

**OFİSLERDE AYDINLIK DÜZEYİ, PARILTI FARKI VE RENK
SICAKLIĞININ GÖRSEL KONFOR KOŞULLARINA ETKİSİ:
BİR MODEL ÇALIŞMASI**

**DOKTORA TEZİ
Y.İç Mimar Banu MANAV
502002161**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 27 Ocak 2005
Tezin Savunulduğu Tarih: 24 Mayıs 2005**

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Mehmet Şener KÜÇÜKDOĞU
Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Sermin ONAYGİL (İ.T.Ü)
Doç.Dr. Alpin YENER (İ.T.Ü)
Prof.Dr. Rengin ÜNVER (Y.T.Ü)
Doç.Dr. Leyla Dokuzer ÖZTÜRK (Y.T.Ü)

MAYIS 2005

ÖNSÖZ

Kaynak taramaları, konusunda uzman kişilerle fikir alışverişleri, kolektif çalışma süreci ve tüm bu birikimin organizasyonu ve dökümantasyonu! Belki de bir ‘doktora’ çalışmasının bilimsel tarafının ötesinde, geriye kalan en değerli yanı bu süreç. Bu süreçte yanımda olan herkese toplu bir teşekkür bu önsöz.

Öncelikle başından beri bu deneysel çalışmanın önemine inanan ve bana her konuda destek olan, tez danışmanım sayın Prof.Dr.Mehmet Şener Küçükdoğu’ya, çalışmalarım süresince her zaman erişebildiğim, hiçbir konuda yardımını esirgemeyen sayın Prof.Dr.Sermin Onaygil’e, sayın Doç.Dr.Alpin Yener’e, deney setinin oluşturulabilmesi için mekan temini konusunda ve deney süreci boyunca, haftasonları dahil, İTÜ Enerji Enstitüsü’nün her türlü imkanından yararlanmam konusunda gösterdiği anlayış ve hoşgöründen dolayı, sayın Prof.Dr.Hasan Saygın’a, deney setinde kullanılan ‘Aydınlatma Otomasyon Sistemi’ne sponsor olan Türk Philips Ltd.Şti.’nin değerli yöneticilerine, ‘Otomasyon Sistemi’nin’ kurulması aşamasında bizlerle birlikte çalışan ve her türlü teknik desteği sağlayan sayın Engin Cebeci’ye, aydınlatma sisteminin projelendirme sürecinde beraber çalıştığımız sayın Funda (İğdir) Altay’a, deney setindeki parıltı ölçümlerinin gerçekleştirilmesine olan katkılarından dolayı sayın Yrd.Doç.Dr. Önder Güler’e, veri analizi konusundaki danışmanlık hizmetlerinden dolayı sayın Dr.Oktay Özdemir’e, tez çalışmamı tamamlayabilmem için gösterdikleri anlayıştan dolayı Bahçeşehir Üniversitesi Mimarlık Fakültesi’nin değerli yönetici kadrosuna ve tek tek adını sayamadığım, bu deneysel çalışmaya gönüllü olarak katılan herkese çok teşekkür ederim.

Sevgili ailem, her zaman yanımda olduğunuz ve olacağınızı bildiğim için size, gösterdiği özveri ve dostluk için eşim, sayın Dursun Manav’a,

Ve canım kızım Sinem’e, ondan ayırdığım ve çalışmalarına harcadığım bütün zamanlar için, gösterdiği sabır ve tatlı tebessüm için sonsuz teşekkürler.

İstanbul, 2004

Banu MANAV

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
SUMMARY	xiii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
1.1 Problemin Tanımı	2
1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
1.3 Aydınlatmada Fizyolojik-Psikolojik Etkinin Birlikteliği	3
1.4 Çalışmada Araştırılan Konfor Parametreleri	5
BÖLÜM 2. GÖRSEL ALGILAMA, MEKAN ALGILAMA VE AYDINLATMA	6
2.1 Algı ve Görsel Algılama	6
2.1.1 Görsel Algıyı Etkileyen Faktörler	7
2.1.1.1 Görme Olayı, Gözün Eşik Değerleri ve Gözün Spektral Duyarlılığı	8
2.1.1.2 Adaptasyon	11
2.1.1.3 Parıltı kontrastı	12
2.1.1.4 Kamaşma	14
2.1.1.5 İç Yüzeylerin Özellikleri	15
2.1.1.6 Parıltı Oranları	16
2.2. Aydınlığın Niteliği ve Mekan Algılama	20
2.2.1 Aydınlığın Niteliğinin Parametreleri	20
2.2.1.1 Işık Kaynağının ve Yüzeylerin Renk Özellikleri	20
2.2.1.1.1 Işık Kaynağının Renk Sıcaklığı	20
2.2.1.1.2 Işık Kaynağının Renksel Geriverim Özellikleri	22
2.2.1.2 Aydınlık Düzeyi Değişimleri	24
2.2.1.3 Aydınlatma Otomasyon Sistemleri	26
2.2.1.4 Modelleme	27
2.3 Fiziksel Çevre Bileşenleri ve Mekan Algılama	28
2.4 Psikolojik Çevre, Mekan Algılama ve Aydınlatma	29
2.4.1 Ferahlık	30
2.4.2 Rahatlık	31
2.4.3 Görsel Netlik	31
2.4.4 Hoşnutluk	31

**BÖLÜM 3. OFİSLERDE GÖRSEL KONFOR KOŞULLARINI
SAĞLAMAK İÇİN AYDINLATMANIN PSİKOLOJİK ETKİSİ
VE MEKAN ALGILAMA KONUSUNDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR 32**

3.1. Aydınlatmanın Psikolojik Etkileri ve Mekan Algılama Konusunda Yapılmış Çalışmalar	32
3.1.1 Aydınlatma-Biyoritm İlişkisi	35
3.1.2 Görsel Algı ile Duyu Organlarının Birlikteliği ve Mekan Algılama	36
3.1.3 Aydınlık Düzenlemeleri ve Hawthorne Etkisi (Hawthorne Effect)	37
3.2. Aydınlık Düzeyi, Aydınlık Düzenlemeleri ve Mekan Algılama Konusunda Yapılmış Çalışmalar	38
3.3. Parıltı Farkı ve Mekan Algılama Konusunda Yapılmış Çalışmalar	45
3.4. Işık Kaynağının Özellikleri ve Mekan Algılama Konusunda Yapılmış Çalışmalar	49
3.5. Literatür Çalışmalarından Çıkan Sonuçlar	50

**BÖLÜM 4. OFİSLERDE AYDINLIK DÜZEYİ, PARILTI FARKI
VE RENK SICAKLIĞININ GÖRSEL KONFOR KOŞULLARINA
ETKİSİNİ İNCELEYEN BİR MODEL ÇALIŞMASININ TANITILMASI 55**

4.1 Deneyin Amacı	55
4.2 Deney Setinin Tanımı	55
4.2.1. Deney Setinin Kurgusu ve Düzenlenmesi	56
4.2.2. Aydınlatma Tasarımı Hesapları	59
4.2.3. Deney Setinde Kullanılan Aydınlatma Otomasyonu	65
4.2.4 Deneyin Zamanlaması	67
4.2.5 Denek Grubu	67
4.3 Deneyin Adımları	68
4.3.1 Deney Setinde Ölçülen Fiziksel Konfor Koşulları	68
4.3.1.1 Aydınlık Düzeyi Ölçümleri	68
4.3.1.2 Parıltı Ölçümleri	69
4.3.1.3 Parıltı Kontrastı ve Kontrast Geriverim Faktörü Hesapları	71
4.3.2 Deney Setinde Ölçülen Psikolojik Konfor Koşulları	71
4.3.2.1 Aydınlık Düzeyi-Performans Ölçümleri	73
4.3.2.2 Renk Sıcaklığı-Performans Ölçümleri	73
4.3.2.3 Aydınlık Düzeyi-Mekan Algılama İlişkisi	74
4.3.2.4 Renk Sıcaklığı-Mekan Algılama İlişkisi	74
4.3.3 Deneyde Kullanılan Parametrik Olmayan Testler ve Ölçüm Yöntemleri	75

4.4 Yöntemin Değerlendirilmesi	75
4.4.1 Parametrik Olmayan Test Sonuçları	76
4.4.4.1 Wilcoxon İşaret Testi	76
4.4.4.2 Mann Whitney U Testi	79
4.4.4.3 Kikare Testi	80
4.4.2 Psikolojik Konfor Koşullarının Değerlendirilmesi	85
4.4.2.1 Aydınlık Düzeyi-Performans İlişkisinin Değerlendirilmesi	85
4.4.2.2 Renk Sıcaklığı-Performans İlişkisinin Değerlendirilmesi	90
4.4.2.3 Aydınlık Düzeyi-Mekan Algılama İlişkisinin Değerlendirilmesi	92
4.4.2.4 Renk Sıcaklığı-Mekan Algılama İlişkisinin Değerlendirilmesi	93
SONUÇ VE ÖNERİLER	98
KAYNAKLAR	103
EKLER	108
EK- A	108
EK- B	111
EK- C	115
EK- D	123
ÖZGEÇMİŞ	134

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. : Çalışmada araştırılan konfor koşulları	5
Tablo 2.1. : Ofisler için önerilen yansıtma çarpanı değerleri.....	16
Tablo 2.2 : Parıltı değeri oranları (LBR) skalasında kullanılan Munsell Renk Dizgesi değerleri.....	18
Tablo 2.3 : Işık kaynaklarının renksel geriverim sınıfları ve uygulama alanları.....	24
Tablo 2.4 : Ofisler için aydınlık düzeyi (E), kamaşma endeksi (UGR _L).....	26
Tablo 4.1 : Deney setinde kullanılan Uzaktan Kumanda Ünitesi üzerinde aydınlatma senaryolarının sıralaması.....	66
Tablo 4.2 : Deneyin zamanlaması.....	67
Tablo 4.3 : Deneklere ait kişisel bilgiler.....	68
Tablo 4.4 : Yüzeylerin hesaplanan ortalama parıltı değerleri (cd/m ²).....	69
Tablo 4.5 : Modelde araştırılan varsayımlar, değişkenler ve sabit tutulan parametreler.....	72
Tablo 4.6 : Wilcoxon İşaret Testi Sonuçları.....	77
Tablo 4.7 : Mann Whitney U Testi Sonuçları.....	79
Tablo 4.8 : Renk sıcaklığı-mekan algılama ilişkisi için uygulanan Kikare Testi sonuçları.....	82
Tablo 4.9 : Aydınlık düzeyi-mekan algılama ilişkisi için uygulanan Kikare Testi sonuçları.....	83
Tablo 4.10 : Yaş grubu, cinsiyet ve göz bozukluğu ile aydınlık düzeyi tercihleri arasındaki ilişki için uygulanan Kikare Testi sonuçları ..	84
Tablo 4.11 : Artan ve azalan gruplarda soruları cevaplama sürelerinin ve yapılan hata sayılarının ortalamaları.....	85
Tablo 4.12 : Artan ve azalan gruplarda, farklı aydınlık düzeyleri için odadaki aydınlık düzeyinin değerlendirilmesi.....	87
Tablo 4.13 : Farklı aydınlık düzeylerinde odada yansımaya kamaşma durumunun değerlendirilmesi.....	88
Tablo 4.14 : Artan ve azalan sıralamalar için masa üzerinde yansımaya kamaşmanın değerlendirilmesi.....	89
Tablo 4.15 : Farklı renk sıcaklıklarında, artan ve azalan gruplar için sorulara cevap verme hızı ve hata sayısı.....	91
Tablo A.1 : İdeal yüzeyin yansıtma çarpanının hesaplanması	108
Tablo A.2 : Duvar yüzeyi için yansıtma çarpanı hesabı	109
Tablo A.3a : Zemin kaplama malzemesi için yansıtma çarpanı hesabı (açık renkli laminat yüzey).....	109

Tablo A.3b	: Zemin kaplama malzemesi için yansıtma çarpanı hesabı (koyu renkli laminat yüzey).....	110
Tablo A.4	: Tavan kaplama malzemesi için yansıtma çarpanı hesabı	110
Tablo C.1	: Duvar yüzeyinde parıltı ölçümü yapılan noktalar ve kaydedilen parıltı değerleri (cd/m ²).....	116
Tablo C.2	: Duvar yüzeyi parıltı ölçüm noktaları için parıltı kontrastı hesabı....	117
Tablo C.3	: Duvar yüzeyi parıltı ölçüm noktaları için parıltı kontrast geriverim faktörü hesabı (CRF).....	118
Tablo C.4	: Masa yüzeyi- poster üzeri noktasal parıltı ölçümü değerleri.....	120
Tablo C.5	: Masa üzerindeki poster için parıltı kontrastı hesabı.....	120
Tablo C.6	: Masa yüzeyi parıltı ölçüm noktaları için parıltı kontrast geriverim faktörü hesabı (CRF).....	121



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1 : Aydınlatmanın fizyolojik-psikolojik etkileri ve mekan algılama ilişkisi.....	4
Şekil 2.1 : Görme alanı.....	9
Şekil 2.2 : Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından belirlenen fotopik ve skotopik görmede Standart göz için spektral duyarlık eğrileri.....	10
Şekil 2.3 : Fon ve detay arasındaki kontrast farkı	12
Şekil 2.4 : Aynı aydınlatma düzeninde farklı malzemelere bağlı olarak parıltı kontrastındaki değişim	14
Şekil 2.5 : Işık kaynağının, kamaşmanın engellenmesi için çalışma düzlemi üzerindeki konumu	15
Şekil 2.6 : Parıltı ve adaptasyon ilişkisini gösteren grafik	17
Şekil 2.7 : Parıltı değeri oranları çizelgesi (LBR oranları).....	18
Şekil 2.8 : Görsel konfor için fon(zemin) ve detay(şekil) arasındaki parıltı farkı oranları	19
Şekil 2.9 : Aydınlık düzeyi-renk sıcaklığı ilişkisi, Kruithof yasası	22
Şekil 2.10 : CIE 1960 UCS renk diyagramında ölçülen CIE renk örneklerinin konumu.....	23
Şekil 2.11 : Çalışma düzlemi üzerindeki aydınlık düzeyinin değerlendirilmesi..	25
Şekil 3.1 : Aydınlığın niteliğini tanımlayan ve görsel konforu oluşturan parametreler.....	33
Şekil 3.2 : Aydınlatma koşulları, psikolojik yöntem ve kişisel izlenim arasındaki ilişkiyi gösteren, Veitch ve Newsham tarafından geliştirilmiş kuramsal model.....	34
Şekil 3.3 : Aydınlığın gün içindeki değişimine bağlı olarak vücutta oluşan değişim.....	35
Şekil 3.4 : Flynn'in çalışmalarına göre aydınlık düzeyi ve aydınlık düzeyi dağılımına bağlı olarak bir mekanda oluşan izlenimler.....	39
Şekil 4.1 : Deney setinin çalışma öncesindeki durumu.....	56
Şekil 4.2 : Deney setinin farklı aydınlatma senaryoları altında, çalışma süresindeki durumu.....	57
Şekil 4.3 : Deney setinin aydınlatma planı.....	60
Şekil 4.4 : Philips TL-D36W 827 kodlu lambalar kullanıldığında odadaki aydınlık düzeyi dağılımı.....	61

Şekil 4.5	: Philips TL-D36W 840 kodlu lambalar kullanıldığında odadaki aydınlık düzeyi dağılımı.....	62
Şekil 4.6	: Philips TL-D36W 827 ve 840 kodlu lambalar bir arada kullanıldığında odadaki aydınlık düzeyi dağılımı.....	63
Şekil 4.7	: Deney setinde kullanılan armatürlerin teknik özellikleri.....	64
Şekil 4.8	: Deney setinde kullanılan lambaların tayfsal yapılarını gösteren grafikler.....	65
Şekil 4.9	: Lightmaster 100 Sistemini oluşturan elemanlardan uzaktan kumanda ünitesi ve Occuswitch çok amaçlı sensör.....	67
Şekil 4.10	: Duvar yüzeyinde ve poster üzerinde aydınlık düzeyi ve parlıltı ölçümü yapılan noktalar.....	70
Şekil 4.11	: Masa yüzeyinde, poster üzerinde aydınlık düzeyi ve parlıltı ölçümü yapılan noktalar.....	70
Şekil 4.12	: Artan ve azalan gruplarda soruları yanıtlama süreleri.....	86
Şekil 4.13	: Artan ve azalan gruplarda ortalama hata sayısı.....	86
Şekil 4.14	: Aydınlık düzeyi değerlendirmesinin artan ve azalan gruplarda karşılaştırılması.....	88
Şekil 4.15	: Oda içerisinde yansımaya kamaşma değerlendirmesinin her iki sıralama için karşılaştırılması.....	89
Şekil 4.16	: Masa üzerinde yansımaya kamaşma değerlendirmesinin her iki sıralama için karşılaştırılması.....	90
Şekil 4.17	: Renk sıcaklığı ile yapılan hata sayısı arasındaki ilişki.....	92
Şekil 4.18	: Karma renk sıcaklığı olduğu koşulda, aydınlık düzeyindeki değişime bağlı olarak psikolojik konforun etkilenmesi.....	93
Şekil 4.19	: TL-D36W 840 ve TL-D36W 827 kodlu lambalar ve 750 lx aydınlık düzeyi altında, renk sıcaklığına bağlı olarak psikolojik konfor değişimi.....	95
Şekil 4.20	: TL-D36W 840 ve TL-D36W 827 kodlu lambalar ve 1000 lx aydınlık düzeyi altında, renk sıcaklığına bağlı olarak psikolojik konfor değişimi.....	95
Şekil 4.21	: TL-D36W 840 ve TL-D36W 827 kodlu lambalar ve 500 lx aydınlık düzeyi altında renk sıcaklığına bağlı olarak psikolojik konfor değişimi.....	96
Şekil B.1	: 827 kodlu lambalar altında masa üzerindeki aydınlık düzeyi dağılımı.....	111
Şekil B.2	: 827 kodlu lambalar altında masa üzerinde, noktada aydınlık düzeyi dağılımı(E_p).....	112
Şekil B.3	: 840 kodlu lambalar altında masa üzerindeki aydınlık dağılımı.....	113
Şekil B.4	: 840 kodlu lambalar altında masa üzerinde noktada aydınlık düzeyi değerleri (E_p).....	114
Şekil C.1	: Duvar yüzeyinde parlıltı ölçümü yapılan noktalar	115
Şekil C.2	: Duvar yüzeyinde parlıltı ölçümü yapılan noktalar için parlıltı kontrastı.....	116

Şekil C.3	: Duvar yüzeyinde ölçüm yapılan noktalar için hesaplanan kontrast geriverim faktörleri.....	119
Şekil C.4	: Masa yüzeyindeki poster üzerinde parıltı ölçümü yapılan noktalar için parıltı kontrastı.....	121
Şekil C.5	: Masa üzerinde ölçüm yapılan noktalar için hesaplanan kontrast geriverim faktörü.....	122



SEMBOL LİSTESİ

E	: Aydınlık düzeyi
T	: Renk sıcaklığı
°K	: Kelvin, ışık kaynağı için renk sıcaklık birimi
TL-D flüoresan	: Çubuk(tübüler) fluoresan lamba
C	: Parlıltı kontrastı
CRF	: Kontrast geriverim faktörü
L	: Parlıltı değeri
R_a	: Renksel geriverim endeksi
UGR	: Kamaşma endeksi
r	: Yansıtma çarpanı



OFİSLERDE AYDINLIK DÜZEYİ, PARILTI FARKI VE RENK SICAKLIĞININ GÖRSEL KONFOR KOŞULLARINA ETKİSİ: BİR MODEL ÇALIŞMASI

ÖZET

Ofis ortamlarında görsel konfor koşulları sağlandığında, üretim ve performansın arttığı bilinmektedir. Bu çalışmada görsel konfor koşulları sağlanmış bir deney düzeneğinde, farklı aydınlatma senaryolarının performansına olan etkisinin araştırılması hedeflenmiştir.

Sekiz farklı aydınlatma senaryosuna sahip bir deney düzeneğinde fiziksel konfor parametrelerinin uygunluğu araştırılmıştır. Çalışma düzlemi üzerinde ve oda içerisinde kamaşma engellenmiş ve fiziksel konfor koşulları sağlanmıştır. Aydınlik düzeyi, renk sıcaklığı ve parıltı farkı değişken olarak alınmış ve psikolojik konfora olan etkileri araştırılmıştır.

Deney düzeneğinde aydınlatma otomasyon sistemi kullanılmıştır. Çalışmanın kurgusu için üç farklı aydınlık düzeyi (500-750-1000 lx) ve iki farklı renk sıcaklığı (4000°K ve 2700°K) seçeneği kullanılmıştır. Bu koşula ek olarak, iki farklı renk sıcaklığının bir arada olması durumu (4000°K ve 2700°K renk sıcaklığının birlikte kullanılması), iki farklı aydınlık düzeyi (2000 lx ve 500 lx) ile birlikte ölçülmüştür. Oluşturulan deney setinde, ofisler için aydınlık düzeyi ve renk sıcaklığının performansına olan etkisi, renk sıcaklığının psikolojik konfora olan etkisi ve parıltı farkının psikolojik konfora olan etkisi sırasıyla, herbir parametrenin tek tek sabitlenebildiği koşul için araştırılmıştır.

Denek grubu, rasgele seçilmiş 56 ofis çalışanından oluşmaktadır. Araştırma yöntemi olarak parametrik olmayan istatistiksel testler; Mann Whitney U Testi, Wilcoxon İşaret Testi ve Kikare Testi kullanılmıştır. Test sonuçları, nesne ve çevre alan arasındaki parıltı farklarının aydınlık düzeylerine oranla çok daha önemli bir kriter olduğunu göstermektedir. Aydınlik düzeylerindeki değişim süresince, nesne ve çevre alan arasındaki parıltı farkları kamaşmaya neden olmadığı sürece, mekan ‘rahat’ olarak tanımlanmıştır. 4000°K renk sıcaklığı, 2700°K renk sıcaklığına göre, ‘ferahlık’ hissini kuvvetlendirdiği ve daha ‘rahat’ hissedildiği için tercih edilmiştir. 4000°K renk sıcaklığında, üç farklı aydınlık düzeyinde (500-750-1000lx), nesne-çevre alan arasındaki kontrast farkı daha iyi algılanmıştır. Parıltı değerlerinin 2700°K renk sıcaklığında arttığı ve sıcak renklerin daha doymuş olarak algılandığı görülmüştür. 500lx ve 2000lx aydınlık düzeylerinde konfor koşulları araştırıldığında, 2000lx aydınlık düzeyi, parıltı farklarındaki ani artışa bağlı olarak tercih edilmiştir, mekan daha ferah ve konforlu olarak tanımlanmıştır. Uygulanan test sonuçları, yaş etkeninin performans ölçümlerinde önemli bir kriter olduğunu, cinsiyet farkı ve göz bozukluğunun performansla ilişkisinin olmadığını göstermektedir.

EFFECTS OF ILLUMINANCE LEVEL, COLOR TEMPERATURE AND LUMINANCE ON VISUAL COMFORT CONDITIONS AT OFFICE SETTINGS: A MODEL STUDY

SUMMARY

In an office setting productivity and performance increase when visual comfort conditions are satisfied. This statement is the main goal for the experimental study. In a test office, physical comfort conditions are satisfied and the role of different lighting scenarios on performance is investigated.

A full scale room that has eight different lighting scenarios was prepared. Measurements were taken and luminance ratios were calculated. Physically visual comfort conditions were achieved by means of avoiding glare on the working surface and within the room. The dependent variables in the study are illumination level, color temperature and luminance difference.

The lighting control system of the model is automatic and is flexible for 3 different illumination levels (500-750-1000 lx) and 2 different color temperatures (4000°K and 2700°K). Also the combination of two color temperatures (4000°K and 2700°K together) with two different illumination levels (2000lx and 500lx) were tested in the study. The effects of illuminance level and color temperature on performance, the effect of color temperature on psychological comfort, the role of luminance difference on psychological comfort conditions for office settings were calculated individually.

56 randomly selected office workers participated in the experimental study. Data was analyzed by non parametric statistical tests; Mann Whitney U Test, Wilcoxon Signed Test and Chi-square Test. Results indicate that, visual comfort conditions depend on the luminance ratio differences between task-background in addition to the illuminance levels. When illuminance is increased or decreased, as long as luminance ratio limits are in acceptable limits, glare is avoided and the space is perceived as 'comfortable'. 4000°K color temperature was preferred to 2700°K by means of increasing spaciousness and being more comfortable. Also, under 4000°K color temperature, for 500-750-1000lx illumination levels, task-background contrast was perceived better. Luminance values have increased for task and background under 2700°K color temperature, warm colors were perceived as more saturated. When comfort conditions were investigated for 500lx and 2000lx illumination levels, 2000lx was preferred due to the result of an increasement in luminance values and the space was perceived as more spacious and comfortable. Test results indicate that age is an important criteria for performance, however the effects of gender and eye defects can be negligible.

BÖLÜM I. GİRİŞ

Aydınlatma tasarımında, görsel konfor koşulları sağlanmalıdır. Görsel konfor, fizyolojik ve psikolojik konforun bir arada olduğu koşulda gerçekleşmektedir. Fizyolojik konfor, aydınlatmanın ölçülebilen büyüklükleriyle (nicelik), psikolojik konfor ise, aydınlatmanın algılanan büyüklükleriyle (nitelik) ilgilidir.

Işık kaynaklarının, aydınlatma elemanlarının teknik özellikleri, mekan içindeki konumu, bina tipolojisine ve kullanıcı gereksinimlerine uygun olmalıdır. Kullanıcı gereksinimlerinin yerine getirilebilmesi, psikolojik konforun sağlanması açısından gereklidir.

Psikolojik konfor, aydınlatma-biyoritm, hormon ve sinir sistemi etkileşimi ile de ilgilidir. Bir aydınlatma sistemi, birincil ve ikincil hislerin oluşmasına neden olur. Fiziksel çevrenin etkisiyle bilgi toplama süreci başlar. Çevreden gelen uyartılardan, sinir sistemi etkilenir ve algılama süreci başlar. Bu süreçte karanlık, aydınlık gibi birincil hisler oluşur. Bu gibi hisler genellikle herkeste benzer etkileşimler sonucunda görülür. Birincil hislere zihinsel süreçlerin etkisi sonucunda ürkütücü, kasvetli, ferah, rahat gibi ikincil hisler ortaya çıkar. İkincil hisler, fiziksel çevre etkisine karşı oluşan tepkiler olduğu için, kişiden kişiye farklılık gösterir, biliş ve algının beraberliğiyle birçok öge birleşir, deneyimler, eğitim düzeyleri, kültür farkları, cinsiyet ayrımları, belli konulardaki kabul ve inanışlar ve benzeri etkenler aydınlatmayla ilgili tercihlerde etkili olur ve hormon sistemi etkilenir. Sinir ve hormon sistemindeki bu etkileşime bağlı olarak bir mekan, karanlık, aydınlık, güzel gibi çeşitli sıfatların yardımıyla tanımlanır, korku, heyecan, dinginlik gibi çeşitli izlenimler oluşur.

Aydınlatmada, fizyolojik ve psikolojik etkileşimin öneminin bilinmesi ve tasarıma yansıtılması gerekmektedir. Ofis tasarımında da, kullanıcı gereksinimlerini fizyolojik ve psikolojik açıdan karşılayarak motivasyonu ve üretimi arttırmaya yönelik uygulamalar yapılmalıdır. Bu konuyla ilgili araştırma sonuçları, bilimsel bulguların mimari tasarımda uygulanması açısından gereklidir.

Bu çalışmada, ofis ortamlarında, aydınlatmanın psikolojik ve fizyolojik etkisinin önemi ve performansla olan etkisi araştırılmaktadır. Bu amaca uygun olarak çalışma aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir;

İkinci bölümde, görsel algılama, mekan algılama ve aydınlatma konusunda, çalışmada araştırılan temel kavramlar açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, ofislerde görsel konfor koşullarını sağlamak için aydınlatmanın psikolojik etkisi ve mekan algılama konusunda yapılmış çalışmalar incelenmiş, literatür çalışmalarından çıkan sonuçlar özetlenmiştir.

Dördüncü bölümde, ofislerde konfor koşullarını sağlamak amacıyla düzenlenmiş deneysel çalışmalar anlatılmıştır. Deney seti tanıtılmış, deneyin adımları açıklanmış, ölçülen konfor parametreleri ve ölçüm yöntemleri incelenmiştir.

Beşinci bölümde, deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar özetlenmekte ve konuyla ilgili araştırma önerileri verilmektedir.

1.1 Problemin Tanımı

Ofis tasarımında, iç mekan ve mimariyle ilgili öğeler bir arada düşünülmelidir. Bu öğelerden bir tanesi olan ‘aydınlatma’; algı teorileri, çevresel psikoloji çalışmaları ve mimari etkileri ile birlikte ele alındığında, algılama ve mekan değerlendirmede etkili olur. Bu süreçte kişiye bağlı estetik kararlar ile, kişiden bağımsız kararlar bulunmaktadır. Kişiye bağlı estetik kararlar, kişisel tercihlerdir. Kişiden bağımsız kararlar ise, belli bir yargıya dayanan, çeşitli bulgularla ortaya çıkan, çeşitli araştırma yöntemleri kullanılarak, ölçümler sonucunda gelişen tasarım ölçütleridir [1].

Ofis tasarımında, kullanıcı grubun özelliklerini belirleyebilmek, beklentilerini saptamak ve yerine getirebilmek, o tasarımın başarısı açısından hiç şüphesiz ki gereklidir. Bu nedenle, uygulamaya yönelik çalışmalarda, kişisel farklar araştırılmalıdır. Kişilerin gelişim süreçlerinde karşılaştıkları olaylar, eğitim düzeyleri, yaşları, cinsiyetleri, kültür farkları, yaşadıkları coğrafi bölgelerin özellikleri, çeşitli beklentilerin oluşmasını sağlar [2-7]. Uygulamaya yönelik, aydınlatma ve algılama konularını araştırarak bir çalışma, kişilerle yapılmalı ve kişisel farklar araştırılmalıdır. Mekan algılamasını araştırarak çalışmalarda, ölçüm yöntemleri olarak anket çalışmaları yapıldığı, anlamsal farklılık derecelendirmesi uygulandığı,

istatistiksel değerlendirme yöntemlerinde parametrik olmayan testlerin kullanıldığı görülmüştür [8-13].

1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Çalışmada, gün ışığı etkisinden yoksun ofis ortamlarında konfor koşullarının farklı aydınlatma senaryolarına bağlı olarak değişimi araştırılmaktadır. ‘Konfor’ koşullarını sağlayan parametreler, ‘fizyolojik konfor’ ve ‘psikolojik konfor’ olarak tanımlanmıştır. Fizyolojik olarak konfor koşullarının sabit tutulduğu bir deney düzeneğinde, parıltı farkı, aydınlık düzeyi ve lambaların renk sıcaklığına bağlı olarak psikolojik konfor koşullarındaki değişim araştırılmaktadır.

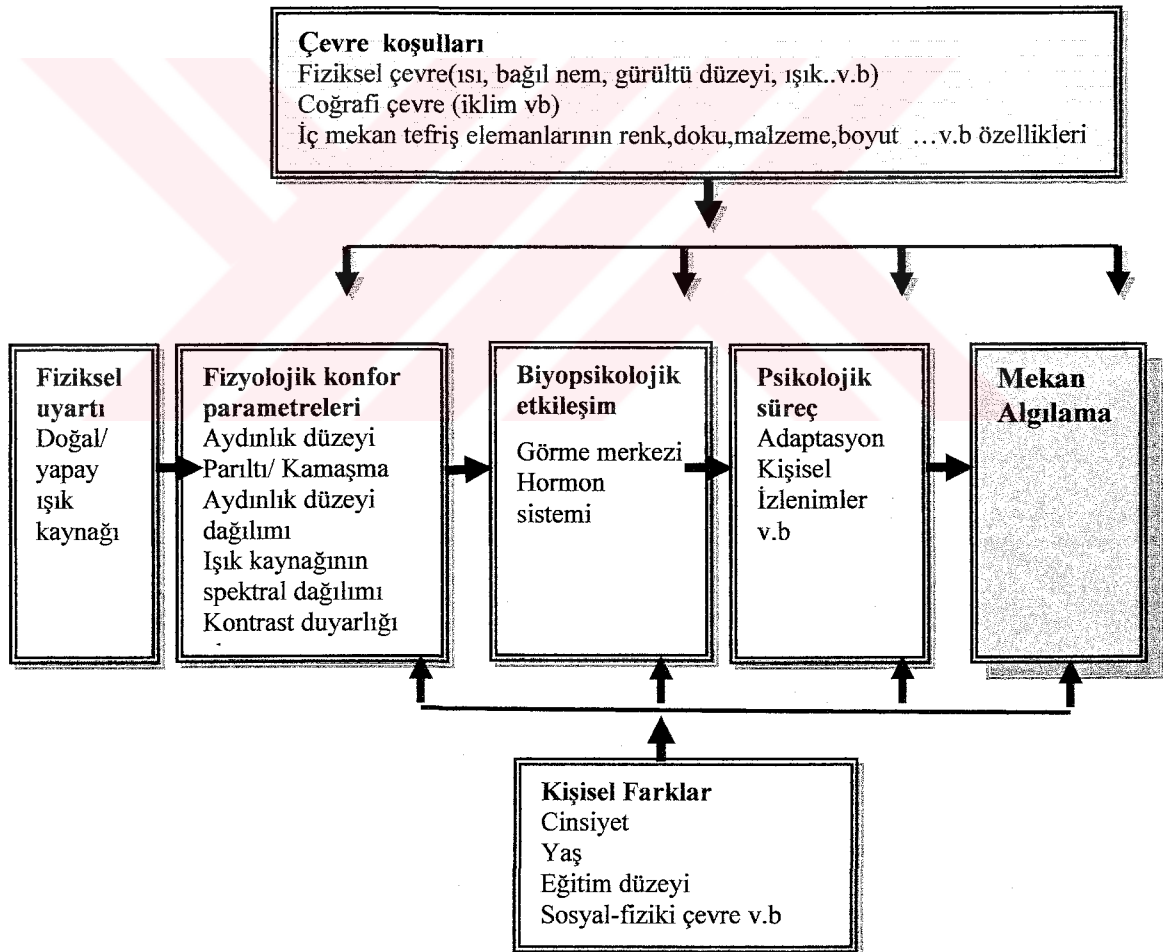
Pencerelerden gelen günışığının girişinin engellendiği, tek kişilik büro düzenine uygun olarak hazırlanmış bir deney düzeneğinde, üç farklı aydınlık düzeyi ve iki farklı renk sıcaklığı ile sekiz farklı aydınlatma senaryosu oluşturulmuştur. Sistem, lambaların uzaktan kumanda ile loşlaştırılabilmesine, farklı aydınlık düzeylerinde sabitlenebilmesine ve çalışmadaki değişkenlerin her bir senaryo için araştırılabilmesine olanak tanımaktadır.

Deney düzeneğinde ölçülen konfor parametreleri, tek değişkenin, sırasıyla aydınlık düzeyi, parıltı farkı ve renk sıcaklığı olduğu koşullar için araştırılmaktadır. Performans ölçümleri, lambaların renk sıcaklığına bağlı olarak da araştırılmaktadır.

1.3 Aydınlatmada Fizyolojik-Psikolojik Etkinin Birlikteliği

Aydınlatmada fizyolojik-psikolojik etkinin birlikteliği, konfor parametreleriyle bir arada düşünülmesi gereken tasarım ilkelerindendir. Işık kaynağının özelliklerine bağlı olarak, gözün eşik değerleri, görme hızı etkilenir, görme eylemi gerçekleşir, adaptasyon, kamaşma, kontrast duyarlılığı, renk görme, şekil duyarlılığı gerçekleşir. Işıkla olan bu etkileşime vücudumuz da tepki verir, göze gelen ışık miktarına, ışığın geliş doğrultusuna, ışık kaynağının renksel özelliklerine, mekan içindeki aydınlık düzeyi dağılımları ve gölge oluşumuna göre fiziksel rahatsızlıklar gerçekleşebilir, ‘fiziksel konfor’ etkilenebilir. Vücudumuzun ışığa tepkisi hormon ve sinir sistemlerinin etkilenmesi şeklinde de olur, ortamdaki aydınlık düzeyine bağlı olarak hormon sisteminde değişim gözlemlenebilir, sinir hücreleri yardımıyla beyne ulaşan sinyaller değişebilir [13-17]. Bu durum, kas hareketlerini ve aktivite düzeyini de etkilemektedir. Çalışma koşulları ve çalışma saatlerindeki değişime bağlı olarak,

Bu fiziksel ve hormon sisteminin etkileşimine bağlı olarak, kişi fiziksel uyartılardan etkilenebilir, ‘biyolojik-psikolojik (bio-psychological)’ etkileşim gerçekleşir ve içinde bulunduğu mekânı çeşitli sıfatlar yardımıyla tanımlayabilir. Bu sıfatlar, kişi-mekân arasındaki etkileşimi tanımlayan olumlu veya olumsuz yargılar şeklindedir. Bu yargıların oluşumunda, kişilerin eğitim düzeyi, yaş, cinsiyet, içinde bulunduğu fiziki ve sosyal çevre koşullarının etkisi vardır. Aydınlatmada fizyolojik-psikolojik etkinin birlikteliği ve mekân algılamaya olan etkisi Şekil 1.1 de şematik olarak gösterilmektedir.



4

1.4 Çalışmada Araştırılan Konfor Parametreleri

Çalışmada görsel konfor koşulları, farklı aydınlık düzeyi ve farklı renk sıcaklıkları için araştırılmaktadır. Araştırılan konfor koşulunun, aydınlık düzeyi olduğu durumda, lambaların renk sıcaklığı, renksel geriverim özellikleri, armatürlerin konumu, ışık akısı, ışık şiddeti, odadaki aydınlık düzeyi dağılımı, mekandaki mobilyaların konumu ve mekanın boyutları sabit tutulmaktadır.

Araştırılan konfor koşulunun renk sıcaklığı olduğu durumda, odadaki ve çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyi, lambaların renksel geriverim özellikleri, armatürlerin konumu, ışık akısı, ışık şiddeti, odadaki aydınlık düzeyi dağılımı, mekandaki mobilyaların konumu, mekanın boyutları sabit tutulmaktadır. Çalışmada ölçülen konfor koşulları, değişkenler ve sabit tutulan parametreler Tablo 1.1de verilmiştir.

Tablo 1.1 Çalışmada araştırılan konfor koşulları

Konfor Koşullarını Arttırmak İçin Araştırılan Parametreler	Çalışmadaki Değişkenler	Çalışmada Sabit Tutulan Parametreler
Rahat görme (iyi görme koşullarının sağlanması, kamaşma kontrolü) ve performans	Aydınlık düzeyi (E) *500-750-1000lx *500-2000lx	Lambaların renk sıcaklığı, Lambaların renksel geriverim özellikleri Işık akısı Işık şiddeti Aydınlık düzeyi dağılımı Mekandaki tefriş elemanları Mekanın boyutları
Kişisel izlenimler (psikolojik konfor) mekanın algılanan fiziksel büyüklüğü, rahatlık, hoşnutluk, özel parıltı ve performans	Lambaların renk sıcaklığı (°K) *2700°K *4000°K *karma renk sıcaklığı	Aydınlık düzeyi Lambaların renksel geriverim özellikleri Işık akısı Işık şiddeti Aydınlık düzeyi dağılımı Mekandaki tefriş elemanları Mekanın boyutları

BÖLÜM II. GÖRSEL ALGILAMA, MEKAN ALGILAMA VE AYDINLATMA

Bu bölümde, görsel algılama, mekan algılama ve aydınlatma konusuyla ilgili kavramlar tanımlanacaktır.

2.1 Algı ve Görsel Algılama

Algı, duyu organları yardımıyla çevreden edinilen duyumların, bellekte gerçekleşen tasarımlarıdır. Algılama ‘duyularla farkına varmak’ ve ‘akıl yoluyla bilgi almak’ olmak üzere iki şekilde gerçekleşir ve bu oluşumda kişisel farklar, insan-çevre ilişkileri etkin rol oynar, kişi, çevresinden amaçlarına uygun olarak bilgi toplar [1].

Algı, yaşadığımız çevre içerisinde yer alan canlı-cansız mekanizmalar ve duyu organlarımız tarafından şekillenmektedir. İnsan nesnelerin değerini, özelliklerini, anlamını, farklılığını onları kavrayarak öğrenir ve özelliklerine göre gruplara ayırır. Algılamada seçicilik vardır, önceden edinilen bilgilere dayanarak, çevre ile ilişki kurulur. Algılanan nesne hakkındaki düşüncelerimiz, davranışlarımızın temelini oluşturur [18].

Algılamadaki süreklilik, insan ve çevre arasındaki etkileşim ve iletişimin sürekliliğini gerektirmektedir. ‘Biliş yeteneği’, deneyimler ve yaşanılanlar, algılama mekanizmasında etkili olmaktadır. Biliş, bilginin birikimi, organizasyonu ve depolanması ile ilgili bir süreçtir. Biliş yeteneği, düşünme, öğrenme, hatırlama, hissetme ve zihinsel gelişim ile ilgilidir. Biliş yeteneği, çevrede gelişen olaylardan etkilenmeyle, bu olaylarla ilgili olumlu-olumsuz yargılar belirtmekle ilgilidir. Çevredeki olayların yorumlanması, öncelik sırası, hafızada iz bırakması ve benzer konular, biliş yeteneği ile ilgili temel kavramlardır. Biliş yeteneğinin yardımıyla, yaşanılan olaylar, geçmişte olan benzer olaylardan etkilenecek gruplandırılır. Genelleme, anlık olarak, çevreden gelen duyumları genelleme veya duyumlara verilen tepkileri genelleme şeklinde olabilir. Biliş yeteneğine bağlı oluşan algılama, mekan tanımlamaya yönelik davranışlar üzerinde etkilidir [18].

Duyu organlarından göz ve görsel algı, tüm algı mekanizmasının %95 lik bir bölümünü oluşturur ve diğer duyu organları ile birlikte çalıştığı koşulda ‘mekan algılama’ gerçekleşir. Algılama sürecinde önemli bir yere sahip olan görsel algılama ve göz, dakikada sınırlı sayıda nesneyi tarar, görür, algılar ve sınırlı sayıda bilgiyi depolar. Çevreyi tarayan göz, öncelikle ilgisini çeken olaylar, nesneler üzerinde yoğunlaşır, odak noktalarının hiyerarşisi bulunmaktadır, bir mekanda bulunan her öge eşit derecede dikkati çekmez. Bu sıralamada, kişisel farklar, nesnelerin hareket halinde bulunması, parlıltı değerleri, kontrast farkı, nesnelerin form, doku, renk gibi özellikleri etkili olur [18-19].

2.1.1 Görsel Algıyı Etkileyen Faktörler

Görsel algı, bir nesne veya yüzeyin belli bir ışık kaynağı altında aydınlatıldığı koşulda gerçekleşmektedir. Görsel algının tamamlanabilmesi için, aydınlatılan nesne-yüzey, görme alanı içinde bulunmalı ve aydınlatılan nesne ile ilgili mesajlar, göz ve sinir hücreleri aracılığıyla beyne iletilmelidir.

Görsel algılamada görsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için, aydınlatma tekniğindeki bazı fiziksel kuralların yerine getirilmesi gerekir. Bu kurallar şöyle sıralanabilir; bir bütüne ait tüm ayrıntılar ve parçalar rahatça görülebilmeli, renk ve renk ayrımları, yüzey biçimleri, iki-üç boyutlu dokular ve yüzey özellikleri, hareket halindeki bir nesneye ait doğrultu, yön, hız gibi özellikler doğru algılanmalıdır.

Gözün çevreden bilgi toplaması her birey için farklı şekilde oluşmaktadır, bunun sebebi, olayların önem derecesinin kişilere göre farklılık göstermesidir. Saniyede yaklaşık otuz farklı imaj yakalayan gözümüz, bu bilgileri sinir hücreleri yardımıyla, depolanmak ve yorumlanmak üzere beyne iletir [20]. Gözün, hareketli bir organ oluşu bakış açısının sürekli değişimine sebep olur. Bakış açısına göre, bakılan nesneden göze ve beyne iletilen mesajlar farklılık göstermektedir. Bir bütün, bütünün parçaları, detaylar şeklinde algılama gelişir. Bu şekilde çevredeki yüzey ve nesnelerin görsel analizi yapılırken, ışığın etkisi de düşünülürse, görme alanı içinde kalan nesne/yüzeylerin üzerine düşen ve nesneden yansıyan ışık miktarı, bu ışığın şiddeti, renksel özellikleri, konumu ve ışık dağılımı, nesne-çevre alan arasındaki parlıltı oranları, kontrast farkı, adaptasyon süreci ve gözün uyum yeteneği, aydınlık düzeyi dağılımına bağlı oluşan gölge etkisi ve benzeri nitelikler mekanı kullananların psikolojik-fizyolojik özellikleri, görsel algılamada önemli rol oynamaktadır.

Nesnelerin gözlemciye olan uzaklığına, yüzey özelliklerinin pürüzlü, parlak, mat, saydam, renkli, canlı olması koşullarına göre algılama değişecektir. Sadalla ve Oxley tarafından yapılan bir araştırmada, mekanların geometrik özelliklerinin görsel algılamada etkili olduğu, planı dikdörtgen şeklinde olan mekanların aynı metrekaresine sahip planı kare olan mekanlara oranla 'daha geniş ve ferah' algılandığı sonucuna varılmış ve mekan algılamada fark yaratan etkenler şöyle sıralanmıştır; dikdörtgen şeklindeki mekanların yüzey alanı, kare şeklindeki mekanlara göre daha fazladır ve göz daha geniş bir alanı taramaktadır. Bu durum, çevresel psikoloji kavramları ile ilgili olan 'kalabalık, mahremiyet' gibi durumları etkilemekte ve mekan 'daha ferah' olarak algılanmaktadır [21].

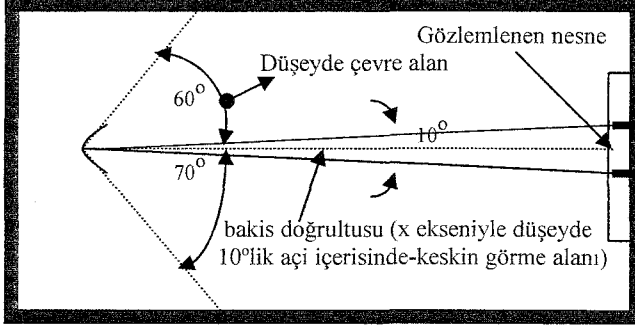
Mekanın boyutlarının algılamaya etkisini araştıran bir başka çalışmada, bakış noktası ve bakış doğrultusunun önem taşıdığı sonucuna varılmıştır. Dikdörtgen şeklindeki bir mekanın kısa kenarını gözlemlemekle, uzun kenarını gözlemlemek, uzun kenar (l)/ kısa kenar (w) oranını değiştirdiği için algılamayı etkilemektedir. Mekanların daha 'geniş, rahat, kasvetli' gibi tanımlarla ifade edilmesinde H (arka duvarın yüksekliği)/ D (arka duvara olan mesafe) oranının etkili olduğu da bilinmektedir [22]. Geometrik özellikleri ve ölçüleri birbirinden farklı mekanlar, H/D oranları aynı ise, benzer şekilde algılanabilir.

Öznel ve nesnel faktörlere bağlı olarak görsel algı değişmektedir. Bu değişim, bakılan nesne/yüzeyin sahip olduğu anlam, bakan kişinin gözlemlenen nesneyi önceden tanımış olması (biliş yeteneği), kültür düzeyi, yaş, beklentiler, gibi kişisel farklar şeklinde belirlenmektedir. Gözlemlediğimiz her şey bir anlama sahiptir. Bu açıdan bakıldığında 'anlam' ve 'algı' birbiriyle bir ilişki içindedir. Bu ilişki sonucunda oluşan 'yorum', bireysel ve öznel olarak bir görünüm için olan tanımlamadır. Görünen nesne, uyarıcı ve yorum, görsel algıyı etkilemektedir [1].

