevre) açıklanmaktadır.

Gün boyunca, doğal ve yapma ışığın oluşturduğu yüksek aydınlık düzeyleri ruh hali ve motivasyon düzeylerini artırmaktadır. Yüksek yapay aydınlık düzeylerinde (1700-2500 lx) uyuklama düşürülürken, dikkat, biliş ve iyi olma durumu artmaktadır [45].

Aydınlatma tasarımının tüm kullanıcıları tek bir aydınlık düzeyi altında çalışmaya zorlaması, kullanıcı performansında düşüslere yol açabileceğinden, kişinin kendi ayarlayabileceği bölgesel aydınlatmalar, performansta artış gösterecektir.

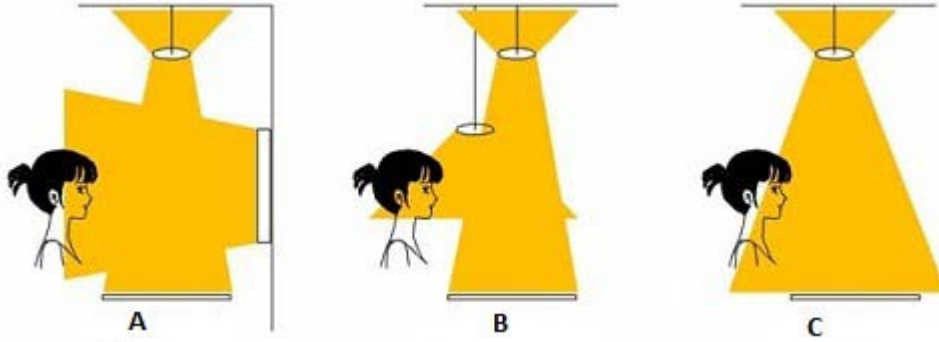
### **5.2.1 Yapay Aydınlık Düzeyi Denetimleri**

Aydınlık düzeyi hesapları; aydınlık gereksinimi, yapılan iş, günün saati, yorgunluk durumu, kişi özellikleri, psikolojik koşullar vb. pek çok etkene bağlı değişkenlik göstermektedir. Bunlar dimmerlerle belli oranda giderilebilmektedir [153].

Görsel ve biyolojik ritm gereksinimleri önemsenererek oluşturulacak yapma aydınlatma düzenleri Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Ancak **A**'da olduğu gibi gözün ışık kaynağını görmesi engellenmelidir. Bu, tedirgin edici ve yorucu olduğu gibi oluşturulan aydınlıktan yararlanmayı azaltmaktadır. Başka deyişle, göze gelen ışık, aydınlatılan nesne ya da alanların, olduğundan daha karanlık görünmesine neden olmaktadır [154].

Standartlarda iç aydınlatma konusunda fiziksel konfor koşulları hesapları yapılarak belirli yapılan eyleme uygun aydınlık düzeyleri belirlenmektedir. Bununla birlikte,

psikolojik konfor koşullarını sağlamaya yönelik çözüm önerileri bulunması gerekmektedir.



Şekil 5.1 Düşey ve yapay aydınlatma düzeyi gereksinimleri için yapma aydınlatma düzenleri [45]

Bilgisayarla çalışılan ortamlarda çevre aydınlık düzeyi 300 lx' ün altına düşmemeli, bu durumda kullanıcı kontrollü yerel aydınlatma devreye girmelidir [33].

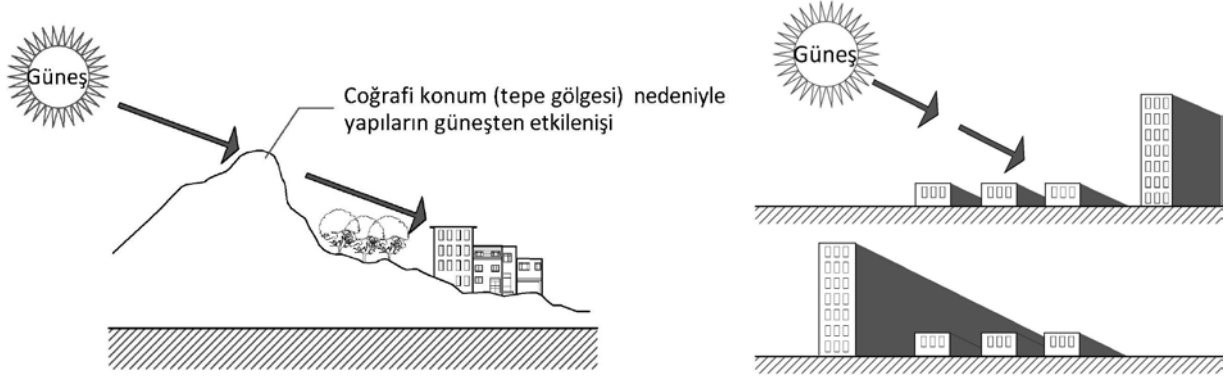
Gün ışığı, biyolojik iç saati dengelemesi ve psikoloji üzerindeki olumlu etkileri nedeniyle konfor düzeyini artıran bir etkidir. Ancak gün ışığının yapı iç çevresinde yeterli düzeyde olmaması durumunda, yapma aydınlatma ile gün ışığı simüle edilen dinamik aydınlatma sistemleri kullanılmaktadır [155]. Dinamik aydınlatma, otomatik olarak insanın biyoritmini dengelemektedir. Ancak aynı yerde çalışanların gereksinimlerinin farklılıkları ve rahatsız etmeden kaçınılması nedeniyle aydınlık düzeylerinin değişkenliği iyi araştırılarak düzenlenmelidir.

### 5.2.2 Doğal Aydınlatma Düzeyi Denetimleri

Yapı içinde, aydınlık düzeyinin eşit düzeyde sağlanması nedeniyle yapma aydınlatma çoğunlukla kullanılmaktadır (Esin [4]). Derinliği az yapılarda, çok olan yapılara oranla doğal aydınlatma kullanılmaktadır [156].

Kullanıcıların fizyolojik ve psikolojik konforunun sağlanması açısından yapı içi günışığı ile aydınlatılmaktadır. Ancak, günışığının çeşitli özelliklerinden dolayı denetim altına alınması gereklidir. Doğal aydınlık düzeyi denetimlerini, yapı içinde az ve çok olması bakımından ikiye ayırarak ön tasar ya da kullanım sürecinde önlem alınması doğru olacaktır.

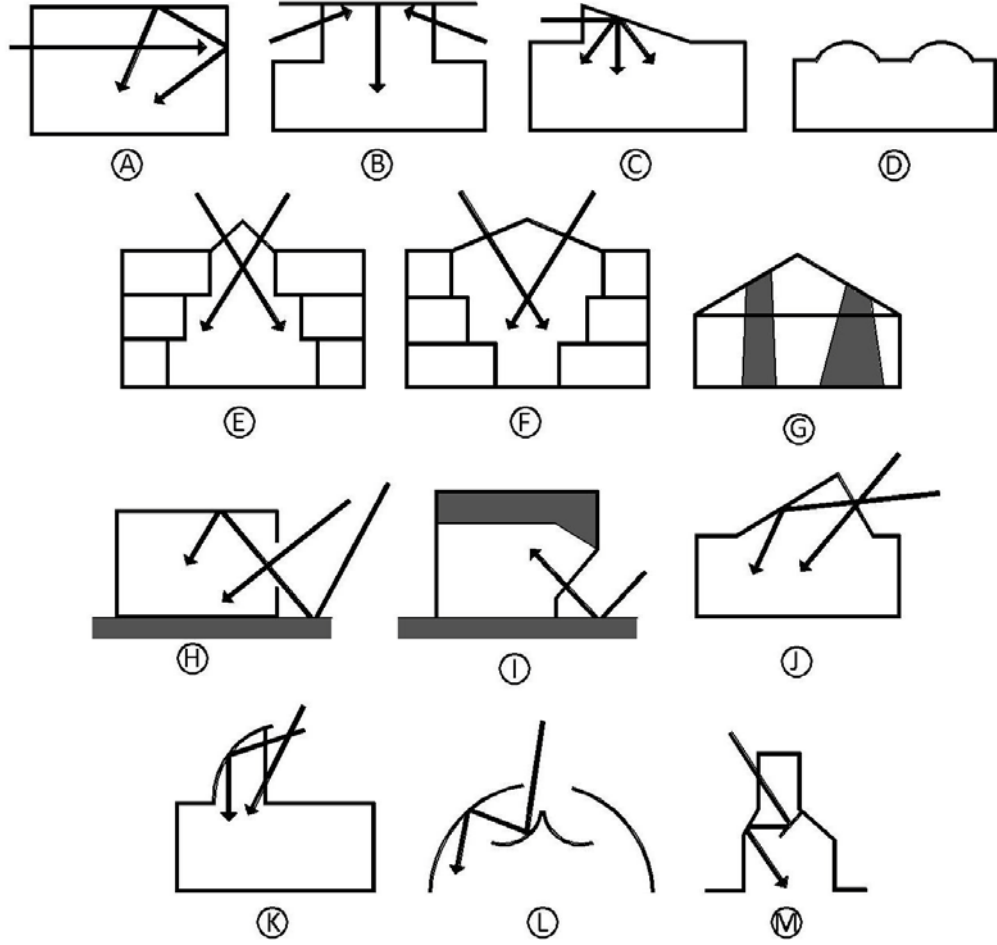
Yapı tasarımında; günışığının etkin kullanımı, eşit aydınlık düzeyleri oluşturulması, kamaşma kontrolü sağlanması, dış aydınlık düzeyi değişkenliklerinin bilinmesi, vb. olarak sıralanabilmektedir [157]. Bu bağlamda yapı ön tasar sürecinde oluşturulacak gün ışığından yararlanım planı; yapının konumu, yapı yönlendirmesi ve kentsel tasarımdaki boyutları (Şekil 5.2), coğrafi özelliklere bağlı güneşe yönelim, güneş zarfları oluşturmak, yapı içi boyutları, yapı boşlukları ve iç ortam yansıtıcıları [158] olarak sıralanmaktadır.



