

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

**LAMBA IŞIĞI İLE AYDINLATMADA GÖLGE NİTELİĞİNİN BELİRLENMESİ VE
TASARIM KRİTERİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BİR YAKLAŞIM**

ŞENSİN AYDIN YAĞMUR

**DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI FİZİĞİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN
PROF. DR. LEYLA DOKUZER ÖZTÜRK**

İSTANBUL, 2012

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**LAMBA IŞIĞI İLE AYDINLATMADA GÖLGE NİTELİĞİNİN BELİRLENMESİ VE
TASARIM KRİTERİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BİR YAKLAŞIM**

Şensin AYDIN YAĞMUR tarafından hazırlanan tez çalışması 07.02.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Leyla DOKUZER ÖZTÜRK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Leyla DOKUZER ÖZTÜRK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Müjgan ŞEREFHANOĞLU SÖZEN
Yıldız Teknik Üniversitesi Emekli Öğretim Üyesi

Prof. Dr. Alpin KÖKNEL YENER
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. F. Rengin ÜNVER
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. İpek FİTÖZ
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

Bu alışma, Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü' nün 2011-03-01-DOP01 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Bir hacimde aydınlatma düzeni kurulurken aydınlatma tasarım kriterleri ile ilgili gereksinimler yerine getirilerek görsel konfor koşullarının oluşması sağlanır. Aydınlatma tasarım kriterlerinden biri de mekanda oluşan gölgelerin özellikleridir.

Aydınlatmada gölge niteliğinin bir tasarım kriteri olarak ele alınmasını amaçlayan bu çalışmada, çalışma süresince bana yön verip değerli katkılarda bulunan tez danışmanım değerli hocam Sayın Prof. Dr. Leyla Dokuzer Öztürk'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez izleme Komitesi'ndeki değerli hocalarım Prof. Müjgan Şerefhanoglu Sözen ve Prof. Dr. Alpin Köknel Yener'e katkıları için çok teşekkür ederim. Ayrıca, Lisansüstü eğitimim süresince bana destek veren Yapı Fiziği Bilim Dalı Öğretim Üyeleri ve yardımcıları değerli hocalarım ve sevgili arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmaya destek veren Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne, deneylerimde kullandığım hacmi tahsis eden YTÜ Araştırma Planlama Rektör Yardımcısı Prof. Dr. Tamer Yılmaz'a, hacim ile ilgili tadilatı üstlenen Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'na çok teşekkür ederim.

Aydınlatma kontrol sistemi ile çalışmamı destekleyen Türk Philips Aydınlatma A.Ş. ne desteklerini benden esirgemeyen, Aydınlatma Uygulama Uzmanı Tuba Baskan ve Proje Satış Müdürü Ali Ülgen'e teşekkürü bir borç bilirim. Çalışmanın öznel değerlendirme bölümüne katılan YTÜ Mimarlık Fakültesi Öğretim Elemanları ve Yüksek Lisans öğrencilerine en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam süresince, maddi ve manevi, sürekli yanımda hissettiğim aileme ve eşime, tez süreci içinde manevi olarak beni güçlendiren sevgili kızıma sonsuz teşekkürler sunarım.

Şubat, 2012

Şensin AYDIN YAĞMUR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
ÇİZELGE LİSTESİ	xiv
ÖZET	xvi
ABSTRACT	xix
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı.....	4
1.3 Hipotez	5
BÖLÜM 2.....	6
GÖLGE NİTELİĞİ.....	6
BÖLÜM 3.....	12
GÖLGE ÖZELLİKLERİNİ BELİRLEMeye YÖNELİK YAPILMIŞ ÇALIŞMALARIN İNCELENMESİ ve DEĞERLENDİRİLMESİ.....	12
3.1 Nesne yüzeyindeki gölgelerin ele alındığı yaklaşımlar.....	14
3.2 Atılan gölgelerin ele alındığı yaklaşımlar.....	23
3.3 İncelenen Çalışmaların Genel Değerlendirmesi.....	28
BÖLÜM 4.....	30
ÇEŞİTLİ KOŞULLARDA OLUŞAN GÖLGE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ	30
4.1 Aydınlatma Aygıtının Boyutuna Bağlı İnceleme	31
4.2 Aydınlatma Aygıtının Biçimine Bağlı İnceleme	39