2.1.1.1 Görme Olayı, Gözün Eşik Değerleri ve Gözün Spektral Duyarlılığı

Görme olayının gerçekleşmesi için, bir nesneden gelen ışık demetinin gözün saydam tabakasından, ön odadan, mercekten, camsı sıvıdan geçerek, göz küresinin arka tarafında bulunan ağtabakaya erişmesi gerekmektedir. Ağtabaka üzerinde bulunan, ışığa duyarlı koniler ve çomaklar, gelen ışık enerjisini görme sinirleri aracılığıyla beyne iletir. Bu sürecin sonucunda biz o nesneyi görürüz [23-25]. Görme olayı, ancak görme alanı içine düşen nesnelerin görüntüsünün net bir şekilde algılanması

şeklinde gelişir. Gözümüz, düşeyde 130° , yatayda 120° lik bir alanı tarar. Bu alan içinde, her nokta aynı netlikte algılanmaz. En net ve keskin görme, ağtabakanın ortasında ve göz ekseninin ağ tabakayı kestiği noktada bulunan fovea'da gerçekleşir, gözün bu bölümünde yalnızca koniler bulunur. Şekil 2.1, bakış doğrultusunun içinde kalan, düşey düzlemdeki çevre alan ve gözlemlenen nesneyi göstermektedir.



Şekil 2.1 Görme alanı [26;sayfa 7]

Gözümüz, çok farklı aydınlık düzeylerinde görme işlevini sürdürür. Düşük aydınlık düzeyi ve parıltı (luminance) olduğu koşulda çomaklar, yüksek aydınlık düzeyi ve parıltılarda koniler görev yapar.

Konilerle meydana gelen görmeye *gündüz görmesi* veya *fotopik görme* (photopic vision) adı verilir. 3 cd/m^2 den büyük parıltı değerlerinde gündüz görme gerçekleşir ve 30° lik bir açı içinde kalan bölgedeki nesnelerin görüntüsü net olarak algılanır. Yalnız konilerin görev yaptığı bu koşul renkli ve hassas görme durumudur. Fovea'dan uzaklaştıkça, konilerin sayısında azalma, çomakların sayısında ise artış olur. Sarı lekeden uzaklaştıkça çomakların yoğunluğu artar, ağtabakanın sarı leke dışında kalan bu bölümüne *çevre alan* denir [24].

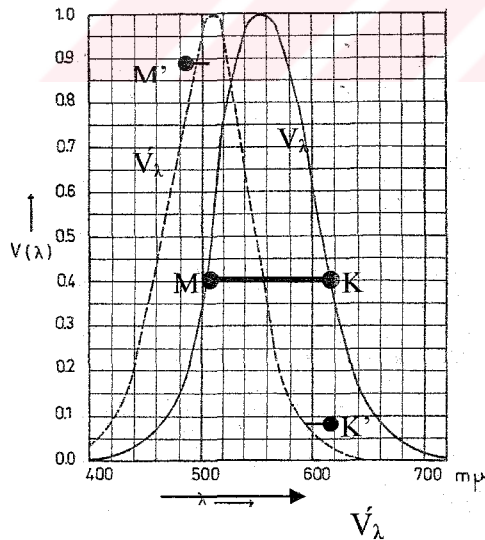
Çomaklarla olan görmeye *gece görmesi* veya *skotopik görme* (scotopic vision) denir. Gece görme eyleminin gerçekleşmesi için $0,001 \text{ cd/m}^2$ lik bir parıltı değerine ihtiyaç vardır. Aydınlık düzeyi ve buna bağlı olarak parıltı değeri arttıkça, koni hücreler de çalışmaya başlar ve renk görme eylemi gerçekleşir. Koni ve çomakların bir arada çalıştığı bu koşula karma görme koşulu (mesopic vision) denir [25].

Görme eylemini açıklayan teorilerden günümüzdeki kabule göre görme olayı, fotokimyasal bir tepki ile buna eşlik eden kimyasal tepkiler yardımıyla açıklanır. Bu tepkide aktif olan maddeler, örneğin çomakların retina purpuru (rodopsin), ışığın etkisi ile retinen ve opsin maddelerine ayrışır, bunlar da kısmen A vitaminiyle

birleşir. Karanlıkta rodopsin tekrar oluşur, ilk fotokimyasal tepki bir sıra duyulanma meydana getirir ve bunlar beyne iletilir. Konilerdeki tepkiler de benzer şekilde açıklanmaktadır [24].

Gözümüz bütün ışınlar karşı aynı derecede duyarlı değildir. Gözün çeşitli radyasyonlar karşı duyarlık derecesi, spektral duyarlık ile ifade edilir. Gündüz görmesinde konilere ait V_λ eğrisi, gece görmesinde ise çomaklara ait V'_λ eğrisi geçerlidir. Koni eğrisi 555 nm (sarı-yeşil renk) noktasında, çomak eğrisi ise 510 nm (yeşil-mavi renk) noktasında en büyük değerine ulaşır. Şekil 2.2 de Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'na göre gündüz ve gece görmede standart göze ait spektral duyarlık eğrileri görülmektedir [24,25].

Çomaklar, kısa dalga boyundaki ışıkları, konilere göre daha kuvvetli, uzun dalga boyundaki ışıkları ise daha zayıf değerlendirdiklerinden çeşitli renklere karşı farklı aydınlıklarda duyarlıdırlar. Bu olaya *Purkinje Olayı* denir. Bu etkileşimi Şekil 2.2 deki göze ait spektral duyarlık eğrileriyle açıklamak mümkündür. Gündüz görmesinde mavi ve kırmızı alanlar eşit spektral duyarlıkla alınmaktadır (V_λ eğrisinde **M** ve **K** noktaları), ancak aydınlık düzeyi azaldığında, mavi rengin spektral duyarlığı artarken, kırmızı rengin duyarlığı azalmaktadır (V'_λ eğrisinde **M'** ve **K'** noktaları). Karma görme durumunda, *Purkinje Olayı* düşünmek gerekmektedir.



- V_λ Bağlı görme faktörü
- V'_λ Spektral rengin dalga uzunluğu
- Gece görmesi
- Gündüz görmesi

Şekil 2.2 Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından belirlenen fotopik ve skotopik görmede Standart göz için spektral duyarlık eğrileri [24-25]

Aydınlık düzeyindeki ani değişime bağlı olarak gözün spektral duyarlılığı etkilenir, mekanda içindeki aydınlık düzeyi dağılımlarına, kullanılan ışık kaynağının tayfsal yapısına dikkat edilmelidir. Soğuk ışık kaynakları bir mekanda düşük aydınlık düzeylerinde kullanıldığında soğuk bir etki yaratır. Tayfsal yapıyı gösteren grafikler (spectral distribution diagrams) incelenerek, tayfsal yapısı sürekli ve düzgün olan, kırmızı dalgaboyunda enerjisi olan lambaları kullanmak, bir mekanda sıcak etki yaratmak için önerilebilir [24].

Ofis ortamlarında farklı yaş gruplarındaki kişilerin bir arada çalıştığı düşünülürse, gözün yapısında meydana gelen ‘fiziksel bozukluklar’, aydınlatma tasarımında düşünülmesi gereken konulardır. Farklı aydınlık düzeylerine duyarlı olan gözün, yaşlanmaya bağlı olarak bu yeteneğinde azalma görülür. Bu sorun, çalışma ortamlarındaki aydınlık düzeyini artırarak, buna bağlı fon-detay arasındaki kontrast farkını çoğaltarak engellenebilir, gözün görüş keskinliği artırılabilir [26].

2.1.1.2 Adaptasyon

Gözün farklı aydınlık düzeylerine uyum yapma yeteneğine ‘adaptasyon’ denir. Adaptasyon, ‘karanlık adaptasyonu’ ve ‘aydınlık adaptasyonu’ olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Karanlık adaptasyon, yüksek aydınlık düzeyinden düşük aydınlık düzeyine geçiş durumunda oluşmaktadır. Göze giren ışık miktarındaki ani düşüşe bağlı olduğu için, orta ve yüksek aydınlık düzeylerinde çalışan koni hücrelerinin bu sürece uyumu yavaş olur. Karanlık adaptasyonunun maksimuma ulaştığı duruma bir saat içinde erişilir [24]. İlk birkaç dakika içinde, göz bebeği çapında yaklaşık 10 kat bir büyüme olur, koniler de karanlık uyumuna katılır ve baştaki duyarlılığın yaklaşık 100 katı bir duyarlılığa erişilir [23].

‘Aydınlık adaptasyonu’, yani karanlık bir yerden aydınlık bir yere geçiş durumunda, gözün aydınlığa uyma olayı, kısa sürede gerçekleşir. Koniler bir anda işlev görmeye başladıklarından, kısa bir süre için gözde yanma veya batma hissi olabilir, ancak birkaç dakika içerisinde, gözün ortama uyum süreci tamamlanır ve adaptasyon gerçekleşir.

Ofis ortamlarında aydınlık düzeyleri arasında fark bulunan bölgelerde, ‘adaptasyon’ durumu düşünülmelidir. Aydınlık bir bölgeden karanlık bir bölgeye geçişte, gözün ortama uyum sağlaması ve görsel konforun azalmaması için belli bir sürece ihtiyaç vardır. Görsel uyum sürecinin hızlanması ve adaptasyon sürecindeki algılama

güçlüklerinden kaçınmak için, düzgün yayılmış bir aydınlık düzeyi (E) altında, aydınlık düzeyi kontrollü bir şekilde azaltılabilir veya yükseltilebilir. Düzgün yayılmış bir aydınlık düzeyi ile adaptasyon güçlüklerinden de kaçınmak mümkündür.

2.1.1.3 Parıltı kontrastı

Gözümüz cisimleri yakın çevreleri ile aralarında oluşan aydınlık-karanlık farklarına göre ayırt etme yeteneğine sahiptir. Bir cisme ait parıltı kontrastını (luminance contrast) bulmak için, aşağıdaki formül kullanılmaktadır [25];

$$C = \left| \frac{L_t - L_b}{L_b} \right| \quad (3.1)$$

Yukarıdaki eşitlikte;

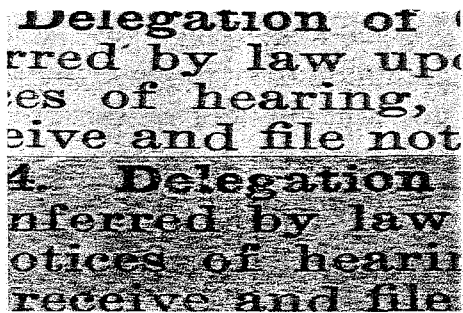
C= Parıltı kontrastını,

L_t = gözlemlenen parçaya ait parıltı (cd/m^2)

L_b = bir cismin fon parıltısını (cd/m^2) göstermektedir.

Ofis ortamında herhangi bir eylem için bu eşitlik düşünüldüğünde, L_t sayfa üzerinde siyah renkteki harfler ve L_b sayfa olarak hesaplanabilir veya görme alanı içinde gözlemlenen nesne (örneğin çalışma düzleminin karşısındaki duvara asılı bir resim) ve yakın çevresindeki alan olarak hesaplanabilir.

Parıltı kontrastını arttırmak, görme eylemini kolaylaştırır. Belli bir detay (nesne) ve fona ait parıltı kontrastı, aydınlık düzeyini (parıltı değerlerini) yükselterek veya nesneye (detaya) ait baskı niteliklerini iyileştirerek arttırılabilir. Şekil 2.3 de fon ve detay arasındaki kontrast farkının, baskı kalitesini iyileştirilerek arttırılabildiği ve harflerin daha rahat okunduğu görülmektedir.



Şekil 2.3 Fon ve detay arasındaki kontrast farkı [29; sayfa no:7]

Parıltı kontrastını etkileyen ve konfor koşullarını azaltan yansımaların büyüklüğünü hesaplamak, kullanılan ışık kaynağının parıltı kontrastına etkisiyle ilgili bir yargıya varmak mümkündür. Bu durumda kontrast geriverim faktörü hesaplanır.

Kontrast geriverim faktörü 'referans' bir ışık kaynağıyla, herhangi bir ışık kaynağı altındaki görme yeteneği arasındaki oranları ölçen bir büyüklüktür. 'Referans' olarak kabul edilen ışık kaynağının kullanıldığı koşulda gölgeler yumuşak ve saydam, aydınlık düzeyi dağılımı düzgündür [27].

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından, parıltı kontrastını hesaplamak için kullanılması önerilen formül aşağıda belirtilmiştir [28];

$$CRF = C_1 / C_2 \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte;

CRF= kontrast geriverim faktörünü,

C_1 = Belli bir aydınlık altında yapılan işin kontrastını

C_2 = Aynı işin, referans aydınlık altındaki kontrastını göstermektedir.

Parıltı kontrastı hesabında kullanılan referans kaynaklar kamaşma yaratmamalıdır. Parıltı kontrastı 0 ile 1 arasında değişen bir değerdir.

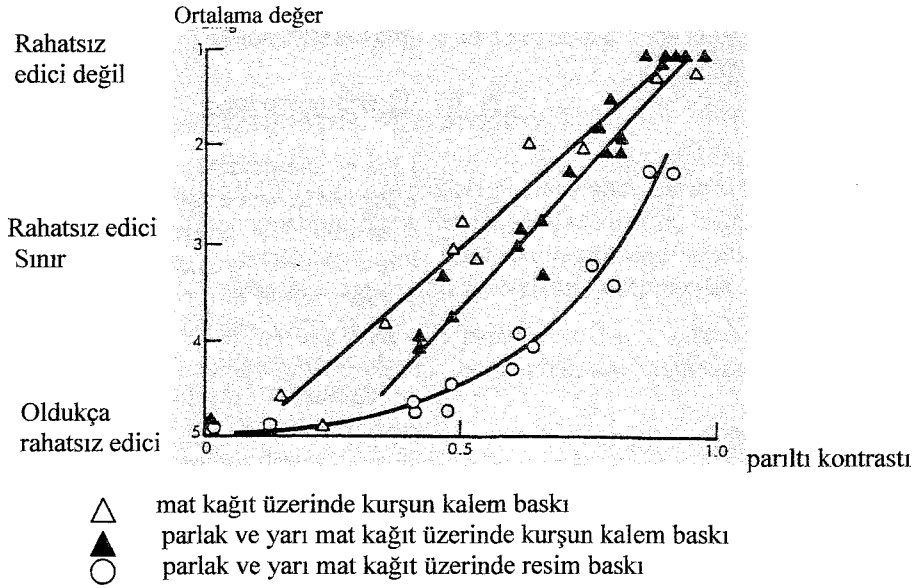
CRF < 1 olduğunda; ölçülen ışık altında parıltı kontrastı azalır,

CRF = 1 olduğunda; ölçülen ışık altında parıltı kontrastı aynı kalır,

CRF > 1 olduğunda; ölçülen ışık altında parıltı kontrastı artar.

Parıltı kontrastı, belli bir detay (nesne) ve fon için, belli bir doğrultu ve açıda, belli bir aydınlatma koşulu altında hesaplanmaktadır. Detayın bulunduğu yüzeyin yansıtma çarpanı değeri, kullanılan yüzey kaplama malzemesinin dokusal özellikleri, gözlemciye olan uzaklık, bakış doğrultusu, gözlemlenen kişinin yaşı ve adaptasyon süreci gibi parametrelere bağlı olarak parıltı kontrastı değişmektedir [26-27]. Parıltı kontrastı konusunda çalışmaları olan Weber-Fechner, ışıksal duyumun, parıltı değerinin logaritması ile değiştiğini ve ışıksal duyumda belirgin bir ayırım olabilmesi için, parıltı değerinin çok fazla artması gerektiği sonucuna varmıştır [24].

Parıltı kontrastının düşük olduğu çalışma ortamlarında, görsel konfor koşullarının etkilendiği ve performansın azaldığı görülmüştür. Bu sonuca neden olmaması için, CRF değerinin 0.7 ve üzerinde olmasına dikkat edilmelidir. Şekil 2.4 te, ofislerde kullanılan çeşitli malzemelerin ortalama parıltı değerlerine bağlı olarak parıltı kontrastındaki değişim görülmektedir.



Şekil 2.4 Aynı aydınlatma düzeninde farklı malzemelere bağlı olarak parıltı kontrastındaki değişim [30; sayfa no:205].

2.1.1.4 Kamaşma

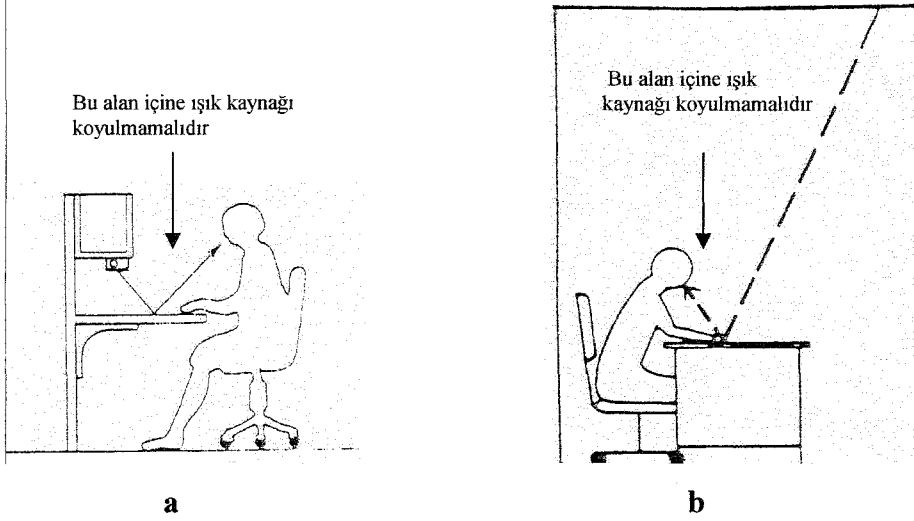
Sağlam bir gözün çevresel etkenlere bağlı olarak, geçici bir süre etraftaki cisimleri göremez hale gelmesi, ‘kamaşmanın’ bir sonucudur. Görme alanı içerisindeki parıltı (L), 10^4 cd/ m² veya daha büyük değerlere ulaşırsa ‘mutlak kamaşma’ oluşur. Görme alanında büyük parıltı farkları olduğu zaman meydana gelen kamaşmaya ‘bağlı kamaşma’ denir.

Bağlı kamaşmaya neden olan etkenler genellikle büyük pencere alanları, armatürsüz kullanılan ve görme alanı içine giren yüksek parıltı değerine sahip lambalardır. Kamaşmaya neden olan nesne ile gözlemlenen nesnenin birbirine çok yakın veya üst üste geldiği koşulda ‘direkt kamaşma (direct glare)’ ve kamaşmaya neden olan nesne ve gözlemlenen nesnenin birbirinden uzak olduğu koşulda oluşan kamaşmaya ‘endirekt kamaşma (reflected glare)’ denir [24].

Yapay ışık kaynaklarının neden olduğu kamaşma, seçilen armatürün konumu ve özelliklerine bağlı olarak engellenebilir. Tavan ve duvarlarda, özellikle tavana yakın bölgelerde, yüksek yansıtma çarpanına sahip yüzeyler oluşturulabilir. Pencerelelere bağlı oluşan kamaşma ise, güneş kırıcılar, pencere camının geçirgenlik değerleri, perde-jaluzi gibi güneş kontrolü sağlayan gereçler ile engellenebilir [26].

Kamaşma gözü yorar, görme yeteneğini azaltır, iş verimini (performansı) düşürür. Kamaşmayı engellemek için, çalışma ortamlarında genel aydınlatma yapmak,

tavanda tek bir ışık kaynağı kullanmaktan kaçınmak gerekir. Genel aydınlatmayla beraber, çalışma düzlemine yakın bir bölgede 'bölgesel aydınlatma' kullanılabilir, ancak ışık kaynağının konumuna dikkat edilmelidir. Şekil 2.5a ve 2.5b, ışık kaynağının konumuna bağlı oluşan kamaşmayı göstermektedir.



Şekil 2.5a, 2.5b Işık kaynağının, kamaşmanın engellenmesi için, çalışma düzlemi üzerindeki konumu [29;sayfa no 7]

Tek kişilik ofislerde ışık kaynağının konumunu ayarlamak ve kamaşma kontrolü sağlamak, açık planlı ofis tiplerine göre daha kolaydır. Açık planlı ofislerde, kamaşma kontrolü hesaplarında, çalışma düzlemlerinin konumu, çalışanların ve yapılan işin nitelikleri teker teker ele alınmalıdır. Araştırmalar göstermiştir ki; ofislerde çalışma düzleminin konumu, genellikle düşeyle 25° veya daha az bir açı içerisinde bulunmaktadır. Çalışma düzlemine gelen ve yüzeyden yansıyan ışık ışınları gözlemcinin bakış doğrultusunda koşulda, düzgün yansımaya bağlı olarak kamaşma meydana geldiği için, kullanılan armatür ışık dağılım eğrisi dar açılı olan türlerden seçilebilir, (örneğin; düşeyle yaptığı açı 25° veya daha az olabilir). Çalışma düzleminin yatay olduğu koşul için seçilecek armatürün ışık dağılım eğrisi ise, orta veya geniş açılı olan türlerden (örneğin 55° ve üzeri) seçilebilir [29]. Ofislerde kullanılan çalışma düzleminin malzemesi ve yansıtma çarpanı değerleri de kamaşma kontrolü açısından önemlidir. Cilalı, parlak ahşap veya cam yüzeyler ayna etkisi yaratacağından ve parıltı kontrastı artacağından, kamaşma oluşabilir.

2.1.1.5 İç Yüzeylerin Özellikleri

İç mekan tefrişinde kullanılan yüzey-nesnelerin renk, doku, form ve benzeri özellikleri mekan algılamada etkilidir. Bazı araştırmalardaki sonuçlara göre, renk

kişilerin performansını etkilemektedir. Seçilen renklerin tür, değer, doymuşlukla ilgili özelliklerine bağlı olarak küçük ofisleri olduğundan büyük göstermek mümkündür. Bu koşulu sağlamak için, farklı türlerin birbirine yakın yansıtma çarpanına sahip olması veya aynı türün farklı değer ve doymuşluktaki türevlerinin kullanılması önerilmiştir [25]. Kullanılan renk şemalarında en etkin ögenin ‘değer’ olduğu (iç yüzeylerin yansıtma çarpanıyla ilgili olmasından dolayı), ikinci olarak ‘doymuşluk’ ve üçüncü sırada ‘tür’ ögesinin bulunduğu belirtilmiştir [29].

Tavan-duvar-döşemelerde kullanılan malzemeler geniş yüzey alanına sahip olduğu için, üzerlerine düşen ışığın bir kısmını belli doğrultularda yansıtır ve mekan içindeki aydınlık düzeyi dağılımında etkili olurlar [28-30]. Ofis ortamlarında tavan-duvar-döşeme için seçilen malzemelerin yansıtma çarpanları konusunda IES, ANSI ve CIBSE Standartlarında getirilen öneriler Tablo 2.1 de belirtilmiştir;

Tablo 2.1 . Ofisler için önerilen yansıtma çarpanı değerleri [29-31]

Bina tipi:Ofis

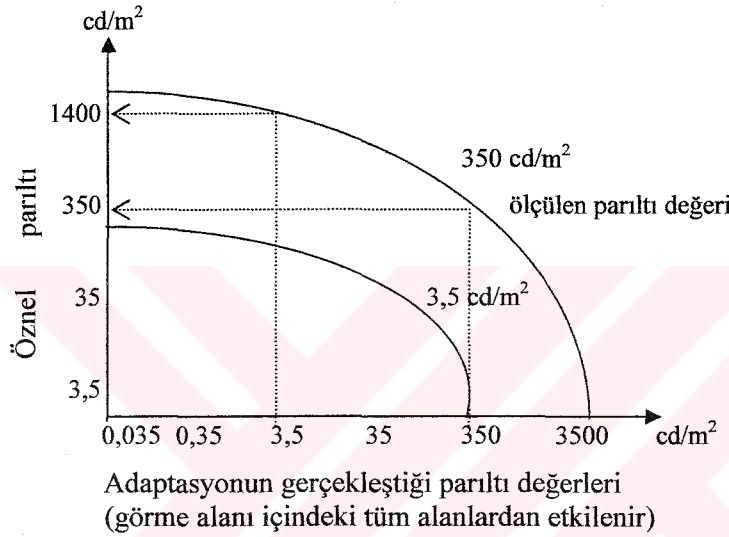
Yüzey ve nesneler	Kaynak:ANSI/IESNA	Kaynak: CIE	Kaynak: CIBSE
Tavan	> 0.8	0.6 – 0.9	0.3 – 0.9
Duvar	0.5 – 0.7	0.3 – 0.8	0.3 – 0.7
Döşeme	0.2 – 0.4	0.1 – 0.5	0.3 – 0.7
Çalışma düzlemi	0.35 – 0.50	0.2 – 0.6	En az 0.3

2.1.1.6 Parıltı Oranları

Parıltı, ölçülebilen, doğrultuya bağlı bir büyüklüktür, birimi cd/m^2 dir. Belirli bir doğrultuya göre 1 kandelalık ışık şiddeti doğuran ve bu doğrultuya dik düzlemdeki izdüşümü (görülen alan) 1 m^2 olan bir yüzeyin parıltısı, $1\text{ cd}/\text{m}^2$ dir. Parıltı birimi olarak apostilb, stilb, Lambert ve foot-lambert birimleri de kullanılır [24].

Gözümüzün uyum yeteneği sayesinde, farklı aydınlık düzeylerinde, değişik parıltı değerlerine sahip nesne ve yüzeyleri algılayabilmekteyiz. Açık ve güneşli bir havada, öğle saatlerinde çevredeki nesneleri ayırt edebilen göz, aynı ortamı bulanık ve sisli bir havada, akşamüzeri saatlerinde, oldukça düşük bir aydınlık düzeyinde de algılar. Aydınlık düzeyi aynı kalmak koşuluyla beyaz bir kağıt, siyah bir zemin üzerinde parıltı kontrastına bağlı olarak oldukça ‘parlak’ algılanırken, gri bir zemin üzerinde parıltı kontrastı azalacaktır. Beyaz kağıdın parıltı değeri aynı olmasına karşın, her iki koşul için parıltı kontrastı ve buna bağlı olarak algılanan parıltı (öznel parıltı) farklıdır.

Algılanan parlıltı bir nesnenin ölçülen parlıltı değerlerini değil, kişisel yorumları içerir. Farklı aydınlık düzeyleri arasındaki sayısal farkı göz ayırt edemez, ancak algılar. Bu koşulda oluşan yargı, ‘ znel parlıltı’ değerlerine bağlı bir değerlendirmedir. Bir ortamdaki aydınlık düzeyini iki veya üç katına çıkartmak, öznel parlıltı değerlerine aynı oranda yansımaz. Bir aydınlık düzeyindeki algılanan parlıltı değeri, ölçülen parlıltı değerinden farklı olabilir. Şekil 2.6’da ifade edildiği gibi, ölçülen parlıltı değeri 350 cd/m^2 olan bir yüzey için, algılanan parlıltı değeri 350 cd/m^2 ye yakın bir değerdir, ancak $3,5 \text{ cd/m}^2$ büyüklüğünde bir parlıltı değerine alı an göz için 350 cd/m^2 lik parlıltı değeri, 4 kat daha fazla olarak algılanır.



Şekil 2.6. Parl ltı ve adaptasyon ilişkisini gösteren grafik [26, sayfa no:25].

Algılanan ( znel) parlıltı, referans kaynaklarda önerilen yansıtma çarpanı değerlerinden bağımsız olduğu için, kişilere göre farklılık göstermektedir. Bu farkı ölçmek için, iç mekan ve aydınlatma konusunda çeşitli araştırmalar yapılan bir laboratuvarı (The Space and Light Laboratory - The Bob Foley Illumination Laboratory in the Department of Architectural Engineering)  l  mler yapılmıştır. Ölçümlerde, yan yana bulunan iki kutudan bir tanesi referans olarak alınmış, referans kutunun içerisine 10 cd/m^2 parlıltı değerine sahip, orta koyulukta gri bir karton plaka ‘kontrol  nitesi’ olarak koyulmuş, diğer kutuya, parlıltı değeri ölçülen bir başka gri karton plaka koyulmuştur.

Her iki kutuyu gözlemleyen kişi, parlıltı değeri ölçülen malzeme ile referans olanı kar ıla tırmı  ve parl ltılarının eşit duruma geldiğini düşündüğünde, her iki kutudaki parlıltı değerleri  l  lm  tur. Algılanan parlıltı değerleri ile, parlıltı  l  erin

(luminansmeter) kaydettiği değerler arasında fark bulunmuştur [19]. Bu çalışmada kullanılan LBR oranları (ışık-parıltı oranları), malzemelerin algılanan parıltı değerlerini, Munsell'ın değer eksenine eşleştirmeye yarayan bir sistemdir. Mimari tasarımda kullanılan çeşitli sunum teknikleri (maket çalışmaları, siyah-beyaz fotoğraf çekimleri, baskı çalışmaları ve benzeri) için geliştirilen bu eşleştirme yönteminde kullanılan 'gri eksen (değer eksen)' Şekil 2.7de belirtilmektedir.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
				Orta Koyulukta gri				

Şekil 2.7.Parıltı değeri oranları çizelgesi (LBR oranları) [19, sayfa no:72].

Gri ekseninde değer düştükçe (koyulaştıkça), aydınlık düzeyinin artması gerektiği belirtildiği için (+) işareti, açık grilerde ise, parıltıların eşitlenmesi için aydınlık düzeyinin azaltılması gerektiğinden (-) işareti kullanılmıştır. Tablo 2.2, parıltı oranlarını eşleştirmek için kullanılan değerlendirme yöntemini göstermektedir.

Tablo 2.2.Parıltı değeri oranları(LBR) skalasında kullanılan Munsell Renk Dizgesi değerleri [19, sayfa no:73-75].

	Değer	Munsell Renk Dizgesi	Parıltı (cd/m ²) REFERANS	Parıltı eşleştirmesi ÖRNEK	Aradaki fark	LBR eşleştirmesi
1	siyah	N2	-	-	-	I
2		N3	2,30	5,19	2,89	II+126%
3		N4	4,00	5,96	1,96	III+49%
4		N5	6,60	7,05	0,45	IV+7%
5	Orta koyulukta gri	N6 (Kontrol ünitesi)	10,00	-	-	V+0%
6		N6.75	13,25	8,23	5,02	VI-38%
7		N7.5	16,71	9,44	7,27	VII-44%
8		N8.5	22,84	10,85	11,99	VIII-53%
9	beyaz	N9.5	-	-	-	IX

8 numaralı satır için LBR tablo değeri hesaplama yöntemi aşağıda belirtilmiştir;

$22,84-10,85= 11,99$ (referans ile örnek arasındaki fark)

$11,99/22,84=0,53$ (aradaki farkın, 'referans' parıltısına oranı)

LBR (parıltı değeri oranı)=VIII-53% (parıltıların eşitlenmesi için, aydınlık düzeyinin azaltılması gerekmektedir)

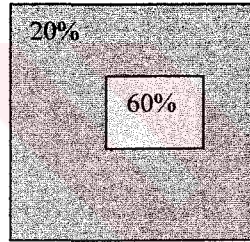
İç mekanlarda yüzeylerin parıltılarının belirlenmesinde çeşitli yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu ölçümlerden *Lambert Yasası* kuralına göre; ışık yayan bir yüzeyin parıltısı, her doğrultuda sabit ise, bu yüzeye ideal dağıtıcı yüzey denir ve aşağıdaki eşitlik kullanılabilir;

$$r.E = \pi. L \text{ (cd/m}^2\text{)}$$

$$r.E \text{ (lx)} = L \text{ (asb)} \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte r = yansıtma faktörü (çarpanı), E = aydınlık düzeyi (lx) ve L yüzeyin parlaltısına (asb) eşittir [25].

Ofis ortamlarında, adaptasyonu arttırmak ve görsel netlik sağlamak için, parlaltı oranları kamaşmaya neden olmayacak şekilde ayarlanmalıdır. Mekan içinde parlaltı farkları yaratmak, dikkat çekici, vurgulu bir aydınlatma sağlayacağı için gereklidir, ancak parlaltı oranları arasındaki farklar, referans kaynaklarda önerilen değerlerin üzerine çıktığında koşulda gözün uyum yeteneğinde azalma olur ve fizyolojik konfor etkilenir [29]. Görsel konforun sağlanması için fon ve detay, nesne ve çevre alan arasında bulunması gereken parlaltı farkı oranları Şekil 2.8 de belirtilmektedir;



- 2:1 detayın algılanması için gerekli parlaltı farkı
- 3:1 nesne ve nesneyi yakın çevreleyen alan arasındaki parlaltı farkı
- 10:1 nesne ve nesneyi uzak çevreleyen alan arasındaki parlaltı farkı
- 20:1 aydınlatma elemanları (veya pencereler) ile yakın çevre içerisinde bulunan yüzeyler
- 40:1 bakış alanı içinde hiçbir noktada bu oran geçilmemelidir
- 50:1 sadece nesne vurgulanır, fon ayırt edilemez

Şekil 2.8 Görsel konfor için fon(zemin) ve detay (şekil) arasındaki parlaltı farkı oranları [26, sayfa no:23]

Ofislerde farklı yaş gruplarından kişiler bir arada çalıştığı için, ‘yaş faktörü’ aydınlık düzeyi ve parlaltı hesaplarına katılması gereken önemli bir parametredir. Gözün fizyolojik yapısında ve uyum yeteneğinde yaşa bağlı bir azalma olduğu için parlaltı değerleri hesaplanırken, 55 yaşındaki bir kişinin görsel konfor açısından ihtiyaç duyduğu parlaltı değerinin 20 yaşındaki bir kişiye göre daha fazla olduğu düşünülmeli, aydınlık düzeyi, kamaşma endeksi gibi değerler için standartlardaki değerler kullanılmalıdır [29].

Bilgisayar kullanılan ofislerde, çalışma düzleminin konumu ve (düşey, yatay veya eğimli düzlem), monitörün parlaltısı da, aydınlık düzeyi-parlaltı oranları hesaplarında dikkate alınmalıdır.

2.2 Aydınlığın Niteliği ve Mekan Algılama

Standartlarda önerilen değerlere erişilmesine karşın, aydınlatma tasarımı açısından, kişisel izlenimler ve mekan algılama konusunda istenilen sonuçlara ulaşılamamış olabilir. ‘Aydınlığın niteliği’ başlığı altında açıklanan bu durum, aydınlatma hesaplarında psikolojik ölçüm yöntemlerinin gerekliliğini ve fizyolojik ve psikolojik konfor parametrelerinin ilişkisini göstermektedir.

2.2.1 Aydınlığın Niteliğinin Parametreleri

Belli bir yüzey alanına düşen ışık şiddeti değişmezse, o alanda bulunan aydınlık düzeyi de değişmez, ancak, ışığın doğrultusal yapısı, mekan içindeki dağılımı, tayfsal yapısı değişebilir. Bu durumda, ortamdaki aydınlık düzeyi değeri aynı kalmasına rağmen, değişen ‘aydınlığın niteliğidir’.

Nitelik konusu temelde, bir mekanda kullanılan ışık kaynağının rengi ile ilgili özellikleri, ışık şiddetinin doğrultusal yapısını, mekanda oluşan gölge niteliğini ve aydınlık düzeyi değişimleri ile ilgili konuları kapsar.

2.2.1.1 Işık Kaynağının ve Yüzeylerin Renk Özellikleri

Nesnelerin rengini, bu nesnelerin yansıtıkları ışığın rengine göre algılarız. Nesneyi aydınlatan ışığın tayfsal yapısı ve ışık rengi değiştikçe, o nesneden yansıyan ışığın rengi ve nesnenin görünen rengi de değişecektir. Bir çalışma ortamında kullanılan ışık kaynağının rengi, o mekanda kullanılan yüzey-nesnelerin renkleriyle bir arada düşünülmelidir. Kullanılan ışık kaynağının tayfsal yapısına uygun olarak yüzey renkleri daha parlak, canlı görünebilir, doymuşluk artabilir. Işık kaynağının tayfsal yapısı, yüzey renklerinin enerjisinin bulunduğu bölgeden uzak bir dağılım gösteriyorsa, yüzey renkleri soluklaşır ve doymuşluk azalır.

Işığın renksel niteliğindeki değişim temelde, ışık kaynağının görünen rengi, renk sıcaklığı ve renksel geriverim endeksine bağlıdır.

2.2.1.1.1 Işık Kaynağının Renk Sıcaklığı

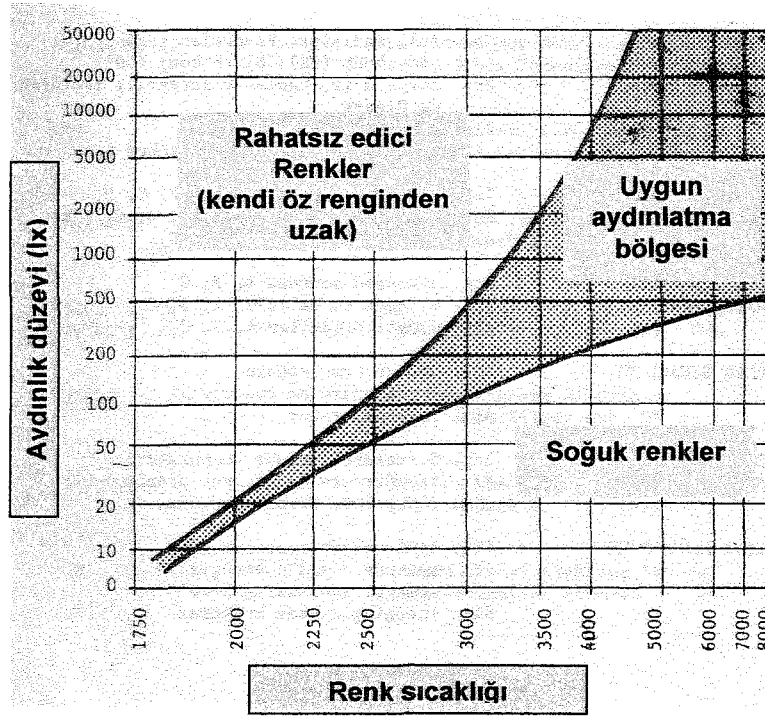
Işık rengi, bir ışık kaynağının görünen rengidir. Işık rengini tanımlamak için, Kelvin cinsinden ölçülen bir sıcaklık derecesi kullanılır. Renk sıcaklığı, kara cismin ışık yaydığı sıcaklık ile ışık kaynaklarının görünen renklerinin eşleştirilerek, ışık renginin tanımlandığı bir durumdur [25].

Kara cisim, yansıtma çarpanı sıfır kabul edilen, yayımladığı tüm ışınımı ısı ışıma yoluyla kendi üreten bir cisimdir. Laboratuvar koşullarında ölçüm yapılan kara cisim çok ufak bir deliği olan çukur bir cisimdir. Cisim iç yüzey sıcaklığı değişmez bir sıcaklık derecesinde korunabildiği zaman, ışınım cismin iç yüzeyinde kullanılan gereçten bağımsız olarak delikten dışarı çıkar. Oluşan ışınım sıcaklığa bağlı meydana geldiği için, belli bir sıcaklık derecesi için kara cismin sıcaklığından bahsedilir. Kara cismin mutlak sıcaklık derecesi için Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) kullanılır. Kara cisim düşük sıcaklıkta kırmızımsı ışık yayımlar, sıcaklık arttırıldığı zaman ışığın rengi turuncuya, sarıya, beyaza ve daha yüksek değerlerde açık maviye dönüşür [25].

Işık kaynakları, ışık rengi bakımından sıcak-orta-soğuk renkli olmak üzere üç temel gruba ayrılır. Kırmızı- turuncu- sarı ve bu renklere yakın renkler sıcak renklerdir. Mavi- yeşil ve bu renklere yakın renkler soğuk renklerdir. Işık kaynakları söz konusu olduğunda, ışığı akkor lambaya yakın olan kaynaklar sıcak ışık kaynağı, ışığı kapalı gök ışığı rengine benzer olan kaynaklar soğuk ışık kaynağı olarak eşleştirilebilir. Renk sıcaklığı 3300°K 'den düşük ışık kaynakları 'sıcak', 3300°K ile 5300°K arasında olanlar 'ılık' ve 5300°K 'den yüksek olanlar 'soğuk' ışık olarak adlandırılır [28-29].

Yapay aydınlatma düzenlemelerinde, renk sıcaklığına bağlı olarak mekan algılamada fark oluşmaktadır. Kullanılan ışık kaynağının rengine bağlı olarak mekanda sıcaklık, rahatlık, görsel netlik izlenimleri artabilir, günışığı etkisinin olmadığı durumlarda, gün ışığına yakın renkte lambalar kullanarak bu etki oluşturulabilir. Aydınlık düzeyinin 300 lx değerine eşit veya daha düşük olduğu durumlarda 'sıcak' veya 'ılık' renk sıcaklığındaki lambaların kullanılması önerilmektedir [31].

Çalışmalar göstermiştir ki; düşük aydınlık düzeylerinde soğuk ışık kaynakları kullanıldığında, mekan izlenimi soğuk, kasvetli ve basık, yüksek aydınlık düzeylerinde düşük renk sıcaklığındaki lambalar kullanıldığında ise, aynı mekan yapay ve fazla renkli olarak tanımlanmıştır. Bu durum Kruithof yasası olarak bilinmektedir [25]. Şekil 2.9, Kruithof tarafından geliştirilen, aydınlık düzeyi-renk sıcaklığı arasındaki ilişkiyi göstermektedir (amenity curve). Grafiğe göre, iki eğri arasında kalan alan 'uygun aydınlatma bölgesidir', aydınlık düzeyi-renk sıcaklığı açısından hoş giden bölge olarak belirtilmiştir.



Şekil 2.9 Aydınlik düzeyi-renk sıcaklığı ilişkisi, Kruithof yasası [26]

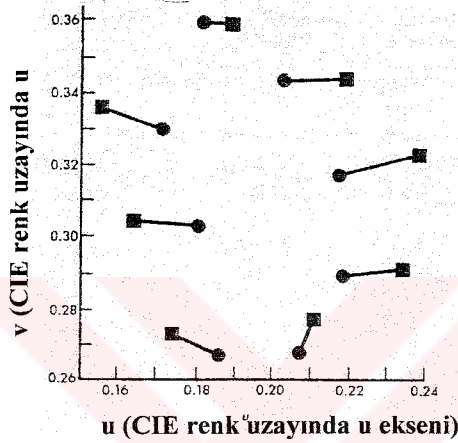
Renk sıcaklığı ve aydınlık düzeyi ilişkisi araştırma sonuçlarına göre, bir mekanda belli bir süre kalan kişide ‘renk algılama’ tamamlanır, göz ortamdaki renklere alışır ve farklı renk sıcaklıklarının bir arada kullanıldığı koşulda, aydınlık düzeyinin algılamaya etkisi daha fazla hissedilir, ancak renk algılama tamamlanmamışsa, kullanılan lambaların renk sıcaklıklarındaki değişim, aydınlık düzeylerinin etkisinden daha fazla hissedilir [25].

Ofislerde, sıcak bir ortam yaratılmak istenildiğinde, 3000°K ve daha düşük, soğuk bir ortam yaratılmak istenildiğinde 5000°K ve daha yüksek renk sıcaklığına sahip lambaların kullanılması önerilmektedir. Bu iki değer arasındaki renk sıcaklıkları kişisel tercihlere bağlı olarak değişmektedir [25].

2.2.1.1.2 Işık Kaynağının Renksel Geriverim Özellikleri

İki ışık kaynağı aynı renk sıcaklığında olmalarına karşın, tayfsal yapıları birbirinden farklı olabilir. Bu durumda bu ışık kaynaklarıyla aydınlatılan nesnelerin renksel özelliklerinde tür, değer, doymuşluk açısından fark olabilir. Aynı nesne, farklı ışık kaynakları altında, kendi öz renginden uzaklaşabilir, rengi griye yaklaşabilir veya doymuşluğu artabilir, daha canlı, parlak görünebilir.

Bu koşulda, ışık kaynaklarının renksel geriverim özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Renksel geriverim, bir ışık kaynağının tayfsal yapısının aydınlatılan nesnelerin renkleri üzerindeki etkisidir. Sekiz adet seçilmiş renk örneğinin ‘referans’ bir ışık ve seçilen bir ışık altında karşılaştırılması sonucunda CIE renksel geriverim endeksi oluşturulmuştur. Şekil 2.10, CIE UCS renk diyagramının u ve v koordinatlarına göre referans ve ölçülen ışıkları göstermektedir. Şekilde ‘siyah kareler’ referans ışığı, ‘siyah daireler’ ölçülen ışığı göstermektedir. Sonuçlar referans olarak kullanılan ve ölçülen örneklerin yakınlık derecelerine göre belirlenmiştir.



Şekil 2.10 CIE 1960 UCS renk diyagramında ölçülen CIE renk örneklerinin konumu [30; sayfa no:218]

5000°K değerinde ve daha düşük renk sıcaklıklarında, referans olarak kara cisim eğrisi kullanılmaktadır. 5000°K renk sıcaklığından daha yüksek değerler için, CIE tarafından önerilen referans gün ışığı tayfları kullanılmaktadır. Bu ölçümler sırasında kullanılan referans ışığın, renk türü ve doymuşluk açısından, ölçülen ışığa oldukça yakın olması önerilmektedir [28,31].

Renksel geriverim endeksi, ölçülen ışık kaynağının renksel geriverim özelliklerinin, ‘referans’ bir ışık kaynağına olan yakınlığını belirlemekte, daha hassas bir değerlendirme için CIE referans ışıklarıyla bir seri ölçüm yapılması gerekmektedir.

CIE renksel geriverim endeksleri birbirine eşit olan iki ışık kaynağı altında belli bir renk türü ‘aynı’ algılanmayabilir, çünkü CIE renksel geriverim eşleştirmesinde kullanılan referans ışıklar aynı olmayabilir. CIE renksel geriverim endeksleri hesaplanırken eşleştirme yöntemi kullanıldığı için, bazı renk sıcaklığındaki ışık kaynaklarını tam olarak eşleştirebilecek referans ışıklar bulunamayabilir [28]. Işık

kaynaklarının renksel geriverim sınıfları, CIE'nin belirlediği gruplara ayrılır. Bu gruplamayla ilgili bilgiler Tablo 2.3 de özetlenmiştir.

Tablo 2.3 Işık kaynaklarının renksel geriverim sınıfları ve uygulama alanları [30;sayfa no:23]

Renksel Geriverim Sınıfı	Renksel Geriverim Endeksi	Uygulama Alanı
1A	$R_a \geq 90$	hassas renk eşleme,renkli baskı..vb
1B	$90 \geq R_a \geq 80$	doğru renk görmenin zorunlu olduğu yerler
2	$80 \leq R_a \leq 60$	doğru renk görmenin önemli olduğu yerler
3	$60 \leq R_a \leq 40$	doğru renk görmenin çok önemli olmadığı belirgin renk dönmelerinin istenmediği yerler
4	$40 \leq R_a \leq 20$	doğru renk görmenin önemli olmadığı ve renk dönmelerinin kabul edilebildiği yerler

Kullanılan ışık kaynaklarının (doğal ve yapay) yüzey renkleri üzerindeki etkisi düşünülmeli, günışığı almayan mekanlarda, yapay ışık kaynağına bağlı renk izlenimleri oluşacağı için seçilen ışık kaynaklarının renksel geriverim özellikleri bilinmelidir.