Şekil 5.2 Yapıların konumu ve kentsel tasarımdaki boyutları [159]

Özellikle güneş zarfları, bitişik konumlanan yapılarda güneş ışığına ulaşımın rahat sağlanmasında belirlenen ve yapının yıl boyunca gün içinde aldığı en az düzeyde gün ışığının belirlenmesinde rol oynayan 3 boyutlu bir tasarım alanıdır. Güneş zarfların tasarımında kullanılan temel öge enlem, büyüklük, derinlik ve alanın topografyasıdır. Yapı dışı engeller, yapı içindeki gün ışığı aydınlık düzeylerini en çok etkileyen etmenler arasındadır. Yapıların kullanım ve ön tasar süreçlerinde, yapı bloklarının engelleme açıları ve düşey gök bileşeni (VCS) değerleri %27'den az olmaması önerilmektedir [160].

Yapı boşlukları Şekil 5.3'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Bunlardan (G)'deki "Skywell" uygulamalarında, düz ve eğik kesitler belirlenmektedir. (I)'da koyu olarak gösterilen alan aydınlatılmış bölgeyi göstermekte olup, eğimli bölümde ise eşit olarak ışık yoğunluğunu azaltılıp daha fazla alan aydınlatılmaktadır. (J), (K), (L) ve (M) yapı içinde aydınlık düzeyinin az olduğu durumlarda çatıda yansıtıcı yüzeylerin konularak ışık tüpü, optik toplama ve yayma sistemi, çatı ışıklığı ve çatı feneri gibi ışık kılavuzluğunun yapıldığı durumlardaki örneklerdir [36].



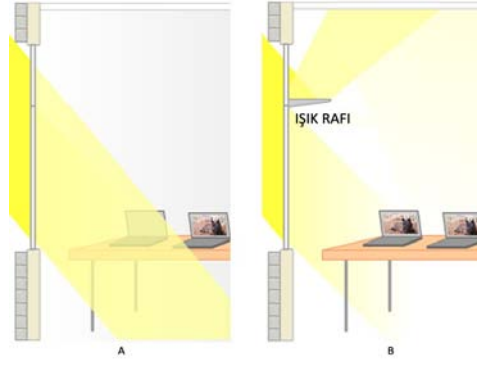
Şekil 5.3 Doğal aydınlatma için gereken yapı boşlukları ([36]'dan yararlanarak)

Yapılardaki doğal aydınlatmada kullanılan pencereler, her iklim bölgesi için uygun olup, tasarımın ilk aşamalarında ele alınmalıdır. Göz çizgisindeki pencereler dış ortamla görsel bağlantıyı sağladığından, hem kullanıcı performansını yükseltme hem de göz kaslarının gevşemesini sağlamaktadır. Ancak, bu tür yapı bileşenlerinde görsel konfor açısından gün ışığına karşı önlem alınması gerekmektedir [157].

Ayrıca dış çevredeki peyzaj öğelerinden ağaçlar, yazın çok yüksek düzeylerde ışığın içeri girmesini engellemektedir. Kış aylarında yaprakları dökülen ağaçları kullanmak, özellikle alçak katlarda etkili olurken, yüksek katlı yapılarda ise güneş kontrolü gereksinimi vardır [45].

Duvar uygulamalarından olan ışık rafları, doğrudan gelen güneş ışığı (kamaşmayı engelleyerek) tavana dolaylı yansıtılmaktadır. Pencerenin iç ya da dış yüzeyinde yer alan yatay ya da açılı elemanlar olan ışık rafları, doğal ışığı yapı içinde derin bölgelere iletmektedir [36]. Şekil 5.4'de ışık rafı uygulaması görülmektedir.

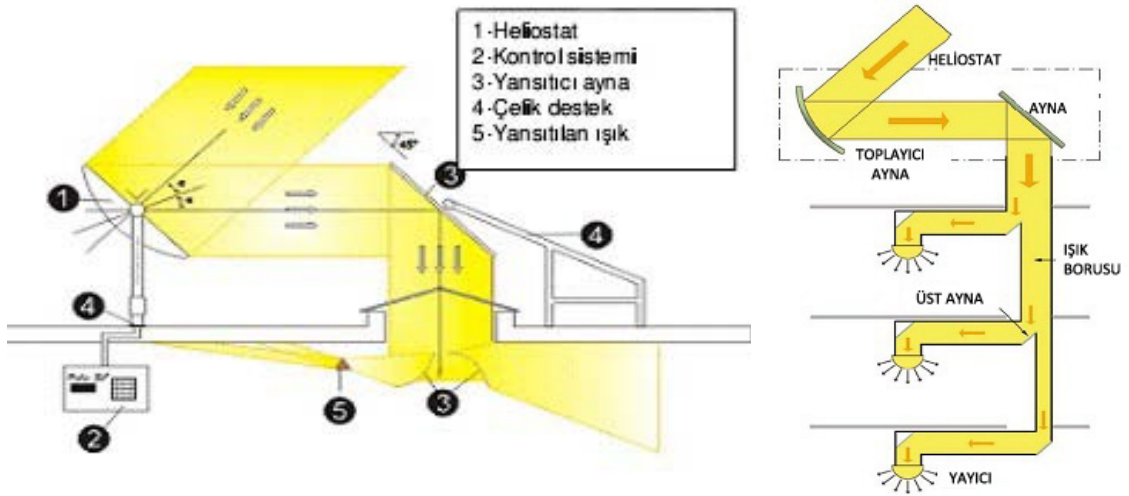




Şekil 5.4 A) Geleneksel pencere, B) Işık rafı uygulaması [161]

Genelde yapıların güney cephelerine uygulanmaktadır. Işık rafları ortamın tavan yüksekliği, iç ortam yansıtma çarpanları, vb. özelliklere göre değişiklik göstermektedir.

Işık rafı uygulamasından başka aynasal petek sistemleri, prizmatik paneller, anidolik tavanlar (parabolik toplayıcı sistemler), ışık kılavuzu, fiber optik kablo uygulamaları, vb. kullanımlar uygulanmaktadır. Özellikle ışık kılavuzu sistemiyle (Şekil 5.5) doğal ışık, uzun mesafelere taşınabildiğinden pencere gibi açıklığı bulunmayan ortamlara da doğal ışık taşınabilmektedir.