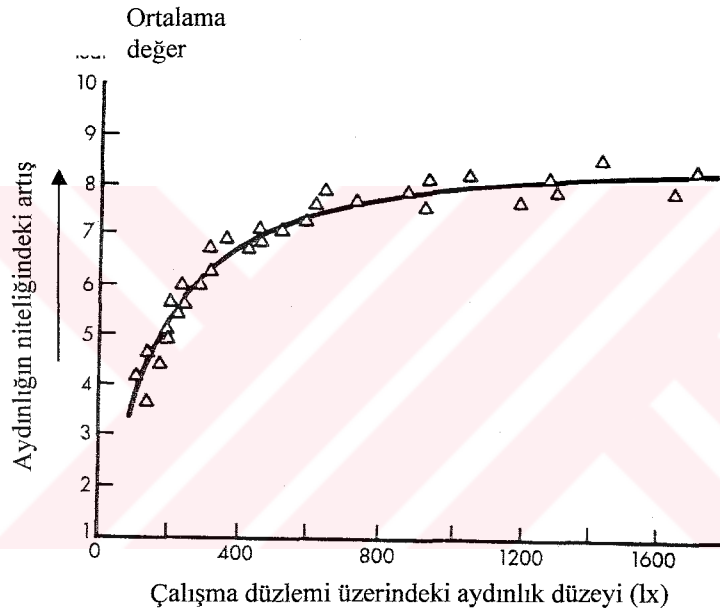
Ofislerde kullanılan lambalar, renklerin doğru algılanması, performansı arttırması ve konfor hissini kuvvetlendirmesi açısından yüksek geriverim özelliklerine sahip olmalıdır. Kullanılan lambaların Renksel Geriverim Sınıfının 1A veya 1B olması, Renksel Geriverim Endeksi değerinin 80 den düşük olmaması önerilmektedir [28].

2.2.1.2 Aydınlık Düzeyi Değişimleri

Ofislerde aydınlık düzeyi hesapları yapılırken, çalışma düzlemi esas alınmalı ve yapılan işin niteliği düşünülmelidir. Aydınlık düzeyi yapılan işin önemine ve hassasiyet derecesine göre arttırılabilir. Üzerinde çalışılan iş dikkat gerektiriyorsa, uzun süreliyse, detaylar fazlaysa, hataların maliyeti yüksekse, yüksek verim gerekiyorsa, çalışma düzlemi ile çevre alan arasındaki kontrast farkı azsa veya çalışanın görme yeteneği normalin altındaysa, aydınlık düzeyinin arttırılması önerilmektedir. Üzerinde çalışılan detaylar büyük veya kontrast farkları fazlaysa, yapılan iş kısa süreli ise aydınlık düzeyi azaltılabilir.

Kişilerin aydınlık düzeyi tercihlerini ölçmek için uygulanan yöntemler sonucunda, çalışma düzlemi üzerindeki aydınlık düzeyini 800 lx değerine kadar arttırmak ‘olumlu’ olarak değerlendirilmiştir [30]. Aydınlık düzeyi kontrollü olarak arttırılmaya devam ettiğinde, 800 lx değerinin üzerinde kişilerin izlenimlerinin fazla değişmediği görülmüştür. Şekil 2.11, çalışma düzlemi üzerinde, aydınlık düzeyinin arttırıldığı koşulu göstermektedir.

Aydınlık düzeyi ile konfor koşulları arasındaki ilişkiyi araştıran bir çalışmada, aydınlık düzeyi değişimine bağlı olarak mekan izlenimleri ölçülmüş ve Standartlarda belirtilen aydınlık düzeyi değerlerinden daha yüksek değerlerin tercih edildiği gözlenmiştir [32].



Şekil 2.11 Çalışma düzlemi üzerindeki aydınlık düzeyinin değerlendirilmesi[30;sayfa no:11]

Ofislerde, hızlı ve rahat bir şekilde çalışabilmek için çalışma yüzeyi ve çevre alana ait aydınlık düzeyi değerleri standartlardaki değerlerin altına düşmemelidir. Tablo 2.4 de, ofis ortamları için önerilen aydınlık düzeyi değerleri ve kamaşma endeksleri verilmektedir. Kamaşma endeksi (Unified Glare Rating), iç mekan aydınlatma düzenlemelerindeki kamaşma oranını belirten bir değerdir. Kamaşma endeksini ölçmek için kullanılan derecelendirme 10 (en az) ile 30 (en fazla) değerleri arasında bulunmaktadır [31]. Çalışma düzleminin düşey, yatay, eğik düzlem ve benzeri konumu belirlenerek, çalışma düzlemi-çevre alan arasındaki aydınlık düzeyi farkı ve kamaşma endeksleri hesaplanmalıdır.

Tablo 2.4. Ofisler için aydınlık düzeyi (E), kamaşma endeksi (UGR_L) [31]

Bina tipi: OFİS	E (lx)	UGR _L
Dolaşım alanları, fotokopi	300	19
Yazı yazmak,okumak,veri girişi vb işler	500	19
Çizim yapmak	750	16
Bilgisayar odası	500	19
Toplantı odası,konferans salonu	500	19
Danışma	300	22
Arşiv	200	25

CIE standartlarında ‘aydınlık düzeyi farklarının’ gözün uyum yeteneğini kaybetmemesi ve adaptasyon güçlüğü yaşanmaması açısından, 1.5 katı adımla birbirini izlemesi önerilmektedir [31]. Bu durumda aydınlık düzeyi skalası;20-30-50-75-100-150-200-300-500-750-1000-1500-2000-3000-5000 lx şeklindeki adımlarla birbirini takip etmelidir. Aynı mekan içinde veya bir mekandan diğerine geçiş durumunda, aydınlık düzeyleri arasında fark olduğu koşulda, bu geçiş kontrollü olarak yapılmalı, kamaşma ve koyu gölge oluşması engellenmelidir. Düzgünlük faktörü sağlanmalı, çalışma düzlemi üzerinde aydınlık düzeyi değişimleri 0,7 den az olmamalı, çalışma düzlemi-yakın çevre alan arasındaki düzgünlük dağılımı 0,5 değerinin altına düşmemelidir [31].

2.2.1.3 Aydınlatma Otomasyon Sistemleri

Günümüzde, özellikle ticari binalarda, aydınlatma enerjisi maliyet bakımından önemli bir yer tutmaktadır. Aydınlatma otomasyon sistemleri, enerji tasarrufu sağladıkları, mekan içinde aydınlık düzeyini istenilen seviyede tutabildiği, aydınlatma düzenlemeleri açısından tasarım esnekliği sundukları için tercih edilmektedir [28]. Bu sistemler, ışık kaynağı, kontrol ünitesi, lojik devre ve sensör olmak üzere dört temel elemandan oluşur.

Aydınlatma otomasyon sistemleri, bina tipolojisine, binanın kullanım amacı ve süresine, yapılan işin niteliğine uygun olarak programlanır. Gün içerisindeki çalışma periyodlarına göre, aydınlatmaya gereksinim duyulmayan saatlerde, aydınlatma sisteminin otomatik olarak kapatılması sağlanabilir. Binadaki hacimler bölgelere ayrılarak, her bir bölge için gerekli aydınlık düzeyi hesapları yapılır ve bu bölgelerin kontrolü ayrı ayrı yapılabilir.

Aydınlatma kontrol sistemleri genellikle, bir mekan için gerekli minimum aydınlık düzeyi hesabına göre yapılır. Aydınlık düzeyinin arttırılması istenildiğinde, bu artış kontrollü olarak yapılır. Kontrol sistemleri, açma-kapama düğmeleri veya loşlaştırma, merkezi veya lokal kontrol veya elle ya da otomatik kontrol şeklindedir.

Dördüncü bölümde anlatılan deney seti için seçilen aydınlatma otomasyon sistemi, uzaktan kumanda ile çalışabildiği gibi, bilgisayar sistemine de bağlanabilmektedir. Tavana monte edilmiş sensör ve uzaktan kumanda ile armatür gruplarının anahtarlama ve loşlaştırılabilmesi gerçekleştirilmekte ve aydınlatmada istenilen koşullara göre tasarım esnekliği sunulmaktadır. Aydınlatmanın otomatik anahtarlama ve loşlaştırılabilmesi gerçekleştirilmekte ve aydınlatmada istenilen koşullara göre tasarım esnekliği sunulmaktadır. Aydınlatmanın otomatik anahtarlama ve loşlaştırılabilmesi gerçekleştirilmekte ve aydınlatmada istenilen koşullara göre tasarım esnekliği sunulmaktadır. Aydınlatmanın otomatik anahtarlama ve loşlaştırılabilmesi gerçekleştirilmekte ve aydınlatmada istenilen koşullara göre tasarım esnekliği sunulmaktadır. Aynı zamanda günışığına da duyarlı olan sensörler yardımıyla, gün içerisinde gün ışığına bağlı aydınlık düzeyi değişimlerine uygun olarak, gerekli aydınlık düzeyleri mekan içerisinde kullanıcı ihtiyaçlarına göre ayarlanabilmektedir [33-34]. Gün ışığı ölçümleri çalışmada araştırılmadığı için, sistemin bu özelliği devre dışı bırakılmıştır.

2.2.1.4 Modelleme

Bir yüzeyin yapısının ve bir cismin üç boyutlu görüntüsünün gölge etkisiyle ortaya çıkartılmasına modelleme denir. Modelleme, yüzey ve nesnelerin doğru algılanması için aydınlatma tasarımında dikkat edilmesi gereken bir parametredir. Işık kaynağından gelen ışık ışınlarının yüzey ve nesnelerle olan ilişkisi gölge niteliğini etkilemektedir.

Ofislerde, tek başına doğrultulu ışık alanı kullanmak, kara gölgelerin oluşmasına ve algı hatalarına neden olabileceğinden tercih edilmez. Böyle bir aydınlatma, dikkat çekici, ancak yorucu bir etki yaratır. Doğrultulu ışık alanı, aygıtın konumu ve özelliklerine bağlı olarak, iç yüzeylerin yansıtma çarpanlarının düşük olduğu durumda meydana gelir.

Yayınık ışık alanı kullanıldığında, gölgeler yumuşamıştır. Yayınık ışık alanı elde edebilmek için, dolaylı aydınlatma kullanmak, aydınlatma aygıtının boyutunu büyütme ve yüzeylerin yansıtma çarpanlarını yüksek tutmak gerekir.

Baskın doğrultulu ışık alanı, dolaylı aydınlatma olmadığı ve iç yüzeylerin yansıtma çarpanlarının yüksek olduğu durumda oluşur. Baskın doğrultulu ışık alanı, nesnelerin

üç boyutlu algılanmasını sağlar. Ofislerde, belli bölgeleri vurgulayan ancak gözü yormayan, sert gölgeler yaratmayan bir aydınlatma düzenlemesine gidilmesi önerilmektedir [25].

Sert gölge, sınırları keskin olan bir gölge türüdür, gölgeli alandan gölgesiz alana geçiş belirgindir. Gölgesi oluşan nesnenin, o nesneye uzaklığına göre boyutu ufak bir kaynakla aydınlatılması sonucunda oluşur. Sert gölgeli bir aydınlık, bazı biçim ve dokuların seçilmesini kolaylaştırmakla birlikte, yumuşak gölgeleri sertleştirip, yanıltıcı görüntüler oluşturabilir [24,30].

Yumuşak gölge, büyük boyutlu ışık kaynaklarının kullanıldığı durumlarda elde edilir, gölgeli alandan gölgesiz alana geçerken gölge giderek yumuşar. Nesneye uzaklığına göre kaynağın boyutu ne kadar büyükse, gölge o kadar yumuşak olur [24].

Bir aydınlatma düzeninde, yalnızca yumuşak gölgenin olması fazla tercih edilen bir durum değildir. Sert ve yumuşak gölgenin birbirine çok yakın olması veya üst üste düşmesi koşulu da, görsel algılamada yanlış ve yorucu sonuçlar yaratacağı için kaçınılması gereken bir durumdur.

Saydam gölge, gölge alanın başka bir ışık kaynağı veya yüzeyden yansıtılarak gelen ışıkla aydınlatılması sonucunda oluşur. Gölge alan ne kadar aydınlanıyorsa, gölge o kadar saydamlaşır. Gölge alan aydınlanmıyorsa ve çevresi ile arasında 1/20 lik bir aydınlık düzeyi farkı varsa, oluşan gölge kara gölgedir.

Ofis aydınlatmasında, gözün yorulmaması ve algı yanılgıları oluşmaması için açık renk yüzeyler kullanılmalı, yüzeylerden yansıtılarak gelen ışığı alarak saydamlaşan gölgeler tercih edilmelidir.

2.3 Fiziksel Çevre Bileşenleri ve Mekan Algılama

Görsel algı yatay ve düşey ekseninde gerçekleştiği için, göz sürekli olarak nesne ve yüzeyleri taramakta, çeşitli mesafelerde ve noktalarda odaklaşmaktadır. Bu süreç içerisinde algılama gerçekleşmektedir. Algılama süresince, kullanıcıların değer ve istekleri değişebilir. Kullanıcı gereksinimleri, bir mekan içinde kullanıcı aktivitesini toplumsal, psikolojik, fizyolojik rahatsızlığa uğratmadan sürdürebilmesi ve yapılan işlerde verimli olmasına yardım edecek olanakları sağlayan fiziksel çevre koşulları olarak tanımlanmaktadır [1].

Fiziksel çevre koşulları, ışık, ses, ısı gibi fiziksel uyarıcıların biçim, renk, doku gibi fiziksel kavramlarla birleşmesi sonucunda tasarlanmaktadır. Fiziksel çevre içinde kişinin algıladığı çevre, psikolojik çevre olarak tanımlanmaktadır. Nesnelerden gelen mesajlar, gözün biyolojik yapısı, kişisel farklar ve benzeri öğeler algılamada fark yaratır. Kişi duyu organları yardımıyla, mekan ile sürekli bir etkileşim içindedir, algı ve karar verme yeteneği, duygusal zeka ve biliş yeteneği ile, mekandaki öğelere bağlı olarak, çeşitli sıfatlar yardımıyla mekanı tanımlar. Bu tanımlama, kısa süreli ve uzun süreli izlenimlere bağlı olarak iki şekilde oluşmaktadır. Kısa süreli izlenimler, aydınlık, karanlık, büyük, küçük gibi tanımlardır ve birincil hisler olarak ifade edilir. Uzun süreli izlenimler ise, bir mekanda belli bir süre vakit geçirdikten sonra oluşan tanımlardır, rahat, kasvetli, sıcak, ürkütücü gibi ifadelerdir ve ikincil hisler olarak isimlendirilir. Her iki koşulda da biliş ve algılamaya bağlı olarak bir yargı belirir, belli bir olay karşısında edinilen izlenim şekillenir. Bir fiziksel çevre bileşeni ve tasarım öğesi olarak ‘aydınlatmanın’ bu süreçte ve kişinin psikolojik çevresinin oluşmasında etkisi vardır [35].

2.4 Psikolojik Çevre, Mekan Algılama ve Aydınlatma

Psikolojik çevre, fiziksel çevre içinde, kişinin algıladığı çevredir. Duyu organları yardımıyla gelişen algılama sürecinde estetik yargılar önemli rol oynamaktadır. Duyu organlarının birbirinden etkilenmesi sonucunda çevre bir bütün olarak algılanır. Fiziksel çevreyi oluşturan nesneler ve biliş yeteneği ile bir koku, bir görüntü, bir ses birleşerek, geçmişte yaşanan bir olayı çağrıştıracaktır.

İçinde yaşanan çevrenin kişiler üzerindeki etkisi motivasyonu artırıcı (olumlu) veya azaltıcı (olumsuz) olabilir. Bu durum, tasarımcının rolünü bir kere daha ortaya koymaktadır. Tasarımcı, bir mekanın estetik öğelerinden ve kişiler üzerinde oluşturduğu psikolojik etkilerden de sorumludur.

Çevresel psikoloji, kişinin konfor koşullarını arttırmak için gereken fiziksel ve psikolojik koşulları, mimari-psikoloji ilişkisini de kapsamaktadır. Bu koşulların sağlanmasında aydınlatma etkin bir role sahiptir. William Lam [36], aydınlatmanın psikoloji ve mimari ile ilişkisini şu şekilde özetlemiştir;

- Kullanıcının doğal ve yapay ışık kaynaklarına fiziksel yakınlık derecesi önemlidir. Bir mekanda pencerenin bulunması, konumu, yapay ışık

kaynaklarının yerleri ve kullanıcının bunlara olan yakınlığı, kullanıcının aydınlatma sistemini kontrol edebilmesi önemlidir.

- Biliş yeteneği ve deneyimlere bağlı oluşan beklentiler önemlidir. Işık kaynaklarının özelliklerinin bilinmesi, sözgelimi, sıcak-soğuk ışık kaynağı arasındaki farkın mekana nasıl yansıdığının bilinmesi ve bununla ilgili beklentiler, nesnelerin üç boyutlu görünümünün kullanılan ışık kaynağına bağlı olarak değişmesi ve benzeri konular tasarım sürecinde ele alınması gereken konulardır.
- Kişilerin biyolojik ritmini etkileyen faktörler unutulmamalıdır. İçinde bulunulan ülkenin coğrafi konumu, içinde bulunulan mevsim-ay-gün ve saate bağlı olarak dış hava koşulları ve aydınlık düzeyi ile ilgili beklentiler tasarımı şekillendirmelidir. Yazın öğle saatleri karanlık-bulutlu bir hava kişiyi nasıl olumsuz etkilerse, akşam saatlerinde aydınlık-güneşli bir hava da kişiyi olumsuz etkiler. Doğal ışık kaynağını kontrol edebilme güçlüğüne karşı, yapay ışık kaynağını kontrol etmek ve tasarımı buna göre şekillendirmek mümkündür.

Aydınlatma-mimari ilişkisi bir tasarımın başarısı için bir arada ele alınmalıdır. İçinde bulunulan yapıyı oluşturan elemanlar, taşıyıcı sistem, bölücü duvarlar, tavan-döşeme yapısı ve benzeri yapı elemanları ile ilgili olarak kişiler beklenti içindedir. Bina tipolojisine uygun aydınlatma tasarımları olması gerekir. Aydınlatma-mimari öğelerle yarışmamalı, bütünleşmeli, yapılan eyleme uygun olarak tasarlanmalıdır. Doğru çözümlenmiş bir aydınlatma, mekanın algılanmasını olumlu etkiler, psikolojik konfor sağlanır, enerji tasarrufu sağlanır, yapılan işe ilgi, konsantrasyon ve performans artar.

Aydınlatma sistemlerine bağlı olarak, ışık kaynağının mekan içindeki konumu ve aydınlık düzeyi dağılımı değişebilir, bu durum, mekanın farklı hissedilmesini sağlar. ANSI / IESNA'nın 'Ofis Ortamlarında Aydınlatma' başlıklı raporuna göre, Flynn ve ekibi tarafından yapılan bir seri araştırmanın sonuçları esas alınarak, bu izlenimler dört grupta toplanmıştır; ferahlık, rahatlık, görsel netlik ve memnuniyet [29].

2.4.1 Ferahlık

'Ferahlık' hissi, mekanın geometrik özellikleri ile ilgili bir duyumdur. Bu duyumun bir mekanda kuvvetlenmesi için, düzgün yayılmış bir aydınlık düzeyi olması ve

mekandaki duvarların aydınlatılması önerilmektedir. Dar, uzun bir iç mekanda bu koşulu yaratmak için, duvar yüzeylerinde düzgün yayılmış bir aydınlık dağılımı yapılması önerilmektedir. Bu koşulu sağlamak için, yüksek aydınlık düzeyleri ve ‘memnuniyet’ hissinin oluşması için yan duvarlarda bölgesel aydınlatma olması, parıltı farkları yaratılması önerilmektedir.

2.4.2 Rahatlık

‘Rahatlık’ hissinin kuvvetlenmesi için, düzgün yayılmamış bir aydınlık dağılımı olması, sıcak ışık kaynaklarının kullanılması ve mekandaki aydınlık düzeylerinin düşük olması önerilmektedir.

2.4.3 Görsel netlik

‘Görsel netlik’, nesnelerin görünüşleri ile ilgili kişisel bir duygudur. Bu duyum, nesnelerin kişiden uzaklığına ve odanın aydınlatma şekline bağlı olarak değişim gösterir. Netlik izlenimi yaratabilmek için, düzgün yayılmış bir aydınlık dağılımı ve yüksek aydınlık düzeyleri olması, bakılan nesnenin çevre alan ile birlikte aydınlatılması önerilmektedir.

2.4.4 Hoşnutluk

Aydınlatma düzenlemelerine bağlı olarak ‘hoşnutluk’ hissinin kuvvetlenmesi için, yan duvarlarda bölgesel aydınlatma yapılması, mekan içinde parıltı farkları yaratılması önerilmektedir. Kullanılan armatürlerle düzgün yayılmış bir aydınlık dağılımı ve düşük parıltılara sahip yüzeyler yaratıldığında, duvarlarda bölgesel aydınlatma yaparak, dikkat çekici noktalar oluşturulduğunda, hoşnutluk izleniminin kuvvetlendiği belirtilmektedir.

Ofis tipine uygun bir aydınlatma planı, psikolojik konforu arttırmak için gereklidir. Açık planlı ofislerde dolaşım alanları, aktiviteler düşünülerek, çalışma ünitelerine entegre edilebilen, kullanıcı tarafından kontrol edilebilen aydınlatma sistemleri kullanılabilir. Açık planlı ofislerde kullanım alanı büyük olduğundan, aydınlatma ile mekanın sınırları iyi belirlenmeli, dolaşım alanları doğru algılanmalı, mimariyle bütünleşmiş bir aydınlatma sistemi yaratılmalıdır.

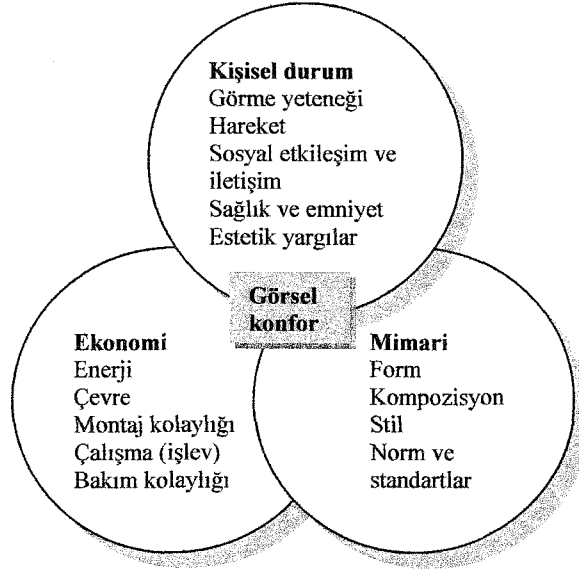
BÖLÜM III. OFİSLERDE GÖRSEL KONFOR KOŞULLARINI SAĞLAMAK İÇİN AYDINLATMANIN PSİKOLOJİK ETKİSİ VE MEKAN ALGILAMA KONUSUNDA YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

Bu bölümde, ofis ortamlarının görsel konfor koşullarını sağlamak için aydınlatmanın psikolojik etkileri ve mekan algılama konusunda yapılmış çalışmalar özetlenmekte, literatür çalışmalarından çıkan sonuçlar karşılaştırılmaktadır.

3.1 Aydınlatmanın Psikolojik Etkileri ve Mekan Algılama Konusunda Yapılmış Çalışmalar

Görsel konfor, psikolojik ve fizyolojik konforun bir arada olduğu koşulda gerçekleşmektedir. Fizyolojik konforun parametreleri, fotometrik büyüklükler ile ilgilidir. Psikolojik konfor ise, fizyolojik konforun sağlandığı bir ortamda, kişilerin tercihlerine göre yapılan aydınlatma düzenlemelerini içerir. Veitch ve Newsham tarafından ‘görsel konforu’ tanımlamak için getirilen model önerisinde ‘görsel konfor’, aydınlığın niteliği ile ilgili, mimari- ekonomi ve kişisel ihtiyaçların kesişiminde bulunan bir kavramdır [37]. Şekil 3.1 de görsel konfor koşullarının bağlı olduğu parametreler verilmektedir.

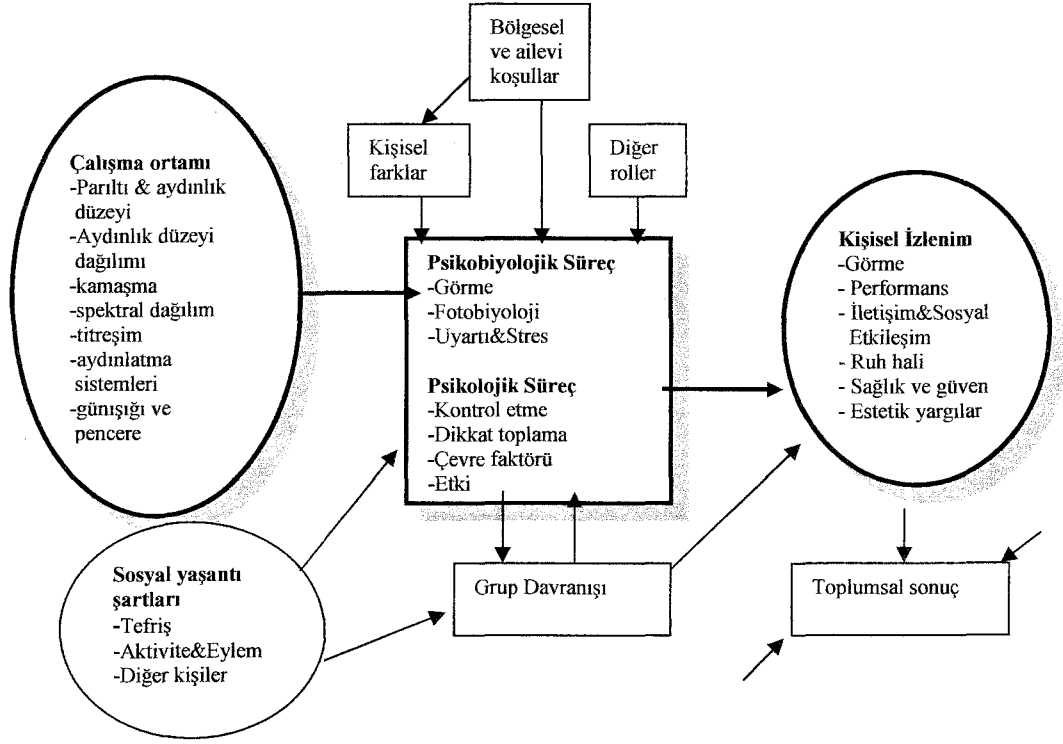
Bu tanıma göre, görsel konfor, mimari projenin bir parçası olarak, tasarım konsepti içinde, belli norm ve standartlara uygun olarak sağlanmalıdır. Yapılan uygulama ekonomik olmalı, montaj aşaması ve sonrasında bakım kolaylığı bulunmalı, çevre ile uyumlu ve enerji tasarruflu olmalıdır. Kişiler tarafından kullanılacak bu düzenlemede göz, görme eylemini rahatça gerçekleştirmeli, diğer bir deyişle, fizyolojik konfor parametreleri sağlanmalı ve psikolojik konfora bağlı estetik yargılar göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 3.1. Aydınlığın niteliğini tanımlayan ve görsel konforu oluşturan parametreler [37; sayfa no:92-106)

Görsel konforu sağlayabilmek için, psikolojik konfor ile ilgili parametrelerin saptanıp, araştırılması gerekmektedir. Kontrollü deney ortamlarında yaratılan aydınlatma düzenlemelerinin kişiler üzerindeki izlenimlerini ölçebilirsek, görsel konforu belirleyen psikolojik konfor parametrelerinin sınırlarını çizebiliriz. Bu düşünce ile Veitch ve Newsham tarafından geliştirilen modelde, çalışma ortamlarındaki aydınlatma düzenlemelerine bağlı oluşan psikolojik ve psikobiyolojik süreç, kişisel izlenimi etkilemektedir. Psikolojik sürecin oluşmasında kişisel farklar, içinde yaşanılan bölgenin coğrafi ve fiziki özellikleri, aileden gelen özellikler ve kişinin toplumdaki rolü, içinde bulunulan sosyal çevre ve grup etkileşimi önemli bir yer tutmaktadır. Psikolojik sürece bağlı olarak kişisel izlenimler oluşmaktadır [37].

Kişisel izlenimleri etkileyen faktörler, görme eyleminin rahatça yerine getirilmesi, kişinin ruh hali, yapılan işe ilgi ve performansın artması, çevre ile iletişim ve sosyal etkileşim içinde bulunma, kişinin kendisini güvende hissetmesi ve estetik yargıların gelişmesi şeklinde sıralanabilir. Kişisel izlenimin oluşmasında, içinde bulunulan sosyal yapının ve çevrenin de etkisi bulunmaktadır. Oluşan kişisel izlenimlerin belli koşullar için genellenmesi sonucunda, toplum için uygulanacak öneriler geliştirilebilir. Oluşturulan modele göre, toplumsal sonuca ulaşmada, dış etkenlerin de etkisi vardır. Şekil 3.2, yukarıda tanımlanan bu ilişkileri şematik olarak göstermektedir.



Şekil 3.2. Aydınlatma koşulları, psikolojik yöntem ve kişisel izlenim arasındaki ilişkiyi gösteren, Veitch ve Newsham tarafından geliştirilmiş kuramsal model [15;sayfa no:124-141]

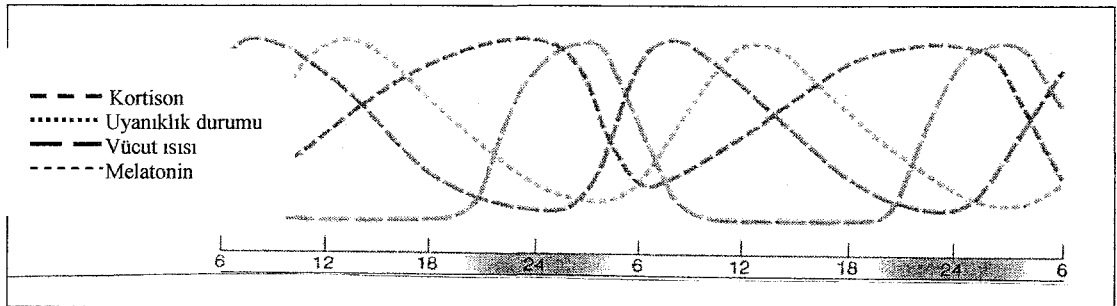
Veitch, aydınlığın psikolojik etkileri konusunda yapılmış olan çalışmaların geliştirilmesi gerekliliğini savunmaktadır. Bu çalışmaların bilimsel bir niteliğe kavuşması için, kuramsal modellere dayanması ve çeşitli ölçüm tekniklerinin uygulanması gerekmektedir [15].

Aydınlatmanın psikolojik etkileri, aydınlığın niteliğine bağlı olarak geliştiği için, ‘nitelik’ ile ilgili ölçümlerin yapılması gerekmektedir. Fiziksel çevre koşullarını ‘kontrol etme’ yetkisi tanındığında, kişisel izlenimlerde farklılaşma görülmüştür, ancak aydınlık düzeylerini, parıltı karşıtıklarını düzenlemenin mekan algılama ile ilgili izlenimleri nasıl değiştirdiği ve performansa olan etkisi daha kapsamlı tartışılması gereken bir konudur. Kişilerde, belli bir uyarıya bağlı oluşan birincil hisler, ikincil hislerin oluşmasında ve çevre ile ilgili yargıların belirlenmesinde etkilidir. Çalışma mekanlarında aydınlatmanın psikolojik etkilerinin önemi bilinmekle birlikte, konfor koşullarını sağlayan parametreler daha kapsamlı araştırılmalıdır. Bu konuyla ilgili fikir ayrılıkları bulunmaktadır [15].

3.1.1 Aydınlatma-Biyoritm İlişkisi

Aydınlatmanın, biyolojik yapıyı ve biyoritmi etkilediği çeşitli araştırmacılar tarafından doğrulanmıştır [15,17,38-41]. Aydınlığın gün içerisindeki ve yıl içerisindeki değişimine göre, biyolojik ritm bozulabilir, hormon ve sinir sistemi etkilenebilir ve kişilerin psikolojisi değişebilir. Ortamda bulunan aydınlık düzeyi ve ışık şiddetine göre vücutta bulunan bazı hormon miktarlarında azalma veya artma olabilir [13]. Özellikle, gündüzlerin kısa olduğu, ekvatordan uzak ülkelerde, sonbahar ve kış mevsimlerinin gelmesiyle kendisini gösteren bu sorun, SAD Sendromu (Seasonal Affective Disorder) olarak tanımlanmaktadır. Bu sorunu yaşayan hastalar, belirli bir aydınlık düzeyinde ve tayfsal yapısı gün ışığına yakın yapay ışık kaynaklarının kullanımı ile tedavi edilebilmektedir. Kaynaklarda belirtildiğine göre, sabah saatlerinde gün ışığı düzeyinin oldukça az olduğu İskandinav ülkelerinde, gerekli aydınlık düzeyini sağlamak, görsel konfor açısından yeterli olmamakta, daha yüksek bir aydınlık düzeyi kişilerin kendilerini konforlu hissetmelerini sağlamaktadır.

Aydınlatmanın kişiler üzerindeki etkisini yalnızca mevsim değişimlerinde değil, gün içerisinde, içinde bulunulan her türlü mekanda görmek mümkündür. Fotometrik büyüklüklerdeki değişime bağlı olarak, sinir ve hormon sistemi etkilenmekte, beyne ulaşan sinyaller değişmektedir. Bu durum, kas hareketini ve aktivite düzeyini etkilemektedir. Bommel v.d'nin çalışmasında belirttiğine göre, kalp atışları ve kandaki insülin düzeyi de, fiziksel bir uyarı olan aydınlık düzeyine bağlı olarak değişim göstermektedir[40]. Şekil 3.3'te bu ilişki, aydınlığın gün içindeki değişimine bağlı olarak hormon sisteminde meydana gelen değişim olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Aydınlığın gün içindeki değişimine bağlı olarak vücutta oluşan değişim [40;sayfa no:9-16.)

Çalışma koşulları ve saatlerindeki değişime bağlı olarak, kişilerin biyoritmi etkilenmekte, bu sorun uyku düzensizlikleri, mide ve sindirim sorunları (gastrointestinal), hafızada bulanıklık, yorgunluk ve adaptasyon güçlüğü gibi sonuçlara neden olmaktadır. Brainard ve Glickman tarafından yapılan bir araştırmaya göre, çalışma saatlerinde sık değişim yaşayan kişilerde, biyoritm dengesizliğine bağlı olarak daha fazla kalp rahatsızlıkları ve psikolojik sorunla karşılaşmıştır [13].

Fiziksel çevre ve enformasyon sürecinin düşük olduğu koşulda, vücutta bulunan çeşitli hormonların salgısı değişmektedir. Yapılan ölçümler sonucunda, penceresiz mekanlarda, kortison salgısının oldukça düştüğü, kişilerin ruh halinin bozulduğu ve performansın düştüğü görülmüştür. Pencere ve manzaralı odaları kullanan kişilerin, penceresiz veya kötü manzaralı odaları paylaşan kişilere göre, morallerinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu durum bağışıklık sistemini (immünolojik sistem) etkilemiş ve vücut direncini arttırmıştır. Küller ve Wetterberg tarafından yürütülen deneysel bir çalışmada, pencere 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, pencere odadaki deneklere oranla iki kat artmıştır [39].

Küller ve Laike'nin yaptıkları çalışmanın sonuçlarına göre, lamba türleri ve donanımların özelliklerine bağlı olarak, kişilerin biyoritmi etkilenmektedir. Flüoresan lambalarda kullanılan standart ve elektronik balastlardaki titreşim farkına bağlı olarak baş ağrısı oluşmakta ve iş kazaları meydana gelmektedir [38].

3.1.2 Görsel Algı ile Diğer Duyu Organlarının Birlikteliği ve Mekan Algılama

Hyge ve Knez çalışmalarında ışık-ısı-ses ile ilgili parametrelerin algılamaya ve performansa olan etkisini araştırmışlardır [41,42]. İklimlendirme, sıcaklık ve aydınlık düzeyinin, biliş ve mekan algılamayla olan ilişkisine bakılmıştır. Yapılan çalışmalar, aktivite düzeyinin gürültü ve aydınlık düzeyindeki artışla doğru orantılı, hava sıcaklığındaki artışla ters orantılı olduğunu göstermektedir [41].

Hyge ve Knez, çalışmalarında 38 dBA ve 58 dBA gürültü düzeyi, 21°C ve 27°C hava sıcaklığı ve 300 ile 1500 lx aydınlık düzeyinin biliş üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre gürültü ve aydınlık düzeylerindeki artış,

aktivite düzeyini arttırırken, sıcaklık artışı çalışmaya katılanları olumsuz etkilemiştir. Fiziksel çevre koşullarının en iyi olduğu ortamda, yapılan işe ilgi artmıştır. Bu konuda yapılan bir diğer çalışma, sıcaklık ile performans ilişkisini araştırmıştır. Çalışma sonuçlarına göre bir ilişki bulunamamıştır [42].

Hyge ve Knez'in çalışmasında belirtildiğine göre, Veitch tarafından, 200, 400 ve 600 lx aydınlık düzeylerinde ve 50 dBA ile 70 dBA gürültü düzeylerinde okuma-anlama yeteneği ölçülmüş, ancak aydınlık ve gürültü düzeyleri ile okuma-anlama yeteneği arasında bir ilişki kurulamamıştır [42]. Hughes ve Knez'de belirtildiğine göre, 1975 yılında Löfberg tarafından öğrencilere yönelik düzenlenen bir çalışmada, aydınlık düzeyi-sıcaklık-saat arasındaki ilişki ölçülmüştür. Yüksek aydınlık düzeylerinde, öğleden sonra saatlerinde, hava sıcaklığının yüksek olduğu koşulda performansın arttığı sonucuna varılmıştır. Nelson ise, çalışmasında 13°C, 23°C, 30°C ve 100 ile 300 lx aydınlık düzeylerini kullanarak, aydınlık düzeyi ile üretim arasındaki ilişkiyi ölçmüştür. Sonuçlar göstermiştir ki, aydınlık düzeyi ile iş verimi arasında bir ilişki yoktur, ancak hava sıcaklığı ile üretim arasında bir ilişki bulunmaktadır. Bu araştırmalar, göz ve diğer duyu organlarının bir arada çalışması sonucunda mekan algılamanın gerçekleştiğini göstermektedir [42].

3.1.3 Aydınlık Düzenlemeleri ve 'Hawthorne Etkisi (Hawthorne Effect)'

İçinde bulunulan fiziksel koşullar iyileştikçe, performansın arttığı gözlenmiştir. Psikolojide 'Hawthorne Etkisi' olarak da tanımlanan bu durum, kişileri kuşatan fiziksel çevre bileşenleri ile kişisel duyuların, algılamanın, önyargıların, inanışların ve benzeri durumların etkileşimi incelenerek açıklanmaktadır. İçinde bulunulan çevre ile sürekli etkileşim ve iletişim içinde olan kişinin çevre ile ilişkisinde yaş, cinsiyet ve benzeri kişisel farklar etkin rol oynar [43-44].

Fiziksel çevre bileşenlerinden bir tanesi olan aydınlatmanın algılama sürecindeki etkisi mekandaki aydınlatma düzenlemeleri ve aydınlık düzeyleri değiştirilerek farklı aydınlatma senaryolarının oluşturulduğu bir koşulun motivasyonu arttırabildiği, dikkat toplama, yapılan işe ilginin artması ve "performansın" yükselmesi gibi sonuçlara neden olduğu şeklinde görülmüştür. Beld [14] ve Harrison [43]'de belirtildiğine göre, bir ortamda, kişilere mekanın aydınlatma, havalandırma, ses düzeyi ve benzeri fiziksel koşullarını kontrol etme yetkisi tanındığında, motivasyonun olumlu olarak arttığı ve yapılan işin kalitesinin iyileştiği gözlenmiştir.

Harrison [43] tarafından yapılan bir seri deneysel çalışmada, aydınlık düzeyinin kişilerin performansını ve üretimi nasıl etkilediği araştırılmıştır. Çalışmalardan bir tanesinde 29.000 işçisi olan bir fabrikada, 6 tane bayan işçi seçilmiş ve ayrı bir odada yaptıkları işe devam etmeleri istenmiştir. Diğer bütün fiziksel koşullar sabit tutularak, aydınlık düzeyi kontrollü bir şekilde arttırılmıştır. Aydınlık düzeyi, başlangıçtaki koşula göre birkaç kat yükseldiğinde, üretim artmıştır. Bu koşulun tam tersi yaratılmış, aydınlık düzeyi kontrollü olarak azaltılmış ve başlangıçtaki aydınlık düzeyinden oldukça düşük bir koşul yaratılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, üretimin yine arttığı gözlenmiştir. Üretimdeki bu farkın, aydınlık düzeylerine bağlı olmadığı, kişilerin içinde bulunduğu fiziksel koşul ve çalışma ortamındaki değişimin kişilerin moralini yükselttiği, kendilerini önemli hissettirdiği, bu durumun yapılan işin kalitesine yansıdığı ve performansın arttığı sonucuna varılmıştır. Bu etki, psikolojide ‘Hawthorne Etkisi (Hawthorne Effect)’ olarak bilinmektedir [43- 44].

3.2 Aydınlık Düzeyi, Aydınlık Düzenlemeleri ve Mekan Algılama Konusunda Yapılmış Çalışmalar

Bir mekandaki aydınlatma düzeni (ışık rengi, gölge oluşumu, renksel geriverim endeksi, aydınlık düzeyi, parıltı, kontrast farkı ve benzeri) kişilerde farklı izlenimler uyandırabilir. Aydınlatmayla ilgili parametrelerden biri veya birkaçı değiştirildiğinde, o mekan aynı kişilerde farklı izlenimler uyandırabilir. John Flynn, bu konularda araştırmalar yapmış, geliştirilmiş çevresel psikoloji yöntemleri ve deneylerini, aydınlatma sorunları ve tekniği ile birleştirmiş ilk kişidir [15].

Bu konuda, Flynn v.d bir seri deneysel çalışması vardır [45]. Bir toplantı odasında 6 farklı aydınlatma senaryosu oluşturulmuş ve çalışmaya katılanların, her bir aydınlatma düzenlemesi için o mekanı değerlendirmeleri istenmiştir. 12 farklı denek grubu oluşturulmuş, bu gruplara aydınlatma senaryoları farklı sıralarda sorulmuş ve anlamsal farklılık skalaları ile mekan değerlendirmesi yapılmıştır. Farklı aydınlatma sistemlerinde mekan algılama değişmiştir. Bu değerlendirmeler, ‘mekan izlenimleri’ olarak isimlendirilmiştir.

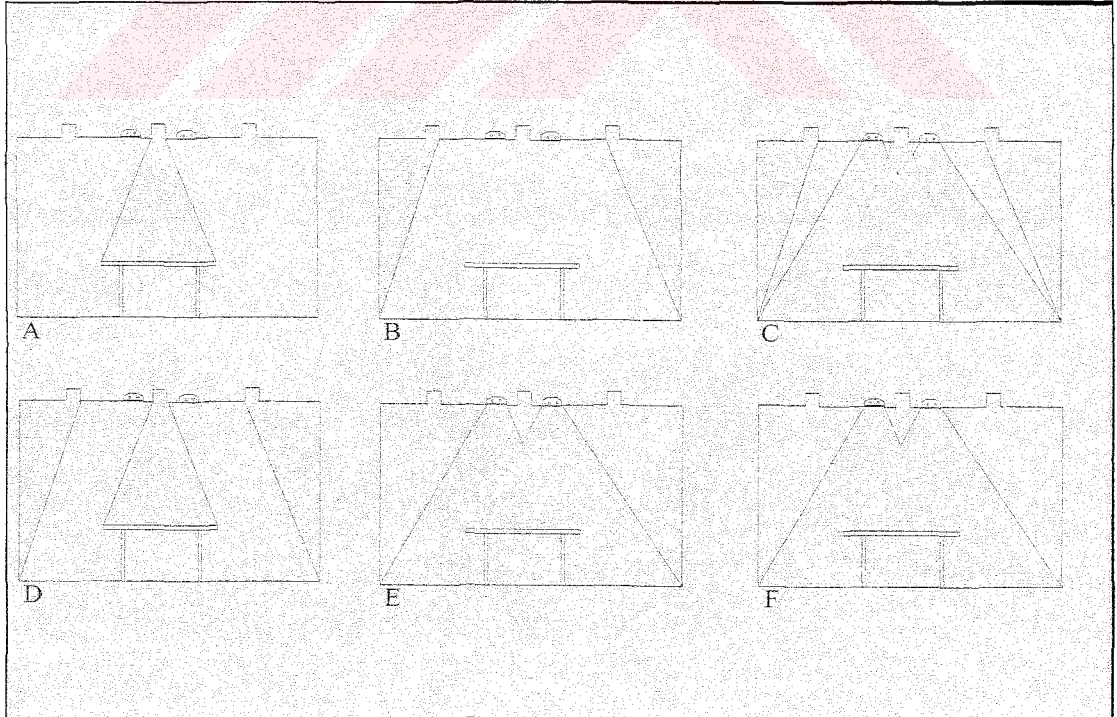
Çalışmada ölçülen mekan izlenimleri sırasıyla, ‘mekanı genel olarak değerlendirme, netlik hissi, mekansal karmaşa, ferahlık ve belli bir stil oluşturmaktır’. Sonuçlar göstermiştir ki, denekler, aydınlık düzeylerinde (yüksek/düşük) ve aydınlatma biçimlerindeki (genel/bölgesel/dolaylı/yarı dolaylı) farka bağlı olarak mekanı farklı

değerlendirmişlerdir. Aydınlatma düzenlemelerindeki ve aydınlık düzeylerindeki fark, aynı mekanın farklı algılanmasını sağlamıştır. Bu çalışma, aydınlatma ile ilgili izlenimlerin kişilere göre değiştiğini ve bu farkın ölçülebilir olduğunu göstermesi açısından önemlidir [45].

Bu çalışmayı takiben, Flynn v.d aynı toplantı odasının farklı aydınlatma senaryolarında resimlerini çekmiş ve katılımcılardan mekanı değerlendirmelerini istemişlerdir. Denekler, mekanın içinde bulunmadan, sadece slaytlara bakarak değerlendirme yapmışlardır. Ölçülen izlenimler sırasıyla, mekanı genel değerlendirme, netlik hissi, mekansal karmaşa, ferahlık, belli bir stil oluşturma ve yatay düzlemin algılanması şeklindedir.

Aydınlatma düzenlemeleri, duvar aydınlatması (bütün duvarların), dolaysız aydınlatma (düşük aydınlık düzeyinde), dolaylı aydınlatma (düşük aydınlık düzeyinde), dolaysız aydınlatma ile duvarların aydınlatmasının birleşimi olan koşul (yüksek aydınlık düzeyinde) ve dolaysız aydınlatma-duvar aydınlatması-dolaylı aydınlatmanın birleşimi şeklindedir.

Bir önceki çalışma ile benzer sonuçlar elde edildiğinden, bir mekanın görünüşünün o mekandan bağımsız olduğu belirlenmiştir [46]. Şekil 3.4 çalışmada kullanılan aydınlatma senaryolarını göstermektedir.



Şekil 3.4. Flynn'in çalışmalarına göre aydınlık düzeyi ve aydınlık düzeyi dağılımına bağlı olarak bir mekanda oluşan izlenimler, [45; sayfa no:18]

Flynn tarafından yürütülen bir başka çalışmada, farklı mekanlarda aynı aydınlatma senaryolarının benzer etkileri uyandırdığı sonucuna varılmıştır. Çalışma için, aynı aydınlatma senaryosuna sahip üç deney seti hazırlanmıştır. Deney setlerinde benzer koşullar oluşturulmuştur; kullanılan ışık kaynakları, aydınlık düzeyleri ve aydınlatma düzeyi dağılımları her sette birbirine eşittir.

Düzenlenen deney setlerinin geometrik özellikleri değerlendirildiğinde; birinci deney seti düzgün bir geometriye sahip değildir, (duvarları birbirine paralel değildir), ikinci deney seti büyük ve dikdörtgen planlıdır, üçüncü set ise dikdörtgen planlıdır ve en büyük deney setidir (m^2 olarak belirtilmemiştir). Aydınlatma senaryoları flüoresan lambalarla sağlanan dolaysız aydınlatma, bütün duvarların aydınlatıldığı koşul, flüoresan lambalarla sağlanan dolaysız aydınlatma ile duvar aydınlatmasının bir arada kullanıldığı koşul, akkor telli lambalarla sağlanan dolaysız aydınlatma ve sadece bir duvarın aydınlatıldığı koşuldur.

Çalışmada ölçülen izlenimler, 'netlik, ferahlık, mahremiyet, hoşnutluk ve mekansal karmaşadır'. 'Rahatlık ve hoşnutluk' dışındaki izlenimler için deney setleri arasında belirgin bir fark bulunmamıştır. Bu farkın geometrik yapıya bağlı olarak kaynaklandığı fikrine varılmıştır. Düzgün geometriye sahip olmayan deney setinde, duvarlar üzerindeki aydınlık düzeyi dağılımları birbirine eşit değildir, kontrolsüz gölgeler oluşmuş ve mekan 'hoşa gitmeyen' ifadesiyle tanımlanmıştır [47].

Flynn'ın sonuçları, birçok araştırmacı tarafından kabul edilerek, pek çok araştırmanın kurgusunu oluşturmuştur. Flynn'ın çalışmalarına karşıt görüşler, Butler ve Biner'in makalesinde belirtildiğine göre, Danford ve Veitch'den gelmiştir [15,48]. Eleştirinin nedeni, çalışmadaki sonuçların genellenmeden önce, farklı ve daha fazla denek sayısı ile yinelenmesinin gerekliliği ve mekan değerlendirmeye yönelik kavramların subjektif olmasından dolayıdır. Veitch, bu çalışmalarda değerlendirilen parametrelerde kavram karmaşası olduğunu, deney setinin mi, aydınlatma sisteminin mi değerlendirildiğinin tam olarak anlaşılamadığını belirtmektedir. Kaynak taraması yapıldığında görülmektedir ki, pek çok araştırmacı Flynn'ın çalışmalarına atıfta bulunmuştur.

Loe'nun araştırmasında onsekiz farklı aydınlatma senaryosunun bulunduğu bir deney setinde yapılan ölçümlerde, ofis ortamlarında, farklı aydınlatma senaryolarının psikolojik etkisinin olduğu fikrine varılmıştır. Hughes v.d, 'görsel netlik' hissinin yüksek aydınlık düzeylerinde arttığı sonucuna varmışlardır [49]. Beş farklı aydınlık

düzeyi ve dört farklı renk sıcaklığı ile laboratuvar koşullarında yapılan ölçümler göstermiştir ki; ofis ortamlarında 600 lx ve üzerindeki aydınlık düzeyleri altında çalışmak tercih edilmiştir. 1300 lx ve üzerindeki aydınlık düzeyleri için görsel konfor sabit kalmış, ‘ferahlık’ hissi aydınlık düzeyine bağlı olarak değişmemiştir [32].

Flynn’in çalışmalarındaki esaslara dayanarak, Pellegrino tarafından yürütülen bir çalışmanın sonuçlarına göre, bir mekanı konforlu hissetmek, performansı etkilemektedir. Pellegrino çalışmasında, gün ışığının etkisinin olmadığı akşam saatlerinde ölçüm yapmıştır. Üç farklı aydınlatma senaryosunun bulunduğu bir deney setinde dolaylı aydınlatma, dolaysız aydınlatma ve her ikisinin bir arada kullanıldığı koşul seçilmiştir. Farklı aydınlatma senaryolarında psikolojik konforun değiştiği, ‘performans’ ölçümlerinde bir artış gözlenmediği sonucuna varılmıştır. Çalışmanın sonuçları, Flynn’in ölçüm tekniklerine paralel olarak anlamsal farklılık skalası, tekli ve çoklu varyans analizi, t-test ve anket çalışması ile değerlendirilmiştir [8].

McCloughan v.d tarafından yürütülen bir başka çalışmada da benzer parametreler araştırılmaktadır. Hazırlanan deney setinde, iki farklı renk sıcaklığına sahip ışık kaynağı (Philips TL 58W/84 ve Philips TLD 58W/83) ve iki farklı aydınlık düzeyi(280 lx ve 770 lx) kullanılmaktadır. Günışığı etkisinin değerlendirilmediği araştırmada, birbirinin aynısı iki deney seti hazırlanmış, denekler her iki deney setini de değerlendirmişlerdir. ‘Heyecan vericilik, sıkıntı yaratma, hoşnutsuzluk’ izlenimleri ölçülmüştür. Sonuçlar göstermiştir ki, aydınlık düzeyi ve renk sıcaklığını değiştirmek, psikolojik konforu etkilemektedir [9].

Kişisel izlenimlerin, aydınlık düzenlemelerine bağlı olarak değişmesi, Flynn’in çalışmalarındaki sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Bu ilişkiler kısa ve uzun süreli izlenimler olmak üzere iki şekilde değerlendirilmiştir. Deney setinde yaklaşık beş dakikalık adaptasyon sürecinden sonra toplanan veriler ve kırk beş dakika sonra verilen cevaplar değerlendirilmiştir. Kısa süreli (anlık) izlenimler, birincil hislerin oluşmasına neden olurken, uzun süreli izlenimlerde, aydınlık düzeyi ve renk sıcaklığının bir arada etkili olduğu görülmüştür [9].

Aydınlatma düzenlemelerine bağlı olarak, kısa süreli mekan izlenimlerini değerlendiren Manav ve Yener tarafından yürütülen deneysel bir çalışmada, dört farklı aydınlatma senaryosu oluşturulmuş, gün ışığı etkisinden yoksun bir çalışma odasında, farklı aydınlatma senaryoları altında mekan algılamadaki fark araştırılmıştır. Aydınlatma sistemleri, tavan aydınlatması (dolaylı aydınlatma), duvar

aydınlatması, ayaklı aydınlatma aygıtlarıyla yapılmış bölgesel aydınlatma ve odanın mevcut durumda bulunan, tavana monte edilmiş iki adet flüoresan lamba ile sağlanmış genel aydınlatmadır. Ölçülen izlenimler, 'netlik, ferahlık, rahatlık, hoşnutluk, mahremiyet ve düzenli olmaktır'. Kullanılan ışık kaynakları TL 54 kodlu 20W ve 40W Philips flüoresan lambalar ve 300W çubuk halojen lambalardır. Varyans analizi ve Ki-kare testleri ile istatistik araştırması yapılan çalışmada, aydınlık düzenlemelerinde oluşan farkın, mekansal izlenimi etkilediği sonucuna varılmıştır.

Mekanı algılamada oluşan bu farkın, ışık kaynaklarının özelliklerine, ışık kaynağının doğrultusal yapısına ve aydınlık düzeylerindeki farka bağlı olduğu belirtilmiştir [49]. Soğuk ışık kaynakları (flüoresan lambalar) ve 300 lx aydınlık düzeyi kullanıldığında, tavan ve duvarlar aydınlatıldığında, mekan 'ferah' olarak algılanırken ve 'görsel netlik' artarken, çalışmadaki düşük aydınlık düzeyi (110 lx) ve sıcak ışık kaynağı (çubuk halojen lambalar) kullanıldığı koşulda aynı mekan 'rahat, hoş giden ve dinlendirici' olarak tanımlanmıştır.

Veitch de belirtildiğine göre, Flynn'ın çalışmalarına benzer bir çalışmada, aydınlık düzeyi dağılımı ile adaptasyon arasındaki ilişki ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçlarına göre, düzgün yayılmamış bir aydınlatma düzenlemesinde ayrıntılar yeterince iyi algılanamamış ve mekan 'konforsuz' olarak tanımlanmıştır. Ancak, buna karşıt bir görüş, yine Veitch'in çalışmasında belirtildiğine göre, Shephard'dan gelmektedir [15]. Anlamsal farklılık skalaları ile mekanı değerlendiren bu çalışmaya göre, düşük aydınlık düzeylerinde, düşey düzlemdeki parıltı değerleri düşük olduğunda, ayrıntılar yeterince iyi algılanamamıştır. Fon ile detay arasındaki parıltı farkı arttıkça görsel netlik bozulmakta, ayrıntılar yeterince iyi algılanamamaktadır. Aydınlık düzeyi dağılımında fark olan ve olmayan iki ofiste yürütülen çalışmada, aydınlık düzeyi dağılımında fark olan ofiste, parlaklık hissinin, aydınlık düzeyi dağılımında fark olmayan ofisteki parlaklık hissine göre 5 ile 10 kat daha fazla olduğu gözlenmiştir.

Yaş, cinsiyet ve benzeri kişisel farklar mekan algılamada etkili olmaktadır. Yapılan çalışmalarda, kişilerin mekan izlenimlerini ölçerken, aydınlık düzeyi dağılımı değişken olarak ele alındığında, genelde, standartlarda belirtilen değerlerden daha yüksek değerlerin tercih edildiği gözlenmiştir. Ancak, buna karşıt bir görüş, Veitch'in makalesinde belirtildiğine göre, Kimmel ve Blasdel'in yaptıkları bir araştırmanın sonuçları arasındadır. Okuma eylemi için önerilen, 425 lx aydınlık

düzeinden daha az bir aydınlık düzeyinin tercih edildiğı belirtilmektedir [15]. Cinsiyet farkının mekan algılamaya etkisi bulunmuştur. Aydınlık düzeyini 100 lx den 300 lx'e çıkarmak, erkek deneklerde konsantrasyon bozukluğuna neden olurken, bayan deneklerin konsantrasyonunda artış gözlenmiştir.

Kullanıcı tercihlerinin mekan algılamadaki etkisi, otomasyon sistemi kullanılan ofis mekanlarında araştırılmıştır. Onaygil v.d tarafından yürütölen iki farklı çalışmada, aydınlık düzeylerinin günışığı durumuna ve kullanıcı ihtiyaçlarına göre ayarlanabildiğı bir düzenek kullanılmaktadır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, otomasyon sistemlerinin bulunduğı ofis binalarında, kişilerin komuta edebildikleri aydınlatma sistemlerinin performansı arttırdığı ve enerji tasarrufu sağladığı için tercih edildiğı görölmüştür [50-51]. Ofisler için kullanılması önerilen otomasyon sistemleriyle ilgili bir başka çalışmanın sonuçlarına göre, ofislerde günışığı ve yapay aydınlatmanın bir arada kullanıldığı, kişilerin komuta edebildiğı, çalışma düzlemi üzerindeki ortalama aydınlık düzeyinin 800 lx olduğı koşulun tercih edildiğı görölmüştür [52].

Ofislerde aydınlatmaya bağı kişisel tercihleri araştırın bir başka çalışmada, kişilerin yapay aydınlatma için tercihlerinin yaz ve kış aylarında birbirinden farklı olduğı görölmüştür. Kişilerin çalışmaya başladıkları anda istemiş oldukları aydınlık düzeyi değerleri kişisel tercihler üzerinde etkilidir [53].

Aydınlatmanın psikolojik etkisini ve mekan algılama ile ilişkisini araştırın bir başka model çalışması Veitch ve Newsham tarafından yürütölmüştür [16]. Her biri farklı aydınlatma senaryosuna sahip dokuz çalışma odasından bir tanesini seçen deneklerle yapılan çalışmada kullanılan aydınlatma senaryoları, dolaylı-dolaysız aydınlatma, kullanılan aygıtlar, prizmatik-parabolik lensli aygıtlar, balast türleri ise elektronik-manyetik balastlardır. Yapay aydınlatma düzenlemelerinin etkisinin araştırıldığı çalışmada, aydınlatmanın psikolojik etkileri ile ışık akısının doğrultusal yapısı arasında bir ilişki bulunamamıştır. Işık akısının, performans ve mekan izlenimleriyle bir ilişkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Aydınlatma sistemlerinde kullanılan donanım ile mekandaki rahatlık hissinin ilişkisi araştırıldığında, sonuçlar göstermiştir ki; elektronik balastlar, görsel performansı arttırdığı ve enerji tasarrufu sağladığı için, manyetik balastlara göre tercih edilmiştir.

Aydınlık düzeyi ile aydınlığın niteliği arasında, bu çalışmadaki sonuçlar değerlendirildiğinde şöyle bir ilişki bulunmaktadır; eylem türüne uygun bir aydınlık düzeyi ve düzenlemesi, kullanıcıların psikolojik durumu açısından en uygun olanıdır. ‘Düşük aydınlık düzeyi, kalitesiz bir aydınlatma veya yüksek bir aydınlık düzeyi, kaliteli bir aydınlatma düzeni oluşturur’ gibi inanışlar yanlıştır[16].

Çalışmanın sonuçlarına göre; bölgesel aydınlatma enerji tasarrufu sağlaması ve yapılan eylemlere uygun bir çözüm olması açısından önerilmektedir. Bu çalışmada, çevresel psikoloji ile aydınlatmanın ilişkisini ölçen testler uygulanmıştır. Testlerin sonuçları kişisel farklar içerisinde yaş değişkeninin önemini göstermektedir. Fiziksel yorgunluk, kontrast (karşıtlık) farkı, aydınlatma sistemlerindeki fark, test sonuçlarını etkilemektedir. Dolaysız aydınlatma ve petekli armatürler kullanıldığında, karşıtlık farkı az olduğunda daha az hata yapıldığı, fiziksel yorgunluğun arttığı koşulda daha fazla hata yapıldığı çalışmadan elde edilen sonuçlar arasındadır. Kişilerin içinde bulunduğu fiziksel koşullar iyileştikçe, performansın arttığı gözlenmiştir [16].

Ofis çalışanları ile yapılan iki aşamalı bir model çalışmasında, Tomoaki v.d, aydınlık düzeyindeki değişimin algılamaya olan etkisini ölçmüştür. Aydınlık düzeyinin belirlenen değerlerde sabitlenebildiği bilgisayara bağlı bir düzenekte, çalışmaya katılanlara iki farklı aydınlık düzeyi sunulmuş ve aralarındaki değişimi ifade etmeleri istenmiştir. Gerilim şiddetindeki değişime bağlı olarak aydınlık düzeyi değişimi sırasında ‘tolere edilebilen sınır’ araştırılmış, bu değişimin ‘adaptasyon süresine’ olan etkilenmesine bakılmıştır. Yüksek frekanslı elektronik balastlı 45W lambaların kullanıldığı düzenekte aydınlık düzeyi 256 farklı seviyede sabitlenebilmekte ve aydınlık düzeyi için en yüksek değer 1400 lx olarak belirtilmektedir. Çalışmanın birinci aşamasında aydınlık düzeyi iki farklı değerde sabitlenmiş ve E2/E1 arasındaki anlık değişim araştırılmıştır. E2/E1 oranının 0.79 değerinden 1.21 değerine 23 adımda ilerlediği çalışmada 400 lx ile 750 lx arasındaki değişimlerde algılamadaki farkın ‘ayrıt edilmediği’ ve aydınlık düzeyinin azalması sırasındaki değişimin, aydınlık düzeyinin artması sırasındaki değişime göre ‘daha az’ hissedildiği sonucuna varılmıştır [54].

Çalışmanın ikinci aşamasında, ‘zamana bağlı olarak’ aydınlık düzeyleri arasında bir fark olması koşulu için algılamadaki fark ölçülmüştür. E2/E1 arasında 0.8 değerinden 1.25 değerine 12 adımda ulaşılmıştır ve değişim süreleri 2, 8 ve 16

saniyedir. E1 her seferinde 750 lx değerindedir. Sonuçlar göstermiştir ki, 16 saniyeye kadar aydınlık düzeyinde zamana bağlı değişimin algılamaya etkisi oldukça ‘azdır’.

Mekan algılamayla ilgili çalışmalar gerçek koşullara benzer senaryolar oluşturularak yapılmalıdır. Çalışmanın ilk iki aşamasında katılımcılara ofislerde yapılan eylemlerden okuma, yazma, bilgisayar kullanma gibi herhangi bir aktivite verilmemiştir. Üçüncü aşamada belirlenen eylemlerle ilgili olarak bir aktiviteye katılmaları istenmiştir. Aydınlik düzeyi (E1) için 750 lx değerinde sabitlenmiş, E2/E1 oranı, 0.75 değerinden 1.34 değerine 10 adımda değiştirilmiştir. Çalışmanın bu aşamasındaki sonuçlar göstermiştir ki; aydınlık düzeyi değişimleri arasındaki süre uzadıkça, değişimin fark edilmesi azalmıştır. Bir eyleme katılım olduğu koşulda, aydınlık düzeyinin değişimini ‘fark edebilme’ oranı azalmıştır. Bilgisayar ekranında oluşan parıltı farkını ayırt edebilme oranı, aydınlık düzeyindeki değişimi fark edebilme oranından daha düşüktür [54].

Çalışmanın sonuçları özetlendiğinde, E2/E1 arasındaki oranın %7 değerine kadar ‘tolere edilebildiği’, 0.92 ile 1.06 değerleri arasındaki aydınlık düzeyi oranlarının fark edilmediği söylenebilir, ancak ofis binalarında, gerilim şiddetindeki ani değişime bağlı olan değişim ve E2/E1 arasındaki oran 0.88 ile 1.13 değerleri arasındadır, zamana bağlı değişim oranı ise 0.8 ile 1.3 değerleri arasındadır. Ofis ortamlarında aydınlık düzeyini kontrol edebilmek, konfor koşullarını sağlamak ve enerji tasarrufu sağlamak açısından gereklidir. Ancak ‘zamana bağlı’ aydınlık düzeyi değişimleri için, çalışma koşuluna uygun olarak, daha uzun süreli değişimler yaratılarak ölçüm yapılmalı ve enerji tasarrufu sağlamak için, aydınlık düzeyini kontrol edebilmeye yönelik bir metot geliştirilmelidir [54].

3.3 Parıltı Farkı ve Mekan Algılama Konusunda Yapılmış Çalışmalar

Tiller ve Veitch tarafından gerçekleştirilen bir çalışma, parıltı dağılımları arasındaki farkın, öznel parıltıya olan etkisini araştırmaktadır. Mobilya tefrişi açısından aynı özelliklere sahip iki odanın bir tanesinin test odası olarak kalması koşuluyla, parıltıları denekler tarafından ‘göreceli olarak eşit’ olarak belirtildiğinde, aydınlık düzeyleri değerleri karşılaştırılmıştır. Aydınlik düzeyi dağılımı yayınlık olmayan oda, yüzey ve nesnelerin parıltı düzeyleri arasında fark bulunmasına bağlı olarak ‘daha parlak’ olarak nitelendirilmiştir. Aydınlik düzeyi dağılımlarındaki farka bağlı olarak, bir mekanda görsel netlik artar veya azalabilir (55).

Pellegrino tarafından yürütülen bir çalışmada, parıltı farkının kişisel izlenimleri etkilediği görülmektedir. Üç farklı aydınlatma sistemine sahip bir odadaki ölçümler, dolaylı aydınlatmada kamaşmanın arttığı ve konfor koşullarının olumsuz olarak etkilendiğini, ‘memnuniyet hissinin’ dolaylı aydınlatmada, yüzeylerden yansıyarak gelen ışığa bağlı olarak arttığını göstermektedir. Dolaysız aydınlatmanın kullanıldığı koşulda, bu çalışmadaki belirlemelere göre, silindirsil/ortalama yatay aydınlık düzeyi oranına bağlı olarak ‘kamaşma’ artmıştır. Pellegrino’nun bu çalışması, oluşturulmuş belli koşullar için fiziksel büyüklükler, kişisel izlenimler arasındaki ilişkiyi göstermesi açısından önemlidir [8].

Roll ve Hentschel tarafından yürütülen bir çalışmada, hazırlanan bir test odasında, tavan-duvar-döşeme ve çalışma düzleminin yansıtma çarpanları değiştirilerek, parıltı oranları arasında bir sınır belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma düzlemi ve yakın çevre alan arasında 1/3 sınırı olumlu bulunurken, tavan ve çalışma düzlemi arasında bu oran yüksek değerlere erişmiş, 1/10 sınırına kadar çıkmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, tavan düzleminin çalışma düzlemini en fazla etkileyen yüzey olduğuna karar verilmiştir [56].

Görsel konfor ve parıltı farkları arasındaki ilişkiyi ölçen, Ishida ve Ogiuchi tarafından yürütülen bir çalışmada, kişisel izlenimin, ‘ışık kaynağının parıltısı ve mekan içindeki parıltı dağılımına bağlı olarak etkilendiği’ fikrinden yola çıkılmıştır. Yürütülen deneysel çalışmada, bir tanesi ‘referans’ olmak üzere iki tane 0,30m x0,45mx0,45m boyutlarında ölçüm kutusu kullanılmıştır. Aydınlık düzeyinin kontrollü olarak istenilen değerlerde sabitlenebildiği düzenekte, aydınlık düzeyi değişimine bağlı olarak, yüzeylerdeki parıltı değerleri değişmiştir. 6500°K renk sıcaklığında lambanın, 10lx-30lx-100lx-300lx ve 1000lx aydınlık düzeylerinin kullanıldığı çalışmada, modelin içerisine, gri skalasından farklı değerlerde geometrik cisimler koyulmuş ve tek bir yüzeyde bulunan gözlem noktasından, farklı aydınlık düzeyleri altında, test kutusu ve referans kutulardaki nesnelerin parıltılarının eşleştirilmesi istenmiştir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde, ışık şiddetine bağlı olarak, yüzeylerin yansıtma çarpanlarının ve algılanan parıltıdaki değişikliğin fark edildiği, ancak kişiler tarafından dolaysız aydınlatma düzeyinin belirlenemediği gözlenmiştir. Bu çalışmaya dayanarak oluşturulan bir başka model çalışmasında, aynı ölçülerdeki kutular kullanılmış, parıltı düzeyi, ışık şiddeti ve aydınlık düzeyi arasındaki ilişki

araştırılmıştır. Dolaylı, dolaysız, yan yüzeylerin aydınlatıldığı duvar aydınlatması ve petekli armatürler olmak üzere dört farklı aydınlatma senaryosunun kullanıldığı çalışmada, ışık kaynağının, iç yüzeylerin yansıtma çarpanlarının ve iç mekandaki parıltı dağılımının bir arada algılamayı etkilediği sonucuna varılmıştır. Işık şiddeti ve mekanda algılanan ışık miktarının birbirinden bağımsız hisler olduğu belirlenmiştir. Sonuçların genellenebilmesi için, ışık şiddeti ile algılanan parıltı (öznel parıltı) arasında fiziksel bir büyüklük bulunması ve 1/1 ölçekli model çalışması yapılması önerilmektedir [57].

Fleischer, Krueger ve Schierz tarafından yapılmış bir çalışmada, ofis ortamlarında, parıltı düzeylerindeki değişime bağlı olarak, motivasyonun ve psikolojik durumun etkilenmesi araştırılmıştır [58]. Gün ışığı ve yapay aydınlatmanın bir arada kullanıldığı çalışmada, dört farklı aydınlatma senaryosu hazırlanmıştır. Çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyinin 500 lx değerinin altına düşmemesi, yapay aydınlatma destekli günışığı ile sağlanmıştır. Oluşturulan farklı aydınlatma senaryoları üç hafta devam etmiş ve yıl boyunca birkaç kere tekrarlanmıştır. İki farklı odada yürütülen çalışmada, mekanla ilgili kişisel izlenimler, yapay aydınlatmanın değişimi ve farklı aydınlatma düzenlemelerine bağlı olarak, çalışma ortamından ‘memnuniyet’ ölçülmüştür. İki seri halinde yürütülen deneylerin ilkinde, tek bir flüoresan lamba çeşidi ve 10 farklı aydınlatma senaryosu, ikincisinde ise; iki çeşit flüoresan lamba ve 12 farklı aydınlatma senaryosu kullanılmıştır.

Sonuçlar göstermiştir ki, yüksek aydınlık düzeylerinde ‘memnuniyet hissi’ artmıştır. İki farklı renk sıcaklığında flüoresan lambanın (3000°K ve 4000°K) kullanıldığı koşulda hissedilir farklar ortaya çıkmış, gün ışığına yakın tayfta yapıda olan lambalar tercih edilmiştir.

Farklı renk sıcaklığındaki lambaların değerlendirildiği koşulda, gün ışığının, yapay aydınlatma elemanlarına göre tercih edildiği ve motivasyonu arttırdığı belirlenmiştir. Aydınlatmanın ofis ortamları için önemli bir tasarım öğesi olduğu ve başarılı bir tasarım elde edebilmek için, aydınlık düzeyinden başka parametrelere de bakılması gerektiği bu çalışmanın sonuçları arasındadır. Çalışmada, ofis ortamlarındaki öznel parıltı değerlendirmesi, detay-fon karşıtlıklarına bağlı oluşan parıltı farklarına göre araştırılmamıştır. Günışığına ait parametreler, gün ışığının nicelik ve niteliğinin kontrol edilemez olmasından dolayı, çalışma dışında tutulmuştur [58].

Miyasawa, Nakamura ve Wakasa ‘ofislerde konfor koşullarının sağlanması için gereken aydınlık düzeyi ve parıltı değerini’ araştırmışlar, katılımcılardan ofis aydınlatmasında önemli olan kriterleri sıralamalarını istemişlerdir. Yapılan çalışmada, parıltı, kamaşma, doğal aydınlatmanın en önemli üç kriter olarak sıralandığı görülmüştür. Bu sıralamada aydınlatma sistemini ‘kontrol etme yetkisi’ on dördlük bir değerlendirme skalasında baştan yedinci sıradadır. Katılımcılardan, farklı parıltı değerlerine sahip ofislerde çekilmiş resimlerdeki parıltı değerlerini sıralamaları istenmiştir. Bu sıralamada, ‘algılanan parıltıda’ fark gözlenmiş, aynı parıltı değerine sahip ofisler aynı sıralamaya girmemiştir [59].

Aynı çalışmanın ikinci bölümünde, aydınlık düzeyleri ayarlanabilen bir ofiste, aydınlatma sistemi olarak, genel aydınlatma ve çalışma düzlemi üzerinde bölgesel aydınlatma bulunmakta ve aydınlık düzeyi farklı seviyelerde sabitlenerek, katılımcıların konfor koşullarındaki değişim araştırılmaktadır.

Genel aydınlatmanın arttığı koşulda, kişisel izlenimler olumlu etkilenmiştir. Aydınlık düzeyindeki artış, 300lx değerinden 500 lx değerine ulaştığında, konfor koşulu sağlandığı için, ‘olumlu’ olarak nitelendirilmiş ve istatistiksel olarak $p=0.05$ anlamlılık düzeyinde, p değeri 0.05’den küçük olduğu için, istatistiksel açıdan ‘anlamlı’ bulunmuştur. Aydınlık düzeyindeki artış, 500 lx değerinden 700 lx değerine ulaştığında, izlenim ‘olumlu’ olmuş, ancak istatistiksel açıdan ‘anlamlı’ bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Masa üzerinde bölgesel aydınlatma olduğu koşulda, aydınlık düzeyi düşükse, bölgesel aydınlatmanın kapatılması tercih edilmiş, konfor koşullarına etkisi ‘olumsuz’ olarak nitelendirilmiştir. Genel aydınlatma koşulundaki artış veya azalma ‘daha fazla’ fark edilmiştir.

Çalışmada, katılımcılara ‘aydınlık düzeylerini kontrol etme yetkisi’ verildiğinde, davranışlarında ve psikolojik olarak izlenimlerinde olumlu değişim görülmüştür. Genel aydınlatmanın 300lx değerinden 500lx değerine ulaştığı ve bölgesel aydınlatmanın 200lx değerinde olduğu koşulda kişisel izlenimlerde 0,10 oranında olumlu artış görülmüştür. Genel aydınlatmanın 300 lx değerinde sabitlendiği, bölgesel aydınlatmanın 200lx değerinden 400 lx değerine arttırıldığı koşulda, kişisel izlenimde -0,45 değeri kadar azalma ölçülmüştür [59].

3.3 Işık Kaynağının Özellikleri ve Mekan Algılama Konusunda Yapılmış Çalışmalar

Işık kaynağının mekan algılamaya etkisi konusunda yapılmış çalışmaların çoğunda, doğal ve yapay aydınlatmanın etkilerinin birbirinden bağımsız olarak araştırıldığı görülmüştür. Pencere tasarımı ve doğal aydınlatmanın, çalışma ortamındaki psikolojik konforu artırması konusundaki çalışmalar göstermiştir ki, kişiler çalıştıkları ortamda bir pencerenin varlığını hissetmek istemektedir.

Manzaranın önemi, pencere konumuyla ilişkili gelişen *mahremiyet hissi*, *hoşnutluk*, *ferahlık*, *ilgi çekicilik* gibi kavramlar, bu çalışmalarda araştırılan parametrelerdir. İmamoğlu ve Markus, Bülow ve Hübe, Markus ve Gray, Stone'un çalışmalarının sonuçlarına bakıldığında, pencere boyutu, kullanılan camların özellikleri ve odanın boyutları ile psikolojik konfor arasında bir ilişki olduğu belirlenmiştir [2-7,60].

Doğal aydınlatmanın etkisi ve önemi, kişilere ve koşullara göre farklılık göstermektedir. Yapay aydınlatma, tek başına kullanıldığında, psikolojik konfor koşulları sağlanmayabilir, bu nedenle Ne'man, Leather, Onaygil ve Tenner'da belirtildiğine göre, doğal aydınlatma ile bütünleşmiş bir yapay aydınlatma düzenlemesine gidilmesi daha uygun bir koşuldur [2,3,52].

Yapay aydınlatma düzenlemelerinde ışık kaynağına bağlı değişen psikolojik konfor ve mekan algılamada oluşan fark, çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiş bir konudur. Kruithof, ışık renkleri ile aydınlık düzeyi arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Çalışmalarında, farklı aydınlık düzeyleri ve ışık renkleri ile aydınlatılmış mekanlarda kişilere izlenimlerini sormuştur. Düşük aydınlık düzeylerinde, soğuk ışık kaynaklarının kişiler üzerindeki etkisi olumsuz, sıcak ışık kaynaklarının etkisi ise olumludur [25,61]. Bir başka deneysel çalışmada, sıcak ışık kaynakları ile aydınlatılan bir mekanda, aydınlık düzeyi arttıkça, 'hoşnut olma' hissi kuvvetlenmiştir [62].

Ofis ortamlarında, ışık kaynaklarının renk sıcaklığı ve aydınlık düzeyi arasındaki ilişkiyi araştıran Gabriela, laboratuvar koşullarında beş farklı aydınlık düzeyi ve dört farklı renk sıcaklığı ile ölçümler yapmıştır. Renk sıcaklığı azaldıkça mekan olumlu sıfatlarla tanımlanmış, renk sıcaklığı arttıkça aynı mekanın algılanan fiziksel boyutlarının azaldığı belirtilmiş ve 'daha küçük' olarak değerlendirilmiştir [32].

Aksugür farklı renk sıcaklığının algılamaya olan etkisini araştırdığı, 60x80x60 cm boyutlarında kutularla çalıştığı bir model çalışmasında, akkor halojen lambalar (2790°K) ve beyaz ışık veren flüoresan lambalar (6500°K) kullanmış ve bu ışık kaynaklarına bağlı olarak ferahlık hissini araştırmıştır. Soğuk ışık kaynağı olarak flüoresan lambalar kullanıldığında, halojen lambalara oranla ferahlık hissini 'arttı' sonucuna varılmıştır [63].

Işık kaynağının tayfsal yapısı ile performans ilişkisini araştıran çalışmalarda, tayfsal yapısı sürekli olan ve sürekli olmayan ışık kaynakları karşılaştırıldığında, denekler tayfsal yapı ile ilgili bilgilendirildiklerinde, daha yüksek değerler elde edilmiştir [48]. Sawada tarafından yürütülen bir çalışmada belirtildiğine göre, Boyce ve Cuttle'ın renk sıcaklığı ile aydınlık düzeyi arasındaki ilişkiyi ölçen çalışmasında ulaştığı sonuç; deneklerin ortamdaki renk sıcaklığına alıştıkları koşulda, aydınlık düzeyindeki değişimin algılamada fark yarattığı şeklindedir [62].

Işık kaynağının renk sıcaklığına bağlı olarak 'mekan algılama ile cinsiyet' arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalarda karşıt görüşler bulunmaktadır. Knez'in araştırmalarında, erkek ve bayanların renk sıcaklığı konusundaki tercihlerinde fark bulunduğu sonucuna varılmıştır. Aynı aydınlatma düzenlemelerine sahip mekanları bayanlar, erkeklere göre daha karanlık, göz kamaştırıcı gibi olumsuzluk ifadeleri tanımlamışlardır [41,64].

3.4 Literatür Çalışmalarından Çıkan Sonuçlar

Bir aydınlatma sistemi, kişilerde farklı izlenimler oluşturabilir ve bu izlenimler ölçülebilir. Bu farkı yaratan parametreler; ışık kaynaklarının özellikleri, aydınlık düzeyi ve aydınlık düzeyi dağılımı olarak sıralanabilir. Bu konudaki çalışmalar incelendiğinde, bu parametrelerin belli koşullar için araştırıldığını görmekteyiz.

Ofis ortamlarında aydınlığın niteliği ve mekan algılama konusunda yapılmış çalışmaların değerlendirilmesi aşağıda özetlendiği gibidir;

a) Aydınlık düzeyi, aydınlatma sistemleri ve mekan algılama ile ilgili çalışmalar

- Mekan algılamada fark yaratan aydınlık düzeyi, aydınlatma sistemleri ve renk sıcaklığının görsel konfor koşullarına olan etkisi her üç parametrenin de sabitlenebildiği bir düzenekte araştırılmamıştır [8,45-47,49,63-65].

- Görsel konfor koşullarını sağlayan ‘en uygun’ aydınlık düzeyi için çeşitli öneriler getirilmiştir, ancak, bu konuda bir fikir birliğine varılamamıştır [10,55]. Farklı aydınlık düzeylerinde görsel konfor araştırıldığında, 960 lx ile 1500 lx değerlerinde mekan algılama değişmiş , 1500 lx düzeyinin üzerinde ferahlık, hoşnutluk kavramlarında ‘olumsuz’ izlenim görülmüştür [62]. Aydınlık düzeyi 1300 lx değeri ve üzerinde olduğu koşulda, görsel konfor koşullarında fark gözlenmemiştir [32]. Çalışma düzlemi üzerinde ortalama 800 lx aydınlık düzeyi, ‘olumlu’ olarak değerlendirilmiştir [52]. Sawada’da belirtildiğine göre, Boyce ve Cuttle tarafından yürütülen bir çalışmada aydınlık düzeyi artınca mekandaki ‘netlik, hoşnutluk, memnuniyet’ hisleri de artmıştır [62].
- Aydınlık düzeyindeki artışın mekan algılamaya olan etkisi, genel aydınlatmada, ‘kişisel izlenimi’ olumlu olarak etkilemiştir. Masa üzerinde bölgesel aydınlatma kullanıldığında ve aydınlık düzeyi düşürüldüğünde, konfor koşullarına olumlu etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır [59]. Bu çalışmalarda, ofis ortamlarında aydınlık düzeyine bağlı olarak görsel konfor koşullarının sağlanması için önerilen bir sınır değer bulunmamaktadır.
- Aydınlık düzeyi ve ışık kaynağının renk sıcaklığına bağlı olarak mekan algılama değişmektedir. Ofis çalışanlarıyla yapılan bir çalışmada, sıcak ışık kaynakları ve düşük aydınlık düzeylerinde ‘rahatlık’, yüksek aydınlık düzeylerinde ‘memnuniyet’ artmıştır [58]. Yüksek aydınlık düzeylerinde olumlu izlenimler oluşmasının, lambaların renk sıcaklığından bağımsız olduğu sonucuna varılmıştır [62]. Ancak, bu koşulları sağlayan ışık kaynaklarının renksel geriverim endeksi, renk sıcaklığı gibi özellikleri bazı çalışmalarda belirtilmemiştir [8,45-47].
- Sawada’da belirtildiğine göre Davis ve Ginther tarafından yapılan bir çalışmanın sonuçlarına göre, sıcak ışık kaynakları altında, aydınlık düzeyi arttıkça konfor koşulları iyileşmiş ve mekandan ‘tatmin olmak’ artmıştır. Kişiler ortamdaki renk sıcaklığına alıştıklarında, aydınlık düzeyindeki değişim, mekan algılamada fark yaratmıştır.
- Kişilerin aydınlık düzeyi tercihleri standartlarda belirtilen değerlerden farklı olabilmektedir, bu konuda bir fikir birliğine varılamamıştır [15,32,62].

b) Işık kaynağı ve mekan algılama ile ilgili çalışmalar

- Işık kaynaklarının renk sıcaklığı ve mekan algılama ile ilgili ölçümlerde, 2700°K renk sıcaklığında akkor telli halojen lambalar ile 5000°K renk sıcaklığındaki flüoresan lambalar kullanılmış ve mekan algılama değişmiştir, flüoresan lambalar ‘ferahlık’ hissini arttırmıştır [63].
- Gün ışığının bir mekan için önemi bilinmekle birlikte, pek çok çalışmada, gün ışığına ait parametrelerin kontrol edilememesinden dolayı, gün ışığının etkisi ölçülmemiştir [8-12,16,39,45-47,49,55,58,60,62-65].
- Ofis çalışanlarıyla yapılan bir araştırmada, yapay ışık kaynağı altında yapılan çalışmalarda, gün ışığına yakın renk sıcaklığında lambalar kullanıldığında, ‘motivasyonun arttığı’ gözlenmiştir [58].
- Mekanın algılanan fiziksel büyüklüğünü etkileyen bir renk sıcaklığı derecesi belirtilmemiştir [32,66].
- Çalışma ortamlarında, aydınlatma sistemlerine bağlı olarak mekan algılama değişmiştir. Soğuk ışık kaynakları (5000°K renk sıcaklığındaki flüoresan lambalar) ve yüksek aydınlık düzeyleri kullanıldığı koşulda, tavan ve duvarlar aydınlatıldığında, mekan ferah olarak tanımlanmış ve görsel netlik artmış, düşük aydınlık düzeyleri ve sıcak ışık kaynakları kullanıldığında (2700°K renk sıcaklığında akkor lambalar) aynı mekan rahatlatıcı, hoş giden ve dinlendirici olarak tanımlanmıştır [49]. İki çeşit ışık kaynağı ve dört farklı aydınlatma sistemi altında yapılan çalışmanın sonuçlarının genellenebilmesi için, aydınlatma sistemlerinin farklı kombinasyonları ve başka ışık kaynakları ile yinelenmesinin gerektiği belirtilmiştir.
- Gün ışığının etkisini araştıran çalışmalarda, yapay aydınlatma ile bütünleşmiş doğal aydınlatma düzenlemesine gidilmesi uygun koşul olarak önerilmiştir [2,52].

c) Parıltı farkı ve mekan algılama ile ilgili çalışmalar

- Farklı geometriye sahip mekanlarda, aydınlatma sistemine bağlı olarak algılama değişmektedir. Düzgün geometrisi olmayan mekanlar, aydınlık düzeyi dağılımı her noktada aynı olmadığı için konfor koşullarından olumsuz etkilenmekte ve hoşnutsuzluk artmaktadır [47]. Düzgün yayılmamış bir aydınlık düzeyinde ayrıntıların yeterince iyi algılanamadığı görüntüler oluşmuş ve mekan ‘konforsuz’ olarak tanımlanmıştır [15]. Bir başka

çalışmaya göre, mekan içerisinde, aydınlık düzeyi dağılımı eşit olmadığında, yüzey ve nesneler ‘daha parlak’ olarak tanımlanmıştır [55]. Düşük aydınlık düzeylerinde, düşey düzlemde nesne ve çevre alan arasında parıltı farkı az olduğunda, bulanık görüntü oluşmuştur. Parıltı karşıtlığı fazla olan yüzeyler olumlu izlenime neden olmuş, ferahlık, görsel netlik ve motivasyonda artış görülmüştür [62]. Bu artışın 40°lik tepe açısı olan bir koni içinde gerçekleştiği Loe tarafından yapılan bir araştırmanın sonuçları arasında belirtilirken, Pellegrino aynı tepe açısı içerisinde konforsuzluğun arttığını savunmaktadır.

- Renk sıcaklığı, renksel geriverim özellikleri ve aydınlık düzeyinin mekan algılamaya ilişkisini ölçen bir çalışmada belirtildiğine göre, iç mekanda öznel parıltı değerlendirmesinde ‘renksel geriverim endeksi’ etkilidir, lambaların renk sıcaklığını değiştirmek ‘parlaklık (brightness)’ izlenimini etkilememektedir [66].
- Bu çalışmaları değerlendirdiğimizde, aydınlık düzeyleri ve parıltı karşıtlıkları için, konfor koşullarını sağlayan bir sınır verilmediğini ve parıltı farkına bağlı olarak konfor koşullarını sağlayan ‘öznel parıltı’ tercihlerinin araştırılmadığını görmekteyiz [10,55].
- Ölçülen parıltı ile ‘algılanan parıltı’ arasında fark gözlenmiştir [59].

d) Aydınlatma Otomasyonu ile ilgili çalışmalar

- Kişilere, çalıştıkları mekanlarda ‘aydınlık düzeylerini kontrol etme yetkisi’ verildiğinde, davranışlarında ve mekan izlenimlerinde olumlu değişim görülmüştür [57]. Otomasyon sistemleri kullanıldığında ve kişilere sistemleri ‘kontrol etme’ yetkisi verildiğinde, performans ölçümlerinde artış gözlenmiş, enerji tasarrufu sağladığı, daha verimli ve konforlu çalışma ortamları yarattıkları için bu sistemlerin tercih edildiği sonucuna varılmıştır [50-52].
- Mekan algılamayı araştıran çalışma ve ölçümler, gerçek koşullara uygun ortamlar yaratılarak gerçekleştirilmelidir. 1/1 ölçekli model çalışmaları yapılmalı, ölçülen kriterlere uygun sayıda ve özellikte denek grubuyla çalışmanın yürütülmesi gerekmektedir [57,63]. Bazı çalışmalarda denek grubu on iki, on sekiz kişi gibi sayılarla sınırlı kaldığı için, sonuçların genellenmeden önce, benzer koşullar için, farklı ve kalabalık denek gruplarıyla yinelenmesi gerekmektedir.

- Gün içerisinde aydınlık düzeyindeki değişim algılamayı etkilemektedir, otomasyon sistemleriyle bu koşulun kontrol edilebilmesi, bir sistem kurulması önerilmiştir.

e) Deneysel  alışmalar

- Mekan algılamayla ilgili görüşün o mekandan bağımsız olduğu sonucuna varılmıştır. Bu sonuç model çalışmalarına olanak sağlamaktadır [46]. Bazı çalışmalarda laboratuvar koşullarında kontrollü deney yapılmadığı için sonuçların genellenmeden önce, çalışmanın yinelenmesi gerekliliği savunulmaktadır [8,16].
- Aydınlatma sistemlerine bağlı olarak mekan algılamadaki değişim, kısa süreli izlenimlerin değerlendirilmesi sonucunda oluşmuştur. Aynı  alışmalar, uzun süreli izlenimlerin sonucu olarak tekrarlanırsa sonuçlar değişebilir. Çalışmalarda, katılımcılara ortama alışma süresi verilmelidir [9,49].
- Ölçümler, aynı gün içinde, denekler deney setinden dışarı çıkmadan yapılmalıdır. Deneklerin içinde bulunduğu ruh hali test sonuçlarını etkileyebilir. Bu nedenle çalışmaya katılan herkes için benzer fiziksel koşullar sağlanmalıdır (sıcaklık, gürültü düzeyi, adaptasyon süreci ve benzeri).
- Deneysel çalışmalardaki sonuçların genellenebilmesi için kalabalık denek gruplarıyla çalışmaların yinelenmesi gerekir [10,32,47].

Yukarıda özetlenen, ofis ortamlarında aydınlığın niteliği ve niceliği konusunda yapılmış çalışmaların sonuçlarına göre, araştırılması önerilen parametreler belirlenmiş ve bu deneysel çalışmanın kurgusu oluşturulmuştur.

BÖLÜM IV. OFİSLERDE AYDINLIK DÜZEYİ, PARILTI FARKI VE RENK SICAKLIĞININ GÖRSEL KONFOR KOŞULLARINA ETKİSİNİ İNCELEYEN BİR MODEL ÇALIŞMASININ TANITILMASI

Bu bölümde, deney setinin amacı, tanımı, deneyin adımları ve kullanılan yöntem tanıtılmakta, konfor koşullarını araştırmak için uygulanan testler anlatılmakta ve sonuçları tartışılmaktadır.

4.1 Deneyin Amacı

Çalışma ortamında konfor koşullarının iyileştirilmesiyle, motivasyon ve yapılan işin kalitesinin arttığı, bunun sonucunda performansın etkilendiği bilinmektedir. Bu çalışma, fizyolojik konfor koşulları sağlanmış ofis ortamlarında, psikolojik konfor koşullarını arttırmaya yönelik bir yöntem belirleyebilmek için yapılmaktadır.

Fizyolojik konforun sağlandığı bir ofis ortamında, psikolojik konfor parametreleri araştırılmaktadır. Araştırma sonuçlarına göre, yapılan model çalışmasına bağlı olarak, performansı arttıran koşulların belirlenmesi, aydınlık düzenlemelerine bağlı bir yöntem saptanması hedeflenmektedir.

4.2 Deney Setinin Tanımı

Bu deneysel çalışma, İTÜ Enerji Enstitüsü'nde, aydınlatma otomasyonu kurulan bir odada gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan odanın boyutları, 7.00x3.46x2.80 metredir. Çalışma düzlemi, döşemeden 0.80m yükseklikte bulunmaktadır. Yansıtma çarpanları, tavan için 0.86, duvarlar için 0.78 ve döşeme için 0.54 olarak belirlenmiş ve aydınlatma hesaplarında bu değerler kullanılmıştır (Deney setinin yansıtma çarpanı hesapları için Ek-A bölümüne bakınız).

4.2.1 Deney Setinin Kurgusu ve Düzenlenmesi

Deney seti için kullanılan oda, tavan yüksekliği 3.30 m olan, bir duvar yüzeyinde bulunan pencerelerle günışığı alan, duvarda beyaz plastik boya, zemin döşemesinde dökme mozaik kullanılmış bir oda görünümündeydi (Şekil 4.1). Mekanın aydınlatması, tavana yerleştirilmiş iki adet çubuk flüoresan lamba ile sağlanıyordu. Odanın tefrişi ve aydınlatma sistemi, deneyin kurgusuna göre değiştirildi.

Asma tavan uygulaması ile tavan yüksekliği 2.80 m ye düşürüldü. Aydınlatma otomasyon kontrolü, farklı aydınlatma senaryolarına olanak verecek şekilde tasarlanarak, asma tavana yerleştirildi. Kullanılan armatürler gömme tip seçildi ve 60x60 cm cam yünü plakalar ile asma tavan uygulaması tamamlandı. Odanın tefrişi, tek kişilik bir ofis şeklinde düzenlendi.

Ofiste yapılan işin tanımı, bu çalışma için, ‘okumak- yazmak ve karşılıklı sohbet etmek’ olarak belirlendi. Modelde, ‘günışığı’ ölçümlerin dışında tutulacağı için, pencerelere mat ve koyu lacivert, gün ışığını sızdırmayan stor perdeler monte edildi. Şekil 4.1 modelin çalışma öncesindeki, Şekil 4.2A – 4.2H modelin çalışma süresindeki durumunu göstermektedir.