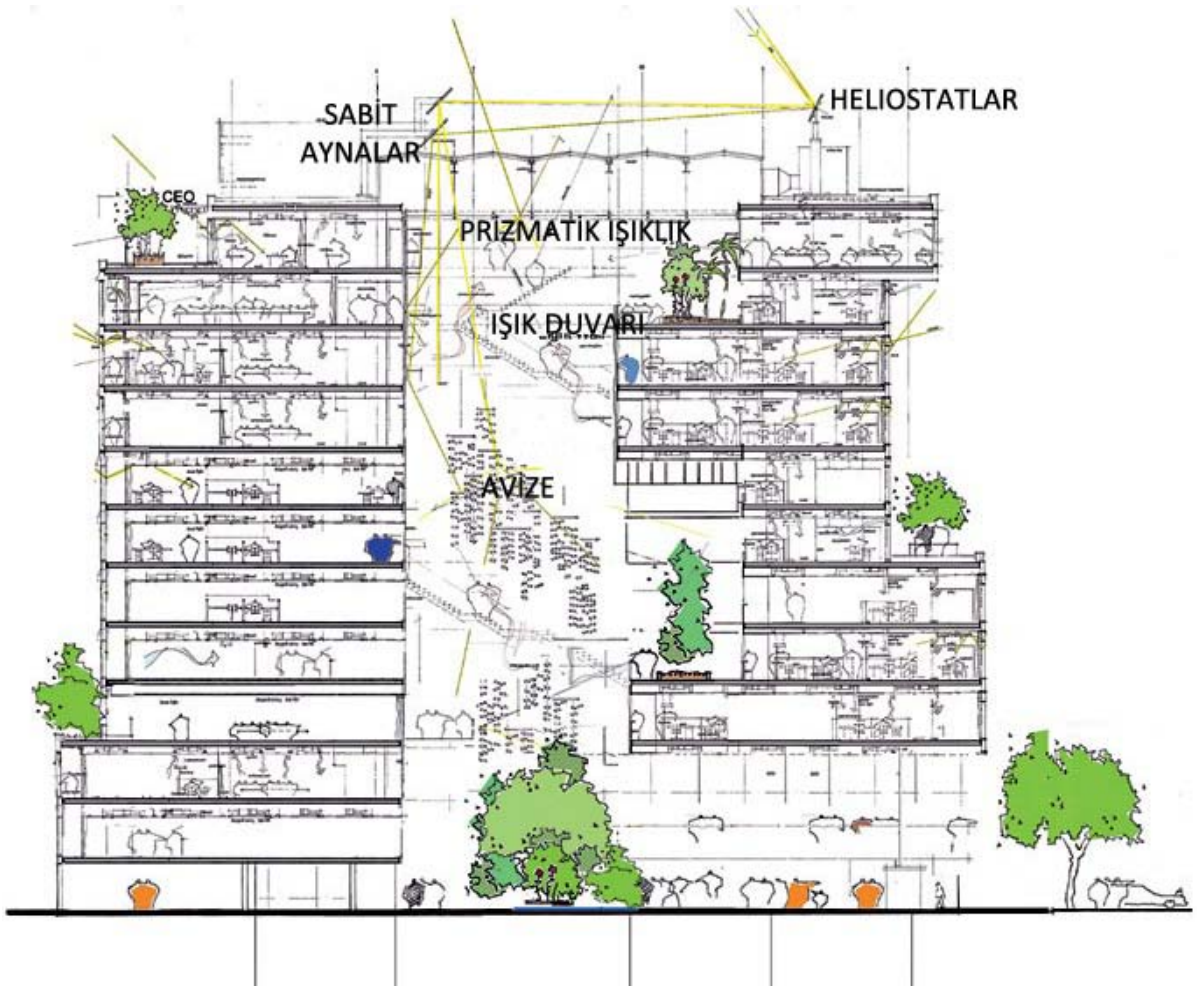


Şekil 5.5 Işık Kılavuzu Sistemi [159]

Doğal aydınlatma denetimlerinin ikincisi olan, günışığı düzeyininin çok olması durumunda; yapı kabuğunda açılıp kapatılabilen panjur uygulamaları, akıllı camlar (termokromik, fotokromik, elektrokromik, düşük emisyonlu -low e-, vb.) gölgeleme sistemleri kullanılmaktadır. Ancak burada da kişisel tercihler öne çıkmaktadır.

Froehner and Reuter' a göre; gün ışığının oluşturduğu (yapı içi aydınlık düzeyi <math><300\text{ lx}</math>) kamaşmalara karşı kullanıcılar, penceredeki stor ve perde gibi kaplamaların konumunu değiştirerek önlem almaktadırlar [162].

Şekil 5.6'da gösterilen Genzyme Center'da bu bölümdeki yapı içinde doğal aydınlık düzeyini artıran örneklerin bazıları bulunmaktadır. Yapının çatısına yerleştirilen güneş izleme sistemi ile günışığı yapı içine alınmakta olup, merkezde konumlanan atriuma bir takım yansıtıcı öğelerle yerleştirilerek iç kesimlere taşınmaktadır. Ayrıca, ofis bölümlerinde kullanılan ışık rafı günışığı düzeyini artırıcı önlemlerdir.



Şekil 5.6 Genzyme Center'da uygulanan gelişmiş günışığı sistemleri [163]

Yapı içinde insanın görsel ve biyolojik özellikleri göz önüne alınarak oluşturulacak aydınlatma senaryolarında, doğal ve yapay aydınlık düzeylerini dönüşümlü kullanabilen kontrol sistemleri kullanılmalıdır. Bunlar günışığını varlığında yapma aydınlatmayı azaltan ya da kapatan, günışığı yokluğunda ise yapma aydınlatmayı devreye sokan

sistemlerdir. Bu sistemler genellikle çatıda oluşturulan düzenekler aracılığıyla günışığını aldığından duvardan alınan günışığı değişimleri iyi araştırılmalıdır.

Aries tarafından yapılan [45]'deki çalışmadaki katılımcıların %40'ı otomatik aydınlatma denetimi uygun bulurken, %60'ı kendi kontrollerinde olması gerektiğini belirtmişlerdir. Ofislerde yapılan deneylerin %90'ında yatay aydınlık düzeyi >500 lx ölçülmüştür. Standartlarda belirlenen, en düşük aydınlık düzeyi olan 200 lx deney koşullarında hoşnutlukla karşılanmıştır. Deneylerin %20'sinde 1.000 lx'den fazla düşey aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Yıl içinde Nisan-Mayıs ayları arasında, yapı içindeki aydınlık düzeylerine günışığı katkısı Ekim-Mart ayları arasındakinden daha fazla olmaktadır. Özellikle karanlık dönemde, düşey aydınlık düzeyinin 1.000 lx' ün altına inmemesi ve yapay aydınlık düzeylerinin artırılması gerektiği belirtilmiştir.

Türkiye'de yapı içi aydınlık düzeyi çeşitli standartlar ve yönetmeliklerle düzenlemiştir. Bunlardan, yapı içinde uygun aydınlık düzeyleri, EN 12464-1:2002'den yararlanılarak Türkçe'ye çevrilen "TS EN 12464-1 Işık ve Işıklandırma-İş Mahallerinin Aydınlatılması - Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri", "TS EN 12193-Işık ve Aydınlatma-Spor Aydınlatması", TS EN 1838-Aydınlatma uygulamaları- Acil aydınlatma"da belirlenmiştir. 30.11.2000 tarih ve 24246 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği" 23. Maddesi'nde yapı içinin doğal aydınlatmayla yeter derecede aydınlatılması gerekliliği vurgulanmıştır.

11.01.1974 tarih ve 14765 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanan "İş Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü" 16. Maddesi'nde doğal aydınlatmanın mümkün olmadığı durumlar ya da gece çalışmalarında, yapma aydınlatma kullanılması gerekliliğinden bahsedilmiştir. Ayrıca, doğal ve yapma aydınlatmanın yeterli ve eşit olarak dağılmayı sağlayacak şekilde düzenlenmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

Özellikle CIE'nin araştırma gruplarından "3. Bölüm: İç çevre ve aydınlatma tasarımı" tasarım ilkeleri oluşturulmakta ve teknik bildiriler yayınlanmaktadır. Türkiye'de ise bu çalışmalar ATMK (Aydınlatma Türk Milli Komitesi) tarafından düzenlenmektedir.

Özet olarak, aydınlık düzeyi saptamada yardımcı öğeler şunlardır; görülmesi gereken ayrıntıların boyutları, nesnelere yansıtma çarpanları, nesne ile çevre ya da fon arasındaki ışıklık karşıtlığı, görsel algılama süresi ve değişkenliği, kişinin yaş durumu gibi

verilere göre, standartlar oluşturulmaktadır. Gerekli aydınlık düzeyi buradaki çizelgelere göre hesaplanmaktadır [159].

Fizyolojik ve psikolojik konfor koşulları için yatay, düşey aydınlık düzeyleri ve parlıltı oranları aralıkları Çizelge 5.3’de gösterilmiştir. Burada gösterilen aralıklar standartlar, kişisel farklılıklar doğrultusunda alınmıştır.



Çizelge 5.3 Görsel ve görsel olmayan gereksinimler doğrultusunda hazırlanan yapı içi aydınlık düzeyi ve parlıltı oranları [45]

PARAMETRELER	GEREKSİNİMLER	NOTLAR
Yatay aydınlık düzeyi	500-800 lx	Yaygın olarak uygulanan 500 lx lük aydınlık düzeyi iken, kişisel olarak tercih edilen 800 lx’ten yüksek değerlerdir.
Düşey aydınlık düzeyi	1.000-2.000 lx	Bu değerler iyi olmakla birlikte ışık kaynağının çok parlak olmaması ve bu değerlerin gün boyunca aynı kalmaması önerilmektedir.
Parlıltı değerleri	1.000-1.500 cd/m <sup>2</sup>	Bu değerler, ofis ve bilgisayarlı çalışma alanlarında bulunan kullanıcı tercihleri baz alınmıştır. Parlak aydınlatma kaynakları ve bitişik yüzeyler arasındaki oran 40:1’i (tercih edilen 20:1 dir) aşmamalıdır.

Tasarım ve kurulumun görsel ve biyolojik etkilere uyumu sağlandığında; uygun görsel performans, sağlık ve iyi olma durumu korunmuş olmaktadır. Çalışma ortamındaki uygun aydınlık düzeylerinde ise, etkin performans (çalışma hızı), hata yapma sayısında, güvenliğin artarak kaza sayısında ve devamsızlık sayısında azalma olarak iyileşme göstermektedir. Buna göre geleneksel aydınlatma tasarımlarındaki karanlık çevreleri yok etme çabasının yerini, aydınlığın kullanıcı üzerindeki etkilerin bilinmesiyle uygulanacak farklı aydınlatma tasarımları alacaktır.