Şekil 4.1 Deney setinin çalışma öncesindeki durumu



- A-
 Aydınlatma senaryosu : 1
 Lamba tipi : Philips TL-D36W 840
 Aydınlık düzeyi : 1000 lx



- B-
 Aydınlatma senaryosu : 2
 Lamba tipi : Philips TL-D36W 840
 Aydınlık düzeyi : 750 lx



- C-
 Aydınlatma senaryosu : 3
 Lamba tipi : Philips TL-D36W 840
 Aydınlık düzeyi : 500 lx

Şekil 4.2 Deney setinin farklı aydınlatma senaryoları altında, çalışma süresindeki durumu



- D-
Aydınlatma senaryosu: 4
Lamba tipi : Philips TL-D36W 827
Aydınlık düzeyi : 1000 lx



- E-
Aydınlatma senaryosu: 5
Lamba tipi : Philips TL-D36W 827
Aydınlık düzeyi : 750 lx



- F-
Aydınlatma senaryosu: 6
Lamba tipi : Philips TL-D36W 827
Aydınlık düzeyi : 500 lx

Şekil 4.2 (devam) Deney setinin farklı aydınlatma senaryoları altında, çalışma süresindeki durumu



- G -

Aydınlatma senaryosu: 7

Lamba tipi : Philips TL-D36W827

ve Philips TL-D36W 840

Aydınlık düzeyi : 2000 lx



- H -

Aydınlatma senaryosu: 8

Lamba tipi : Philips TL-D36W827

ve Philips TL-D36W 840

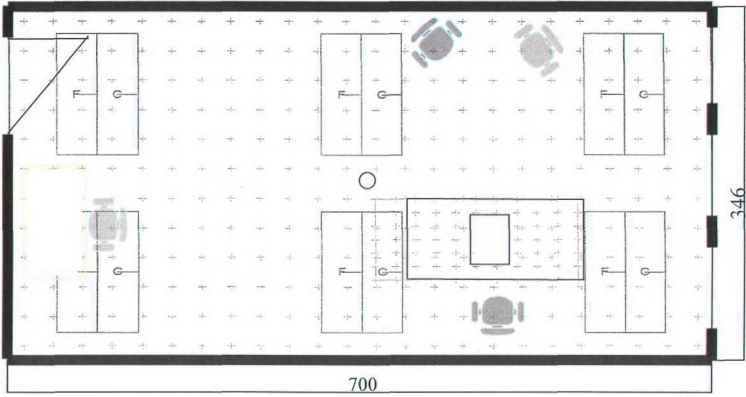
Aydınlık düzeyi : 500 lx

Şekil 4.2 (devam) Deney setinin farklı aydınlatma senaryoları altında, çalışma süresindeki durumu

4.2.2 Aydınlatma Tasarımı Hesapları

Deney setinin aydınlatma tasarımı hesapları, CalcuLUX Indoor 5.0 Bilgisayar Programı kullanılarak hazırlanmıştır. Aydınlatma tasarımında kullanılan veriler, CIE Ofis Aydınlatması Standartlarına uygun olarak düzenlenmiştir [28,30,31].

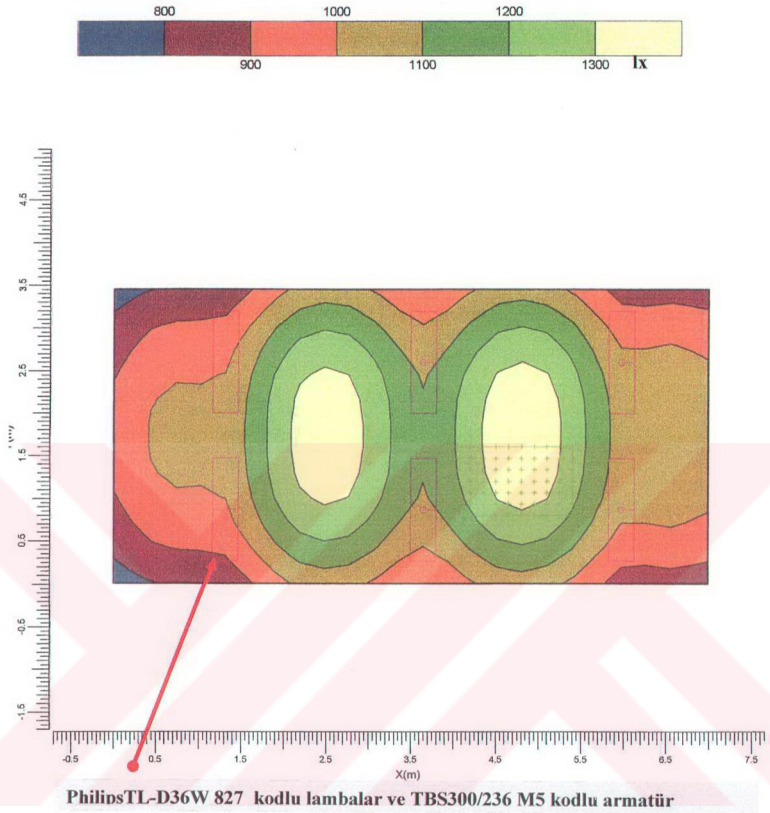
Şekil 4.3, deney setinin aydınlatma planını göstermektedir. Planda 'F' harfi ile gösterilen armatürlerde Philips TL-D36W 840 kodlu lambalar ve 'C' harfi ile gösterilen armatürlerde Philips TL-D36W 827 kodlu lambalar kullanılmıştır. Sensör, asma tavan uygulamasında, tavanın ortasına gelecek şekilde monte edilmiştir. Sistem, uzaktan kumanda ünitesiyle yönetilmektedir.



- C – Philips TBS300/ 2 36 M5 gömme armatür
 F - Philips TBS300/ 2 36 M5 gömme armatür
 O – Occuswitch çok amaçlı sensör (multi sensör)

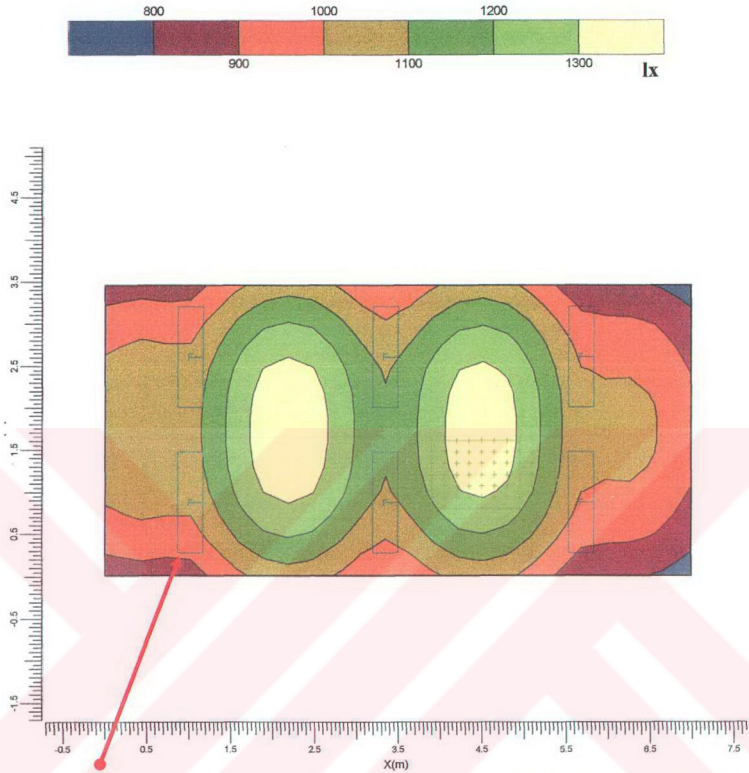
Şekil 4.3 Deney setinin aydınlatma planı

Deney seti için aydınlatma planı hazırlanırken, 840 kod ve 827 kodlu lambalar açık olduğunda, mekan içinde ve çalışma düzlemi üzerindeki aydınlık düzeyi dağılımlarının eşit koşullarda olması sağlanmıştır. Şekil 4.4 – Şekil 4.6, farklı renk sıcaklığındaki lambalar kullanıldığında oda içerisindeki aydınlık düzeyi dağılımlarını göstermektedir. Grafikler CalcuLUX 5.0 Bilgisayar Programı kullanılarak çizilmiştir.



Şekil 4.4 PhilipsTL-D36W 827 kodlu lambalar kullanıldığında odadaki aydınlık düzeyi dağılımı (lx)

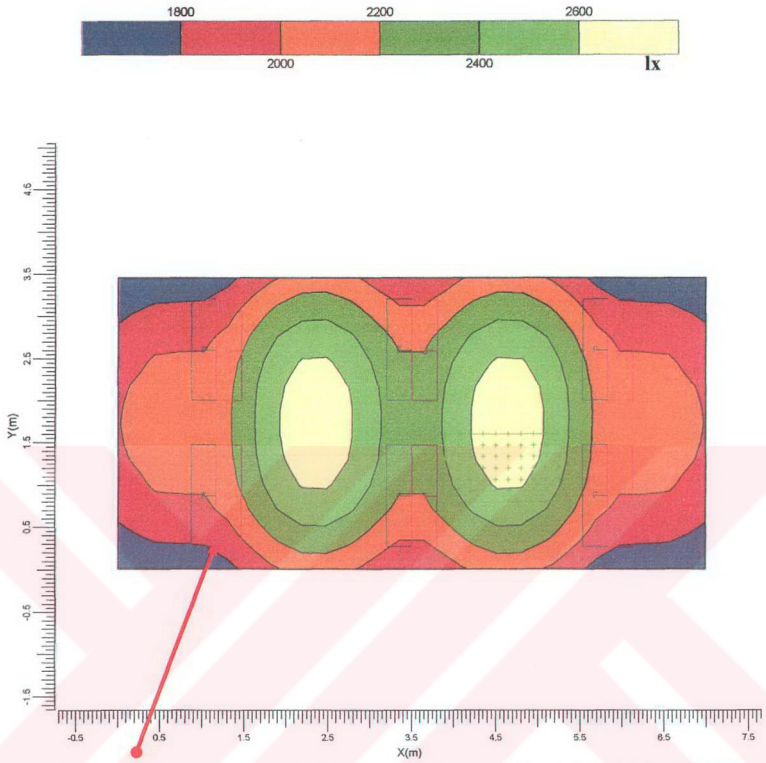
PhilipsTL-D36W 827 kodlu çubuk flüoresan lambalar kullanılarak, çalışma düzlemi üzerindeki ortalama aydınlık düzeyinin 1000 lx, 750 lx ve 500 lx olarak sabitlenmesi sağlanmıştır. Çalışma düzlemi üzerindeki düzgünlük faktörü (E_{min} / E_{max}) 0.78, ve E_{min} / E_{av} değeri 0.85 olarak hesaplanmıştır. 827 kodlu lambaların hepsi yandığında, tüm alan için yatay düzlemdeki ortalama aydınlık düzeyi 1095 lx olarak kaydedilmiş ve kumanda ile istenilen aydınlık düzeylerinde sabitlenmiştir.



PhilipsTL-D36W 840 kodlu lambalar ve TBS300/236 M5 kodlu armatür

Şekil 4.5 PhilipsTL-D36W 840 kodlu lambalar kullanıldığında odadaki aydınlık düzeyi dağılımı (lx)

PhilipsTL-D36W 840 kodlu çubuk flüoresan lambalar kullanılarak, çalışma düzlemi üzerindeki ortalama aydınlık düzeyinin 1000 lx, 750 lx ve 500 lx olarak sabitlenmesi sağlanmıştır. Çalışma düzlemi üzerinde düzgünlük faktörü (E_{min} / E_{max}) 0.80, ve E_{min} / E_{av} değeri 0.87 olarak hesaplanmıştır. 840 kodlu lambaların hepsi yandığında, tüm alan için yatay düzlemdeki ortalama aydınlık düzeyi 1095 lx olarak kaydedilmiş ve kumanda ile istenilen düzeylerde sabitlenmiştir.

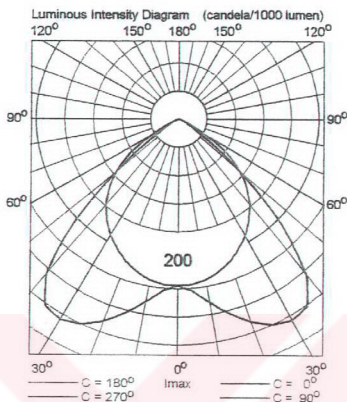


PhilipsTL-D36W 840 ve 827 kodlu lambalar ve TBS300/236 M5 kodlu armatür

Şekil 4.6 PhilipsTL-D36W 840 ve 827 kodlu lambalar bir arada kullanıldığında odadaki aydınlık düzeyi dağılımı

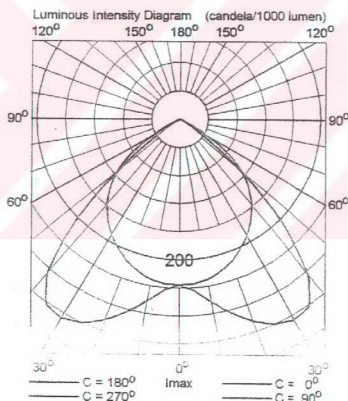
PhilipsTL-D36W 840 ve 827 kodlu çubuk flüoresan lambalar kullanılarak, çalışma düzlemi üzerindeki ortalama aydınlık düzeyinin 2000 lx ve 500 lx olarak sabitlenmesi sağlanmıştır. 840 ve 827 kodlu lambalar bir arada yandığında, tüm alan için yatay düzlemdeki ortalama aydınlık düzeyi 2190 lx olarak hesaplanmış ve kumanda ile istenilen değerlerde sabitlenmiştir. Düzgünlük faktörü ($E_{\min} / E_{\max}$) 0.62, ve $E_{\min} / E_{av}$ değeri 0.76 olarak hesaplanmıştır (Ek-B, 840 ve 827 kodlu lambalar altında masa üzerindeki aydınlık dağılımını göstermektedir).

Kullanılan armatürler, her biri iki adet 36W çubuk flüoresan lambayla çalışan, elektronik balastlı armatürlerdir (Şekil 4.7).



TBS300/236 M5 2xTL-D36W/840

Balast tipi : Elektronik
Işık akısı : 3200 lm
Güç : 72.0 W
Armatür verimi :
DLOR(alt yarı uzayı dağılım oranı) : 0.63
ULOR(üst yarı uzayı dağılım oranı) : 0.00
TLOR (toplam alan dağılım oranı) : 0.63
Kod : LVW0876000



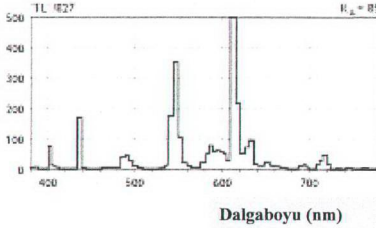
TBS300/236 M5 2xTL-D36W/827

Balast tipi : Elektronik
Işık akısı : 3200 lm
Güç : 72.0 W
Armatür verimi :
DLOR(alt yarı uzayı dağılım oranı) : 0.63
ULOR(üst yarı uzayı dağılım oranı) : 0.00
TLOR (toplam alan dağılım oranı) : 0.63
Kod : LVW0876000

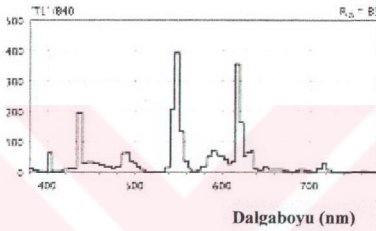
Şekil 4.7 Deney setinde kullanılan armatürlerin teknik özellikleri

Deney setinde kullanılan flüoresan lambalar renksel geriverim endeksi ($R_a=85$) ve renk sıcaklığı (4000°K) açısından ofis uygulamaları için önerilen gruptan seçilmiştir [28-30]. İkinci bir renk sıcaklığı önerisinde bulunabilmek için ‘sıcak’ bir ışık kaynağı da kullanılmasına karar verildi ve renksel geriverim endeksi

aynı($R_a=85$), ancak renk sıcaklığı 2700°K olan çubuk flüoresan lambalar seçildi. Kullanılan lambaların tayfsal yapıları Şekil 4.8 de verilmiştir.



TL'D 827 kodlu flüoresan lamba



TL'D 840 kodlu flüoresan lamba

Şekil 4.8 Deney setinde kullanılan lambaların tayfsal yapılarını gösteren grafikler

Odada 'fiziksel konfor koşullarını' sağlamak için gerekli hesaplamalar Standartlara uygun olarak yapılmıştır [28-31].

4.2.3 Deney Setinde Kullanılan Aydınlatma Otomasyonu

Deney setinde, aynı renksel geriverim endeksine ve iki farklı renk sıcaklığına sahip çubuk flüoresan lambayla (Philips TL-D36W 827($R_a=85$, $CT=2700^{\circ}K$) ve Philips TL-D36W 840 ($R_a=85$, $CT=4000^{\circ}K$) oluşturulan sekiz farklı aydınlatma senaryosu kullanılmaktadır. Tablo 4.1, aydınlatma senaryolarının uzaktan kumanda üzerinde bulunan sıralamalarını göstermektedir.

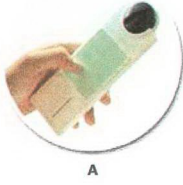
Deneyde, Lightmaster100 Aydınlatma Otomasyonu kullanılmaktadır. Bu sistem, aydınlatma elemanlarının ortamdaki aydınlatma koşullarına göre kontrol edilebilmesine olanak tanımaktadır. Sistem aynı zamanda, 1-10VDC kontrol sinyali ile çalışan elektronik balastlara sahip armatürlerdeki lambaların ışık akılarının ayarlanmasına da olanak tanımaktadır. Farklı aydınlık düzeylerinde

sabitlenebilen otomasyon sistemi, uzaktan kumanda veya bir bilgisayar yardımıyla çalışabilmektedir.

Tablo 4.1. Deney setinde kullanılan Uzaktan Kumanda Ünitesi üzerinde aydınlatma senaryolarının sıralaması

Kaydedilen senaryosu	aydınlatma	Kumanda Üzerindeki sıralama	Kumanda Üzerindeki sıralama	Kaydedilen senaryosu	aydınlatma
TL-D36W 840 kod ve 1000 lx		1 nolu seçenek	2 nolu seçenek	TL-D36W 840 kod ve 750 lx	
TL-D36W 840 kod ve 500 lx		3 nolu seçenek	4 nolu seçenek	TL-D36W 827 kod ve 1000 lx	
TL-D36W 827 kod ve 750 lx		5 nolu seçenek	6 nolu seçenek	TL-D36W 827 kod ve 500 lx	
TL-D36W 840 kod ve TL-D36W 827 kod ve 2000 lx		7 nolu seçenek	8 nolu seçenek	TL-D36W 827 kod ve TL-D36W 840 kod ve 500 lx	

Deneyde kullanılan aydınlatma senaryoları önceden programlanmıştır ve bir uzaktan kumanda ünitesi yardımıyla değiştirilmektedir. Otomasyon sisteminde tavana monte edilmiş bir sensör ve uzaktan kumanda aracılığıyla, armatür gruplarının anahtarlama ve loşlaştırılabilme işlemleri gerçekleşmekte ve kullanıcıya aydınlatma açısından tasarım esnekliği sunulmaktadır. Aydınlatmanın otomatik anahtarlmasını sağlayan bir hareket sensörünün içine yerleştirilmiş ayarlanabilen bir zaman geciktirici ile, mekandaki sirkülasyon kesildikten belli bir süre sonra ışıkların kapanması sağlanabilmektedir. Aynı zamanda günışığına da duyarlı olan sensör yardımıyla, gün içerisinde doğal aydınlatmaya bağlı aydınlık düzeyi değişimlerine uygun olarak ortamdaki aydınlatma koşulları gerekli şekilde değiştirilebilir, aydınlık düzeyi istenilen seviyeye ayarlanabilir. Bu çalışmada, günışığı ölçümleri yapılmayacağı için, sensörün hareket ve günışığına duyarlı olarak çalışma özelliği kullanılmamıştır. Şekil 4.9 otomasyon sisteminde kullanılan uzaktan kumanda ünitesini ve çok amaçlı sensörü (multi-sensör) göstermektedir.



Şekil 4.9 Lightmaster100 Sistemini oluşturan elemanlardan uzaktan kumanda ünitesi (Şekil A) ile Occuswitch (Şekil B) çok amaçlı sensör

4.2.4 Deneyin Zamanlaması

Deney düzeneği, tek kişilik bir ofisteki eylem türleri düşünülerek oluşturulmuştur. Denekler deney setinden dışarı çıkmadan, aynı gün içerisinde, kendilerine verilen anket formlarındaki soruları yanıtlamışlardır.

Önceki çalışmalarda, mekan izlenimleri ölçülürken, anlık izlenimler ve uzun süreli izlenimlerin etkili olduğu belirtilmektedir . Bu nedenle deney düzeneğinde, her bir aydınlatma senaryosu için yaklaşık 10 dakika süren ‘ortama alışma süresi’ uygulanmıştır. Deneyin zamanlaması ve her bir denekle çalışmanın tamamlanabilmesi için gereken toplam süre 100 dakikadır. Tablo 4.2, tek bir denek için, deneyin zamanlamasını göstermektedir.

Tablo 4.2 Deneyin zamanlaması

YAPILAN EYLEM	AYDINLIK SENARYOSU	DÜZENEK	SÜRE
Ortama alışma, anket doldurma	3- 2- 1 (29 kişi) 1-2-3 (27 kişi)	1.deney seti	40 dakika
Ortama alışma, anket doldurma	3-6-8 (29 kişi) 8-6-3 (27 kişi)	2.deney seti	15 dakika
Ortama alışma, anket doldurma	7 – 8 (56 kişi)	3.deney seti	15 dakika
Ortama alışma, anket doldurma	2 ve 5 / 1 ve 4 / 3 ve 6 (56 kişi)	4.deney seti	30 dakika
			Her bir denek için gerekli toplam süre = 100 DAKİKA

4.2.5 Denek Grubu

Çalışmaya katılanlar, ofis ortamlarına alışkın kişilerden, ofis çalışanlarından rast gele olarak seçilmiştir. Deneklerin eğitim düzeyinin en az ‘lise mezunu’ olmasına dikkat edilmiştir. Katılımcılara ait ‘kişisel bilgiler’ bölümüne yaş grupları,

cinsiyetleri ve göz bozuklukları kaydedilmiştir. Çalışmada en düşük yaş grubu [21-32], en yüksek yaş grubu [57 ve üzeri] olarak belirlenmiştir. Tablo 4.3, deneklere ait kişisel bilgileri göstermektedir. Göz bozukluğu olan deneklere, gözlük veya lenslerini kullanarak çalışmayı tamamlamaları hatırlatılmıştır. Deneklere çalışma öncesinde kullanılan aydınlatma sistemiyle ilgili bir ön bilgi verilmemiştir, ancak çalışmanın amacı ve sonuçların istatistiksel olarak değerlendirileceği belirtilmiştir.

Tablo 4.3 Deneklere ait kişisel bilgiler

YAŞ GRUBU [üzeri]	[21-32]	[33-44]	[45-56]	[57 ve -]	TOPLAM
	26	22	8	-	56 kişi
CİNSİYET	Bayan		Erkek		TOPLAM
	28		28		56 kişi
GÖZ BOZUKLUĞU	Var		Yok		TOPLAM
	27		29		56 kişi

4.3 Deneyin Adımları

Birinci adımda, deney setindeki fiziksel konfor koşulları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede, CIBSE Standartlarında parlıltı kontrastı, kontrast geriverim faktörü hesapları için verilen formüller kullanılmıştır. İkinci adımda, psikolojik konfor koşulları araştırılmıştır. Deneklerle anket çalışması yapılmış, veri analizi parametrik olmayan (non parametric) testlerle değerlendirilmiştir.

4.3.1 Deney Setinde Ölçülen Fiziksel Konfor Koşulları

Gözlem noktası ve bakış doğrultusunun sabit olduğu durumda, her bir aydınlatma senaryosu için, çalışma düzlemi ve karşısındaki duvar üzerinde belirlenen ölçüm noktalarında aydınlık düzeyleri ve noktasal parlıltı değerleri ölçülmüştür.

Parlıltı değerleri kaydedilmiş, parlıltı kontrastı ve kontrast geriverim faktörü hesapları yapılmıştır. Tavan-duvar-döşeme için yansıtma çarpanları hesaplanmış, bu verilerle Calculux 5.0 Bilgisayar Programında deney seti için aydınlık düzeyi dağılımını gösteren grafikler çizilmiştir.

4.3.1.1 Aydınlık Düzeyi Ölçümleri

LMT PO1704 aydınlık düzeyi ölçerle, her bir aydınlatma senaryosunda çalışma düzlemi üzerindeki ortalama aydınlık düzeyi değerleri kaydedilmiş, otomasyon

sisteminin kontrolü açısından, deneyler süresince bu ölçümler belli aralıklarla yinelenmiştir.

4.3.1.2 Parıltı Ölçümleri

Deney setinde, LMT Luminance Meter L1009 parıltı ölçerle, bakış doğrultusunun gözlem noktasının karşısındaki duvar ve masa yüzeyi olduğu iki farklı durum için, belirlenen noktalarda parıltı değerleri ölçülmüştür. Ölçümler sırasında parıltı ölçer yerden 130 cm yükseklikte, 6 derecelik konum ile sabitlenmiştir.

Duvar ve döşeme yüzeyleri için ortalama parıltı değerleri, Calculux 5.0 Bilgisayar Programı kullanılarak hesaplanmıştır (L_{ort}). Tablo 4.4, yüzeyler için hesaplanan ortalama parıltı değerlerini göstermektedir. CIBSE Standartlarında birbirine yakın yüzeyler arasında, fiziksel konfor koşullarının sağlanması için parıltı değerleri arasında 1/3 oranının aşılmaması tavsiye edilmektedir [28]. Tablo 4.4 de duvar yüzeyleri için kaydedilen ortalama parıltı değerlerinin birbirine oranları (sağ duvar/arka duvar v.b), tavan ve döşeme yüzeyleri ile duvar yüzeyleri arasındaki parıltı oranları (tavan / sol duvar v.b) 1/3 değerini aşmamaktadır.

Tablo 4.4 Yüzeylerin hesaplanan ortalama parıltı değerleri (cd / m^2)

Hesaplanan koşul	Tavan yüzeyi	Sol duvar yüzeyi	Sağ duvar yüzeyi	Karşı duvar yüzeyi	Arka duvar yüzeyi	Döşeme yüzeyi
TL-D36W 827 kod	147.8	175.8	160.4	177.7	178.1	168.8
TL-D36W 840 kod	147.8	160.4	175.8	177.7	178.1	168.8
TL-D36W 840 kod ve 827 kod	295.5	336.2	336.2	355.3	356.3	337.5

Duvar-döşeme- tavan yüzeyleri için, parıltı ölçerle karşılaştırmalı ölçme yaklaşımı (known-sample comparison method) kullanılarak yansıtma çarpanları hesaplanmıştır[26]. Bu hesaplama yönteminde kullanılan formül aşağıda belirtilmiştir;

$$r = L_{test} / L_1 \times r_{test} \quad (4.1)$$

r = Yüze aıt hesaplanan yansıtma çarpanı değeri

L_{test} = Yüzey üzerinde belirlenen bir ölçüm noktasının parıltı değeri (cd/m^2)

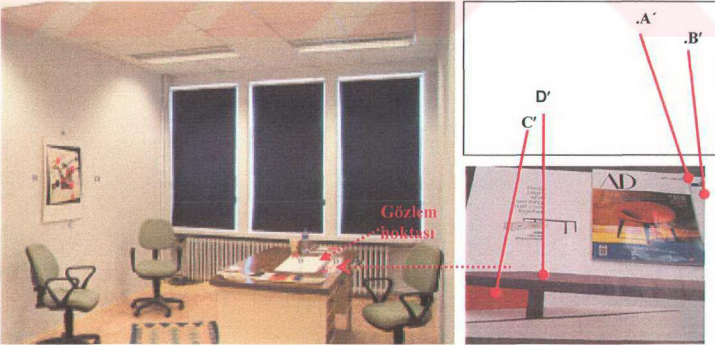
L_1 = Aynı ölçüm noktasının test örneğinin üzerindeki parıltı değeri (cd/m^2)

r_{test} = Test örneğinin yansıtma çarpanını göstermektedir.

Karşılaştırmalı ölçme yaklaşımında test örneği olarak kullanılan Baryumsülfat parçanın yüzey yansıtıcılık değeri Lambert Yasası (ideal yansıtıcı yüzey) formülü ile hesaplanmış, 0.99~1 olarak bulunmuş ve yansıtma çarpanı hesaplarında $r_{\text{test}}=1$ olarak alınmıştır. Baryumsülfat Test Örneğiyle, tavan-duvar-döşeme yüzeylerinde, aydınlık düzeyleri ve parlıltı ölçümleri yapılarak, yansıtma çarpanları hesaplanmıştır (Ek-A). Şekil 4.10-4.11, duvar ve masa üzerinde aydınlık düzeyleri ölçülen, parlıltı değerleri kaydedilen noktaları göstermektedir (noktasal parlıltı değerleri için bkz Ek C; Tablo C.1).



Şekil 4.10 Duvar yüzeyinde ve poster üzerinde aydınlık düzeyi ve parlıltı ölçümü yapılan noktalar



Şekil 4.11 Masa yüzeyinde, poster üzerinde aydınlık düzeyi ve parlıltı ölçümü yapılan noktalar

4.3.1.3 Parıltı Kontrastı ve Kontrast Geriverim Faktörü Hesapları

Deney setinde, her bir aydınlatma senaryosunda, aynı bakış doğrultusu ve açısı içinde kalan ölçüm noktalarında parıltı ölçerin kaydettiği değerler arasında fark bulunmaktadır (duvar ve masa yüzeyindeki noktasal parıltı değerleri için bkz Ek C; Tablo C.1, Tablo C.4)

Aydınlık düzeyinin artmasıyla gözün bağıl parıltı farkına karşı duyarlılığının ve parıltı kontrastının arttığı bilinmektedir[25]. Deney setinde, aydınlık düzeyi arttıkça, gözlemlenen nesneye ait parıltı değerleri (L_t), nesne ile fon arasındaki parıltı farkı artmış ($L_t - L_b$), ancak parıltı kontrastı 500-750-1000 lx aydınlık düzeylerinde, renk sıcaklığının sabit kaldığı 4000°K ve 2700°K renk sıcaklıkları için belirgin farklar göstermemiştir. Karma renk sıcaklığının kullanıldığı, aydınlık düzeyinin 500lx den 2000lx değerine çıktığı koşulda parıltı değerleri arasında belirgin fark bulunmaktadır (Parıltı kontrastı hesapları Ek C; Şekil C.2, Şekil C.4 ve Tablo C.2, Tablo C.5 de verilmektedir).

Kontrast geriverim faktörü değerlerine 4000°K renk sıcaklığında 500-750-1000lx aydınlık düzeyi değerlerinde bakıldığında, referans koşula göre bir değişim olmadığı (CRF~1) görülmektedir. 2700°K renk sıcaklığında 500-750-1000lx için hesaplanan kontrast geriverim faktörü değerlerinin referans koşula ve standartlarda belirlenen sınır değerlerine göre oldukça farklı olduğu görülmektedir ($0.7 < CRF < 1$) Kontrast geriverim faktörünün 0.7 değerinin altına düşmesi veya 1 değerinin üzerine çıkması konfor koşullarını olumsuz etkilemektedir [28]. Karma renk sıcaklığı-500 ve karma renk sıcaklığı-2000lx değerleri için hesaplanan kontrast geriverim faktörü değerlerinin de her aydınlatma senaryosu için önerilen sınırlar içinde olmadığı görülmüştür (bkz Ek C: Şekil C.3, Şekil C.5).

4.3.2 Deney Setinde Ölçülen Psikolojik Konfor Koşulları

Oluşturulan deney seti için psikolojik konfor parametrelerinin ölçümü iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci adımda, hedeflenen konfor parametrelerini ölçmek için bir anket hazırlanmış ve 5 kişiden oluşan bir denek grubu ile bir ön çalışma gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan anket, çalışma öncesinde oluşturulan hipotezleri ölçmeye yönelik sorulardan oluşmaktadır.

Deney setinde aşağıdaki varsayımların doğruluğunun araştırılması hedeflenmiştir:

- Hipotez(Varsayım) 1: Aydınlık düzeyini arttırmak, performansı artırır.
- Hipotez(Varsayım) 2: Aydınlık düzeyini arttırmak, görme koşulunu iyileştirmez.
- Hipotez(Varsayım) 3: Lambaların renk sıcaklığını değiştirmek, kişisel izlenimleri etkiler.
- Hipotez(Varsayım) 4: Aydınlık düzeyini arttırmak, kişisel izlenimleri etkiler.
- Hipotez(Varsayım) 5: Lambaların renk sıcaklığına göre algılanan (özel) parlıltı değerlerinde fark vardır.
- Hipotez(Varsayım) 6: Lambaların renk sıcaklığını değiştirmek performansı etkiler.
- Hipotez(Varsayım) 7: Cinsiyet farkı ile aydınlık düzeyi tercihleri arasında bir ilişki vardır.
- Hipotez(Varsayım) 8: Yaş grubu ile aydınlık düzeyi tercihleri arasında bir ilişki vardır.
- Hipotez(Varsayım) 9: Göz bozukluğu ile aydınlık düzeyi tercihleri arasında bir ilişki vardır.

İkinci adımda anket çalışması uygulanmış, 4.2.5de belirtilen kriterlere uygun olarak denek grubu seçilmiştir. Yukarıdaki hipotezlerin ölçülebilmesi için deney seti dört aşamalı olarak düzenlenmiştir. Her bir deney setinde tek bir parametre araştırılmaktadır, diğer tüm koşullar sabit tutulmaktadır. Ölçülecek parametreler ‘performans, mekan algılama ve özel parlıltıdır’. Tablo 4.5, çalışmadaki değişkenleri ve sabit tutulan parametreleri göstermektedir.

Tablo 4.5 Modelde araştırılan varsayımlar, değişkenler ve sabit tutulan parametreler

Araştırılan Varsayım	Değişkenler	Kumanda üzerindeki aydınlık senaryosu	Anket numarası
Performans artışı	Aydınlık düzeyi	3-2-1 sıralamasında 1-2-3 sıralamasında	Aydınlık düzenleme I-A/ I-B/ I-C Aydınlık düzenleme 1-C / 1-B / 1-A
Performans artışı	Renk sıcaklığı	3-6- 8 8-6-3	Aydınlık düzenleme IV-A/ IV-B/ IV-C Aydınlık düzenleme IV-C /IV-B / IV-A
Mekan algılama	Renk sıcaklığı	2 ve 5 1 ve 4 3 ve 6	Aydınlık düzenleme II-A Aydınlık düzenleme II-B Aydınlık düzenleme II-C
Mekan algılama	Aydınlık düzeyi	7 ve 8	Aydınlık düzenleme III-A
Parlıltı	Aydınlık düzeyi	7 ve 8	Aydınlık düzenleme III-A
Parlıltı	Renk sıcaklığı	2 ve 5 1 ve 4 3 ve 6	Aydınlık düzenleme II-A Aydınlık düzenleme II-B Aydınlık düzenleme II-C

Denekler, aynı gözlem noktasından mekanı değerlendirmiş ve anket çalışmasını tamamlamıştır. Deney setleri ve aydınlatma senaryoları değiştirildiğinde, lambaların rejime girme sürelerine de bağlı olarak, deneklere yaklaşık 5-10 dakika arasında değişen bir 'ortama alışma süresi' verilmiştir.

4.3.2.1 Aydınlık Düzeyi-Performans Ölçümleri

Birinci deney seti, tek değişkenin aydınlık düzeyi olduğu koşulda gerçekleştirilmiş, üç farklı aydınlatma düzenlemesi altında performans ölçümleri yapılmıştır. Bu düzenlemeler TL-D36W 840 kod-500 lx (3 nolu senaryo), TL-D36W 840 kod- 750 lx (2 nolu senaryo) ve TL-D36W 840 kod -1000 lx (1 nolu senaryo) olarak belirlenmiştir. Deneklerden, farklı sıralamalarda bulunan sayı ve harf dizilerini birbiriyle eşleştirmeleri istenmiştir. Her bir denek için bu eşleştirmeyi tamamlama süresi ve yapılan yanlış sayısı kaydedilmiştir.

Aydınlık düzeyi-performans ölçümleri için iki farklı sıralama uygulanmıştır. 56 kişilik denek grubundaki ilk 29 kişi çalışmayı 500-750-1000lx (3-2-1) sıralamasında tamamlamıştır ve veri analizinde 'artan grup' olarak tanımlanmıştır. 27 kişilik ikinci grup çalışmayı 1000-750-500lx (1-2-3) sıralamasında tamamlamıştır ve veri analizinde 'azalan grup' olarak tanımlanmıştır. Aydınlik düzeylerinin iki farklı sıralamada sorulmasının nedeni, performans ölçümlerinin sorulara alışmaya bağlı olarak etkilenmesini önlemektir.

Uygulanan anket çalışması, Ek-D de, Aydınlik Düzenleme I-A,I-B ve I-C olarak belirtilen anket formlarıdır. Deney süresi her bir denek için yaklaşık 40 dakikadır.

Çalışmanın bu bölümünde, psikolojik konfor koşullarını ölçebilmek için odadaki aydınlık düzeyi, oda içerisinde ve masa yüzeyi üzerinde yansımayla kamaşma koşulu altı dereceli bir ölçüm skalasında değerlendirilmiştir.

4.3.2.2 Renk Sıcaklığı-Performans Ölçümleri

İkinci deney seti, aydınlık düzeylerinin birbirine eşitlendiği ve tek değişkenin renk sıcaklığı olduğu koşulun performansına olan etkisini araştırmak için düzenlenmiştir. Aydınlik düzeyi 500 lx olarak sabitlenmiştir, ölçümler 2700°K, 4000°K ve karma renk sıcaklığı (her iki renk sıcaklığının bir arada olması durumu) için yapılmıştır. 56 kişilik denek grubundaki ilk 29 kişi çalışmayı 2700°K-4000°K -karma renk sıcaklığı (3-6-8) sıralamasında tamamlamıştır ve veri analizinde 'artan grup' olarak

tanımlanmıştır. 27 kişilik ikinci grup çalışmayı karma renk sıcaklığı-4000°K- 2700°K (8-6-3) sıralamasında tamamlamıştır ve veri analizinde ‘azalan grup’ olarak tanımlanmıştır. Deneklerden karmaşık bir sıralamada bulunan iki tane harf dizisini eşleştirmeleri istenmiştir. İki farklı sıralamada çalışmanın yürütülmesinin nedeni, performans ölçümlerinin sorulara alışmaya bağlı olarak etkilenmesini önlemektir. Eşleştirme işleminin tamamlanma süresi ve yapılan yanlış sayısı kaydedilmiştir. Uygulanan anket çalışması, Ek-D de, Aydınlık Düzenleme IV-A, IV-B ve IV-C olarak belirtilen anket formlarıdır. Deney süresi her bir denek için yaklaşık 15 dakikadır .

4.3.2.3 Aydınlık Düzeyi-Mekan Algılama İlişkisi

Üçüncü deney seti, karma renk sıcaklığında, tek değişkenin aydınlık düzeyi olması koşulu için oluşturulmuştur. 2000lx ve 500lx aydınlık düzeylerinin ‘rahatlık, ferahlık, genişlik, dinlendirici olma özellikleri ve belirtilen noktalar için parlak (öznel parıltı) ve canlı görülme (doymuşluk)’ koşuluna göre karşılaştırılması ve sekiz soruluk bir anket üzerinde değerlendirilmesi istenmiştir. 56 kişilik denek grubu çalışmayı aynı sıralamada tamamlamıştır. Aydınlatma sisteminin uzaktan kumanda ünitesi deneklere verilmiş ve değerlendirmeler süresince 7 (karma renk sıcaklığı-2000lx) ve 8 (karma renk sıcaklığı-500lx) nolu aydınlatma senaryolarını istedikleri kadar açıp kapatabilecekleri belirtilmiştir. Kullanılan anket formları Ek-D de, Aydınlık Düzenleme III-A olarak belirtilen formlardır. Deney süresi her bir denek için yaklaşık 15 dakikadır.

4.3.2.4 Renk Sıcaklığı-Mekan Algılama İlişkisi

Dördüncü deney seti, tek değişkenin lambaların renk sıcaklığı olduğu koşul için düzenlenmiştir. Aydınlık düzeylerinin eşitlendiği, iki farklı renk sıcaklığının (2700°K ve 4000°K) olduğu koşulda, deneklerin her iki renk sıcaklığını birbiriyle karşılaştırarak mekanı değerlendirmeleri ve verilen anket formunu doldurmaları istenmiştir. Ankette mekanın ‘rahatlık, ferahlık, genişlik, dinlendirici olma özelliklerini ve belirtilen noktaların parlak (öznel parıltı) ve canlı görülme (doymuşluk) koşulunu sorgulayan sekiz soru bulunmaktadır. Denekler bu değerlendirmeyi sırasıyla 750-1000 ve 500lx aydınlık düzeylerinde yapmışlardır. Çalışmanın bu bölümünde aydınlatma sisteminin uzaktan kumanda ünitesi deneklere verilmiş ve değerlendirmeler süresince sırasıyla 2 ve 5 , 1 ve 4, 3 ve 6 nolu

aydınlatma senaryolarını istedikleri kadar açıp kapatabilecekleri bildirilmiştir. Kullanılan anket formları, Ek-D de, Aydınlık Düzenleme II-A, II-B ve II-C olarak belirtilen formlardır. Deney süresi her bir denek için yaklaşık 30 dakikadır.

4.3.3 Deneyde Kullanılan Parametrik Olmayan Testler ve Ölçüm Yöntemleri

Deney setindeki verilerin analizi için SPSS 10 (Statistical Program for Social Sciences) istatistik programı kullanılmıştır. Denek sayısına ($N_{total}=56$) ve veri grubunda dağılımın homojen olmayışına bağlı olarak, çalışmada parametrik olmayan testler uygulanmıştır.

Parametrik olmayan testlerden Wilcoxon İşaret Testi (Wilcoxon Signed Ranks Test), Kikare Testi (Chi-square Test) ve Mann-Whitney U Testi (Mann-Whitney U Testi) kullanılmıştır. Aydınlatma senaryoları arasındaki farkın karşılaştırılması Wilcoxon İşaret Testi, yaş grubu-cinsiyet-göz bozukluğu ile aydınlatma senaryolarının kişilerde uyandırdığı izlenimler arasındaki ilişkinin her üç değişken için araştırılması Kikare Dağılımı, aydınlık düzeylerinin iki farklı denek grubuna farklı sıralamalarda sorulmasının performans etkisinin karşılaştırılması Mann-Whitney Testi, ve aydınlatma senaryoları tercihleriyle, bu senaryoların farklı şekillerde deneklere tanıtılması arasındaki ilişki Kikare Dağılımı kullanılarak araştırılmıştır.

Farklı aydınlık düzeylerinde psikolojik konfor koşullarını ölçmek için altı haneli anlamsal farklılıklar skalası kullanılmıştır.

Farklı renk sıcaklıkları ve aydınlık düzeylerinde mekan izlenimleri araştırılırken, önerilen koşullar için mekan izlenimlerinin değişmediği düşünülüyorsa, 'fark yok' seçeneği işaretlenmiştir.

4.4 Yöntemin Değerlendirilmesi

Uygulanan testlerin istatistiksel analizi yapılarak, $p<0,05$ koşulu için elde edilen test sonuçları değerlendirilmiş, hipotezler 'kabul veya red' edilmiştir. 'p' değerinin (significance level) 0,05 olarak alınması denek grubundaki kişi sayısına bağlıdır, denek grubu 150 kişiye kadar olan istatistik ölçümlerinde bu değer alınabilir [67].

Aydınlık düzeyi ile performans arasındaki ilişkiye, her iki denek grubu için sorulara cevap verme hızının ve yapılan hata sayısının aritmetik ortalamaları alınarak bakılmış, sonuçlar grafikler ve tablolarla özetlenmiştir.

Oluşturulan deney setinde psikolojik konfor koşulları araştırılırken, farklı aydınlık düzeyi ve renk sıcaklığı için tercihlerin dağılımı incelenmiş, grafikler yardımıyla mekansal izlenimdeki değişim değerlendirilmiştir.

4.4.1 Parametrik Olmayan Test Sonuçları

Verilerin analizinde kullanılan parametrik olmayan test sonuçlarına göre hipotez 4 ve 8 ‘kabul’ edilmiş, hipotez 1,7 ve 9 ‘red’ edilmiştir.

4.4.4.1 Wilcoxon İşaret Testi

Wilcoxon İşaret Testi, iki örneklemin aynı denek tarafından karşılaştırılması ve karşılaştırılan örneklemelerin birbirlerine karşı üstünlüklerinin saptanması istendiğinde kullanılmaktadır [67,68]. Aynı denek için farklı aydınlık düzeylerinin sınanması için uygulanmıştır, aydınlık düzeyleri arasındaki fark değerlendirildiğinde sonuçlar anlamlı bulunmuştur ($p=0.00$).

Test sonuçlarına göre aydınlık düzeyini arttırmak, kişisel izlenimleri etkilemiştir, hipotez (varsayım) 4 kabul edilmiştir; aydınlık düzeyini arttırmak, kişisel izlenimleri etkiler.

Tablo 4.6 da, Wilcoxon İşaret Testinin sonuçları verilmiştir. Test sonuçları ‘z değerini (normal dağılım)’ ve bu değer SPSS 10 Programı tarafından karşılığını gösteren ‘p değerini’(anlamlılık derecesi) bir arada göstermektedir. Test sonuçları $p<0.05$ değerine göre değerlendirildiğinde, bu değerden küçük olan sonuçlar istatistiksel olarak ‘anlamlıdır’.

Aynı denekte, aydınlık düzeylerindeki değişime bağlı olarak mekanda yansımayla kamaşma koşulu değerlendirilmiştir. Verilerin analizi için Wilcoxon İşaret Testi uygulanmış, test sonuçlarına göre; 750lx-500lx aydınlık düzeyleri için artan grupta $p=0.02$, azalan grupta $p=0.59$, 1000lx-500lx için artan grupta $p=0.54$, azalan grupta $p=0.07$, 1000lx-750lx için artan grupta $p=0.7$, azalan grupta $p=0.06$ olarak hesaplanmış, $p<0.05$ koşuluna göre, istatistiksel açıdan ‘anlamlı bir fark’ bulunamamıştır (bkz Tablo 4.6).

Tablo 4.6 Wilcoxon İşaret Testi Sonuçları

GRUP SINAMASI	GRUP			
	Artan Grup		Azalan Grup	
	Z	p değeri	Z	p değeri
T1_750 - T1_500	-2.395	.017	-.289	.772
T1_1000 - T1_500*	-1.450	.147	-3.135	.002
T1_1000 - T1_750*	-.749	.454	-3.912	.000
H1_750 - H1_500	-.778	.437	-.774	.439
H1_1000 - H1_500*	-.822	.411	-1.954	.051
H1_1000 - H1_750*	-.583	.560	-2.057	.040
AYDIN_1B - AYDIN_1A	-4.197	.000	-1.714	.087
AYDIN_1C - AYDIN_1A*	-4.385	.000	-3.769	.000
AYDIN_1C - AYDIN_1B*	-2.180	.029	-3.257	.001
O_KAM_1B - O_KAM_1A*	-.385	.700	-2.740	.006
O_KAM_1C - O_KAM_1A*	-.613	.540	-2.718	.007
O_KAM_1C - O_KAM_1B	-.482	.629	-.540	.589
M_KAM_1B - M_KAM_1A*	-.321	.748	-2.246	.025
M_KAM_1C - M_KAM_1A*	-1.330	.184	-2.495	.013
M_KAM_1C - M_KAM_1B	-2.055	.040	-.882	.378
T4_4000 - T4_2700	-.712	.476	-.758	.449
T4_MIKST - T4_2700*	-.857	.392	-2.272	.023
T4_MIKST - T4_4000*	-1.791	.073	-2.417	.016
H4_4000 - H4_2700*	-1.890	.059	-2.121	.034
H4_MIKST - H4_2700	-1.000	.317	-.738	.461
H4_MIKST - H4_4000	-1.414	.157	-.957	.339

Fiziksel konfor koşulları araştırılırken, farklı aydınlık düzeylerinde, noktasal parlıltı ölçümleri arasında belirgin fark bulunmasına karşın, parlıltı oranları arasındaki fark birbirine yakın değerlerde kaldığı için parlıltı kontrastı fazla etkilenmemiş ve kamaşma meydana gelmemiştir. 840 kodlu lambalar için araştırılan fiziksel konfor koşulları ve psikolojik konfor değerlendirmelerine bakıldığında, sonuçların aritmetik ortalamasının 6 dereceli ölçüm skalasında 3 (ortalama) değerinin altında kaldığı görülmektedir. Hesaplanan fiziksel konfor sonuçları ile ölçülen psikolojik konfor koşulları birbirine paraleldir.