Bunun için Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5’te yapının üretim ve kullanım evrelerinde alınabilecek önlemlere değinilmiştir.

Çizelge 5.4 Yapının tasarım evresinde kullanıcı sağlığına uygun aydınlık düzeyleri için alınabilecek önlemlerden örnekler

TASARIM EVRELERİNDEKİ ÖNEMLER		AYDINLIK DÜZEYİ		
ÖN TASAR		DOĞAL	YAPAY	
SORUN 	YAPI DIŞI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapı dışı engeller (yapı, ağaç, tepe...)</li> <li>Güneşin günlük ve mevsimsel devinimleri</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yol aydınlatması</li> </ul>	
	YAPI	KONUMLAND.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Güneşten etkin yararlanım için güneşe konumlandırma</li> <li>Fazla ışınım yapan yerleri ya da kullanımı az olan yerleri kuzeye yönlendirme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dış aydınlatmanın (yol aydınlatması, trafikten gelen ışıklar, vb.) denetlenmesi zor etkenler ile yapı arasındaki uzaklığı artırmak</li> </ul>
		BIÇIMLENDİRME	<ul style="list-style-type: none"> <li>Güneşlenen cepheyi uzun/kısa tutmak</li> <li>Yapı boşluklarını (kapı, pencere, vb.) boyutlarını coğrafi etkenlere göre (yıl içinde güneşlenme süreleri) ayarlamak</li> <li>Kullanımı az olan mekanları (ısıak hacim, merdiven, vb.) aydınlık düzeyi az olan yerlerde konumlandırmak</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aydınlatma aygıtları dizilimini ayarlamak</li> <li>Birbiri arasında fazla aydınlık düzeyi farkı olan alanlar arasında uyumlu geçiş yapmak</li> </ul>
SORUN 	AYDINLIK DÜZEYİ			
	DOĞAL		YAPAY	
	YAPI İÇİ	<p>AZ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Işık rafı oluşturmak</li> <li>Güneş tüpleri oluşturmak</li> <li>Fiber optik kablolar aracılığıyla güneş ışınlarını taşımak</li> <li>Açılı aynalar, ışık tüpleri, vb. aracılığıyla yapı içi boşluklarına gün ışığını taşımak</li> </ul>	<p>AZ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Standartlara uygun aydınlık düzeyleri uygulamak</li> </ul>	
YAPI BİLEŞENİ	<p>ÇOK</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kepenik, stor sistemleri oluşturmak</li> <li>Yansıtıcı ve güneşini azaltan (elektrokromik camlar, vb.)</li> </ul>	<p>ÇOK</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Parılının oluşumunu önlemek için yüzeyin malzemesini değiştirmek</li> <li>Standartlara uygun aydınlık düzeylerini uyg.</li> </ul>		
Bütünleşik aydınlatma otomasyon sistemleri oluşturmak				

Çizelge 5.5 Yapının üretim ve kullanım evresinde kullanıcı sağlığına uygun aydınlık düzeyleri için alınabilecek önlemlerden örnekler

SORUN	AYDINLIK DÜZEYİ
<b>ÜRETİM EVRESİNDE ALINACAK ÖNLEMLER</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tasarım sürecinde aydınlık düzeyi denetim/ kontrollerine yönelik alınan kararlara uymak (ürün seçimi /güneşe konumlanma/açıklık boyutu-yeri, vb.)</li> <li>▪ Uygulamada oluşan sorunları tasarımcıya danışmak</li> <li>▪ Değişik mekan geçişlerinde aydınlık düzeyi farkını en aza indirmek</li> <li>▪ Yapının işlevine uygun aydınlık düzenleri oluşturmak</li> <li>▪ Yapay/doğal aydınlık düzeyleri toplamlarını öngörmek (tasarımcı)</li> <li>▪ Yapı dışı engelleri öngörerek tasarım yapmak</li> </ul>
<b>KULLANIM EVRESİNDE ALINACAK ÖNLEMLER</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aydınlık düzeyi standartlarına uymak</li> <li>▪ Gereksiz aydınlık düzeylerinden kaçınmak</li> <li>▪ Gelişmiş günışığı sistemleri (Doğal/yapay/bütünleşik sistemler) oluşturmak</li> <li>▪ Doğal aydınlatmanın yeterli olmadığı ortamlarda biyolojik ritm için gerekli aydınlatma simülasyonu oluşturan sistemler tasarlamak (dinamik aydınlatma)</li> <li>▪ Biyolojik ritm için gerekli aydınlık düzeylerine ulaşmak için yatay ve düşey aydınlık düzeylerini önemsemek</li> </ul>

### SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsan, yaşamının %90'ını geçirdiği yapı içinde, sağlıklı bir şekilde yaşamını sürdürme gereksinimi duymaktadır. Bu açıdan yapının insan sağlığını bozmayacak bir şekilde tasarlanması önemlidir. Fiziksel iç çevre öğelerinden olan aydınlık düzeyi, görsel özelliklerle ilgilidir. Ayrıca, biyolojik ritmin zaman vericisi (zeitgeber) olması nedeniyle, insanın yaşam kalitesini en çok etkileyen öğelerin başında gelmektedir. Aydınlatmanın yalnızca ortamdaki karanlığı yok etme olarak algılanması, bu konunun öneminin anlaşılmasına neden olmuştur. Bu alandaki araştırmalarda göz ardı edilen konular, tıp alanında yeni buluşlar, gelişmeler ve günümüzde aydınlık düzeyi ile ilişkilendirilen verimlilik-performans düşüşü, ortam algı azalması, SAD, kanser, vb. sağlık sorunlarında göz ardı edilemeyecek artış nedeniyle konu üzerine araştırmalar çoğalmıştır. Ancak, aydınlık düzeylerinin insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerin bilinmemesi ya da önemsenmemesi, sağlıklı yapı için gereken çözüm önerileri oluşturulmasında en önemli engeldir.

Yapı işlevine uygun olmayan aydınlık düzeyleri, insanda biyolojik, psikolojik ve sosyolojik olumsuzluklar oluşturmaktadır. Aydınlık düzeyi ile ilişkilendirilen sağlık sorunları, görsel ve görsel olmayan etkiler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan görsel etkilerde görüş ile ilgili bozukluklar görülürken, bu etkenin uzun süre devam etmesi durumunda vücutta yaşanan yorgunluk sinir, kas ve iskelet sistemini etkilemektedir. Görsel olmayan etkilerde ise hormon düzeyi etkilenecek biyolojik ritimde düzensizlikler oluşmaktadır.

Aydınlatmanın amacı, aydınlatılan çevredeki insanların güvenliğini sağlamak; görsel konfor (kişilerin iyi olma durumu, verimliliğin artması, vb.), görsel performans (yapılan işin zorluk koşullarına uygun olarak uzun süreli çalışabilme) ve biyolojik etkiler göz önüne alınarak, yapılan eyleme uygun çevreler oluşturmak olmalıdır. Yapı içi aydınlık düzeyinden kaynaklanan kullanıcı sağlık sorunlarının giderilmesi için denetim yapılması; yapılan denetimin de farklı kullanıcı tipleri ve yapı işlevine uygun olarak değerlendirilmesi gereklidir. Bu süreçte;

- Tasarımcılar, aydınlatma ile ilgili üreticiler ve kullanıcıların yapı içi aydınlık düzeyi nedeniyle oluşabilecek sağlık sorunları konusunda bilgilendirilmeleri,
- Yapı işlevine uygun ulusal ve uluslararası standartlarla ve yönetmeliklerle belirlenmiş kabul edilebilir düzeylerde olan aydınlık düzeyleri kullanılması,
- Yapı aydınlık düzeyi kaynaklı sağlık sorunlarının giderilmesi için aydınlatma tasarımları ve teknolojilerinin kullanıcı sağlığı perspektifinden değerlendirilmesi ve yapıya uygun bir model oluşturulması,
- Tasarımcılar bu aşamada; yapının tasarım, üretim ve kullanım aşamasında aydınlık düzeyi ve parlaklık denetimleri, kabul edilebilir düzeyler içine çekerek konfor koşullarının yerine getirilmesini sağlaması,
- Kullanıcılar üzerindeki olumlu özellikleri nedeniyle, gün ışığını içeri alabilen tasarımların ya da çözümlerin yapı içinde uygulanması gereklidir.

Konfor koşullarının sağlanması sonucu oluşturulan sağlıklı yapıda, kullanıcıların biyolojik, fizyolojik ve sosyolojik gereksinimleri en üst düzeyde karşılanarak insan yaşamına olumlu katkı sağlanmış olmaktadır. Ancak, tasarım aşamasında görevli teknik kişilerin, tek başına önlem alması yeterli olmadığı gibi kullanıcıların da bilinçlendirilmesi kullanım aşamasındaki sağlık sorunlarının önüne geçilebilmesi açısından önemlidir.

Aydınlık düzeyi denetimlerinin, ön tasarım sürecinde belirlenmesi (yapının olumlu-olumsuz özellikleri) gereken önlemlerin alınmasını kolaylaştıracaktır. Kullanıcı sağlığının korunması; kullanım aşamasında giderlerin azaltılması bakımından önemlidir. Ayrıca uygun aydınlatma tasarımı enerji korunumunu sağlayacaktır.

Yapı içi aydınlatma tasarımının görsel ve görsel olmayan etkiler için yeni aydınlatma ölçütlerine gereksinimi duyulmaktadır. Bunun için;



- Standartlar ve yönetmeliklerde; kullanıcının çeşitli gereksinimleri, yeni buluşlar ve araştırmalar göz önünde bulundurularak yeniden düzenlemeler yapılmalıdır.
- Bunun başarılı olabilmesi ve çeşitli standartlarda ve yönetmeliklerde yerini alabilmesi için mimar, ilgili mühendislik dalları, üretimden sorumlu kişiler, fizyoloji, sosyoloji, ergonomi, psikoloji, biyoloji, tıp, ekoloji ve aydınlatma uzmanlarının işbirliğine gereksinim duyulmaktadır.

## KAYNAKLAR

- 
- [1] Balanlı, A. ve Öztürk, A., (2006). Yapı Biyolojisi Yaklaşımlar, YTÜ Basım-Yayın Merkezi, Fakülte Yayın No: MF.MİM-06.002, İstanbul.
- [2] Balanlı, A. ve Öztürk, A., (1997). "A Systematic Approach to Solve Building Biology Related Problems", Healty Buildings/IAQ '97 Conference, 27 September-2 October 1997, Washington, 147-152.
- [3] Lavin, T., Higgins, C., Metcalfe, O. ve Jordan, A., (2006). Health Impacts of the Built Environment: A Review, Institute of Public Health in Ireland, Dublin.
- [4] Esin, T., (2007). "Eğitim Yapılarında Konfor Koşullarının Sağlanması ve Yalıtım", İzolasyon Dünyası Dergisi, 66: 74.
- [5] Sarp, A, (2007). Sağlıklı Yapının Sürdürülebilirlik Sürecine Yönelik Bir Model Önerisi, Doktora Tezi, YTÜ, FBE, İstanbul.
- [6] Web, A. R., (2006). "Considerations for Lighting in the Built Environment: Non-Visual Effects of Light", Energy and Buildings, 38(7):721-727.
- [7] Tyrrell, R. A. ve Leibowitz, H. W. (1990). "The Relation of Vengeance Effort to Reports of Visual Fatigue Following Prolonged Near Work" Human Factors. 32(3):341-357.
- [8] Torcellini, P. ve Edwards, L., (2002). A Literature Review of Natural Light Building Occupants, National Renewable Energy Laboratory, NREL/TP-550-30769, Springfield.
- [9] Yaşar, İ., Ozanözü, Z., Horzum, E., Göktaş, E., Karaodul, G. ve Çobanoğlu, N., (2008). Sağlık ve Sağlığın Korunması Modülleri, Eğitimciler İçin Eğitim Rehberi, T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Eğitimi Genel Müdürlüğü, Ankara,722.
- [10] Ceder, K., Mathis, R. ve Viar, T., (2007). Mal-Illumination, Circadian Health Institute, Santa Barbara-California.
- [11] Rea, S.M., (2002). "Light- Much More Than Vision", 5th Lighting Research Symposium, Lighting Research Office (LRO), Orlando.
- [12] Jasser, S. A., Blask, D. E. ve Brainard, G. C., (2006). "Light During Darkness and Cancer: Relationships in Circadian Photoreception and Tumor Biology", Department of Neurology Faculty Papers, Thomas Jefferson University, Philadelphia.

- [13] Güler, Ç. ve Çobanoğlu, Z., (1994). Çocuk ve Çevre, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Müdürlüğü, 23, Ankara.
- [14] Çetin, F.D., Gümüş, B. ve Özbudak, Y.B., (2003). "Aydınlatma Özelliklerinin Ergonomik Açından Değerlendirilmesi", II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 8-10 Ekim 2003, Diyarbakır.
- [15] Ooi, P.L. ve Goh, K.T., (1997). "Sick Building Syndrome: An Emerging Stress-Related Disorder", International Journal of Epidemiology, 26(6):1243-1249.
- [16] Ekinci, C.E., "Biyoharmoloji: Genel Bir Bakış", [perweb.firat.edu.tr/personel/yayinlar/fua\\_36/36\\_61104.pdf](http://perweb.firat.edu.tr/personel/yayinlar/fua_36/36_61104.pdf), 22 Eylül 2011.
- [17] van Bommel, W., (2005). CIE and the Way of Putting Lighting and Health into Daily Lighting Practice, Lx Europa 2005. Berlin, 25-26.
- [18] Blask, D. E. , Brainard, G. C. , Dauchy, R. T. , Hanifin, J. P., Davidson, L. K., Krause, J., Blask, D. E., Brainard, G. C., Dauchy, R. T., Hanifin, J. P., Davidson, L. K., Krause, J., Rollag, M. D. ve Zalatan, F., (2005). "Melatonin-Depleted Blood from Premenopausal Women Exposed to Light at Night Stimulates Growth of Human Breast Cancer Xenografts in Nude Rats", Journal of Cancer Research, American Association for Cancer Research, 65:11174-11184.
- [19] Sirel, Ş. (1997). Aydınlatma Sözlüğü, YEM, 1.Baskı, İstanbul.
- [20] Górnicka, G., (2008). Lighting at Work: Environmental Study of Direct Effects of Lighting Level and Spectrum on Psychophysiological Variables, Doktora Tezi, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven.
- [21] Ünver, R., (1984). Yapıların İçinde Işık-Renk İlişkisi, Doktora Tezi, YTÜ, FBE, İstanbul.
- [22] Kazanasmaz, T., (2003). "Sağlık Yapılarında Aydınlatma", Modern Hastane Yönetimi, 7(1): 14-23.
- [23] The Basics of Efficient Lighting (2009). A Reference Manual for Training in Efficient Lighting Principles, 1.Baskı, National Framework for Energy Efficiency.
- [24] Onaygil, S., (2010). Aydınlatma Aygıt Tasarımı Temel İlkeleri Dersi Notları, İTÜ Enerji Enstitüsü-Enerji Planlaması ve Yönetimi A.B.D., İstanbul.
- [25] International Electrotechnical Commission, <http://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/index?openform&part=845>, 11 Mayıs 2012.
- [26] Sirel, Ş. (1992). Aydınlığın Niteliği, Kitapçık No:4, YFU.
- [27] Akbulut, A., (2006).Tünel Aydınlatması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ,FBE, İstanbul.
- [28] Stork, T. ve Mathers, M., (2009). The Basics of Efficient Lighting, A Reference Manual for Training in Efficient Lighting Principles, National Framework for Energy Efficiency, 1.Baskı, Avusturalya.
- [29] Manav, B., (2005). Ofislerde Aydınlik Düzeyi, Parıltı Farkı ve Renk Sıcaklığının Görsel Konfor Koşullarına Etkisi: Bir Model Çalışması, Doktora Tezi, İTÜ, FBE, İstanbul.

- [30] Guyer, J.P., (2010). "Introduction to Interior Lighting Design", CED engineering.com PDH for the Professional, Continuing Education and Development Inc., Course No: A02-002, Stony Point.
- [31] LEO (Lighting Education Online), Lighting Research Center, <http://www.lrc.rpi.edu/education/learning/intro.asp?mode=terminology>, 11 Haziran 2011.
- [32] Grandjean E. (1987) Ergonomics Principles of Lighting in Offices. Ergonomics in Computerised Offices, London: Taylor & Francis, 32–54.
- [33] Altomonte, S., (2005). CH2: Lighting and Physiology: Artificial and Natural Lighting and its Relation to the Human Body", The Australian Journal of Construction Economics and Building, Deakin West, A.C.T., 5(2): 40-46.
- [34] Öztürk D., L., (2003). "Mekan İç Yüzeylerinde Kabul Edilebilir Işıklılık Farklarının Belirlenmesi", Elektrokent Perpa Dergisi, 95:90-98.
- [35] Manav, B., (2005). "Bir Tasarım Problemi: Aydınlatmada Kalite ve Biyoriitm", III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri, EMO, Ankara.
- [36] Gupta, A. ve Koshel, R. J., (2010). "Lighting and Applications", Handbook of Optics, Volume 2, Chapter 40. 3. Baskı, Mc Graw Hill-Book Co., New York.
- [37] TS EN 12464-1 , (2004). Işık ve Işıklandırma –İş Mahallerinin Aydınlatılması– Bölüm 1: Kapalı Alandaki İş Mahalleri, TSE, Ankara.
- [38] Halonen, L., Tetri, E. ve Bhusal, P., (2010). Annex 45 Guidebook on Energy Efficient Electric Lighting for Buildings, Aalto University School of Science and Technology, Aalto, 43-53.
- [39] Sirel, Ş. (1989). "Yapılarda Aydınlatma", <http://www.yfu.com/booklets/insa89-yapayd.pdf>, 08 Temmuz 2011.
- [40] EPA (Environmental Protection Agency) (1997). Air and Radiation, Green Lights Program, Washington, DC.
- [41] Malman, D., (2005). Lighting for Libraries, Libris Design Project, [librisdesign.org/docs/LightingLibraries.pdf](http://librisdesign.org/docs/LightingLibraries.pdf), 12 Şubat 2010.
- [42] Çolak, İ., Sefa, İ., Bayındır, R. ve Demirtaş, M. (2007). "Güneş Enerjisi Kaynaklı LED Armatür Tasarımı", Politeknik Dergisi, 10(4):347-352.
- [43] Kesten, D., Eicker, U. ve Pietruschka, D., (2005). "Ofis Binalarında Cephe Tasarıma Bağlı Enerji Etkin Aydınlatma Tasarımı", EMO III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 23-25 Kasım 2005, Ankara, 173-180.
- [44] Stripling, A. M., (2008). Ambient Light and Sleep in Community Dwelling Older Adults, Yüksek Lisans Tezi, University of Florida, Gainesville/A.B.D.
- [45] Aries, M., (2005). Human Lighting Demands-Healthy Lighting in an Office Environment, Doktora Tezi, Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven.
- [46] Altomonte, S., (2009). "Daylight and the Occupant, Visual and Physio-Psychological Well-being in Built Environments", PLEA2009 - 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture, 22-24 June 2009, Quebec City.