Aynı denekte, aydınlık düzeylerindeki değişime bağlı olarak masa üzerindeki yansımayla kamaşma koşulunun karşılaştırılması Wilcoxon İşaret Testi ile

değerlendirilmiştir. Test sonuçlarına göre; 1000lx-500lx aydınlık düzeylerinde artan grupta $p=0.18$, azalan grupta $p=0.01$ olarak hesaplanmış, 1000lx-750lx aydınlık düzeyleri karşılaştırıldığında artan grupta $p=0.75$, azalan grupta $p=0.02$ olarak hesaplanmış, 750lx-500lx aydınlık düzeyleri karşılaştırıldığında, artan grupta $p=0.04$, azalan grupta $p=0.37$ olarak bulunmuş, istatistiksel açıdan $p=0.05$ anlamlılık düzeyinde anlamlı bir fark bulunamamış ve test sonuçları genellenememiştir.

Fiziksel konfor koşulları için, her bir aydınlatma senaryosu altında, masa üzerinde ölçüm yapılan çeşitli noktalardaki parıltı değerleri arasında belirgin farklar bulunmasına karşın, parıltı oranları arasındaki fark birbirine yakın değerlerde kaldığı için, önerilen aydınlık düzeylerinde kamaşma meydana gelmemiştir. Sonuçların aritmetik ortalaması 6 dereceli bir ölçüm skalasında, 3 (ortalama) değerinin altında kalmıştır. Ölçülen ve hesaplanan fiziksel konfor sonuçları ile ölçülen psikolojik konfor koşulları, uygulanan test sonuçlarına göre birbirine paraleldir.

Her iki grup arasında, renk sıcaklığı ile performans arasındaki ilişki Wilcoxon İşaret Testi ile değerlendirilmiştir. Aydınlık düzeylerinin kontrollü olarak artırıldığı (artan grup) ve azaltıldığı gruplarda (azalan grup) sorulara cevap verme süreleri ve yapılan hata sayıları birbiriyle karşılaştırılmıştır. Test sonuçlarına göre, 4000°K- 2700°K renk sıcaklıkları için sorulara cevap verme süreleri değerlendirildiğinde, artan grupta $p=0.47$, azalan grupta $p=0.44$ olduğu için sonuç istatistiksel olarak anlamsızdır. Karma renk sıcaklığı- 2700°K için artan grupta $p=0.39$, azalan grupta $p=0.02$, karma renk sıcaklığı - 4000°K koşulu için test sonucu, artan grupta $p=0.07$, azalan grupta $p=0.01$ şeklindedir. Her üç renk sıcaklığı için istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamış ve test sonuçları genellenememiştir (bkz Tablo 4.6).

Renk sıcaklığı ile yapılan hata sayıları değerlendirildiğinde, 4000°K- 2700°K renk sıcaklıkları için artan sıralamada $p=0.05$, azalan sıralamada $p=0.03$ olduğu için sonuçlar istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p\leq 0.05$). Karma renk sıcaklığı-2700°K renk sıcaklıkları için p değeri, artan sıralamada $p=0,317$ ($p>0.05$) ve azalan sıralamada $p=0,461$ olarak hesaplanmıştır. Karma renk sıcaklığı-4000°K renk sıcaklıkları için hesaplanan p değeri, artan sıralamada $p=0,15$ ($p>0.05$) ve azalan sıralamada $p=0,339$ olarak hesaplanmıştır. Test sonuçlarına göre, 4000°K- 2700°K karşılaştırmasında, azalan ve artan gruplarda renk sıcaklığı ile performans arasında bir ilişki vardır, ancak her koşul için istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmadığı için test sonuçları her üç koşul için genellenememiştir (bkz Tablo 4.6).

4.4.4.2 Mann-Whitney U Testi

Mann-Whitney U Testi, denek sayıları birbirine eşit olmayan iki farklı grubun karşılaştırılmasında, iki bağımsız değişkeni ölçmeye yarayan bir testtir [67,68]. Aydınlik düzeyi-performans ölçümlerinde, iki farklı aydınlık düzeyi sıralamasında yapılan testlerde, denek grupları sayısal olarak birbirine eşit değildir ($N_{artan}=29$, $N_{azalan}=27$, $N_{total}=56$).

Farklı aydınlık düzeylerinin performansa olan etkisi Mann-Whitney U Testi ile değerlendirilmiştir. Test sonuçları 'z değerini (normal dağılım)' ve bu değerin SPSS 10 Programı tarafından karşılığı olan 'p değerini'(anlamlılık derecesi) bir arada göstermektedir. Test sonuçları $p<0.05$ değerine göre değerlendirildiğinde, bu değerden küçük olan sonuçlar istatistiksel olarak 'anlamlıdır'.

Test sonuçlarına göre 500 lx aydınlık düzeyi için $p=0.33$ ($p>0.05$), 750 lx aydınlık düzeyi için $p=0.03$ ($p<0.05$) ve 1000lx aydınlık düzeyi için $p=0.00$ ($p<0.05$) olarak hesaplanmıştır. Her üç koşul için de sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığı için, 'aydınlık düzeyini arttırmak sorulara cevap verme hızını artırır' diye bir genelleme yapılamaz (Tablo 4.7, Mann Whitney U Testi sonuçlarını göstermektedir).

Tablo 4.7 Mann Whitney U Testi Sonuçları

GRUP SINAMASI	Z	p değeri
T1_500	-.963	.335
H1_500	-.474	.635
AYDIN_1A*	-3.435	.001
O_KAM_1A	-.569	.570
M_KAM_1A	-.923	.356
T1_750*	-2.141	.032
H1_750	-.763	.445
AYDIN_1B*	-5.074	.000
O_KAM_1B	-.396	.692
M_KAM_1B	-.540	.589
T1_1000*	-4.109	.000
H1_1000*	-2.416	.016
AYDIN_1C*	-3.395	.001
O_KAM_1C	-.269	.788
M_KAM_1C	-.042	.967
T4_2700	-.137	.891
H4_2700	-.861	.389
T4_4000	-.097	.923
H4_4000	-1.036	.300
T4_MIKST*	-2.523	.012
H4_MIKST	-1.357	.175

Aydınlık düzeyindeki değişime bağlı olarak yapılan hata sayılarına bakıldığında, aydınlık düzeylerinin kontrollü olarak artırıldığı ve azaltıldığı koşullar için, her iki denek grubundaki hata sayıları karşılaştırılmıştır. Mann-Whitney U Testi sonuçlarına göre 1000lx ($p=0,01$) düzeyi için anlamlı bir ilişki bulunmuş, 500lx ($p=0,64$) ve 750lx ($p=0,44$) aydınlık düzeyleri için anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Her üç koşul için de sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığı için, ‘aydınlık düzeyini arttırmak yapılan yanlış sayısını azaltır’ diye bir yargıya varılamaz.

Aydınlık düzeylerinin kontrollü olarak artırıldığı birinci grup (500lx-750lx-1000lx) sıralaması ile aydınlık düzeylerinin kontrollü olarak azaltıldığı ikinci grup (1000lx-750lx-500lx) sıralamalarındaki sorulara cevap verme süreleri ve yapılan hata sayıları için uygulanan test sonuçları birbiriyle karşılaştırıldığında, ‘bütün aydınlatma senaryoları için aydınlık düzeyini arttırmak performansı artırır diye bir genellemeye gidilemez’, hipotez (varsayım 1) reddedilmiştir; aydınlık düzeyini arttırmak performansı arttırmaz. Bu sonuç, Pellegrino’nun çalışmasıyla benzerlik göstermektedir [8].

4.4.4.3 Kikare Testi

Kikare Testi, iki farklı değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılmaktadır [67]. Renk sıcaklığının tek değişken olduğu koşulda, renk sıcaklığına bağlı olarak mekan algılamada oluşan fark Kikare Testi ile araştırılmıştır. Sekiz soruluk bir anket formu, mekanı değerlendiren 56 kişilik denek grubuna aynı sıralamada uygulanmıştır. Sistem üç farklı aydınlık düzeyi (500-750-1000 lx) değerlerine sabitlenmiş, her seferinde iki farklı renk sıcaklığındaki (2700°K ve 4000°K) değişimin mekan algılamaya olan etkisine de bakılmıştır.

750 lx aydınlık düzeyinde, 2 (840 kodlu lambalar) ve 5 (827 kodlu lambalar) nolu aydınlatma senaryolarını karşılaştıran deneklerin cevaplarına bakıldığında, aydınlık düzeyinin kontrollü olarak artırıldığı ve azaltıldığı denek gruplarında tercihlerin dağılımı ‘benzerlik göstermektedir’. Anket çalışmasındaki cevaplar, aydınlık düzeylerinin değişik sıralamalarda sorulduğu denek gruplarında karşılaştırılmış, aralarındaki ilişkiye bakılmış, her bir izlenim için Kikare Testi uygulanmış, test sonuçlarına göre, $p<0.05$ koşulu için anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

‘Rahatlık’ izlenimini sorgulayan birinci soru için test sonuçları ($\chi^2=3.36$, $df=1$), $p=0.07$, ‘dinlendirici olma’ koşulunu sorgulayan ikinci soru için test sonuçları (χ^2

=1.6, df=1), p=0.2, 'genişlik' izlenimini sorgulayan üçüncü soru için sonuçlar ($\chi^2 = 0.00$, df=1), p=1, 'ferahlık' izlenimini sorgulayan dördüncü soru için Ki-kare testi sonuçları ($\chi^2 = 0.03$, df=1), p=0.86, masa üzerindeki poster üzerindeki yazı ve şekillerin parlaklığını sorgulayan beşinci soru için test sonuçları ($\chi^2 = 1.5$, df=1), p=0.22, duvardaki posterdeki yazı ve şekillerin parlaklığını sorgulayan altıncı soru için Ki-kare sonuçları ($\chi^2 = 0.8$, df=1), p=0.4, masa üzerindeki poster üzerindeki renklerin 'canlı' görünümünü sorgulayan yedinci soru için ($\chi^2 = 0.8$, df=1), p=0.78 ve duvarda asılı duran poster üzerindeki yazı ve şekillerin 'canlı' olma durumunu sorgulayan sekizinci soru için Ki-kare testi sonuçları ($\chi^2 = 0.09$, df=1), p=0.76 olarak hesaplanmıştır.

1000 lx aydınlık düzeyinde, 1 (840 kodlu lambalar) ve 4 (827 kodlu lambalar) nolu aydınlatma senaryolarını karşılaştıran deneklerin cevaplarına bakıldığında, aydınlık düzeyinin kontrollü olarak artırıldığı ve azaltıldığı denek gruplarında tercihlerin dağılımı 'benzerlik göstermektedir'. Anket çalışmasındaki cevaplar, aydınlık düzeylerinin değişik sıralamalarda sorulduğu denek gruplarında karşılaştırılmış, aralarındaki ilişkiye bakılmış, her bir izlenim için Kikare Testi uygulanmış, test sonuçlarına göre, p<0.05 koşulu için anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

'Rahatlık' izlenimini sorgulayan birinci soru için test sonuçları ($\chi^2 = 1.5$, df=1), p=0.22, 'dinlendirici olma' koşulunu sorgulayan ikinci soru için test sonuçları ($\chi^2 = 0.15$, df=1), p=0.7, 'genişlik' izlenimini sorgulayan üçüncü soru için sonuçlar ($\chi^2 = 0.04$, df=1), p=0.8, 'ferahlık' izlenimini sorgulayan dördüncü soru için Ki-kare testi sonuçları ($\chi^2 = 3.5$, df=1), p=0.06, masa üzerindeki poster üzerindeki yazı ve şekillerin parlaklığını sorgulayan beşinci soru için test sonuçları ($\chi^2 = 0.07$, df=1), p=0.8, duvardaki posterdeki yazı ve şekillerin parlaklığını sorgulayan altıncı soru için Ki-kare sonuçları ($\chi^2 = 0.9$, df=1), p=0.34, masa üzerindeki poster üzerindeki renklerin 'canlı' görünümünü sorgulayan yedinci soru için ($\chi^2 = 1.5$, df=1), p=0.21 ve duvarda asılı duran poster üzerindeki yazı ve şekillerin 'canlı' olma durumunu sorgulayan sekizinci soru için Ki-kare testi sonuçları ($\chi^2 = 2.6$, df=1), p=0.1 olarak hesaplanmıştır.

500 lx aydınlık düzeyinde, 3 (840 kodlu lambalar) ve 6 (827 kodlu lambalar) nolu aydınlatma senaryolarını karşılaştıran deneklerin cevaplarına bakıldığında, aydınlık düzeyinin kontrollü olarak artırıldığı ve azaltıldığı denek gruplarında tercihlerin dağılımı 'benzerlik göstermektedir'. Anket çalışmasındaki cevaplar, aydınlık

düzeylerinin değişik sıralamalarda sorulduğu denek gruplarında karşılaştırılmış, aralarındaki ilişkiye bakılmış, her bir izlenim için Kikare Testi uygulanmış, test sonuçlarına göre, $p < 0.05$ koşulu için anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

‘Rahatlık’ izlenimini sorgulayan birinci soru için test sonuçları ($\chi^2 = 0.3, df=1$), $p=0.6$, ‘dinlendirici olma’ koşulunu sorgulayan ikinci soru için test sonuçları ($\chi^2 = 0.46, df=1$), $p=0.5$, ‘genişlik’ izlenimini sorgulayan üçüncü soru için sonuçlar ($\chi^2 = 0.98, df=1$), $p=0.32$, ‘ferahlık’ izlenimini sorgulayan dördüncü soru için Ki-kare testi sonuçları ($\chi^2 = 0.05, df=1$), $p=0.81$, masa üzerindeki poster üzerindeki yazı ve şekillerin parlaklığını sorgulayan beşinci soru için test sonuçları ($\chi^2 = 0.32, df=1$), $p=0.57$, duvardaki posterdeki yazı ve şekillerin parlaklığını sorgulayan altıncı soru için Ki-kare testi sonuçları ($\chi^2 = 6.3, df=1$), $p=0.01$, masa üzerindeki poster üzerindeki renklerin ‘canlı’ görünümünü sorgulayan yedinci soru için ($\chi^2 = 0.9, df=1$), $p=0.34$ ve duvarda asılı duran poster üzerindeki yazı ve şekillerin ‘canlı’ olma durumunu sorgulayan sekizinci soru için Ki-kare testi sonuçları ($\chi^2 = 2.01, df=1$), $p=0.16$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.8, üç farklı aydınlık düzeyi için (750-1000-500lx sıralamasında), iki farklı renk sıcaklığının (2700°K – 4000°K) mekan algılamayla olan ilişkisini ölçmek için uygulanan Kikare Testi sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 4.8 Renk sıcaklığı-mekan algılama ilişkisi için uygulanan Kikare Testi sonuçları

	750 lx aydınlık düzeyi	1000 lx aydınlık düzeyi	500 lx aydınlık düzeyi
Araştırılan parametre	Hesaplanan p değeri	Hesaplanan p değeri	Hesaplanan p değeri
Rahatlık	0.07	0.22	0.6
Dinlendirici olma	0.2	0.7	0.5
Genişlik	1	0.8	0.32
Ferahlık	0.86	0.06	0.81
Renk ve şekil için parlaklık – masa üzerindeki poster	0.22	0.8	0.57
Renk ve şekil için parlaklık – duvar üzerindeki poster	0.4	0.34	0.01
Renk ve şekil için canlılık – masa üzerindeki poster	0.78	0.21	0.34
Renk ve şekil için canlılık – duvar üzerindeki poster	0.76	0.1	0.16

Aydınlık düzeyindeki değişimin mekan algılamaya olan etkisi de Kikare Testi ile değerlendirilmiştir. Karma renk sıcaklığının kullanıldığı, 2000 lx ve 500 lx aydınlık düzeylerinin karşılaştırıldığı deney setinde, 7 (karma renk sıcaklığı-2000lx) ve 8

(karma renk sıcaklığı-500lx) nolu aydınlatma senaryoları, sekiz soruluk bir anket çalışmasına göre değerlendirilmiştir. Aydınlik düzeyinin kontrollü olarak arttırıldığı (artan grup) ve azaltıldığı (azalan grup) denek gruplarında tercihlerin dağılımı ‘benzerlik göstermektedir’. Anket çalışmasındaki cevaplar, aydınlık düzeylerinin değişik sıralamalarda sorulduğu denek gruplarında karşılaştırıldığında, her bir izlenim için Kikare Testi uygulanmış, test sonuçlarına göre, $p<0.05$ koşulu için anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

‘Rahatlık’ izlenimini sorgulayan birinci soru için test sonuçları $p=0.06$, ‘dinlendirici olma’ koşulunu sorgulayan ikinci soru için test sonuçları $p=0.75$, ‘genişlik’ izlenimini sorgulayan üçüncü soru için sonuçlar $p=0.35$, ‘ferahlık’ izlenimini sorgulayan dördüncü soru için Ki-kare testi sonuçları $p=0.17$, masa üzerindeki poster üzerindeki yazı ve şekillerin parlaklığını sorgulayan beşinci soru için test sonuçları $p=0.34$, duvardaki posterdeki yazı ve şekillerin parlaklığını sorgulayan altıncı soru için Ki-kare sonuçları $p=0.61$, masa üzerindeki poster üzerindeki renklerin ‘canlı’ görünümünü sorgulayan yedinci soru için $p=0.3$ ve duvarda asılı duran poster üzerindeki yazı ve şekillerin ‘canlı’ olma durumunu sorgulayan sekizinci soru için Ki-kare testi sonuçları $p=0.47$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.9, karma renk sıcaklığı olduğunda 2000-500lx aydınlık düzeylerinin mekan algılamayla olan ilişkisini ölçen Kikare Testi sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 4.9 Aydınlik düzeyi-mekan algılama ilişkisi için uygulanan Kikare Testi sonuçları

Araştırılan parametre	Hesaplanan p değeri
Rahatlık	0.06
Dinlendirici olma	0.75
Genişlik	0.35
Ferahlık	0.17
Renk ve şekil için parlaklık – masa üzerindeki poster	0.34
Renk ve şekil için parlaklık – duvar üzerindeki poster	0.61
Renk ve şekil için canlılık – masa üzerindeki poster	0.3
Renk ve şekil için canlılık – duvar üzerindeki poster	0.47

Yaş grubu ile aydınlık düzeyi arasındaki ilişki, Kikare Testi ile değerlendirilmiş, sonuçlar $p<0.05$ anlamlılık derecesine göre yorumlanmıştır. Test sonuçlarına göre, ($\chi^2=6.89$, $df=2$), $p=0.03$ olarak hesaplandığı için, yaş grubu ile aydınlık düzeyi

arasında bir ilişki bulunmuştur. Yüksek yaş grubundan olan deneklerin soruları yanıtlama süreleri ve yapılan ortalama hata sayısı, düşük yaş grubundan olan deneklere oranla daha fazladır. Hipotez (varsayım) 8 kabul edilmiştir; yaş grubu ile aydınlık düzeyleri tercihleri arasında bir ilişki vardır. Bu sonuç, Veitch ve Newsham'ın çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir, kişisel farklar içerisinde 'yaş' değişkeninin önemi büyüktür [16].

Cinsiyet ile aydınlık düzeyi arasındaki ilişki, Kikare Testi ile değerlendirilmiş, sonuçlar $p < 0.05$ anlamlılık derecesine göre yorumlanmıştır. Test sonuçlarına göre, ($\chi^2 = 0.64$, $df=1$), $p=0.42$ olarak hesaplandığı için, cinsiyet ile aydınlık düzeyi arasında bir ilişki bulunamamıştır. Bayan ve erkek deneklerin soruları yanıtlama süreleri ve yanlış sayılarına bakıldığında aradaki fark anlamlı değildir. Hipotez (varsayım) 7 reddedilmiştir; cinsiyet ile aydınlık düzeyleri tercihleri arasında bir ilişki yoktur. Bu sonuç, aynı aydınlatma düzenlemelerinin, bayan ve erkekler tarafından farklı olarak algılandığını belirten Veitch, Knez'in çalışmalarındaki bulgulara zıttır [15,21,63].

Göz bozukluğu ile aydınlık düzeyi arasındaki ilişki, Kikare Testi ile değerlendirilmiş, sonuçlar $p < 0.05$ anlamlılık derecesine göre yorumlanmıştır. Test sonuçlarına göre, ($\chi^2 = 1.12$, $df=1$), $p=0.2$ olarak hesaplandığı için, göz bozukluğu ile aydınlık düzeyi arasında bir ilişki bulunamamıştır. Gözü bozuk olan ve göz bozukluğu olmayan deneklerin soruları yanıtlama süreleri ve yanlış sayılarına bakıldığında aradaki fark anlamlı değildir. Hipotez (varsayım) 9 reddedilmiştir; göz bozukluğu ile aydınlık düzeyleri tercihleri arasında bir ilişki yoktur.

Tablo 4.10, yaş grubu, cinsiyet ve göz bozukluğu ile aydınlık düzeyi tercihleri arasındaki ilişki için uygulanan Kikare Testi sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 4.10 Yaş grubu, cinsiyet ve göz bozukluğu ile aydınlık düzeyi tercihleri arasındaki ilişki için uygulanan Kikare Testi sonuçları

Araştırılan parametre	Hesaplanan p değeri
Yaş grubu	0.03
Cinsiyet	0.42
Göz bozukluğu	0.2

4.4.2 Psikolojik Konfor Koşullarının Değerlendirilmesi

Psikolojik konfor koşulları için veri analizi yapıldığında, hipotez 2,3,5 ve 6 ‘kabul’ edilmiştir.

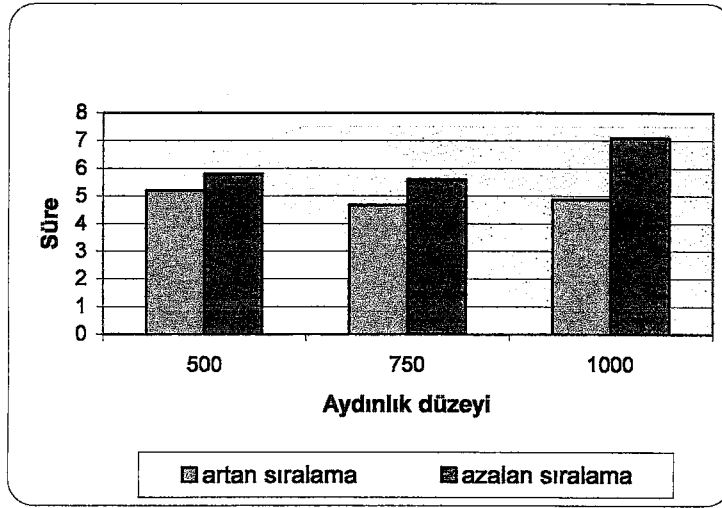
4.4.2.1 Aydınlik Düzeyi-Performans İlişkisinin Değerlendirilmesi

Aydınlik düzeyine bağılı olarak performans değışimi ölçölmesi iki farklı denek grubunda değıerlendirilmiştir. Birinci grupta aydınlık düzeyi 500-750-1000 lx (artan grup), ikinci grupta 1000-750-500lx sıralamasındadır (azalan grup). Her iki grup için sorulara cevap verme hızı ve yapılan yanlış sayısı değıerlendirilmiştir. Soruları yanıtlama süreleri karşılaştırıldığında, artan gruptaki deneklerin daha kısa sürede soruları cevaplandırıdığı görölmüştür. Artan ve azalan gruplara kendi içlerinde bakıldığında, sorulara cevap verme hızında sorulara alışmaya bağılı olarak artış görölmüştür.

Tablo 4.11 Artan ve azalan gruplarda soruları cevaplama sürelerinin ve yapılan hata sayılarının ortalamaları

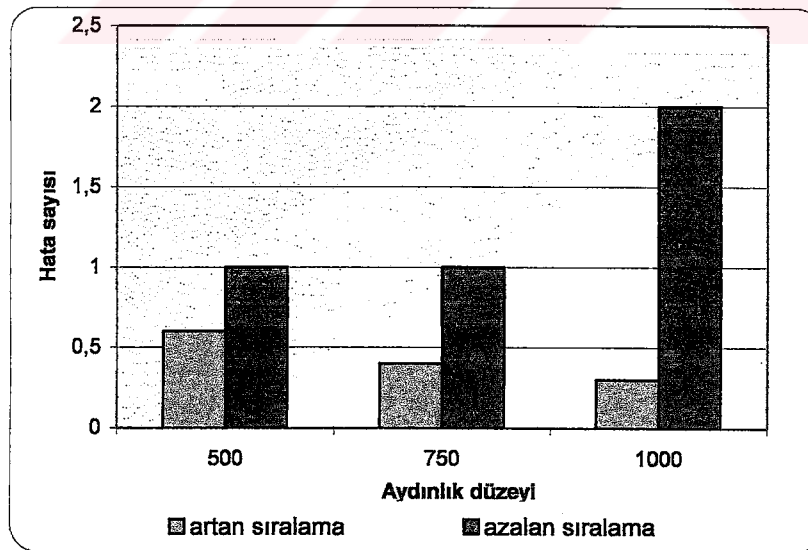
SIRALAMA	SÜRE	HATA SAYISI
<i>Artan grup (500 lx)</i>	<i>5,2 dk</i>	<i>0.6</i>
<i>Azalan grup (500 lx)</i>	<i>5,8 dk</i>	<i>1</i>
<i>Artan grup (750 lx)</i>	<i>4,66 dk</i>	<i>0.4</i>
<i>Azalan grup (750 lx)</i>	<i>5,60 dk</i>	<i>1</i>
<i>Artan grup (1000 lx)</i>	<i>4,86 dk</i>	<i>0.3</i>
<i>Azalan grup (1000 lx)</i>	<i>7,10 dk</i>	<i>2</i>

Tablo 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13 artan ve azalan gruplar için, aydınlık düzeyine bağılı olarak performans değışimini göstermektedir.



Şekil 4.12 Artan ve azalan gruplarda soruları yanıtlama süreleri

Artan ve azalan gruplarda yapılan hata sayıları karşılaştırıldığında, aydınlık düzeylerinin kontrollü olarak azaltıldığı grupta daha fazla hata yapıldığı görülmektedir. Artan ve azalan gruplara kendi içlerinde bakıldığında, zamana ve ortama alışmaya bağlı olarak yapılan hata sayısında azalma olduğu söylenebilir. Bu değerlendirme, Veitch ve Newsham tarafından yapılan, fiziksel yorgunluğa bağlı olarak performansta azalma görüldüğünü belirten çalışmanın sonuçlarıyla zıttır [16]. Deney setinde, zamana ve sorulara alışmaya bağlı olarak 'performans ölçümlerinde' artış görülmüştür.



Şekil 4.13 Artan ve azalan gruplarda ortalama hata sayısı

Artan ve azalan gruplarda 500lx, 750lx ve 1000lx aydınlık düzeylerinde odadaki yansımaya kamaşmanın derecelendirilmesi istenmiştir. Katılımcılar, odadaki

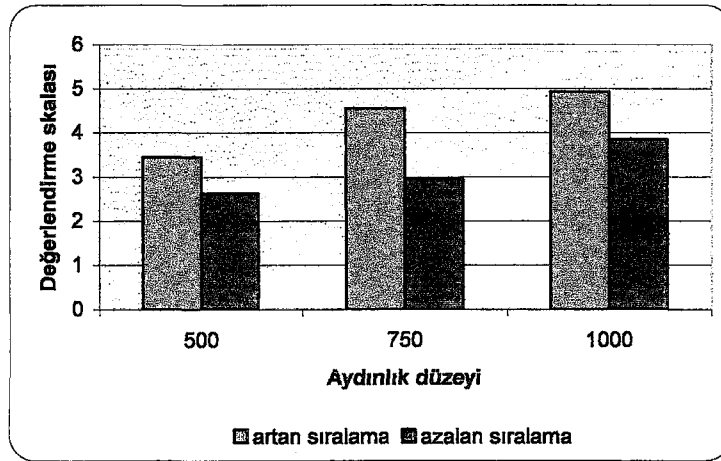
aydınlık düzeyini, 6 dereceli bir ölçüm skalasına göre değerlendirmişlerdir. Tablo 4.12, değerlendirme sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 4.12 Artan ve azalan gruplarda, farklı aydınlık düzeyleri için odadaki aydınlık düzeyinin değerlendirilmesi

Odadaki aydınlık düzeyinin değerlendirilmesi	Derecelendirme (6lı değerlendirme skalası)
Artan grup (500 lx)	3.45
Azalan grup (500 lx)	2.63
Artan grup (750 lx)	4.55
Azalan grup (750 lx)	2.96
Artan grup (1000 lx)	4.93
Azalan grup (1000 lx)	3.85

Artan grupta, 500 lx aydınlık düzeyi ‘yeterli, iyi, normal’ gibi tanımlamalarla değerlendirilmiş ve 6 derecelik ölçüm skalasında, 3 ve 4 derecelerinde yığılma gözlenmiştir. Aydınlık düzeyi yükseltilmeye başlayınca, 750 lx aydınlık düzeyinde 4 ve 5 derecelerinde yığılma gözlenmiştir. Bu durum, odadaki aydınlık düzeyindeki artışın fark edildiğini, dikkat çektiğini gösterebilir. Aydınlık düzeyinin kontrollü olarak yükseltildiği ve 1000 lx değerine ulaştığı koşul için yapılan değerlendirmeye bakıldığında, 5 ve 6 derecelerinde yoğunlaşma görülmüştür, ancak 3 ve 4 derecelerinin bazı denekler tarafından işaretlendiği gözlenmiştir. Bu durum, aydınlık düzeyindeki artışın bazı denekler tarafından fark edilmediğini, tam tersine azalma olduğunun hissedildiğini göstermektedir.

Azalan grupta, 1000 lx aydınlık düzeyi ‘yeterli, normal, iyi’ gibi tanımlarla ifade edilmiş, 3, 4 ve 5 dereceleri işaretlenmiştir. Aydınlık düzeyinin 750 lx değerine azaltıldığı durumda, 2,3 ve 4 değerlerinde yoğunlaşma görülmüştür. Bu koşul, aydınlık düzeyindeki azalmada ‘hissedilir fark’ olduğunu göstermektedir. Aydınlık düzeyi 500 lx değerine azaltıldığında, derecelendirme yine 2,3 ve 4 derecelerinde yoğunlaşmış, ancak 750 lx değerine göre, bu derecelerin daha fazla kişi tarafından işaretlendiği görülmüştür. Şekil 4.14, aydınlık düzeyi değerlendirmesinin artan ve azalan gruplarda karşılaştırılmasını göstermektedir.



Şekil 4.14 Aydınlik düzeyi değerlendirmesinin artan ve azalan gruplarda karşılaştıırılması

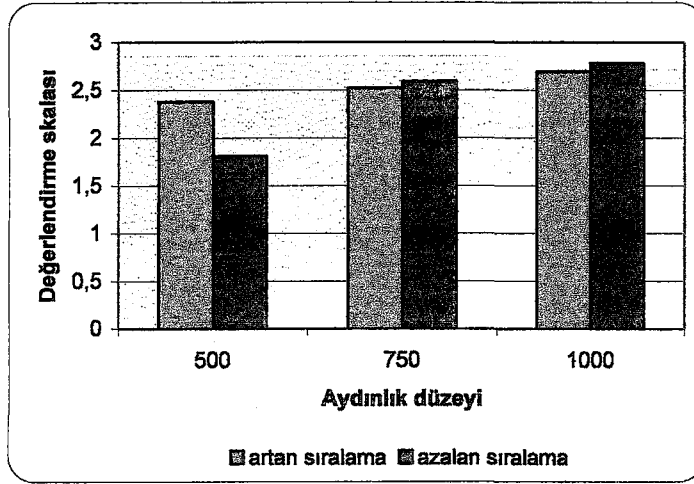
Önceki çalışmalara göre genellikle bir mekan için tercih edilen aydınlık düzeyi değeri, o mekan için Standartlarda önerilen aydınlık düzeyi değerlerinden daha yüksektir [25]. Deney setinde, bu görüşe paralel olarak, aydınlık düzeyindeki kontrollü artış, denekler tarafından ‘olumlu’ olarak nitelendirilmiştir.

Ölçülen noktasal parıltı değerlerine göre hesaplanan kontrast geriverim faktörü, bazı senaryolar için, belirlenen bazı noktalarda fiziksel konforun olumsuz etkilendiğini göstermektedir (hesaplamalar için bknz Ek C). Bu durumu, psikolojik açıdan ölçmek için katılımcılara ‘oda içinde herhangi bir noktada kamaşma var mı?’ diye sorulmuş ve ‘yansımayla kamaşma’ teriminin tanımı sözlü olarak yapılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, verilen cevapların 1, 2 ve 3 derecelerinde yoğunlaştığı, odanın ‘kamaşma yok, oldukça az, rahatsız edici değil’ gibi tanımlarla ifade edildiği görülmüştür. Tablo 4.13, farklı aydınlık düzeyleri için odadaki kamaşmanın derecelendirilmesini göstermektedir.

Tablo 4.13 Farklı aydınlık düzeylerinde odada yansımayla kamaşma durumunun değerlendirilmesi

Odada yansımayla kamaşmanın değerlendirilmesi	Derecelendirme (6lı değerlendirme skalesi)
Artan grup (500 lx)	2.38
Azalan grup (500 lx)	1.81
Artan grup (750 lx)	2.52
Azalan grup (750 lx)	2.59
Artan grup (1000 lx)	2.69
Azalan grup (1000 lx)	2.78

Şekil 4.15, oda içerisindeki yansımayla kamaşma durumunun artan ve azalan gruplar için karşılaştırılmasını göstermektedir. Cevapların ortalaması ‘3’ değerinin altında kalmaktadır, psikolojik açıdan denekler ‘rahatsız olmamışlardır’.



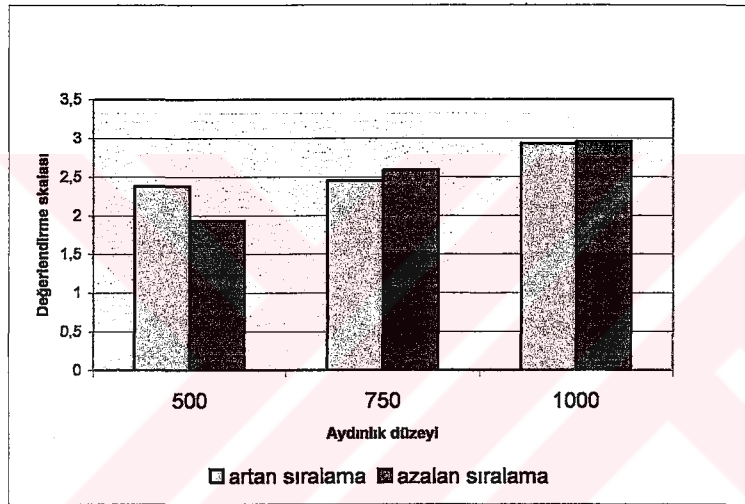
Şekil 4.15 Oda içerisinde yansımayla kamaşma değerlendirmesinin her iki sıralama için karşılaştırılması

Deney setindeki noktasal parıltı ölçümlerine bakıldığında, bakış doğrultusu masa üzerindeki poster olduğunda kamaşma olmadığı, görsel konfor koşullarının sağlandığı görülmüştür (bkz Ek C). Bu değerlendirmeyi, psikolojik açıdan ölçmek için katılımcılara ‘masa üzerinde kamaşma var mı?’ diye sorulmuş ve ‘yansımayla kamaşma’ teriminin tanımı sözlü olarak yapılmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, cevapların 1, 2, 3 ve 4 derecelerinde yoğunlaştığı, ‘masa üzerinde kamaşma yok, oldukça az, rahatsız edici değil’ gibi tanımların kullanıldığı görülmüştür. Tablo 4.14 ve Şekil 4.15 masa üzerindeki yansımayla kamaşmanın artan ve azalan gruplar için karşılaştırılmasını göstermektedir.

Tablo 4.14 Artan ve azalan sıralamalar için masa üzerinde yansımayla kamaşmanın değerlendirilmesi

Masa üzerindeki yansımayla kamaşmanın değerlendirilmesi	Derecelendirme (6lı değerlendirme skası)
Artan grup (500 lx)	2.38
Azalan grup (500 lx)	1.93
Artan grup (750 lx)	2.45
Azalan grup (750 lx)	2.59
Artan grup (1000 lx)	2.93
Azalan grup (1000 lx)	2.96

Aydınlık düzeyleri karşılaştırıldığında, 500 lx için, artan grupta, 3 ve 4 derecelerinde yoğunlaşma olurken, azalan grupta 2 ve 3 derecelerinde yoğunlaşma görülmüştür. Aydınlık düzeyleri aynı olmasına karşın sıralamadaki farka bağlı olarak, aynı mekan için aydınlık düzeyi ‘daha az, biraz daha arttırılabilir’ olarak tanımlanmıştır. Artan grupta, aydınlık düzeyleri arasındaki artışın hissedildiği 1000 lx aydınlık düzeyi, için verilen yanıtların 5 ve 6 derecelerinde yoğunlaştığı, odanın ‘oldukça aydınlık, aydınlık düzeyi çok yüksek’ gibi tanımlarla değerlendirildiği görülmüştür. Azalan grupta, odadaki aydınlık düzeyinin değerlendirmesi 3, 4 ve 5 derecelerinde yoğunlaşmıştır, aydınlık düzeyi değerinin, gerçek değerinden daha düşük algılandığı görülmüştür. Şekil 4.16, masa üzerinde yansımayla kamaşmanın değerlendirmesini göstermektedir.



Şekil 4.16 Masa üzerinde yansımayla kamaşma değerlendirmesinin her iki sıralama için karşılaştırılması

Aydınlık düzeyinin azalması sırasındaki değişimin aydınlık düzeyinin artması sırasındaki değişime göre ‘daha az’ algılanması Tomoaki’nin çalışmasıyla benzerlik göstermektedir [54].

Psikolojik konfor değerlendirmeleri ve test sonuçlarına göre hipotez (varsayım) 2 kabul edilmiştir, aydınlık düzeyini arttırmak görme koşullarını iyileştirmez. Aydınlık düzeyindeki artış veya azalmaya bağlı olarak konfor koşullarının olumlu olarak iyileştiği konusunda da bir genellemeye gidilememiştir.

4.4.2.2 Renk Sıcaklığı-Performans İlişkisinin Değerlendirilmesi

Renk sıcaklığı ile performans ilişkisini değerlendirmek için düzenlenen ölçümlerde, çalışmaya katılanlara harf dizileri verilmiş, aydınlık düzeyinin sabitlendiği, tek

değişkenin renk sıcaklığı olduğu koşul için bu dizgeleri eşleştirmeleri istenmiştir. Çalışma, iki grup olarak düzenlenmiştir.

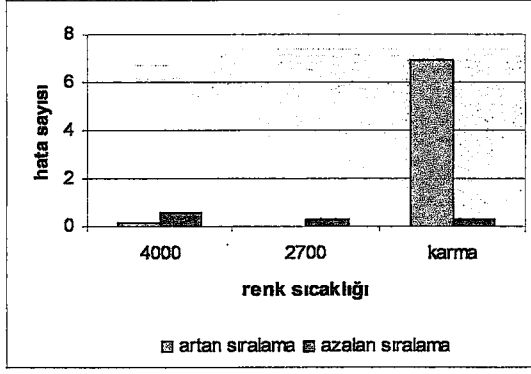
Birinci grupta (aydınlık düzeylerinin artırıldığı grup) aydınlatma senaryolarının sıralaması, 4000°K-2700°K-karma renk sıcaklığı şeklindedir. İkinci grupta (aydınlık düzeylerinin azaltıldığı grup) ise sıralama, karma renk sıcaklığı-2700°K-4000°K olarak değiştirilmiştir. Tablo 4.15 , farklı renk sıcaklıklarında sorulara cevap verme hızını ve hata sayısını göstermektedir. Artan grupta en uzun süre 2700°K renk sıcaklığı altında harcanmıştır. Azalan grupta ise, sorulara cevap verme hızı sorulara alışmaya bağlı olarak azalmıştır.

Tablo 4.15 Farklı renk sıcaklıklarında, artan ve azalan gruplar için sorulara cevap verme hızı ve hata sayısı

RENK SICAKLIĞI	SÜRE	HATA SAYISI
Artan grup (4000°K)	2.11	0,17
Azalan grup (4000°K)	1.96	0,6
Artan grup (2700°K)	2.21	0,00
Azalan grup (2700°K)	2.05	0,26
Artan grup (Karma renk sıcaklığı)	2.00	6,9
Azalan grup (Karma renk sıcaklığı)	2.39	0,26

Azalan grupta (karma renk sıcaklığıyla başlayan grup) artan gruba (4000°K renk sıcaklığıyla başlayan grup) göre daha fazla hata yapıldığı görülmektedir. Artan ve azalan gruplara kendi içlerinde bakıldığında, sorulara alışmaya ve zamana bağlı olarak, yapılan hata sayısında azalma olduğu konusunda bir genellemeye gidilememiştir.

Aynı deneğin farklı aydınlatma koşullarındaki performans değerlendirmesine bakıldığında, renk sıcaklığı ile yapılan hata sayısında 4000°K ve 2700°K için $p=0.00$ olduğundan anlamlı bir ilişki bulunmuştur ($p<0.05$). Hipotez (varsayım) 6 kabul edilmiştir; lambaların renk sıcaklığını değiştirmek performansı etkiler. Ancak, istatistiksel analiz sonucunda, çalışma ortamları için ‘performansı arttıran en iyi koşul’ olarak tanımlanabilecek bir renk sıcaklığı derecesine ulaşılamamıştır. Şekil 4.17 üç farklı renk sıcaklığı ile yapılan testlerde, renk sıcaklığıyla yapılan hata sayıları arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 4.17 Renk sıcaklığı ile yapılan hata sayısı arasındaki ilişki

4.4.2.3 Aydınlık Düzeyi-Mekan Algılama İlişkisinin Değerlendirilmesi

Üçüncü grup deneyler, karma renk sıcaklığında, tek değişkenin aydınlık düzeyi olduğu durum için düzenlenmiştir. Katılımcılardan, sekiz sorudan oluşan bir anket çalışmasını 7 (karma ışık, 2000lx) ve 8 (karma ışık, 500lx) numaralı aydınlatma senaryolarını karşılaştırarak değerlendirmeleri istenmiştir (bkz Ek D: Çalışmada Kullanılan Anket Formları; Aydınlik Düzenleme III-A)

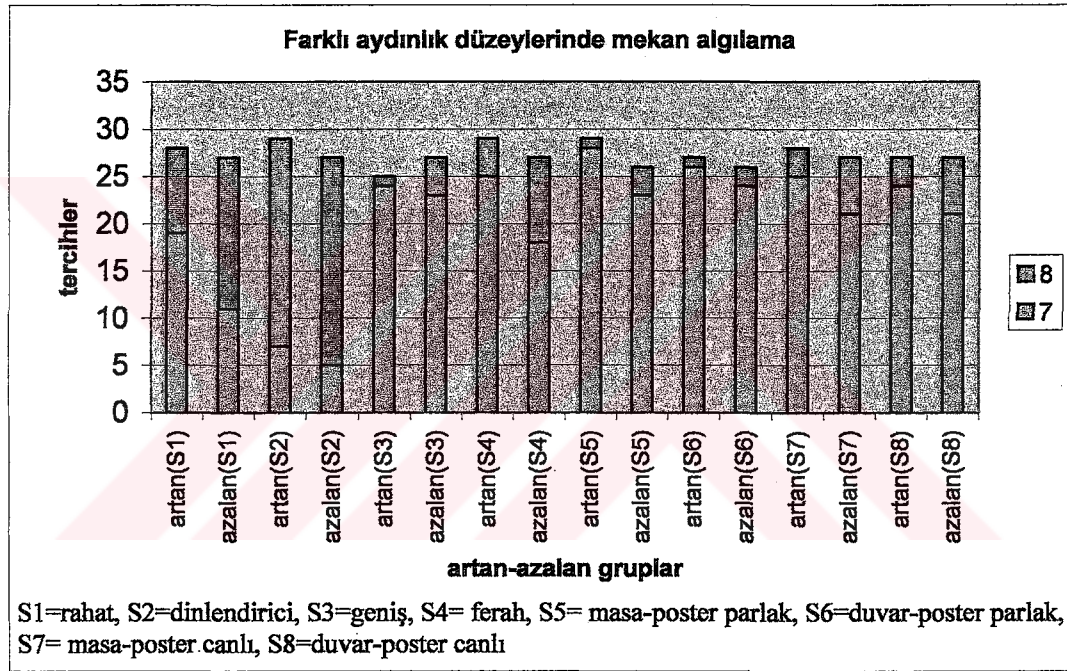
Sonuçlar değerlendirildiğinde, 7 numaralı aydınlatma senaryosu altında (karma renk sıcaklığı, 2000lx aydınlık düzeyi) mekanın ‘daha rahat, geniş ve ferah’ algılandığı görülmektedir (soru 1/3/4). Tek değişken aydınlık düzeyi olduğu için, aydınlık düzeyi artınca mekanın algılanan fiziksel büyüklüğünün değiştiği, aynı mekanın daha geniş ve ferah algılandığı söylenebilir. Bu sonuç, Sawada’nın çalışmasındaki bulgularla benzerlik göstermektedir [62]; denekler ortamdaki renk sıcaklığına alıştıklarında, aydınlık düzeyindeki fark, algılamada fark yaratmıştır. ‘Rahatlık’ hissi de aydınlık düzeyi arttıkça, aynı mekan için artmıştır. Çalışmadaki sonuçlar Gifford’un bir mekandaki aydınlık düzeyi azalınca ve aydınlık dağılımı düzgün olmayınca o mekanın ‘daha rahat’ hissedildiği saptamasına zıttır [12].

Önceki çalışmalarda, penceresiz ofisler için, tek değişkenin aydınlık düzeyi olduğu koşulda psikolojik konfor parametrelerinin nasıl etkilendiği araştırılmamıştır [2-7]. Bu çalışmadaki sonuçlar, aydınlık düzeyi 500 lx den 2000 lx değerine ulaştığında mekandaki konforun arttığı yönündedir.

Kişilerin düşük aydınlık düzeylerinde mekanı ‘dinlendirici’ hissettikleri önceki çalışmalarda varılan bir sonuçtur [49]. Bu çalışmada, ofis ortamı için, tek değişkenin aydınlık düzeyi olduğu koşulda, düşük aydınlık düzeyinde mekanın daha dinlendirici olduğu sonucuna varılmıştır (soru 2).