- [47] Taşyürek, M., (2003). "Görünür Işıklar ve Aydınlatma", Çalışma Ortamı, 70:Eylül-Ekim.
- [48] Pérez, F.R. ve Calleja, A.H. (2011). "Conditions Required For Visual Comfort ", Lighting, Chapter 46, ILO Encyclopaedia of Occupational Health and Safety.
- [49] Panayotova, T., (2010). Lighting Illumination Levels, University of Florida, [128.227.208.38/cp/pdf/Lighting%20Illumination%20levels.pdf](http://128.227.208.38/cp/pdf/Lighting%20Illumination%20levels.pdf), 12 Ağustos 2010.
- [50] Mills, E. ve Borg, N., (1999). "Trends in Recommended Lighting Levels: An International Comparison", Journal of the Illuminating Engineering Society of North America, 28(1):155-163.
- [51] Erdem, L. ve Enarun, D., (2007). "Kullanıcıların Aydınlık Düzeyi Tercihlerinin Değişkenliği Üzerine Bir Çalışma", IV. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 13-15 Aralık 2007, İzmir.
- [52] Veitch, J.A., (2001). "Psychological Process Influencing Lighting Quality", Journal of the Illuminating Engineering Society, 30(1):124-140.
- [53] Nabil, A. ve Mardaljevic, J. (2005). "Useful Daylight Illuminance: A New Paradigm for Assessing Daylight in Buildings". Lighting Research and Technology, 37(1), 41-59.
- [54] Güner, M. ve İllez, A.A., (2007). "Konfeksiyon İşletmeleri Kalite Kontrol Departmanlarındaki Aydınlatma Seviyeleri", IV. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, 13-15 Aralık 2007, İzmir, 146-152.
- [55] Meyer, J.-J., Francioli, D., Rey, P. ve Benoit, F., (1993). "Visual Discomfort: Evaluation After Introducing Modulated Light Equipment", IAEEEL/Right Light 2, Proceedings of the 2nd International Conference on Energy Efficient Lighting, Arnhem, Hollanda.
- [56] Lindelöf, D. ve Morel, N., (2008). Bayesian Estimation of Visual Discomfort, Building Research & Information, 36(1):83-96.
- [57] Snell, R.S. ve Lemp, M.A., (1998). Clinical Anatomy of the Eye, Blackwell Science, 2. Baskı, Malden/Massachusetts.
- [58] Teikari, P., (2006). Biological Effects of Light, Yüksek Lisans Tezi, Helsinki University of Technology, Espoo.
- [59] "Gözler ve Çalışması", [http://www.saglikpark.com/haber/gozler\\_ve\\_calismasi.htm](http://www.saglikpark.com/haber/gozler_ve_calismasi.htm), 10 Temmuz 2011.
- [60] Barbur, J. L. ve Stockman, A., (2010). "Photopic, Mesopic and Scotopic Vision and Changes in Visual Performance", Encyclopedia of the Eye, Oxford Academic Press, 3:323-331.
- [61] Enarun, D., (1985). "Işığın İnsan Üzerindeki Etkileri", I. Elektrik Mühendisliği Ulusal Kongresi, İstanbul.
- [62] Doğanay, S., (1999). Göz Ders Notları, İnönü Üniversitesi Göz Hastalıkları A.B.D., Malatya.

- [63] IBRO, Sinir Bilimi-Beyin Bilimine Giriş, [http://www.braincampaign.org/Pub/Pub\\_Main\\_Display.asp?LC\\_Docs\\_ID=4504](http://www.braincampaign.org/Pub/Pub_Main_Display.asp?LC_Docs_ID=4504), 10 Ocak 2011.
- [64] Rinalducci, E. J., Higgings, K. E., Zavod, M. ve Sadowski, W., (1999). "Mechanisms of Photopic, Mesopic and Scotopic Vision", Proceedings: Vision at Low Light Levels, EPRI/LRO 4th International Lighting Research Symposium, Ekim 1999, 13-23.
- [65] Crawford, D., (1998). Some Issues in Low Light Level Vision, International Dark-Sky Association (IDA).
- [66] Rialhe, A. ve Lenormand, P., (2007). Lighting & Human Life, Leonardo Energy, Appliances & Lighting, [www.leonardo-energy.org](http://www.leonardo-energy.org), 11 Şubat 2010.
- [67] Altan Kara, S. , Taner, P. , Akarsu, C. , Bilgili, Y. K. ve Altınok, D., (2002). "Işık ve Karanlık Uyumunun Retrobulber Hemodinami Üzerindeki Etkileri", Tanısal ve Girişimsel Radyoloji, 8:335-338.
- [68] Bilim ve Teknik, Duyular, <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/bilgipaketleri/duyular>, 28 Mart 2011.
- [69] Turgay, O. ve Altuncu, D., (2011). "İç Mekanda Kullanılan Yapma aydınlatmanın Kullanıcı Açısından Etkileri", Çankaya University Journal of Science and Engineering, 8(1):167-181.
- [70] [http://hsimed.gtri.gatech.edu/guidelines/wd\\_video.php](http://hsimed.gtri.gatech.edu/guidelines/wd_video.php), 12 Mayıs 2012.
- [71] Ishida, A., Mutoh, T., Ueyama, T., Bando, H., Masubuchi, S., Nakahara, D., Tsujimoto, G. ve Okamura, H., (2005). "Light Activates the Adrenal Gland: Timing of Gene Expression and Glucocorticoid Release", Journal of Cell Metabolism, 2:297-307.
- [72] Cajochen, C., (2007). "Alerting Effects of Light", Sleep Medicine Reviews, 11:453-464.
- [73] Yerer, B. M., (2006). Sirkadiyen Ritme Bağlı Olarak Fizyolojik Melatonin Seviyesindeki Değişikliklerin Göz ve Beyin Dokusunda Antioksidan Önemi, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- [74] Eldebiran, A., Toros, H. ve Şen, O., (2003). "Biyolojik Ritm", III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, İTÜ, İstanbul.
- [75] Küller, R., (2002). "The Influence of Light on Circarhythms in Humans", Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science, 21(2):87-91.
- [76] Çalıyurt, O., (2001). "Duygudurum Bozuklukları ve Biyolojik Ritm", Duygudurum Dizisi, 1(5):209-214.
- [77] van Bommel, W. J. M. ve van den Beld, G. J., (2003). Lighting for Work: Visual and Biological Effects, Philips Lighting, Hollanda.
- [78] Bullough, J. D., Rea, M. S. ve Figueiro, M. G., (2006). "Of Mice and Women: Light as a Circadian Stimulus in Breast Cancer Research", Cancer and Control, Hollanda, 17(4):375-383.

- [79] Bunney, W.E. ve Bunney, B.G., (2000). "Molecular Clock Genes in Man and Lower Animals: Possible Implications for Circadian Abnormalities in Depression ", *Neuropsychopharmacology*, 22(4):335-345.
- [80] Grover, H. ve Calmeyer, J.E., (2004). "The Effect of ' Healthy Lighting Systems' on Worker Health and Performance", *Industrial and Commercial Use of Energy Conference*, Somerset West.
- [81] Rea, S. M., Figueiro, G.M., Bierman, A. ve Bullough, D. J., (2010). "Circadian Light", *Journal of Circadian Rhythms 2010*. BioMed Central Publications, 8:2.
- [82] Zeitzer, J. M., Dijk, D. D., Kronauer, R. E., Brown, E. N. ve Czeisler, C. A., (2000). "Sensitivity of the Human Circadian Pacemaker to Nocturnal Light: Melatonin Phase Resetting and Suppression", *Journal of Physiology*, 526(3):695-702.
- [83] Baehr, E. K., Fogg, L. F. ve Eastman C. I., (1999). "Intermittent Bright Light and Exercise to Entrain Human Circadian Rhythms to Night Work", *American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 277:1598-1604.
- [84] Şener, G., (2010). "Karanlığın hormonu: Melatonin", *Marmara Eczacılık Dergisi*, 14:112-120.
- [85] Moore, R.Y. (1995). "Organization of the mammalian circadian system. Circadian Clocks and Their Adjustment". John Wiley & Sons: Chichester, 88-106.
- [86] LRC, (2009). "Daylighting Resources-Health", [http://www.lrc.rpi.edu/programs/daylighting/dr\\_health.asp](http://www.lrc.rpi.edu/programs/daylighting/dr_health.asp), 2 Nisan 2009.
- [87] Başçıl, H. S., (2001). "Banka Bilgi İşlem Merkezi ve Ergonomi", *Türk Tabipleri Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, Ocak 2001:31-34.
- [88] Tarhan, N., "Yaşanan Fiziki Mekanın Fikir Üretimi ve Verimliliğe Tesiri", *Memory Center Nöropsikiyatri Merkezi*, [http://www.mcatürk.com/Yasanan-Fiziki-mekanin-Fikir-Uretimi-ve-Verimlilik-Tesiri\\_4\\_kose.html](http://www.mcatürk.com/Yasanan-Fiziki-mekanin-Fikir-Uretimi-ve-Verimlilik-Tesiri_4_kose.html), 14 Eylül 2011.
- [89] Zilber, S.A., "Review of Health Effects of Indoor Lighting", <http://corbu2.caed.kent.edu/architronic/v2n3/v2n3.06.html>, 27 Eylül 2010.
- [90] Gürel, E., (2001). "Çalışma Yaşamında Işık ve Aydınlatmanın Önemi", *Muğla Üniversitesi SBE dergisi*, 5:31-43.
- [91] Camkurt, M.Z., (2007). "İşyeri Çalışma Sistemi ve İşyeri Fiziksel Faktörlerinin İş Kazaları Üzerine Etkisi", *TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi*, 20(6): 80-106.
- [92] Güler, (1997). *Ergonomiye Giriş, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi*, T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Müdürlüğü, 45. Ankara.
- [93] Untimanon, O., Pacharatrakul, W., Boonmeepong, K., Thammagarun, L., Leamun, N., Taptagaporn, S. ve Chongsuvivatwong, V., (2006). "Visual Problems among Electronic and Jewelry Workers in Thailand", *Journal of Occupational Health*, 48:407-412.
- [94] Bangor, A. W., (2000). *Display Technology and Ambient Illumination Influences on Visual Fatigue at VDT Workstations*, Virginia Polytechnic Institute and State University, Doktora Tezi, Blacksburg/Virginia.
- [95] Sheedy, J. E., Hayes, J. ve Engle, J., (2003). "Is all Asthenopia the Same?", *Optometry and Vision Science*, *American Academy of Optometry*, 80(11).

- [96] Fu, J., Liu, H. ve Zou, X., (2005). "On Healthy Illumination", China HVACR, Department of Power Engineering, Changsha University of Electric Power, Hunan, 2-5.
- [97] Ekerbiçer, M., (2007). "Işık ve İnsan Psikolojisi", Professional Lighting Design Türkiye Dergisi, 17:56-57.
- [98] Lin, C. J., Feng, W. Y., Chao, C. J. ve Tseng, F. Y., (2008). "Effects of VDT Workstation Lighting Conditions on Operator Visual Workload", Industrial Health An International Scientific Journal of Occupational Health and Safety, 46(2):105-111.
- [99] Erdem, S. (2007). Aydınlatma Mühendisliğinde İleri Yöntemlerle Çözüm Teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, FBE, Ankara.
- [100] Rey, P. ve Meyer, J. J., (1998). "Ocular and Visual Problems", Encyclopaedia of Occupational Health and Safety, 4. Baskı, International Labour Office, Geneva, 2(52):52.10-52.13
- [101] Friedman, D. I. ve De Ver Dye, T., (2009). "Migraine and the Environment", American Headache Society, Headache, 49(6):941-952.
- [102] TNSA, Hacettepe Üniversitesi Nüfus Etütleri Enstitüsü (2009). Türkiye Nüfus Ve Sağlık Araştırması 2008, Ankara.
- [103] Sözen, T., (2011). "D Hormonu: Güncel Gelişmeler", Hacettepe Tıp Dergisi, 42(1):14-27.
- [104] Özata, M., (2011). Hormonoloji Metabolizma ve Diyabet, İstanbul Tıp Kitapevi, İstanbul.
- [105] McIntyre, I. M., Norman, T. R., Burrows, G. D. ve Armstrong, S. M., (1989). "Human Melatonin Suppression by Light is Intensity Dependent", Journal of Pineal Research, 6(2): 149-156.
- [106] Konturek, S. J., Konturek, P. C., Brzozowska, I., Pawlik, M., Sliwowski, Z, Czeńnikiewicz-Guzik, M., Kwiecień, S., Brzozowski, T., Bubenik, G. A. ve Pawlik, W. W., (2007). "Localization and biological activities of melatonin in intact and diseased gastrointestinal tract (GIT)", Journal of Physiology and Pharmacology, 58: 381-405.
- [107] Szczepanik, M., (2007). "Melatonin and Its Influence on Immune System", Journal of Physiology and Pharmacology, 58(6):115-124.
- [108] Iwata, N., Ichii, S. ve Egashira, K., (1997). "Effects of Bright Artificial Light on Subjective Mood of Shift Work Nurses", Industrial Health 1997, 35:41-47.
- [109] Brainard, G. C., Rollag, M. D., Hanifin, J. P., (1997). "Photic Regulation Of Melatonin in Humans: Ocular and Neural Signal Transduction", Journal of Biological Rhythms, 12(6): 537-546.
- [110] Rüger, M., Gordijn, M. C. M., Beersma, D. G. M., de Vries ve B., Daan, S., (2005). "Nasal Versus Temporal Illumination Of The Human Retina: Effects On Core Body Temperature, Melatonin and Circadian Phase", Journal of Biological Rhythms, 20(1):60-70.
- [111] Smith, K. A., Schoen, M. W. ve Czeisler, C. A., (2004). "Adaptation of Human Pineal Melatonin Suppression by Recent Photic History", the Journal of Clinical Endocrinology And Metabolism, 89(7):3610-3614.



- [112] Lewy, A. J., Wehr, T. A., Goodwin, F. K., Newsome, D. A. ve Markey, S. P., (1980). "Light Suppresses Melatonin Secretion in Humans". *Science*1980. 210:1267–9.
- [113] Alfred, J., Boudreaux, B., Johnson, L. ve Stewart, G. (2010)."IE 4785:Extreme Environments Habitat Design", Final Design Report, senior design sequence, Department of Construction Management & Industrial Engineering, Louisiana State University, LA.
- [114] Çetin, E., (2005). "Melatonin ve Bağışıklık Sistemi", *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2(2):119-123.
- [115] Çam, A. ve Erdoğan, M.F., (2003). "Melatonin", *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*, Ankara, 56(2):105-109.
- [116] Stevens, R. G., Blask, D. E., Brainard, G. C., Hansen, J., Lockley, S. W., Provencio, I., Rea, M. S. ve Reinlib, L., (2007). "Meeting Report: The Role of Environmental Lighting and Circadian Disruption in Cancer and Other Diseases", *Environmental Health Perspectives*, 115(9):1350-1362.
- [117] Topal, T., Öter, Ş. ve Korkmaz, A., (2009). "Melatonin ve Kanserle İlişkisi", *Genel Tıp Dergisi*,19(3):137-143.
- [118] Kotz, D., "Light at Night: How to Counter the Health Effects", <http://www.usnews.com/health/family-health/cancer/articles/2008/02/22/light-at-night-how-to-counter-the-health-effects.html>, 5 Mart 2010.
- [119] Pauley, S. M., (2004). "Lighting for the human circadian clock. Recent Research Indicates that Lighting Has Become A Public Health Issue", *Medical Hypotheses*, 63(4): 588-596.
- [120] Davis, S., Mirick, D. K. ve Stevens, R. G., (2001). "Night Shift Work, Light at Night, and Risk of Breast Cancer", *Journal of the National Cancer Institute*, 93(20).
- [121] Hathaway, W. E., Hargreaves, J. A., Thompson, G. W. ve Novitsky, D. (1992). A Study Into the Effects of Light on Children of Elementary School Age, A Case of Daylight Robbery. Alberta: Policy and Planning Branch, Planning and Information Services Division, Alberta Education.
- [122] h.e.s.e. (Human Ecological Social Economical) Project-UK, Artificial Light in the Environment: Human Health Effects, <http://www.hese-project.org//hese-uk/en/issues/cfl.php>, 12 Mart 2010.
- [123] Leproult, R., Colecchia, E.F., L'Hermite-Balériaux, M. ve van Cauter, E., (2001). "Transition from Dim to Bright Light in the Morning Induces an Immediate Elevation of Cortisol Levels", *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 86(1):151-157.
- [124] Scheer, F. A. ve Buijs, R. M., (1999). "Light Affects Morning Salivary Cortisol in Humans", *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 84(9):3395-3398.
- [125] Wakabayashi, K., (2010). "A Brief Review of Rat Thyroid-Stimulating Hormone (TSH) and Introduction to Shibayagi's Rat Tsh Elisa Kit", Shibayagi Company