Mekan içinde, duvar yüzeyi ve masa üzerinde, her bir aydınlatma senaryosu altında, çeşitli noktalarda parlaltı değerleri ölçülmüştür. Duvar yüzeyindeki ve masa üzerindeki poster üzerinde parlaltı değerleri ölçülen noktaların ‘hangi senaryo altında daha parlak ve canlı görüldüğü’ değerlendirilmiştir. Şekil 4.18 de görüldüğü gibi, 7 numaralı aydınlatma senaryosu altında duvar yüzeyindeki ve masa üzerindeki poster ‘daha canlı ve daha parlak’ görünmüştür (soru 5/6/7/8). 7 nolu aydınlatma senaryosunda parlaltı değerlerindeki ani artış ‘olumlu’ olarak nitelendirilmiştir.

Şekil 4.18 de, artan ve azalan gruplarda aydınlık düzeyindeki değişime bağlı olarak psikolojik konfordaki değişimi göstermektedir.



Şekil 4.18 Karma renk sıcaklığı olduğu koşulda, aydınlık düzeyindeki değişime bağlı olarak psikolojik konforun etkilenmesi

4.4.2.4 Renk Sıcaklığı-Mekan Algılama İlişkisinin Değerlendirilmesi

Dördüncü grup deneyler, aydınlık düzeylerinin sırasıyla 750-1000 ve 500 lx düzeylerinde sabitlendiği koşulda, iki farklı renk sıcaklığının (4000°K ve 2700°K) mekan algılamaya olan etkisini ölçmek için düzenlenmiştir. Katılımcılardan, sekiz sorudan oluşan bir anket çalışmasını 2 (750lx-4000°K) ve 5 (750lx-2700°K), 1(1000lx-4000°K) ve 4 (1000lx-2700°K), 3 (500lx-4000°K) ve 6 (500lx-2700°K), numaralı aydınlatma senaryolarını karşılaştırarak değerlendirmeleri istenmiştir (bkz Ek D: Çalışmada Kullanılan Anket Formları; Aydınlık Düzenleme II-A/ II-B/ II-C).

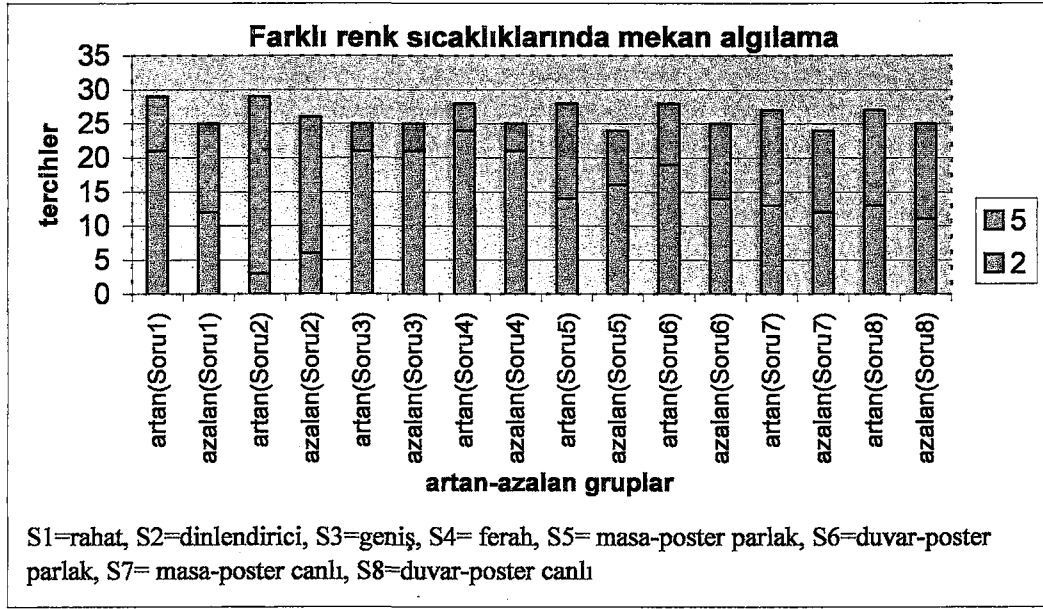
Sonuçlar Şekil 4.19-4.21 deki grafiklerde belirtilmiştir. ‘Rahatlık’ (soru 1), ‘ferahlık’ (soru 3) ve ‘genişlik’ (soru 4) izlenimlerinin karşılaştırılan her üç koşul için TL-D36W 840 kodlu lambalar ile sağlandığı, dinlendirici olmak (soru 2) izleniminin ise, karşılaştırılan her üç koşul için TL-D36W 827 kodlu lambalar ile sağlandığı görülmektedir.

Duvar ve masa yüzeylerindeki posterler üzerinde belirlenen noktalar için ‘parlak ve canlı görünmek’ koşulu değerlendirilmiştir (soru 5/6/7/8). Şekil 4.19- 4.21 deki grafiklere bakıldığında, duvar yüzeyinde ve masa üzerindeki posterler için canlı ve parlak görünme niteliğinin üç koşul için de değiştiği görülmektedir.

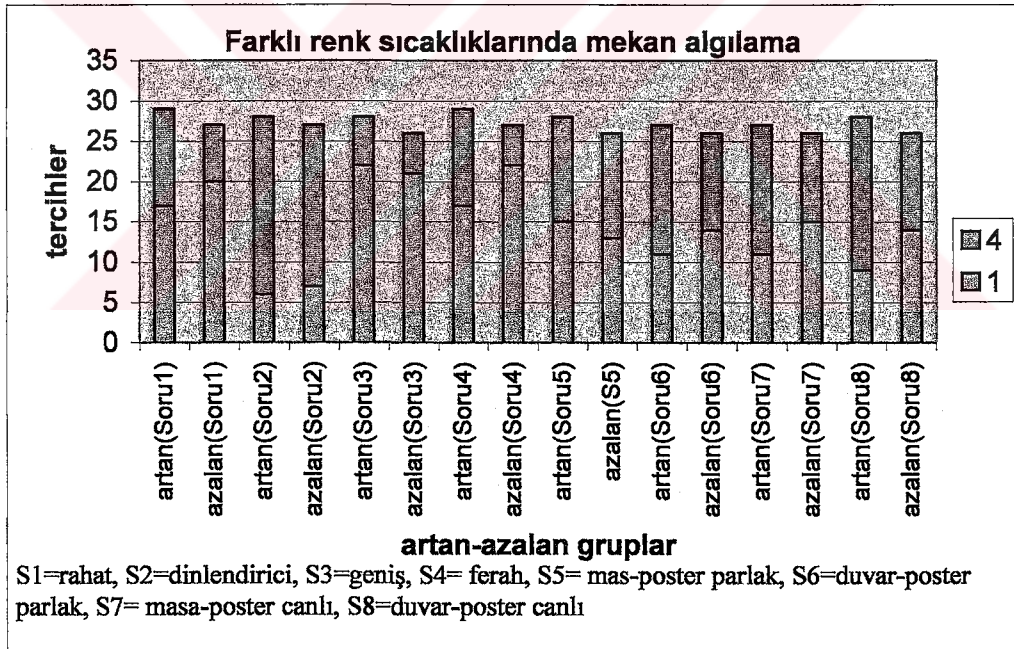
Noktasal parıltı değerleri incelendiğinde, 2700°K renk sıcaklığında 4000°K koşuluna göre daha yüksek değerler ölçülmüştür (bkz Ek C). Ancak, Şekil 4.19-4.21 deki grafiklerde, bu sonucun tersine, 750lx-4000°K altında masa üzerindeki posterde yazı ve şekillerin daha parlak algılandığı, 500lx altında her iki renk sıcaklığı için algılamada fark olmadığı ve 1000lx-2700°K koşulunun, çok az bir sayısal farkla, tercih edildiği görülmektedir (soru 5).

Masa üzerindeki posterde, yazı ve şekillerin ‘hangi ışıklar altında daha canlı görüldüğünün’ değerlendirilmesi istenmiştir (soru 7). 750lx ve 1000lx aydınlık düzeyleri için 2700°K tercih edilmiş, ancak 500lx aydınlık düzeyinde bu fark algılanmamış ve her iki renk sıcaklığı için verilen cevaplar birbirine eşit sayıda çıkmıştır. Ancak, noktasal parıltı değerleri her aydınlatma senaryosu altında farklıdır, 2700°K renk sıcaklığında daha yüksek değerler kaydedilmiştir (bkz Ek C).

Duvar yüzeyindeki poster için ‘parlak (soru 6) ve canlı görüntü (soru 8)’ etkileri araştırılmış, ölçüm yapılan noktalardaki parıltı değerleri, anket sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Şekil 4.19-4.21deki grafiklerde, 4000°K altında parlaklığın arttığı görülmüştür, ancak noktasal parıltı değerleri, her ölçüm noktası için 4000°K altında daha yüksek olarak kaydedilmemiştir, bu nedenle ölçüm sonuçlarıyla, algılanan parıltı değerleri arasında fark bulunmaktadır. Benzer sonuçlar, ‘canlı görüntü’ etkisi için de geçerlidir. Sıcak ışığın (2700°K) soğuk ışığa göre tercih edildiği görülmektedir, ancak poster üzerindeki her ölçüm noktası için 2700°K altında parıltı değerleri yüksek değildir.

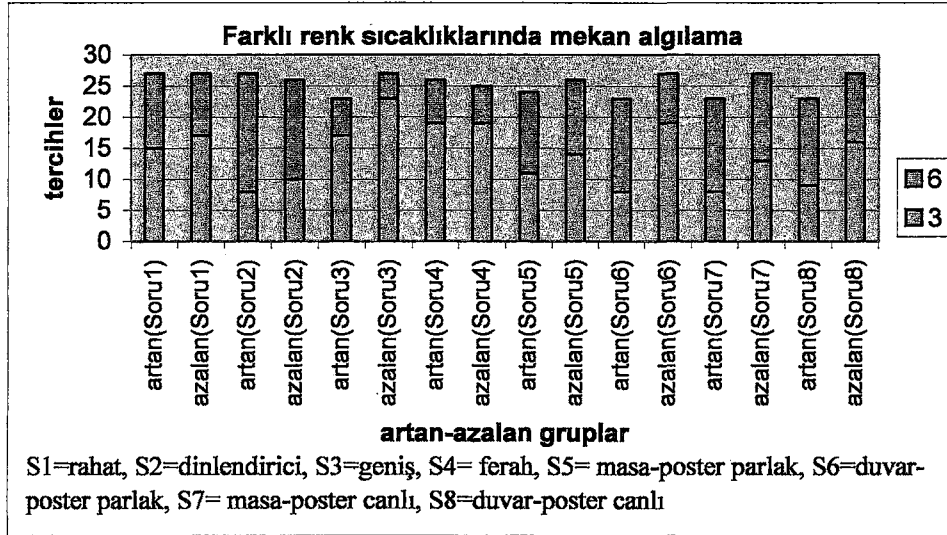


Şekil 4.19 TL-D36W 840 ve TL-D36W 827 kodlu lambalar ve 750lx aydınlık düzeyi altında, renk sıcaklığına bağlı olarak psikolojik konfor değişimi



Şekil 4.20 TL-D36W 840 ve TL-D36W 827 kodlu lambalar ve 1000lx aydınlık düzeyi altında, renk sıcaklığına bağlı olarak psikolojik konfor değişimi

Şekil 4.21 de, 500lx aydınlık düzeyi altında duvardaki poster üzerindeki yazı ve şekillerin her iki renk sıcaklığı altında aynı 'canlılıkta' olduğu görülmektedir, ancak noktasal parıltı ölçümlerine göre, her ölçüm noktası için aynı değerler kaydedilmemiştir.



Şekil 4.21 TL-D36W 840 ve TL-D36W 827 kodlu lambalar ve 500lx aydınlık düzeyi altında, renk sıcaklığına bağlı olarak psikolojik konfor değişimi

Bu sonuçlar, ölçülen parıltı değerleriyle algılanan parıltı değerlerinin birbirinden farklı olduğunu göstermektedir. ‘Canlı görüntü’ için 2700°K önerilirken, ‘parlak görüntü’ 4000°K renk sıcaklığında artmıştır. Hipotez (varsayım) 5 kabul edilmiştir, lambaların renk sıcaklıklarına göre algılanan (özel) parıltı değerlerinde fark görülmüştür.

Yukarıdaki değerlendirmeler göre, Hipotez 3 kabul edilmiştir, lambaların renk sıcaklığını değiştirmek, kişisel izlenimleri etkilemektedir.

Tiller ve Veitch [55] Miyasawa [59] tarafından yapılan çalışmalarda, modeldeki bulgulara paralel olarak, özel parıltı değerleriyle mekanda ölçülen parıltı değerlerinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Önceki çalışmalarda, kişilere aydınlık düzeyini kontrol etme yetkisi verildiğinde, davranışlarında ve psikolojik izlenimlerinde olumlu değişim görülmüştür [50-52,59]. Deney setinde, farklı aydınlatma senaryolarını açıp kapatarak, oluşturulan koşullar için mekanı değerlendirmeleri istendiğinde, ‘kontrol etme’ yetkisinin hoşla gittiği gözlenmiştir.

Deney setindeki sonuçlar, Fleischer’in çalışmasındaki sonuçlarla benzerlik göstermektedir; 4000°K renk sıcaklığı 2700°K renk sıcaklığına göre tercih edilmiştir. Fleischer 4000°K ve 3000°K renk sıcaklıklarıyla yaptığı çalışmada, ofis ortamları için 4000°K renk sıcaklığının daha uygun olduğu sonucuna varmıştır [58].

Lambaların renk sıcaklıkları arttıkça mekanın algılanan fiziksel boyutlarının daha küçük olarak tanımlandığını belirten Gabriela'nın çalışmasındaki sonuçların tersine, deney setinde aydınlık düzeyinden bağımsız olarak, renk sıcaklığı arttıkça, aynı mekan daha 'geniş ve ferah' olarak tanımlanmıştır [32].

Deneklerden, önerilen sekiz aydınlatma senaryosu içinden hangisinin ofis ortamları için 'en uygun' olanı belirtmeleri istendiğinde; en fazla tercih edilen aydınlatma senaryolarının 7 (62%), 8 (28%) ve 2 (28%) numaralı seçenekler olduğu, bazı deneklerin 7 ve 8 arasındaki bir koşulu (14%), karma ışık rengi ve 2000lx ile 500 lx arasında bir aydınlık düzeyi değerini önerdiği görülmüştür.



SONUÇ VE ÖNERİLER

Fizyolojik konfor koşulları bakımından ‘uygun’ olarak tanımlanan bir deney setinde psikolojik konfor koşulları araştırılmıştır. Aydınlik düzeyi, lambaların renk sıcaklığı ve parıltı farklarına bağı olarak yapılan değerlendirmelerden çıkan sonuçlar aşağıda özetlendiği gibidir;

Aydınlık düzeyi değişimleri, psikolojik konfor ve performans: Deney setinde kullanılan aydınlık düzeyleri 500-750-1000 lx değerlerindedir, birbirini 1.5 adım farkla takip etmektedir, denekler bu değişimi fark etmiş, aydınlık düzeyi değişimlerinden rahatsız olmamışlardır. Aydınlik düzeyindeki bu değişimin psikolojik konfora etkisini ölçmek için üç farklı aydınlık düzeyinde sorulan ‘odadaki aydınlık düzeyini nasıl değerlendiriyorsunuz?’ sorusuna ofis ortamı için uygun olduğu cevabı verilmiştir.

Aydınlık düzeylerinin farklı sıralamalarda sorulması, algılamada fark yaratmış, 1000-750-500 lx sıralamasında aydınlık düzeyi ‘normal’ olarak değerlendirilirken, 500-750-1000 lx sıralamasında aydınlık düzeyi için daha yüksek bir derecelendirme olduğu grlmştr. Aydınlik düzeyinin psikolojik konfora etkisini ölçmek için uygulanan test sonuçlarına göre, aydınlık düzeyindeki fark kişisel izlenimleri etkilemektedir. Fiziksel konfor koşullarındaki iyileşme (rneğin, aydınlık düzeylerinin kontrollü olarak arttırılması) ‘olumlu’ olarak nitelendirmişlerdir.

Aydınlık düzeyindeki değişimin performansa olan etkisi ölçülmüş, test sonuçlarına göre $p=0.05$ anlamlılık düzeyine göre, anlamlı bir fark bulunmamıştır. Performans ölçümlerine düşük aydınlık düzeylerinden başlansaydı, örneğin 200lx ve kontrollü olarak arttırılsaydı, standartlarda önerilen 500-750 lx değerlerine erişildiğinde performans ölçümlerinde olumlu bir artış llebilirdi.

Aydınlık düzeyi değişimlerinin performansa olan etkisi değişik yaş gruplarında karşılaştırılmış, yaş grubu büyük olan deneklerde performansın daha düşük olduğu gözlenmiştir. Yapılan işe alışmanın, öğrenme sürecinin performansa etkisi bulunmaktadır. Sorulara alışmaya bağı olarak yanıtılama sresinde ve ortalama hata

sayısında azalma görülmüştür. Cinsiyet ve göz bozukluğunun, aydınlık düzeyindeki değişime bağlı olarak performansla olan ilişkisi, $p=0.05$ anlamlılık düzeyine göre olumsuz çıkmıştır.

Çalışmadaki sonuçlara göre, 'aydınlık düzeylerini arttırmak performansı artırır' diye bir genelleme yapılamaz. Çalışma ortamında, aydınlık düzeyleri bakımından farklı bölgeler yaratmak, parıltı farkına neden olacağından, algılama etkilenecek ve görsel olarak 'monotonluk' engellenecektir. Katılımcılar, ortamdaki renk sıcaklığına alışınca, aydınlık düzeyindeki değişim algılamada fark yaratmıştır.

Deney setinde, 'ferahlık, genişlik ve rahatlık' izlenimleri, aydınlık düzeyi değişimine göre farklılaşmıştır. Katılımcılardan aydınlık düzeyini 500lx ve 2000lx arasında değiştirerek, konfor koşulları açısından mekanı değerlendirmeleri istendiğinde, denekler 2000lx aydınlık düzeyi altında mekanı 'ferah, geniş, rahat' olarak tanımlamışlardır.

Işık kaynağının renksel özellikleri, psikolojik konfor ve performans: Deneyde, 4000°K renk sıcaklığı kullanıldığında ve aydınlık düzeyi dağılımı düzgün olduğunda, mekan 'ferah, geniş ve rahat' olarak tanımlanmıştır. Kullanılan üç farklı aydınlık düzeyi için, azalan ve artan sıralamada tercihlerin dağılımı benzerlik göstermektedir; mekan 4000°K renk sıcaklığındaki lambalar altında 'ferah, geniş ve rahat' olarak algılanmıştır. 2700 °K renk sıcaklığındaki lambalar kullanıldığında, aydınlık düzeyindeki değişimden ve sıralamadan bağımsız olarak aynı mekan 'dinlendirici' olarak tanımlanmıştır.

Ortama alışma sürecinde katılımcılarla yapılan sözlü görüşmeler sırasında, 2700°K-500lx, 2700°K -750 lx, karma renk sıcaklığı-500lx kombinasyonlarının ofis ortamları için uygun olmadığı görüşünün yaygın olduğu görülmüştür. 4000°K renk sıcaklığıyla yaratılan aydınlatma senaryoları içinden 500lx aydınlık düzeyiyle yaratılan aydınlatma senaryosu tercih edilmemiş, mekan konforsuz olarak değerlendirilmiştir. 4000°K renk sıcaklığı-750 lx ve karma renk sıcaklığı-2000lx aydınlık düzeyiyle oluşturulan aydınlatma senaryosu katılımcılar tarafından beğenilmiştir. 2000lx aydınlık düzeyi değerinin düşürülmesi tavsiye edilmiştir.

Parıltı oranları, psikolojik konfor ve performans: Deneyde, 500-750-1000 lx aydınlık düzeyi değerlerinde, çalışma düzlemi üzerinde aydınlık düzeyi arttıkça, parıltı değerleri de artmış (L_t), çalışma düzlemi-çevre alan arasındaki parıltı farkı

artmış ($L_t - L_b$), ancak parıltı değerleri, birbirine yakın noktalar arasında çok artmamış, bu nedenle ışıksal duyum ve konfor koşulları olumsuz olarak etkilanmemiştir. 840 kodlu ışığın 827 kodlu ışığa göre, her ölçüm noktası için daha yüksek bir parıltı kontrastı oluşturduğu konusunda bir genellemeye gidilememiştir.

4000°K renk sıcaklığının sabit kaldığı, aydınlık düzeyinin 500-750-1000 lx değerlerinde ölçüldüğü koşullar için ‘masa üzerinde ve odada yansımayla kamaşma olmadığı’ görülmüştür.

Çalışmada, karma renk sıcaklığı-2000lx aydınlık düzeyi altında ölçüm yapılan bazı noktalarda parıltı değerleri oldukça yükselmiş ve konfor koşulları olumsuz etkilanmıştır, ancak katılımcılar bu koşulu beğenmişlerdir. Bu sonuç, ölçülen parıltı değerleri ile ‘öznel parıltı’ değerleri arasındaki farkı göstermesi açısından önemlidir. Deney çalışmasına göre, kişilerin öznel parıltı derecelendirmesi, önerilen parıltı değerlerinden daha yüksek değerlerdedir.

Ölçüm yapılan noktalarda, 2700°K renk sıcaklığındaki lambalar altında kaydedilen parıltı değerleri daha yüksek olmasına rağmen, ‘öznel parıltı’ değerlendirmesine göre renk sıcaklığına bağlı olarak parıltı değerlerinin arttığı söylenemez. Aydınlık düzeyleri sabitlendiğinde ve tek değişkenin lambaların renk sıcaklığı olduğu koşulda, 4000 °K renk sıcaklığı bir grup denek tarafından, 2700 °K renk sıcaklığına göre ‘daha parlak ve daha canlı’ olarak tanımlanmıştır.

Test sonuçlarına göre lambaların renk sıcaklığı performansı etkilemektedir. Çalışmada, 2700°K renk sıcaklığı, aydınlık düzeylerindeki değişimden bağımsız olarak, ofis ortamları için ‘uygun değil’ ifadesiyle tanımlanmıştır.

Aydınlık düzeyleri ve düzenlemeleri değiştirilerek yapılan işe ilgi artabilir ve “performans” yükselebilir. Kişilere mekanın aydınlatma, havalandırma, ses düzeyi ve benzeri fiziksel koşullarını kontrol etme yetkisi tanındığında, motivasyonun arttığı ve kalitesinin iyileştiği belirlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmada, kişilere aydınlatma sisteminin kumanda ünitesi verildiğinde ve lambaları açıp kapatarak kendilerine verilen anketi değerlendirmeleri istendiğinde, bu durumun beğenildiği gözlenmiştir.

Anket çalışması sırasında kişilerle, ‘mekana adaptasyon’ sürecinde, çalışma ortamlarında kullanılan veya tercih ettikleri lamba tipleri, aydınlık düzeyleri ve benzeri konularla ilgili sohbet edilmiş, kişisel izlenimlerin ve tercihlerin sıcak-soğuk ışık tercihlerini, aydınlık düzeyi tercihlerini etkilediği gözlenmiştir.

Bu çalışmada, günışığı etkisinden yoksun ofis ortamlarındaki konfor koşulları araştırıldığı için, otomasyon sistemiyle gün içinde farklı aydınlık düzeylerine sistemi ayarlamak, dikkat çekici ve vurgulu bir aydınlatma yaratmak için önerilebilir. Otomasyon sistemleri enerji tasarrufu, aydınlık sisteminde esneklik ve benzeri özelliklerinden dolayı da ofisler için tercih edilebilir.

Ofis ortamlarını, farklı yaş gruplarındaki kişiler paylaştığı için, gereksinim duyulan aydınlık düzeyinin gün içinde arttırılması, aydınlık düzenlemelerinde fark yaratılması, mekan içinde parlıtlı düzeyleri arasında fark yaratarak, dikkat çekici, vurgulu bir aydınlatma yaratmak gerekebilir.

Deney seti, günışığı etkisinden yoksun ofis ortamları için düzenlendiğinden, karma ışık kaynakları ve yüksek aydınlık düzeylerinin konfor koşullarını iyileştirdiği söylenebilir ve kullanılması önerilebilir, ancak sonuçların genellenebilmesi için farklı aydınlık düzeylerinde (örneğin ofis ortamları için önerilen 750lx ve 500lx aydınlık düzeyleri) çalışmanın karma ışık rengiyle yinelenmesi ve sonuçlar arasında korelasyon kurulması gerekmektedir.

Bir aydınlatma tasarımının ekonomik olması gerekliliği vardır, maliyetin ve harcanan enerji giderlerinin düşünülmesi gerekir. Önerinin enerji tasarrufu açısından da tartışılması gerekmektedir. Daha düşük aydınlık düzeylerinde, farklı ışık renkleri kullanarak çalışmadaki parametreler konfor koşulları açısından araştırılabilir. Çalışmada soğuk ışık rengi (örneğin 5000°K ve üzeri) koşulu denenmemiştir. Soğukluk renk sıcaklıkları karşılaştırılarak psikolojik konfor koşulları araştırılabilir.

Deneyde, aydınlık düzeyindeki artış veya azalmanın performansa etkisi olumsuz çıkmıştır, ancak çalışma, aydınlık düzeylerindeki değişimi zamana bağlı ölçmek için düzenlenir ve ölçümler gün boyunca sürdürülürse, performans ölçümlerinde fark görülebilir.

“Öznel parlıtlı” değerlendirmesi, mekanda ölçülebilen bir büyüklük değil algılanan bir nitelik olduğu için kullanıcıların bu konudaki tercihleri araştırılmalıdır. Çalışmada ölçülen parlıtlı değerleri ve öznel parlıtlı arasında fark görülmüştür.

Günümüzde gün ışığının psikolojik ve fizyolojik olarak önemi bilinmekte ve gün ışığı alan çalışma mekanları yaratılmaya çalışılmaktadır. Deney setinde, bu koşulun dışında kalan çalışma mekanları için konfor koşulları araştırılmıştır. Çalışma,

günüşığı etkisini katılarak yinelenabilir ve sonuçlar arasındaki korelasyona bakılabilir. Bu durumda, günüşığın performansa olan etkisi değeriendirilebilir.

Fiziksel konforu sağılayan parametreler IES / CIBSE / CIE referanslarında belirtilmektedir. Bu belirlemeler aydınlatmanın ölçülebilen fiziksel büyüklükleriyle ilgilidir. Aydınlatmada ölçüm aletleriyle hesaplanamayan, ancak psikolojik konforu etkilediğı bilinen parametreler çalışmaları araştırılmıştır. ‘Psikolojik konfor parametreleri’ olarak da tanımlanabilen bu etkenlerin ‘fizyolojik konfor parametreleriyle’ bir arada projelendirilmesi daha verimli çalışma ortamları yaratmak açısından gereklidir.



KAYNAKLAR

- [1] Aydınli, S., 1986. Mekansal Değerlendirmede Algısal Yargılara Dayalı Bir Model. *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] Ne'man, 1973. Visual Aspects of Sunlight in Buildings, *C.I.E T.C.-4.2 Symposium: Window and Their Functions in Architectural Design*, İstanbul Technical University, İstanbul, 22-27 November 1973, H1-11.
- [3] Leather, P. ve ark., 1998. Windows in the Workplace: Sunlight, View and Occupational Stress. *Environment and Behavior*. **30**, 724-739.
- [4] İmamoğlu, V. ve Markus T.A, 1973. The Effect of Window Size, Room Proportion and Window Position on Spaciousness Evaluation of Rooms, *C.I.E T.C.-4.2 Symposium: Windows and Their Functions in Architectural Design*, İstanbul Technical University, İstanbul, 22-27. November 1973, F1-27.
- [5] Bülow-Hübe, H., 1995. Subjective Reactions to Daylight in Rooms: Effect of Using Low Emittance Coatings on Windows, *Lighting Research and Technology*, **27**, No: 1, 37-44.
- [6] Markus, T.A ve Gray, A., 1973. Windows in Low Rise, High Density Housing-The Psychological Significance of Sunshine, Daylight, View and Visual Privacy, *C.I.E T.C.- 4.2 Symposium: Windows and Their Functions in Architectural Design*, İstanbul Technical University, İstanbul, 22-27. November 1973, I1-33.
- [7] Stone, N., 1998. Windows and Environmental Cues on Performance and Mood, *Environment and Behavior*. **30**, No: 3, 306-321.
- [8] Pellegrino, A., 1999. Assessment of Artificial Lighting Parameters in a Visual Comfort Perspective, *Lighting Research and Technology*, **31**, No: 3, 107-115.
- [9] McCloughan ve diğ., 1999. The Impact of Lighting on Mood, *Lighting Research and Technology*, **31**, No: 3, 81-88.
- [10] Subisak, G.J. ve Bernecker, C.A., 1993. Psychological Preferences for Industrial Lighting, *Lighting Research and Technology*, **25**, No: 4, 171-177.
- [11] Veitch, J., 1991. Personal Control Over Workplace Lighting: Performance and Mood Effects. *Ph.D Thesis*, UMI Dissertation Information Service, Canada.
- [12] Gifford, R., 1998. Light, Decor, Arousal, Comfort and Communication. *Journal of Environmental Psychology*, **8**, 177-189.
- [13] Brainard G ve Glickman G., 2003. The Biological Potency of Light in Humans: Significance to Health and Behavior, *25th Session of CIE Proceedings*, San Diego, 1, I22-I33, 2003.

- [14] **Beld V.D.Gerrit.**, 2003. What is Healthy Light for the Workplace?, *25th Session of CIE Proceedings*, San Diego, Vol:2, 2003.
- [15] **Veitch,J.A.** , 2001. Lighting Quality Contributions from Biopsychological Process. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, **30**, No:1,3-17.
- [16] **Veitch,J.A ve Newsham, G.R.**,1998. Lighting Quality and Energy-Efficient Effects on Task Performance, Mood, Health, Satisfaction and Comfort. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, **27**, No: 1,107-130.
- [17] **Küller, R.** The Influence of Light on Circarhythms in Humans. *Journal of Physical Antropology and Applied Human Science*, 87-91.
- [18] **Lang J.**, 1993. Creating Architectural Theory, Van Nostrand Reinhold, New York.
- [19] **Michel, L.**, 1996. *Light: The Shape of Space –Designing With Space and , Light*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- [20] **Porter, T.**, 1997. Architect’s Eye: Visualization and Depiction of Space in Architecture. E&FN Span, London.
- [21] **Sadalla E, Oxley D.**, 1984. The Perception of Room Size:The Rectangularity Illusion. *Environment and Behavior*, **16**, No:3, 394-405.
- [22] **Franklin S, Hayward S.**, 1974. Perceived Openness-Enclosure of Architectural Space. *Environment and Behavior*, **16**, No:1, 37-52.
- [23] **Ünver, R.** Parıltı ve Işıklılık Terimlerinde Tarihsel Gelişme ve Bugünkü Tanımlar. İstanbul: YTÜ Yayınları,
- [24] **Özkaya, M.**, 2000. Aydınlatma Tekniği, 8.basım, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [25] The IESNA Lighting Handbook- Reference and Application, 2000, ed.Mark Rea, 9.basım.
- [26] **Egan, D.**, 1983. Concepts in Architectural Lighting., Mc Graw Hill, New York.
- [27] **Boyce,P.R ve diğ.**, 1981. The Application of CRF to Office Lighting Design, *Lighting Research and Technology*. **13**, No: 2, 65-79.
- [28] CIBSE, 1994. Code for Interior Lighting, *The Chartered Institution of Building Services Engineers*, London.
- [29] American National Standard Practice for Office Lighting, 1993. *Office Lighting Committe of the ESNA, ANSI / IESNA RP-1*.
- [30] CIBSE, 1984. *Code for Interior Lighting, The Chartered Engineers*, London.
- [31] CIE Standard, 2001. *Lighting of Indoor Work Places*, CIE S 008/E.
- [32] **Gabriela R.**, 2003. Color Temperature and Illuminance Levels in Offices. *25th Session of CIE Proceedings*, San Diego, Vol:2,
- [33] [http:// www.eur.lighting.philips.com](http://www.eur.lighting.philips.com) (2004/03) *Philips Lighting-Aydınlatma Kontrol Sistemleri*.

- [34] [http://www.buildingdesign.co.uk/elec/luxmate/\(2004/03\)](http://www.buildingdesign.co.uk/elec/luxmate/(2004/03)) *Luxmate*.
- [35] **Erhardt, L.**, 1985 Views on the Visual Environment., Illuminating Engineering of North America, New York.
- [36] **Lam, W.**, 1990. Perception and Lighting As Formgivers for Architecture. Van Nostrand Reinhold, New York.
- [37] **Veitch, J.A ve Newsham, G.R.**, 1998. Determinants of Lighting Quality I: State of Science, *Journal of the IESNA*, 92-106.
- [38] **Küller, R. ve Laike, T.**, 1998. The Impact of Flicker From Lighting on Well-Being, Performance and Physiological Arousal. *Ergonomics*, **41**, No:4, 433, 447.
- [39] **Küller, R ve Wetterberg, L.**, 1996. The Subterranean Work Environment: Impact on Well-Being and Health. *Environment International*, **22**, No:1, 33-52.
- [40] **Bommel, W.J.M ve diğ.**, 2002. Industrial Lighting-Health, Well-Being and Productivity. *Proceeding Book of the 2nd Balkan Conference on Lighting: Energy Saving and New Trends in Lighting*. Hilton Hotel: Istanbul, 3-4 October 2002, 9-16.
- [41] **Knez, I.**, 2001. Effects of Colour of Light on Non Visual Psychological Processes. *Journal of Environmental Psychology*, **21**, 201-208.
- [42] **Hyge, 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.
- [43] **Harrison J.C.** 'The Hawthorne Effect and Its Impact on Chronic Shuttering-The National Project'. 23 sayfa
(<http://www.mcguirenorger.com/hawthorn.pdf> (2004/02))
- [44] 'Light and Health: The Most Comprehensive Study on the Impact of Office Lighting on Humans' (<http://www.healthylight.de/impact.html> (2004/02))
- [45] **Flynn, J.E ve diğ.**, 1992. Interim Study of Procedures for Investigating the Effect of Light on Impression and Behaviour. *Selected Papers on Architectural Lighting*. Ed. Mark Rea. SPIE Optical Engineering Press, Washington.
- [46] **Hendrick ve diğ.**, 1992. Procedures for Investigating the Effect of Light on Impressions-Simulation of A Real Space by Slides, *Environment and Behavior*. **9**, 491-510.
- [47] **Flynn, J.E.**, 1992. Lighting Design Decisions As Interventions in Human Space, *Environmental Aesthetics, Theory and Application*. Ed. Jack Nasar, New York: Cambridge University Press.
- [48] **Butler D ve Biner P.**, 1987. Preferred Lighting Levels: Variability Among Settings, Behaviors and Individuals. *Environment and Behavior*. **19**, No: 6, sayfa no: 695-721.
- [49] **Manav, B ve Yener, C.**, 1999. Effects of Different Lighting Arrangements on Space Perception. *Architectural Science Review* **42.1**, 43-47.

- [50] **Onaygil, S. ve diğ.**, 2002. Employability Examination of Fuzzy Logic Method in Lighting Control Systems. *Proceeding Book of the 2nd Balkan Conference on Lighting: Energy Saving and New Trends in Lighting*. Hilton Hotel: Istanbul, 3-4 October 2002, 87-94.
- [51] **Onaygil S, ve ark.**, 1998. Otomatik Kontrollü Ofis Aydınlatması Sistemlerine Yönelik Bir Proje. *2.Ulusal Aydınlatma Kongresi Bildiri Kitapçığı*, İTÜ Taşkışla-İstanbul, 26-28 Kasım 1998, 71-75.
- [52] **Onaygil,S. ve Tenner A.D.**, 1993, Combination of Daylight and Artificial Lighting in Office Lighting, Study Report 58, Lighting Design and Application Centre, Philips Lighting
- [53] **Çolak, Nesrin**, 1999. Ofis Aydınlatma Kontrol Sistemlerinde Kullanılacak Verilerin Yapay Sinir Ağları İle Belirlenmesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul.
- [54] **Tomoaki S.,ve diğ**, 2003. Perception of Lighting Fluctuations in Office Lighting Environments. *Journal of Light and Visual Environment*. 27, No: 2, 75-82.
- [55] **Tiller,D.K ve Veitch J.A.**, 1995. Perceived Room Brightness: Pilot Study on the Effect of Luminance Distribution *Lighting Research and Technology* 27, No: 2, 93-101.
- [56] **Roll K.F. ve Hentschel H.J.**, 1987. Luminance Patterns in Interiors and Balanced Perception, *CIE Symposium*, Venezia, 194-196.
- [57] **Ishida T,Ogiuchi Y.**, 2002. Psychological Determinants of Brightness of a Space-Perceived Strength of Light Source and Amount of Light in the Space. *Journal of Light and Visual Environment*. 26, No:2, 29-35.
- [58] **Fleischer S ve diğ.**, 2001. Effect of Brightness Distribution and Light Colours on Office Staff. *The 9th European Lighting Conference, Proceeding Book of Lux Europa* 2001, Reykjavik, 77-80.
- [59] **Miyasawa N,Nakamura Y,Wakasa N.**, 2003. Effect of Personal Adjustment of Brightness on the Satisfaction of Office Lighting. *Journal of Light and Visual Environment*. 27, No: 2, 92-106.
- [60] **Veitch, J.** Demand Characteristics and Full Spectrum Lighting Effects on Performance and Mood. *Journal of Environmental Psychology*. 11, 87-95.
- [61] **Covitti**, 2001. Natural Stones and Artificial Light: Research About the Light Color on Monuments. *Proceeding Book of İstanbul 2001-International Lighting Congress*, Volume 1, İTÜ-Taşkışla, İstanbul-Turkey, 12-14 September 2001, 35-42.
- [62] **Sawada,H.**, 1999. Effects of Spatial Dimensions, Illuminance and Color Temperature on Openness and Pleasantness, *Ph.D Thesis*. UMI Dissertation Information Service, Canada.
- [63] **Aksugür,E.**,1977. Effects of Surface Colors on Walls Under Different Light Sources on the Perceptual Magnitude of Space in a Room. *Color 77:Proceedings of the 3rd Congress of the International Color Association*. New York, 10-15 July 1977 ed:Fred.W.B. Jr and Gunter W. Bristol:Adam Hilger, 388-391.

- [64] **Knez,I ve Enmarker,I.**, 1998. Effects of Office Lighting on Mood and Cognitive Performance and A Gender Effect in Work-Related Judgment. *Environment and Behavior*. **30**, No: 4, 553-567.
- [65] **Smith, F.K.**, 1989. Spaciousness. *Lighting Design and Application*. 18-23.
- [66] **Kanaya,S ve diğ.**, Subjective Balance Between General Color Rendering Index, Color Temperature and Illuminance of Interior Lighting, Lighting Research Laboratory, Matsushita Electric Industrial Co., P-79-46, Osaka, 274-278.
- [67] **Drew,C.J ve Hardman,M.L.** 1988., Designing and Conducting Behavioral Research. Pergamon Press, New York.
- [68] **Green S. ve diğ.**, Using SPSS for Windows: Analyzing and Understanding Data, 2.basım, Prentice Hall, New Jersey.

EKLER

EK – A. DENEY SETİNDEKİ YÜZEY KAPLAMA MALZEMELERİNİN YANSITMA ÇARPANI HESAPLARI

Lambert yasasına uygun bir ikincil kaynağın parıltısı L (cd/m^2), yüzeyin aydınlık düzeyi E (lx), yansıtma çarpanı r olmak üzere, aşağıdaki eşitlik kullanılarak ideal yüzey olarak kullanılan baryumsülfat parça için yansıtma çarpanı hesaplanmıştır.

$$E.r = \pi.L \quad (\text{A.1})$$

Tablo A.1 İdeal yüzeyin yansıtma çarpanının hesaplanması

DUVAR YÜZEYİ				
$E_{\text{oda}} (\text{lx})$	Renk sıcaklığı ($^{\circ}\text{K}$)	$L_{\text{ideal yüzey}} (\text{cd/m}^2)$	$E_{\text{duvar}} (\text{lx})$	$r_{\text{ideal yüzey}}$
1000	840	128.9	410	0.99
500	827	74.6	235	0.99
DÖŞEME YÜZEYİ				
$E_{\text{oda}} (\text{lx})$	Renk sıcaklığı ($^{\circ}\text{K}$)	$L_{\text{ideal yüzey}} (\text{cd/m}^2)$	$E_{\text{duvar}} (\text{lx})$	$r_{\text{ideal yüzey}}$
1000	827	191.8	611	0.98
500	827	94.4	299	0.996
TAVAN YÜZEYİ				
$E_{\text{oda}} (\text{lx})$	Renk sıcaklığı ($^{\circ}\text{K}$)	$L_{\text{ideal yüzey}} (\text{cd/m}^2)$	$E_{\text{duvar}} (\text{lx})$	$r_{\text{ideal yüzey}}$
500	840	75.2	240	0.98
500	827	81.2	258	0.988
1000	827	157.2	493	1.00

$$r_{\text{ideal yüzey ort}} = 0.99 \sim 1$$

İdeal yüzey olarak kullanılan parçanın yansıtma çarpanı '1' kabul edilerek, duvar, tavan ve döşeme için yansıtma çarpanları hesaplanmıştır. Tablo A.2, A.3 ve A.4 deney setindeki duvar, döşeme ve tavan yüzeyleri için yansıtma çarpanı hesaplarını göstermektedir.

Deney seti için hazırlanan aydınlatma tasarımı hesaplarında bu veriler kullanılmıştır.

Tablo A.2 Duvar yüzeyi için yansıtma çarpanı hesabı

$E_{\text{oda}} (\text{lx})$	Renk sıcaklığı ($^{\circ}\text{K}$)	$L_{\text{ideal yüzey}} (\text{cd/m}^2)$	$L_{\text{duvar}} (\text{cd/m}^2)$	$L_{\text{duvar}}/L_{\text{ideal yüzey}}$	$r (\%)$
Işıklar kapalı	-	4.75	3.75	0.7894	78.94
1000	840	128.9	103	0.799	79.9
500	840	70	55	0.7857	78.57
1000	827	142.5	112.3	0.788	78.8
500	827	74.6	58.6	0.7855	78.55

Duvar yüzeyi için yansıtma çarpanı değeri = 78.92 % ($r_{\text{ort}} = 0,78,92$)

4000° K ve 2700° K renk sıcaklıklarında, 500, 1000lx aydınlık düzeylerinde ve ışıklar kapalı olduğu koşulda, duvar yüzeyinde parıltı ölçümleri yapılmıştır. İdeal yüzey ve duvar yüzeyi için ölçülen parıltı değerlerinin oranları ve ölçüm yapılan koşulların ortalaması duvar yüzeyi için yansıtma çarpanı değerini göstermektedir.

Döşeme kaplama malzemesi olarak laminat parke kullanılmıştır. Laminat parkenin bazı bölgeleri koyu, bazıları açık renktedir. Bu nedenle, parkenin koyu ve açık bölgeleri için yansıtma çarpanı değerleri ayrı ayrı hesaplanmış ve ortalaması alınmıştır. Tablo A.3a, açık renkli laminat yüzey için yansıtma çarpanı hesabını, Tablo A.3b, koyu renkli yüzey için yansıtma çarpanı değerini göstermektedir.

Tablo A.3a Zemin kaplama malzemesi için yansıtma çarpanı hesabı(açık renkli laminat yüzey)

$E_{\text{oda}} (\text{lx})$	Renk sıcaklığı ($^{\circ}\text{K}$)	$L_{\text{ideal yüzey}} (\text{cd/m}^2)$	$L_{\text{duvar}} (\text{cd/m}^2)$	$L_{\text{duvar}}/L_{\text{ideal yüzey}}$	$r (\%)$
1000	840	150	89.9	0.59	59
500	840	78.3	46.9	0.59	59
1000	827	152.2	95	0.62	62
500	827	73.9	45.6	0.61	61

Döşeme yüzeyi için yansıtma çarpanı (açık renkli laminat yüzey) = 60.25 % ($r_{\text{ort}} = 0,60$)

4000° K ve 2700° K renk sıcaklıklarında, 500 ve 1000lx aydınlık düzeylerinde ideal yüzey ve döşeme yüzeyi için ölçülen parıltı değerlerinin oranları ve ölçüm yapılan koşulların ortalaması döşeme yüzeyi için yansıtma çarpanı değerini göstermektedir.

Tablo A.3b Zemin kaplama malzemesi için yansıtma çarpanı hesabı(koyu renkli laminat yüzey)

$E_{oda} (lx)$	Renk sıcaklığı (°K)	L_{ideal} yüzey (cd/m^2)	L_{duvar} (cd/m^2)	$L_{duvar}/L_{ideal\ yüzey}$	r (%)
1000	840	198.3	96.5	0.48	48
500	840	99.7	48.7	0.48	48
1000	827	191.8	95.6	0.49	49
500	827	94.4	46.4	0.49	49

Döşeme yüzeyi için yansıtma çarpanı (koyu renkli laminat yüzey) = 48.5% ($r_{2\ ort} = 0.48$)

Döşeme Yüzeyi İçin Yansıtma Çarpanı Hesabı

$$r_1 + r_2 / 2 = 54.37 (r_{ort} = 0.54)$$

Tavan kaplama malzemesinin yansıtma çarpanı hesabı, 4000° K ve 2700° K renk sıcaklıklarında, 500, 1000lx aydınlık düzeylerinde ve ışıklar kapalı olduğu koşulda yapılmıştır. İdeal yüzey ve tavan yüzeyi için ölçülen parıltı değerlerinin oranları ve ölçüm yapılan koşulların ortalaması tavan yüzeyi için yansıtma çarpanı değerini göstermektedir.