- Web Publications,[www.shibayagi.co.jp/en/pdf/TSH-RevE100304.pdf](http://www.shibayagi.co.jp/en/pdf/TSH-RevE100304.pdf), 8 Mart 2010.
- [126] Spiegel, K., Knutson, K., Leproult, R., Tasali, E. ve Van Cauter, E., (2005). "Sleep Loss: a Novel Risk Factor for Insulin Resistance and Type 2 Diabetes" , Journal of Applied Physiology, 99:2008-2019.
- [127] Guardiola-Lemaitre B., (2007). "Melatoninergic Receptor Agonists and Antagonists: Therapeutic Perspectives", Journal de la Société de Biologie, 201:105-113.
- [128] Pääkkönen, T., (2010). "Melatonin and Thyroid Hormones in the Cold and in Darkness/Association with Mood and Cognition", Acta Universitatis Ouluensis D Medica 1045. ISBN 978-951-42-6120-6, Oulu/Finlandiya.
- [129] Uğur, M., (2008). "Duygudurum Bozuklukları", Türkiye’de Sık Karşılaşılan Psikiyatrik Hastalıklar Sempozyumu, İ.Ü.Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri, 62:59-84.
- [130] The Environmental Illness Resource, "Seasonal Affective Disorder (S.A.D.)", <http://www.ei-resource.org/illness-information/related-conditions/seasonal-affective-disorder-%28s.a.d%29/>, 10 Mayıs 2011.
- [131] Tural, Ü., (2008). Uyku ve Bozuklukları, 5.Dönem Ders Notları, Kocaeli Üniversitesi Tıp Fakültesi, Psikiyatri A.B.D., Kocaeli.
- [132] Karagözoğlu, Ş., Çabuk, S., Tahta, Y. ve Temel, F., (2007). "Hastanede Yatan Yetişkin Hastaların Uykusunu Etkileyen Bazı Faktörler", Toraks Dergisi, 8(4):234-240.
- [133] Budnick, L.D., Lerman, S.E., Nicolich, M.J. (1995). "An Evaluation of Scheduled Bright Light and Darkness on Rotating Shiftworkers: Trial and Limitations", The American Journal of Industrial Medicine 27:771–82.
- [134] Flier, J.S. ve Elmquist, J.K., (2004). "A Good Night’s Sleep: Future Antidote to the Obesity Epidemic?" , Annals of Internal Medicine, 141(11):885-886.
- [135] Wright, Jr., K. P., Hull, J. T. ve Czeisler, C. A., (2002). "Relationship Between Alertness, Performance, and Body Temperature in Humans", American Journal of Physiology, Regulatory, Integrative and Comparative Physiology, 283:R1370-R1377.
- [136] Waterhouse, J., (1992). "Işığın Beden Saati Üzerindeki Etkisi", Çeviri: Çavuşoğlu, Ş., Bilim ve Teknik, 25(300):32-36.
- [137] Boyce, P.R., (1997). Light, Sight and Photobiology. Lighting Futures, 2(1):3-6.
- [138] Spitzer, R. L., Terman, M., Williams, J. B. W., Terman, J. S., Malt, U. F., Singer, F. ve Lewy, A. J, (1999). "Jet Lag: Clinical Features, Validation of a New Syndrome-Specific Scale, and Lack of Response to Melatonin in a Randomized, Double-Blind Trial", American Journal of Psychiatry,156:1392-1396.
- [139] Akdemir, B., (2006). 6-12 Yaş Arası Zihinsel Engelli Çocukların Görsel Algı Becerilerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- [140] Morghen, I., Turola, M. C., Forini, E., Di Pasquale, P., Zanatta, P. ve Matarazzo, T., (2009). "III-Lighting Syndrome: Prevalence in Shift-Work Personnel in the

- Anaesthesiology and Intensive Care Department of Three Italian Hospitals", *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 4(6).
- [141] Kocatürk-Aribal, P., (2000). "Strese Cevap", *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*, 53(1):49-56.
- [142] Küller, R. ve Wetterberg, L., (1993). "Melatonin, Cortisol, EEG, ECG and Subjective Comfort in Healthy Humans: Impact of Two Fluorescent Lamp Types at Two Light Intensities". *Lighting Research and Technology*, 25:71-81.
- [143] Liberman, J., (1991). *Light Medicine of The Future: How We Can Use It to Heal Ourselves Now*, Bear&Company, Rochester/Vermont.
- [144] Demirci, M. K. ve Armağan, K. (\*). *Bürolarda Fiziksel Ortamın Düzenlenmesi ve Olumsuz Çevresel Faktörlerin Çalışanlar Üzerindeki Etkisi*,
- [145] Hygee, S. ve Knez, I., (2001). "Effects of Noise, Heat and Indoor Lighting on Cognitive Performance and Self-Reported Affect", *journal of environmental psychology*, 21:291-299.
- [146] Wu, H.C., Chen, H.C. ve Lee, C.L., (2007). "Effects of Illumination and Viewing Distance on Visual Fatigue of the Digital Projector Users", *International Conference on Human Aspect in Advanced Manufacturing and Hybrid Automation*, Poznan.
- [147] World Health Organization (WHO), (1946). *Constitution of World Health Organization, Adopted by the International Health Conference, 19-22 Haziran 1946.*
- [148] Küçükcan-Balkaş, B. (2005). *Üniversitelerde Kütüphane Binaları Kullanım Verimliliğinin Yapı Biyolojisi Açısından İncelenmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, FBE, İstanbul.
- [149] International Institute for Bau-Biologie & Ecology, <http://hbelc.org/>, 9 Şubat 2012.
- [150] Balanlı, A. ve Küçükcan, B., (1998). "Yapı Biyolojisi ve Üniversite Kütüphanesi Kullanıcısı", *21. Yüzyılda Üniversite Kütüphanelerimiz Sempozyumu*, 22-24 Ekim 1998, Edirne, 105-115.
- [151] Altuncu, D. ve Tansel, B., (2009). "Aydınlatma Kontrol Sistemlerinin Hastanelerde Kullanımı", *V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, 7-10 Mayıs 2009, İzmir.
- [152] Küçükdoğu, M. Ş., (2005). "Aydınlatmada Etkin Enerji Kullanımı", *EMO III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, 23-25 Kasım 2005, Ankara, 9-13.
- [153] Sirel, Ş. (1993). "Aydınlatma Tekniği Nedir? ", *Yapı Fiziği Konuları I*, 1. Baskı, 5:3-8.
- [154] Sirel, Ş., (1996). *Aydınlatma Tasarımında Temel Kurallar*, Kitapçık No:7, YFU.
- [155] Philips Aydınlatma, *Dinamik Aydınlatma*, [http://www.lighting.philips.com.tr/lightcommunity/trends/dynamic\\_lighting](http://www.lighting.philips.com.tr/lightcommunity/trends/dynamic_lighting), 14 Aralık 2011.
- [156] Moore, T., Carter, D.J. ve Slater, A.I., (2002). "User Attitudes Toward Occupant Controlled Office Lighting", *Lighting Research and Technology*, 34:207-219.

- [157] Yener K., A., (2007). "Binalarda Günüşığından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler", VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliğı Kongresi Bildirileri, MMO, İzmir.
- [158] Okutan, H. (2008). Gün Işığı ile Aydınlatmanın Temel İlkeleri ve Gelişmiş Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, FBE, İstanbul.
- [159] Öztürk, Ç., (2006). Gelişmiş Doğal Aydınlatma Sistemleri ve Uygulama Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, FBE, Ankara.
- [160] Kurtay, C., (2002). "İç Hacimlerde Uygun Günüşığı için Dış Çevrenin Tasarımı", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17(3):75-86.
- [161] Görgülü, S., Kocabey, S., Yüksek, İ. ve Dursun, B., [www.kirklareli.edu.tr/download//by-files/18060859.html](http://www.kirklareli.edu.tr/download//by-files/18060859.html), 12 Şubat 2012.
- [162] Reinhold, K. ve Tint, P., (2009). "Lighting of Workplaces and Health Risks", Electronics and Electrical Engineering, Kaunas: Technologija, 90(2):11-14.
- [163] <http://behnisch.com/projects/104>, 21 Aralık 2010.

## ÖZGEÇMİŞ

---

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı:** Tuğba ŞAHİN

**Doğum Tarihi ve Yeri:** 19.09.1983 BURSA

**Yabancı Dili:** İngilizce

**E-posta:** [tgb\\_sahin@hotmail.com](mailto:tgb_sahin@hotmail.com); [tugba.sahin@bursa.bel.tr](mailto:tugba.sahin@bursa.bel.tr)

### ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Mimarlık	Yıldız Teknik Üniversitesi	2008
Lise	Fen Bilimleri	Bursa Kız Lisesi (YDA)	2001

### İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2011-Devam	Bursa Büyükşehir Belediyesi	Mimar
2010-2011	Dk Mimarlık	Mimar
2007-2008	Mar Mimarlık	Mimar