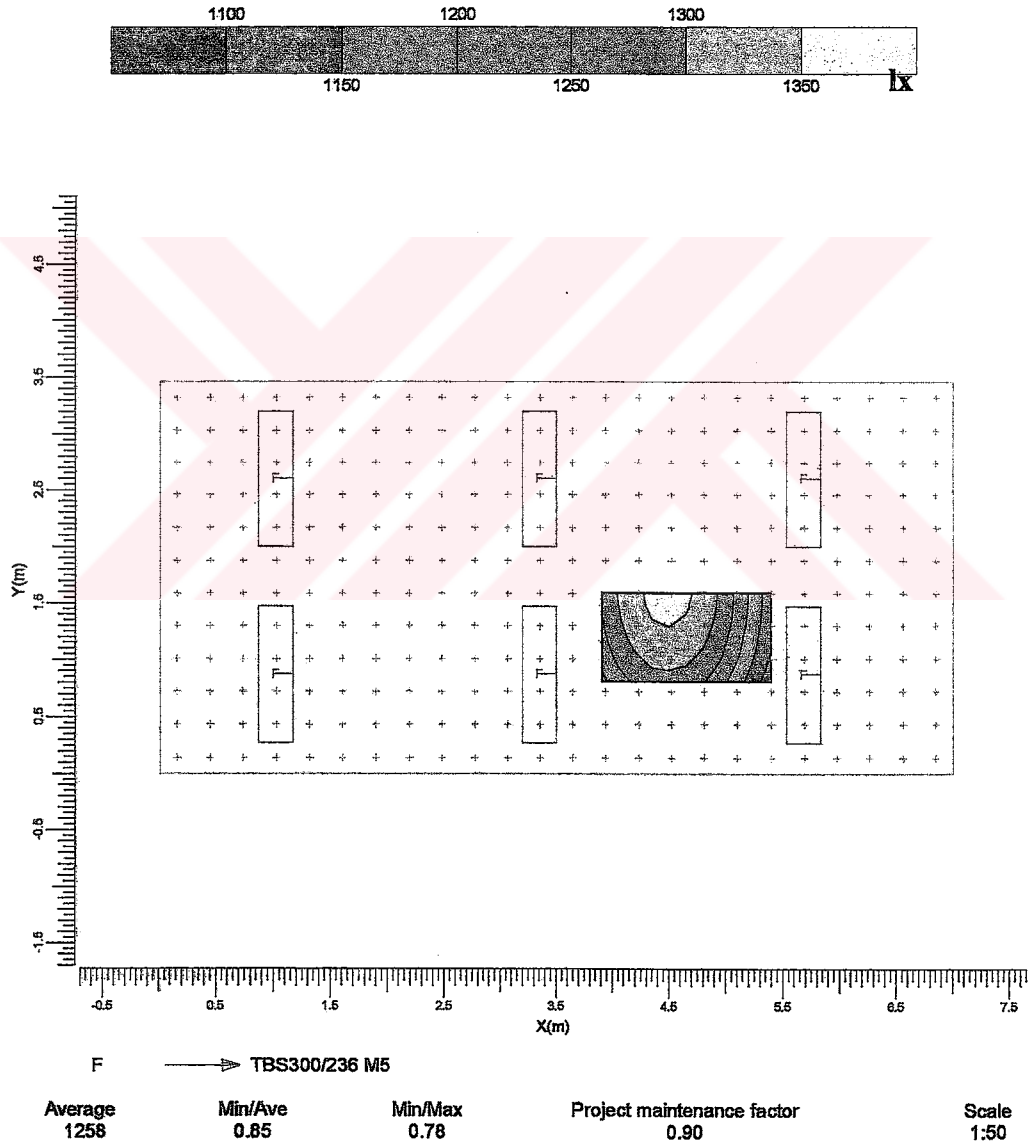
Tablo A.4 Tavan kaplama malzemesi için yansıtma çarpanı hesabı

$E_{oda} (lx)$	Renk sıcaklığı (°K)	$L_{ideal\ yüzey}$ (cd/m^2)	L_{duvar} (cd/m^2)	$L_{duvar}/L_{ideal\ yüzey}$	r (%)
Işıklar kapalı	-	3.58	3.06	0.85	85
1000	840	150.5	131	0.87	87
500	840	75.2	66.4	0.88	88
1000	827	157.2	135.2	0.86	86
500	827	81.2	72.2	0.88	88

Tavan yüzeyi için yansıtma çarpanı = 86.8 % ($r_{ort} = 0.86$)

EK- B. 840 VE 827 NOLU LAMBALAR ALTINDA MASA ÜZERİNDEKİ AYDINLIK DAĞILIMI

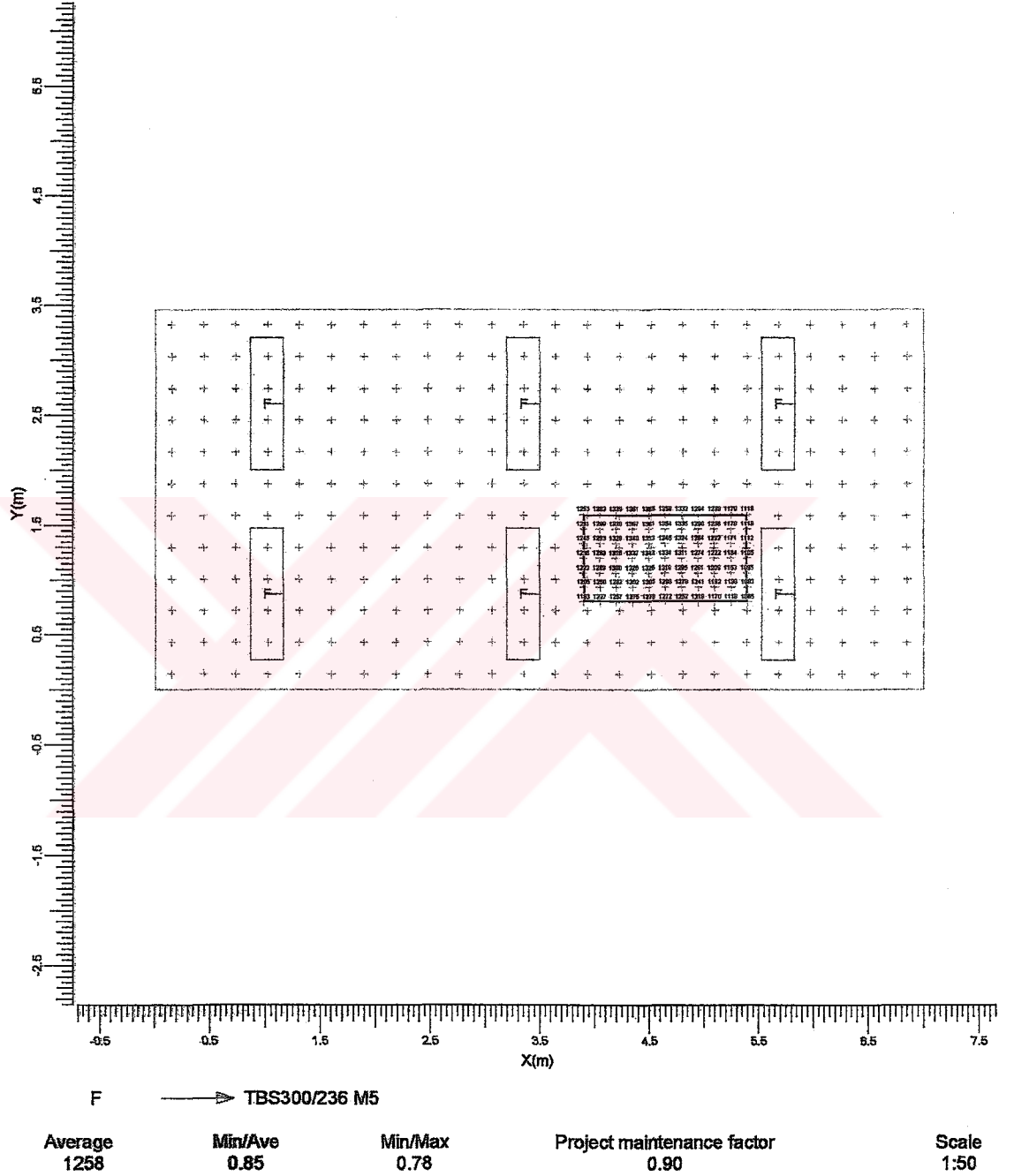
Grid : Grid1 at Z = 0.80 m
 Calculation : Surface Illuminance (lux)
 Result Type : Total



Şekil B.1 827 kodlu lambalar altında masa üzerindeki aydınlık dağılımı

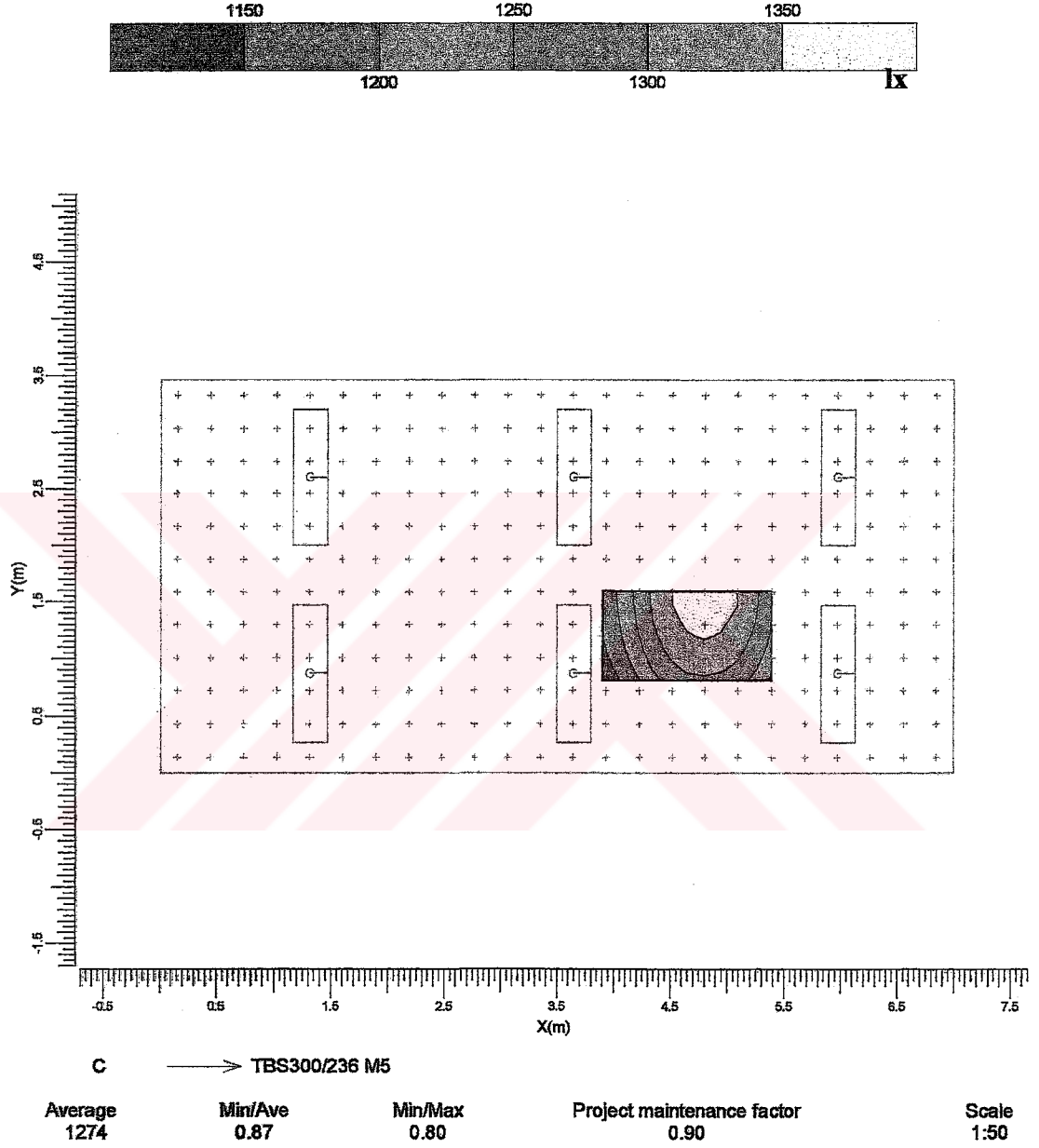
Grid
Calculation
Result Type

: Grid1 at Z = 0.80 m
: Surface Illuminance (lux)
: Total



Şekil B.2 827 kodlu lambalar altında masa üzerinde noktada aydınlık düzeyi değerleri (E_p)

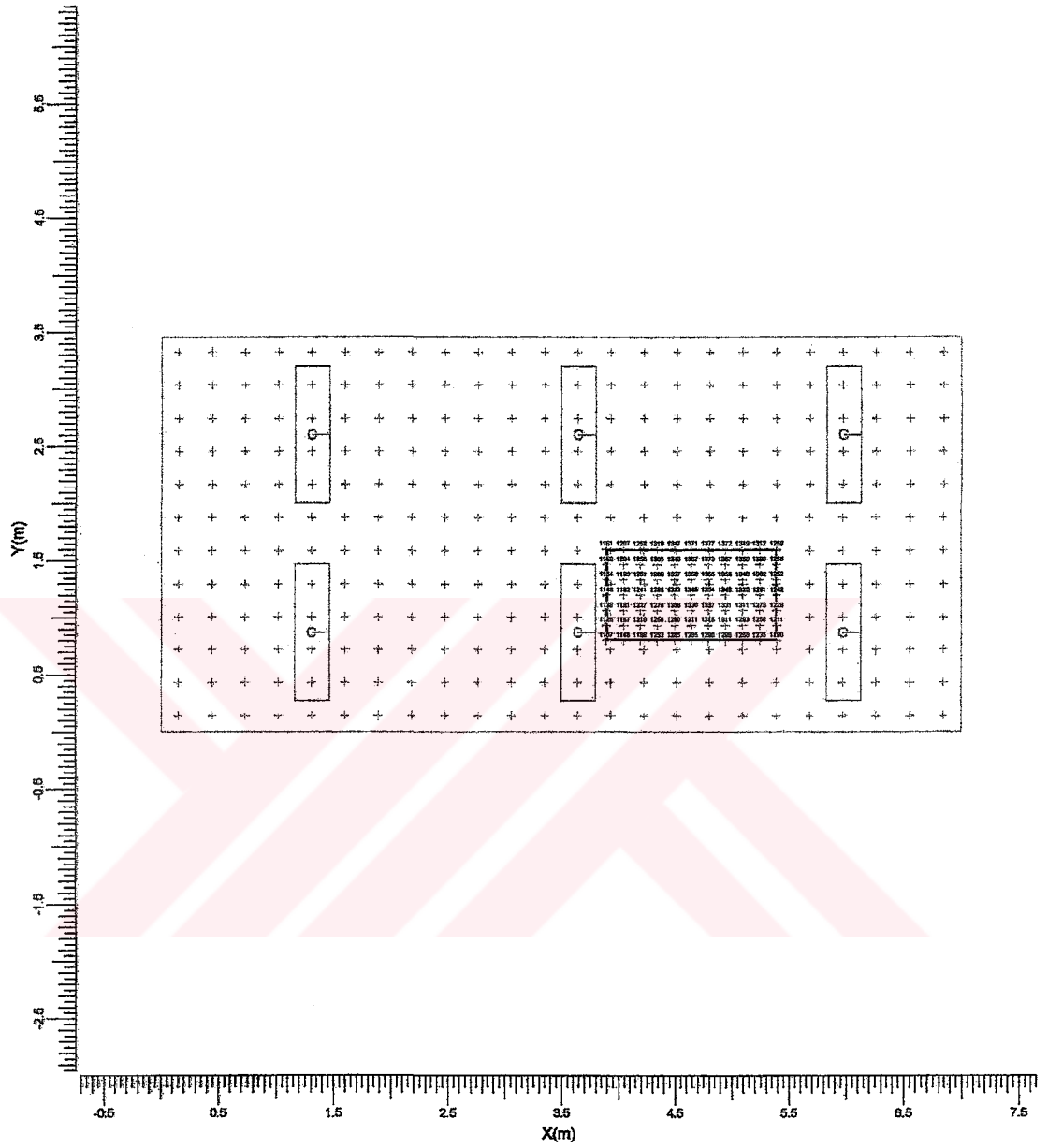
Grid : Grid1 at Z = 0.80 m
Calculation : Surface Illuminance (lux)
Result Type : Total



Şekil B.3 840 kodlu lambalar altında masa üzerindeki aydınlık dağılımı

Grid
Calculation
Result Type

: Grid1 at Z = 0.80 m
: Surface illuminance (lux)
: Total



C → TBS300/236 M5

Average
1274

Min/Ave
0.87

Min/Max
0.80

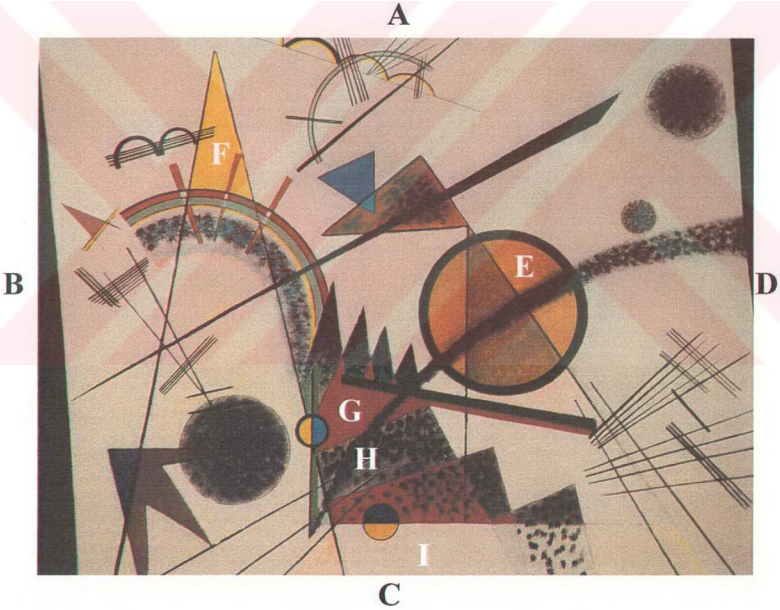
Project maintenance factor
0.90

Scale
1:50

Şekil B.4 840 kodlu lambalar altında masa üzerinde noktada aydınlık düzeyi değerleri (E_p)

EK – C. DUVAR VE MASA YÜZEYLERİ İÇİN NOKTASAL PARILTI ÖLÇÜMLERİ, PARILTI KONTRASTI VE KONTRAST GERİVERİM FAKTÖRÜ HESAPLARI

Çalışma düzleminin karşısındaki duvar üzerinde çeşitli noktalarda parlıtlı değerleri ölçülmüştür. Ölçümler sırasında bakış doğrultusu ve bakış açısı sabit olmak koşuluyla her bir aydınlatma senaryosu için parlıtlı değerleri kaydedilmiş, parlıtlı değerleri arasındaki farka göre parlıtlı kontrastı ve kontrast geriverim faktörleri hesaplanmış, mekan konfor koşulları açısından değerlendirilmiştir. Şekil C.1, parlıtlı ölçümü yapılan noktaları, Tablo C.1 her bir aydınlatma senaryosu için noktasal parlıtlı değerlerini göstermektedir.

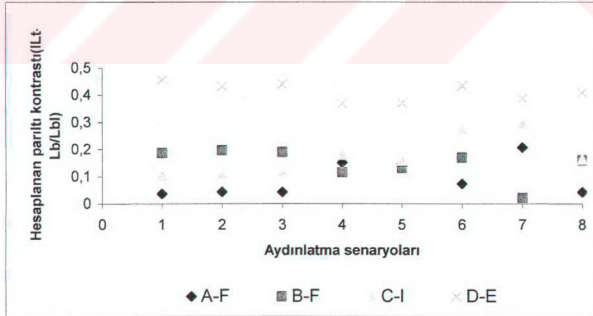


Şekil C.1 Duvar yüzeyinde parlıtlı ölçümü yapılan noktalar

Tablo C.1 Duvar yüzeyinde parıltı ölçümü yapılan noktalar ve kaydedilen parıltı değerleri (cd/m^2)

AYDINLATMA SENARYOLARI	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1 Nolu Aydınlatma Senaryosu	108	128	114	118	64	104	30	73	126
2 Nolu Aydınlatma Senaryosu	86,3	102	92,1	94,2	53,5	82,5	25,3	59,5	102,5
3 Nolu Aydınlatma Senaryosu	57,9	68,4	60,9	63,4	35,5	55,4	17,1	40	68,2
4 Nolu Aydınlatma Senaryosu	99	129	112	121	76,5	114	39	76,4	132,3
5 Nolu Aydınlatma Senaryosu	79,3	104	90,7	97,5	61,4	90,3	31	58,1	105,2
6 Nolu Aydınlatma Senaryosu	58,5	75,7	60,4	66,3	37,5	62,8	22,4	43,6	77,1
7 Nolu Aydınlatma Senaryosu	160	198	191	195	120	194	66,8	139	248
8 Nolu Aydınlatma Senaryosu	57,6	71,6	62,1	66,7	39,4	60,1	19,9	41,5	72,3

Tablo C.1 deki parıltı değerlerine göre hesaplanan parıltı kontrastı için 2.1.1.3 de verilen formül 3.1, kontrast geriverim faktörü hesapları için 2.1.1.3 de verilen formül 3.2 kullanılmıştır. Sonuçlar Tablo C.2-C.3 ve Şekil C.2-C.3 de görülmektedir.



Şekil C.2 Duvar yüzeyinde parıltı ölçümü yapılan noktalar için parıltı kontrastı

Tablo C.2 Duvar yüzeyi parıltı ölçüm noktaları için parıltı kontrastı hesabı

A ve F noktaları	Lt (cd/m ²)	Lb (cd/m ²)	Lt-Lb (cd/m ²)	parıltı kontrastı
1 nolu	104,5	109	4	0,036866
2 nolu	82,5	86,3	3,8	0,044032
3 nolu	55,4	57,9	2,5	0,043178
4 nolu	114	99	15	0,151515
5 nolu	90,3	79,3	11	0,138714
6 nolu	62,8	58,5	4,3	0,073504
7 nolu	194,1	161	33,3	0,20709
8 nolu	60,1	57,6	2,5	0,043403
B ve F noktaları	Lt	Lb	Lt-Lb	parıltı kontrastı
1 nolu	105	129	24	0,18677
2 nolu	82,5	103	20,3	0,197471
3 nolu	55,4	68,4	13	0,190058
4 nolu	114	129	15	0,116279
5 nolu	90,3	104	13,7	0,131731
6 nolu	62,8	75,7	12,9	0,17041
7 nolu	194	199	4,4	0,022166
8 nolu	60,1	71,6	11,5	0,160615
C ve I noktaları	Lt	Lb	Lt-Lb	parıltı kontrastı
1 nolu	126,3	114,3	12	0,104987
2 nolu	102,5	92,1	10,4	0,112921
3 nolu	68,2	60,9	7,3	0,119869
4 nolu	132,3	112	20,3	0,18125
5 nolu	105,2	90,7	14,5	0,159868
6 nolu	77,1	60,4	16,7	0,27649
7 nolu	248	191,6	56,4	0,294363
8 nolu	72,3	62,1	10,2	0,164251
D ve E noktaları	Lt	Lb	Lt-Lb	parıltı kontrastı
1 nolu	64,8	119	54,1	0,455004
2 nolu	53,5	94,2	40,7	0,432059
3 nolu	35,5	63,4	27,9	0,440063
4 nolu	76,5	121	44,5	0,367769
5 nolu	61,4	97,5	36,1	0,370256
6 nolu	37,5	66,3	28,8	0,434389
7 nolu	120	196	75,7	0,386817
8 nolu	39,4	66,7	27,3	0,409295

CIBSE Standartlarına göre bir koşulun referans kabul edildiği durumda, diğer koşullar için parıltı kontrastına bağlı olarak, kontrast geriverim faktörü hesaplanır ve bulunan değerler kontrast geriverim faktörü= 1 koşuluna göre değerlendirilir[28]. Referans olarak seçilen koşulda, mekanda aydınlık düzeyi dağılımı düzgün, gölgeler yumuşak ve saydamdır, mekan 'konforludur'. Hesaplanan kontrast geriverim faktörü değerinin 1 olması, ölçüm yapılan koşulda, referans ışığa göre bir değişim olmadığını, 1'den küçük olması, kontrastın azaldığını, 1'den büyük olması ise, kontrastın arttığını belirtir. Kontrast duyarlılığının kontrol dışı artması, kamaşmaya neden olacağından fiziksel konfor koşulları olumsuz etkilenir, görme eylemi zorlaşır.

Çalışmada TL-D36W 840 kodlu lambaların kullanıldığı ve masa üzerindeki aydınlık düzeyinin 750 lx olarak sabitlendiği '2' nolu ışığın kullanıldığı koşul, ofis planlamalarında en sık kullanılan aydınlatma senaryosu olduğu için ve deney setinde yapılan ölçümler sonucunda kamaşmanın olmadığı, görsel netlik açısından 'olumlu'

olarak tanımlandığı için, referans olarak kabul edilmiş ve kontrast geriverim faktörü (CRF) bu koşula göre hesaplanmıştır.

Tablo C.3 Duvar yüzeyi parlaltı ölçüm noktaları için kontrast geriverim faktörü hesabı (CRF)

A ve F noktaları için kontrast geriverim faktörü	C ₁	C ₂	CRF= C ₁ / C ₂
1nolu	0,036866	0,044032	0,83725472
3 nolu	0,043178	0,044032	0,98060501
4 nolu	0,151515	0,044032	3,44102017
5 nolu	0,138714	0,044032	3,15029978
6 nolu	0,073504	0,044032	1,6693314
7 nolu	0,20709	0,044032	4,70317042
8 nolu	0,043403	0,044032	0,98571493
B ve F noktaları için kontrast geriverim faktörü	C ₁	C ₂	CRF= C ₁ / C ₂
1nolu	0,18677	0,197471	0,94580976
3 nolu	0,19006	0,197471	0,96247044
4 nolu	0,11628	0,197471	0,58884596
5 nolu	0,13173	0,197471	0,66708529
6 nolu	0,17041	0,197471	0,86296216
7 nolu	0,02217	0,197471	0,11226965
8 nolu	0,16062	0,197471	0,81338526
C ve I noktaları için kontrast geriverim faktörü	C ₁	C ₂	CRF= C ₁ / C ₂
1nolu	0,104987	0,112921	0,92973849
3 nolu	0,119869	0,112921	1,06152974
4 nolu	0,18125	0,112921	1,60510445
5 nolu	0,159868	0,112921	1,41575083
6 nolu	0,27649	0,112921	2,44852596
7 nolu	0,294363	0,112921	2,60680476
8 nolu	0,164251	0,112921	1,45456558
D ve E noktaları için kontrast geriverim faktörü	C ₁	C ₂	CRF= C ₁ / C ₂
1nolu	0,455	0,432059	1,05309692
3 nolu	0,44006	0,432059	1,0185183
4 nolu	0,36777	0,432059	0,85120319
5 nolu	0,37026	0,432059	0,85696629
6 nolu	0,43439	0,432059	1,0053951
7 nolu	0,38682	0,432059	0,89529439
8 nolu	0,4093	0,432059	0,94732432

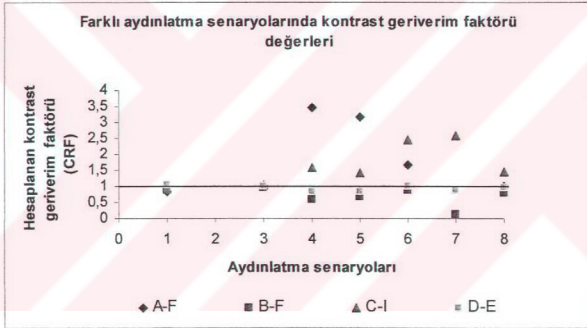
Hesaplanan kontrast geriverim faktörleri Şekil C.3 de görülmektedir. Ölçüm yapılan noktalar için, 1(840kod-1000lx), 3 (840kod-500lx) ve 8(karma renk sıcaklığı-500lx) nolu aydınlatma senaryoları için (CRF~1), ortamda konfor koşulları açısından hesaplanan kontrast geriverim faktörü 1'e yakın değerlerde olduğu için konfor koşulları açısından belirgin bir değişim olmadığı söylenebilir.

CIBSE Standartlarına göre, çalışma mekanları için kontrast geriverim faktörü 0,7 değerinin altına düşmemelidir [28]. Bu koşulda, B ve F noktaları için 4, 5 ve 7 nolu aydınlatma senaryoları altında karşıtlıklar oldukça azalmış ve CIBSE Standartları, kontrast duyarlılığı- kamaşma endeksi değerlerine göre konfor koşullarından uzaklaşmıştır ($CRF < 0,7$). 4(2700°K-1000lx), 5 (2700°K-750lx) ve 7 nolu aydınlatma senaryoları (karma renk sıcaklığı- 2000 lx) için konfor koşullarının olumsuz etkilendiği söylenebilir.

A ve F noktaları için, 4 ($CRF=3,44$), 5($CRF=3,15$) ve 6 ($CRF=1,66$) nolu aydınlatma senaryolarında, nesne ile fon arasındaki karşıtlık farkındaki artışa bağlı olarak fiziksel konfor koşullarının olumsuz etkilendiği söylenebilir. Her üç aydınlatma senaryosu için kullanılan renk sıcaklığı 2700°K dir.

C ve I noktaları için, 1 ve 3 nolu aydınlatma senaryoları dışındaki diğer koşullarda, görsel konforun olumsuz etkilendiği söylenebilir. 4 ($CRF=1,6$), 5 ($CRF=1,41$), 6 ($CRF=2,44$), 7 ($CRF=2,6$) ve 8 ($CRF=1,45$) nolu aydınlatma senaryoları için ölçüm sonuçları olumsuzdur.

D ve E noktaları için hesaplanan değerler, bütün aydınlatma senaryoları altında 1'e yakın olduğu ($CRF \sim 1$) için, konfor koşullarının sağlandığı söylenebilir.



Şekil C.3 Duvar yüzeyinde ölçüm yapılan noktalar için hesaplanan kontrast geriverim faktörleri

Masa üzerinde belirlenen noktalarda parıltı ölçümleri yapılmıştır. Tablodaki değerlere göre hesaplanan parıltı kontrastı için 2.1.1.3 de verilen formül 3.1, kontrast geriverim faktörü hesapları için 2.1.1.3 de verilen formül 3.2 kullanılmıştır. Sonuçlar Tablo C.5- C.6 ve Şekil C.4-C.5 de görülmektedir.

Tablo C.4 Masa yüzeyi- poster üzeri noktasal parlıtı ölçümü değęrleri

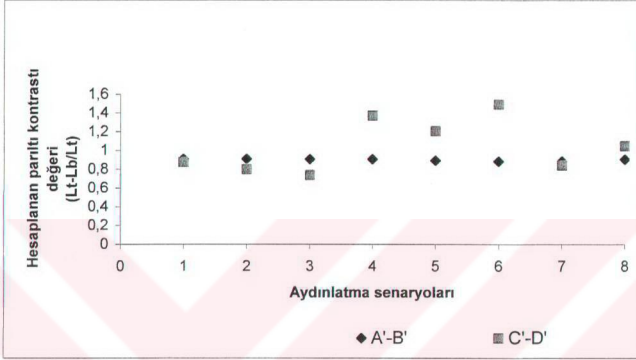
A' B' D' C'	A' noktası	B' noktası	C' noktası	D' noktası
1 nolu aydınlatma senaryosu	22,1 cd/m ²	241 cd/m ²	71,1 cd/m ²	37,9 cd/m ²
2 nolu aydınlatma senaryosu	17,5 cd/m ²	191,1 cd/m ²	56,7 cd/m ²	31,5 cd/m ²
3 nolu aydınlatma senaryosu	11,8 cd/m ²	127,9 cd/m ²	37,5 cd/m ²	21,6 cd/m ²
4 nolu aydınlatma senaryosu	24 cd/m ²	260 cd/m ²	128 cd/m ²	54 cd/m ²
5 nolu aydınlatma senaryosu	22 cd/m ²	206 cd/m ²	101,4 cd/m ²	46 cd/m ²
6 nolu aydınlatma senaryosu	17,4 cd/m ²	147,3 cd/m ²	60,5 cd/m ²	24,3 cd/m ²
7 nolu aydınlatma senaryosu	56,7 cd/m ²	495 cd/m ²	158 cd/m ²	85,7 cd/m ²
8 nolu aydınlatma senaryosu	12,4 cd/m ²	135,8 cd/m ²	44,3 cd/m ²	21,6 cd/m ²

Tablo C.5 Masa üzerindeki poster için parlıtı kontrastı hesabı

A' ve B' noktaları için kontrast duyarlığı	Lt (cd/m²)	Lb (cd/m²)	 Lt-Lb (cd/m²)	parlıtı kontrastı
1 nolu	22,1	241	218,9	0,908299
2 nolu	17,5	191	173,6	0,908901
3 nolu	11,8	128	116,1	0,907031
4 nolu	24	260	236	0,907692
5 nolu	22	206	184	0,893204
6 nolu	17,4	147	129,9	0,883673
7 nolu	56,7	495	438,3	0,885455
8 nolu	12,4	136	123,4	0,907353
C' ve D' noktaları için kontrast duyarlığı	Lt (cd/m²)	Lb (cd/m²)	 Lt-Lb (cd/m²)	parlıtı kontrastı
1 nolu	71,1	37,9	33,2	0,876
2 nolu	56,7	31,5	25,2	0,8
3 nolu	37,5	21,6	15,9	0,736
4 nolu	128	54	74	1,37
5 nolu	101	46	55,4	1,204
6 nolu	60,5	24,3	36,2	1,49
7 nolu	158	85,7	72,3	0,844
8 nolu	44,3	21,6	22,7	1,051

Şekil C.4'e göre, A' ve B' noktaları için, ışık kaynağının renk sıcaklığı ve aydınlık düzeyindeki değişim parlıltı kontrastında belirgin bir fark yaratmamıştır.

C' ve D' noktaları için hesaplanan parlıltı kontrastı, farklı renk sıcaklıklarına ve aydınlık düzeylerine bağlı olarak değişmiştir. 4000°K renk sıcaklığının kullanıldığı koşulda 1000-750-500lx değerleri için birbirine yakın değerlerdeyken (1-2-3), 2700°K renk sıcaklığında, aynı aydınlık düzeyleri için, parlıltı kontrastındaki fark daha belirgindir (4-5-6). Karma renk sıcaklıkları ve 500-2000lx koşulları için de hesaplanan parlıltı kontrastı değerleri arasında belirgin fark bulunmaktadır (7-8).

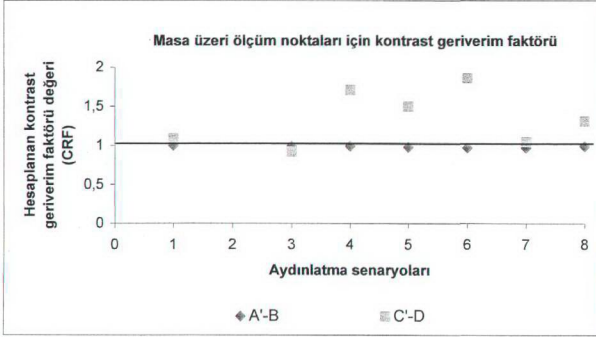


Şekil C.4 Masa yüzeyindeki poster üzerinde parlıltı ölçümü yapılan noktalar için parlıltı kontrastı

Tablo C.5 deki değerler kullanılarak, 2 nolu aydınlatma senaryosunun, *referans* kabul edildiği koşulda *kontrast geriverim faktörü* hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo C.6 ve Şekil C.5 de görülmektedir.

Tablo C.6 Masa yüzeyi parlıltı ölçüm noktaları için kontrast geriverim faktörü hesabı (CRF)

A' ve B' noktaları için kontrast geriverim faktörü	C ₁	C ₂	CRF= C ₁ / C ₂
1 nolu	0,908	0,908	1
3 nolu	0,907	0,908	0,99889868
4 nolu	0,907	0,908	0,99889868
5 nolu	0,893	0,908	0,98348018
6 nolu	0,883	0,908	0,97246696
7 nolu	0,885	0,908	0,9746696
8 nolu	0,907	0,908	0,99889868
C' ve D' noktaları için kontrast geriverim faktörü	C ₁	C ₂	CRF= C ₁ / C ₂
1 nolu	0,876	0,8	1,095
3 nolu	0,736	0,8	0,92
4 nolu	1,37	0,8	1,7125
5 nolu	1,204	0,8	1,505
6 nolu	1,49	0,8	1,8625
7 nolu	0,844	0,8	1,055
8 nolu	1,051	0,8	1,31375



Şekil C.5 Masa üzerinde ölçüm yapılan noktalar için hesaplanan kontrast geriverim faktörü

A' ve B' noktaları için, tüm aydınlatma senaryoları altında hesaplanan kontrast geriverim faktörü değerleri 1'e yakın olduğu için (CRF~1), referans koşula göre bir değişim olmadığı söylenebilir.

C' ve D noktaları için hesaplanan kontrast geriverim faktörü değerleri, 1 (4000°K - 1000lx), 3 (4000°K - 500lx) ve 7(karma renk sıcaklığı-2000lx) nolu aydınlatma senaryoları için CRF~1 koşulunu sağlamakta, diğer aydınlatma senaryolarında CRF>1 olduğu için, 4 (2700°K-1000lx), 5(2700°K-750lx), 6(2700°K-500lx) ve 8 (karma renk sıcaklığı- 500lx) nolu aydınlatma senaryoları altında kontrast duyarlılığı artmıştır, fiziksel konforun olumsuz etkilendiği söylenebilir.

EK – D. ÇALIŞMADA KULLANILAN ANKET FORMLARI

Denek no:

Bu çalışma, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yürütülmekte olan 'Ofis Ortamları'nda aydınlatma düzenlemelerine bağlı olarak konfor koşullarını araştırmaya yönelik yapılan bir model çalışmasının' araştırma aşamasıdır. Sonuçlar istatistiksel olarak inceleneceği için tüm sorulara cevap vermeniz ve çalışma süresince, size sunulan aydınlatma düzenlemeleri altında, aşağıdaki değerlendirmeleri yapmanız beklenmektedir.

Çalışmaya katıldığınız için teşekkür ederiz.

A) KİŞİSEL

1. Yaş grubunuz

21-32

☐

33-44

☐

45-56

☐

57 ve üzeri

☐

2. Cinsiyetiniz

Kadın

☐

Erkek

☐

3. Herhangi bir göz bozukluğunuz var mı? Varsa lütfen belirtiniz.

4. Göz bozukluğunuzu düzeltmek için gözlük, lens v.b bir gereç kullanıyor musunuz?
Bu gereç şu anda gözünüzde mi?

B) ODANIN AYDINLATMASI

Aydınlık düzenleme I-A

1. Sol taraftaki sütunda bulunan harf-sayı dizilerinin her biri, bir harf ile belirtilmiştir. Bu dizilerin her birini sağ taraftaki sütundaki eşleriyle birleştiriniz, ilgili harfi yanındaki boşlukta belirtiniz.

A. PB965	BP999
B. BB965	BB669
C. PB569	BP996
D. BP656	PP669
E. PP669	PB669
F. BB669	PB556
G. PB599	BP595
H. BB999	PB965
I. BP659	PB559
J. PB669	BB999
K. BP696	BB969
L. BP669	BP656
M. PP999	BB666
N. PB969	PP999
O. BB969	PB599
P. PB559	PB595
R. BP999	PB969
S. BP996	BP696
T. PB666	BP669
U. BB666	PB569
V. BP595	BB965
W. PB595	PB555
Y. PB555	PB666
Z. PB556	BP659

2. Odadaki aydınlık düzeyini nasıl değerlendiriyorsunuz?

	1	2	3	4	5	6	
çok az							çok fazla

3. Odada kamaşma var mı?

	1	2	3	4	5	6	
çok az							çok fazla

4. Masa üzerinde kamaşma var mı?

	1	2	3	4	5	6	
çok az							çok fazla

Aydınlık düzenleme I-B

1. Sol taraftaki sütunda bulunan harf-sayı dizilerinin her biri, bir harf ile belirtilmiştir. Bu dizilerin her birini sağ taraftaki sütundaki eşleriyle birleştiriniz, ilgili harfi yanındaki boşlukta belirtiniz.

A. BP659	PB559
B. PP999	PB666
C. PB969	PP999
D. BB969	PB599
E. PB559	PB595
F. BP999	PB969
G. BP595	BB965
H. PB595	PB555
I. PB555	BB666
J. PB556	BP659
K. BB669	PB556
L. PB599	BP595
M. BB999	PB965
N. PB965	BP999
O. BB965	BB669
P. PB569	BP996
R. BP656	PP669
S. PP669	PB669
T. BP996	BP696
U. PB666	BP669
V. BB666	PB569
W. PB669	BB999
Y. BP696	BB969
Z. BP669	BP656

2. Odadaki aydınlık düzeyini nasıl değerlendiriyorsunuz?

	1	2	3	4	5	6	
çok az							çok fazla

3. Odada kamaşma var mı?

	1	2	3	4	5	6	
çok az							çok fazla

4. Masa üzerinde kamaşma var mı?

	1	2	3	4	5	6	
çok az							çok fazla

Aydınlık düzenleme I-C

1. Sol taraftaki sütunda bulunan harf-sayı dizilerinin her biri, bir harf ile belirtilmiştir. Bu dizilerin her birini sağ taraftaki sütundaki eşleriyle birleştiriniz, ilgili harfi yanındaki boşlukta belirtiniz.

A. PB569	BP996
B. BP656	PP669
C. PP669	PB669
D. BP996	BP696
E. PB666	BP669
F. BB666	PB569
G. PB669	BB999
H. BP696	BB969
I. BP669	BP656
J. BP659	PB559
K. PP999	BB666
L. PB969	PP999
M. BB999	PB965
N. PB965	BP999
O. BB965	BB669
P. BB969	PB599
R. PB559	PB595
S. BP999	PB969
T. BP595	BB965
U. PB595	PB555
V. PB555	PB666
W. PB556	BP659
Y. BB669	PB556
Z. PB599	BP595

2. Odadaki aydınlık düzeyini nasıl değerlendiriyorsunuz?

	1	2	3	4	5	6	
çok az							çok fazla

3. Odada kamaşma var mı?

	1	2	3	4	5	6	
çok az							çok fazla

4. Masa üzerinde kamaşma var mı?

	1	2	3	4	5	6	
çok az							çok fazla

Aydınlık Düzenleme II-A

1. Hangi ışık altında oda daha **rahat** hissediliyor?

2	5	Fark yok

2. Hangi ışık altında oda daha **dinlendirici** hissediliyor?

2	5	Fark yok

3. Hangi ışık altında oda daha **geniş** hissediliyor?

2	5	Fark yok

4. Hangi ışık altında oda daha **ferah** hissediliyor?

2	5	Fark yok

5. Hangi ışık altında masadaki poster üzerindeki geometrik şekiller daha **parlak** görünüyor?

2	5	Fark yok

6. Hangi ışık altında karşı duvarda asılı poster üzerindeki geometrik şekiller daha **parlak** görünüyor?

2	5	Fark yok

7. Hangi ışık altında masadaki poster üzerindeki yazı ve şekiller daha **canlı** görünüyor?

2	5	Fark yok

8. Hangi ışık altında karşı duvarda asılı poster üzerindeki yazı ve şekiller daha **canlı** görünüyor?

2	5	Fark yok

Aydınlık Düzenleme II-B

1. Hangi ışık altında oda daha **rahat** hissediliyor?

1	4	Fark yok

2. Hangi ışık altında oda daha **dinlendirici** hissediliyor?

1	4	Fark yok

3. Hangi ışık altında oda daha **geniş** hissediliyor?

1	4	Fark yok

4. Hangi ışık altında oda daha **ferah** hissediliyor?

1	4	Fark yok

5. Hangi ışık altında masadaki poster üzerindeki geometrik şekiller daha **parlak** görünüyor?

1	4	Fark yok

6. Hangi ışık altında karşı duvarda asılı poster üzerindeki geometrik şekiller daha **parlak** görünüyor?

1	4	Fark yok

7. Hangi ışık altında masadaki poster üzerindeki yazı ve şekiller daha **canlı** görünüyor?

1	4	Fark yok

8. Hangi ışık altında karşı duvarda asılı poster üzerindeki yazı ve şekiller daha **canlı** görünüyor?

1	4	Fark yok

1. Hangi ışık altında oda daha **rahat** hissediliyor?

3	6	Fark yok

2. Hangi ışık altında oda daha **dinlendirici** hissediliyor?

3	6	Fark yok

3. Hangi ışık altında oda daha **geniş** hissediliyor?

3	6	Fark yok

4. Hangi ışık altında oda daha **ferah** hissediliyor?

3	6	Fark yok

5. Hangi ışık altında masadaki poster üzerindeki geometrik şekiller daha **parlak** görünüyor?

3	6	Fark yok

6. Hangi ışık altında karşı duvarda asılı poster üzerindeki geometrik şekiller daha **parlak** görünüyor?

3	6	Fark yok

7. Hangi ışık altında masadaki poster üzerindeki yazı ve şekiller daha **canlı** görünüyor?

3	6	Fark yok

8. Hangi ışık altında karşı duvarda asılı poster üzerindeki yazı ve şekiller daha **canlı** görünüyor?

3	6	Fark yok

1. Hangi ışık altında oda daha **rahat** hissediliyor?

7	8	Fark yok

2. Hangi ışık altında oda daha **dinlendirici** hissediliyor?

7	8	Fark yok

3. Hangi ışık altında oda daha **geniş** hissediliyor?

7	8	Fark yok

4. Hangi ışık altında oda daha **ferah** hissediliyor?

7	8	Fark yok

5. Hangi ışık altında masadaki poster üzerindeki geometrik şekiller daha **parlak** görünüyor?

7	8	Fark yok

6. Hangi ışık altında karşı duvarda asılı poster üzerindeki geometrik şekiller daha **parlak** görünüyor?

7	8	Fark yok

7. Hangi ışık altında masadaki poster üzerindeki yazı ve şekiller daha **canlı** görünüyor?

7	8	Fark yok

8. Hangi ışık altında karşı duvarda asılı poster üzerindeki yazı ve şekiller daha **canlı** görünüyor?

7	8	Fark yok

Aydınlık düzenleme IV-A

Sol taraftaki sütunda bulunan harf-sayı dizilerinin her biri, bir rakam ile belirtilmiştir. Bu dizilerin her birini sağ taraftaki sütundaki eşleriyle birleştiriniz, ilgili rakamı yanındaki boşlukta belirtiniz.

1.SSCC	CCCS
2.BCSS	PSOO
3.OOCC	BSBP
4.SSPB	PBBP
5.PBBP	SCBO
6.SCBP	GCOD
7.SCBO	SSCC
8.PCSS	BCSS
9. GCOD	OOCC.....
10.BSOP	BSOP
11.OSCB	OSCB
12.CCPP	CCOO
13.BSBB	SCBP
14.GCCC	SSPB
15.CCOO	PCSS
16.BSBP	CCPP
17.CPBP	BSBB
18.PSOO	GCCC.....
19.SCCS	CPBP
20.CCCS	SCCS

Aydınlık düzenleme IV-B

Sol taraftaki sütunda bulunan harf-sayı dizilerinin her biri, bir rakam ile belirtilmiştir. Bu dizilerin her birini sağ taraftaki sütundaki eşleriyle birleştiriniz, ilgili rakamı yanındaki boşlukta belirtiniz.

1. BSBP	SCCS
2. SSPB	CPBP
3. SCBO	PSOO
4. CPBP	CCOO
5. PSOO	GCCC
6. SCCS	OSCB
7. SSCC	BSBP
8. BCSS	SCBO
9. OOCB	SSPB
10. GCCC	SCBP
11. CCOO	PCSS
12. PBBP	PBBP
13. SCBP	SSCC
14. PCSS	OOCB
15. OSCB	BCSS
16. CCPP	BSOP
17. BSBB	GCOD
18. GCOD	BSBB
19. CCCS	CCPP
20. BSOP	CCCS

Aydınlık düzenleme IV-C

Sol taraftaki sütunda bulunan harf-sayı dizilerinin her biri, bir rakam ile belirtilmiştir. Bu dizilerin her birini sağ taraftaki sütundaki eşleriyle birleştiriniz, ilgili rakamı yanındaki boşlukta belirtiniz.

1.OSCB	PSOO
2.CCPP	OCCC
3.BSBB	OSCB
4.GCOD	BSBB
5.SSCC	SSCC
6.BSCC	GCCC
7.OOCC	CCOO
8.GCCC	BSBP
9.CCOO	SSPB
10.BSBP	CCPP
11.SSPB	GCOD
12.SCBO	SCBO
13.CPBP	PBBP
14.PSOO	BSCC
15.SCCS	CPBP
16.PBBP	SCCS
17.SCBP	BSOP
18.PCSS	PCSS
19.CCCS	SCBP
20.BSOP	CCCS

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Ankara’da dünyaya gelen Banu Manav, ilk, orta ve lise öğrenimini TED Ankara Koleji’nde tamamladı. 1991 yılında, Bilkent Üniversitesi GSTMF İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümünde almaya başladığı mesleki eğitimini, 1995 yılında dönem üçüncüsü olarak tamamladı. Aynı yıl, mezun olduğu bölümde Yüksek Lisans programını burslu olarak kazandı ve 1997 yılında ‘Effects of Different Lighting Arrangements on Space Perception’ başlıklı tezini vererek tamamladı. 1997-2003 yılları arasında sırasıyla Bilkent, MSÜ, Beykent ve Bahçeşehir Üniversiteleri’nde araştırma görevlisi olarak çalıştı. Bahçeşehir Üniversitesi Mimarlık Fakültesi’nin kuruluş çalışmalarında görev aldı. 2003 yılından beri aynı Birim’de ‘öğretim görevlisi’ olarak çalışmaktadır. Banu Manav’ın aydınlatma ve renk konularında yaptığı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.