4.2.1	Noktasal özellikteki lambanın yer aldığı aydınlatma aygıtı	39
4.2.2	Doğrusal Özellikteki Lambanın Yer Aldığı Aydınlatma Aygıtı	44
4.3	Aydınlatma Aygıtının Işık Yeğirlik Dağılımına Bağlı İnceleme	46
BÖLÜM 5		48
GÖLGE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR.....		48
5.1	Gölgenin Sertlik-Yumuşaklık Özelliğinin Belirlenmesine İlişkin Yapılan Çalışmalar	48
5.1.1	Gölge alanın AutoCAD programı ile hesaplanması	48
5.1.2	Gölge alanın DIALux ve Excell programları ile hesaplanması	49
5.2	Gölgenin Açıklık Koyuluk Özelliğinin Belirlenmesine İlişkin Yapılan Çalışmalar	51
5.2.1	Doğrudan gelen ışık ile oluşan aydınlığın toplam aydınlığa oranının aydınlanan düzlem boyunca değişiminin incelenmesi	52
5.2.2	Gölge Faktörünün Aydınlanan Düzlem Boyunca Değişiminin İncelenmesi.....	56
BÖLÜM 6		60
GÖLGE ÖZELLİKLERİNİN ALGILANMASINDA ROL OYNAYAN ETKENLER.....		60
6.1	Yüzey Büyüklüğünün Algılanması	61
6.2	Işıklılığın Algılanması	64
BÖLÜM 7		71
DENEY HACMİ ve AYDINLATMA SENARYOLARI		71
7.1	Deney hacmi	71
7.2	Aydınlatma senaryoları	75
BÖLÜM 8		79
GÖLGE NİTELİĞİNİN BELİRLENMESİ ve DERECELENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM		79
8.1	Gölgenin Sertlik-Yumuşaklık Özelliğinin Saptanması	81
8.1.1	Sertlik-yumuşaklık özelliğinin saptanmasına yönelik deneysel çalışma	86
8.1.2	Sertlik-yumuşaklık özelliğinin belirlenmesine ilişkin anket uygulaması	93
8.1.3	Anket sonuçlarının değerlendirilmesi.....	97
8.1.3.1	Toplam gölge alanı duyulanmasına yönelik değerlendirme	98
8.1.3.2	Sertlik-yumuşaklık izlenimine ilişkin değerlendirme	111
8.2	Gölgenin Açıklık-Koyuluk Özelliğinin Saptanması	115
8.2.1	Gölge çekirdeği ve gölge sınırı ışıklılıklarının hesaplanması.....	115
8.2.2	Gölge çekirdeği ve gölge sınırı parıltıları arasındaki farkın saptanması	120
8.3	Gölgenin Sertlik-Yumuşaklık ve Açıklık-Koyuluk Açısından Derecelendirilmesi.....	124

BÖLÜM 9.....	133
DENEY HACMİNDEKİ GÖLGE ÖZELLİKLERİNİN ÖZNEL DEĞERLENDİRİLMESİ	133
9.1 Aydınlatma senaryolarındaki gölgelerin değerlendirilmesine yönelik anket uygulaması	134
9.2 Anket sonuçları	139
9.3 Genel değerlendirilme.....	170
BÖLÜM 10.....	177
SONUÇ ve ÖNERİLER	177
KAYNAKLAR.....	182
EK-A	185
TOPLAM GÖLGE ALANI DUYULANMASINA İLİŞKİN DENEYSEL ÇALIŞMA	185
EK-B	203
DENEY HACMİNDEKİ GÖLGE ÖZELLİKLERİNİ BELİRLEMeye YÖNELİK YAPILAN HESAPLAMA SONUÇLARI	203
EK-C	210
AYDINLATMA SENARYOLARINA ÖRNEKLER.....	210
ÖZGEÇMİŞ.....	213

SİMGE LİSTESİ

E_v	Düşey aydınlık düzeyi
E_h	Yatay aydınlık düzeyi
$\vec{E}$	Vektörel aydınlık düzeyi
E_s	Küresel aydınlık düzeyi
E_z	Silindirsel aydınlık düzeyi
E_{sz}	Yarı silindirsel aydınlık düzeyi
$\bar{E}$	Ortalama aydınlık düzeyi
E_d	Doğrultulu ışık ile oluşan aydınlık düzeyi
ρ	Işık yansıtma çarpanı
η	Geriverim
S	Gölge faktörü
B	Parıltı
L	Işıklılık
$L_{gç}$	Gölge çekirdeği ışıklılığı
L_{gs}	Gölge sınırı ışıklılığı
ΔB	Parıltı farkı
$A_{gç}$	Gölge çekirdeği alanı
A_{tg}	Toplam gölge alanı

KISALTMA LİSTESİ

A-K	Gölgenin açıklık-koyuluk özelliği
S-Y	Gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliği
D	Dolaylı aydınlatma biçimi
SD	Yarı dolaylı aydınlatma biçimi
DI	Dolaylı dolaysız aydınlatma biçimi
SI	Yarı dolaylı aydınlatma biçimi
I	Dolaylı aydınlatma biçimi
KFL	Kompakt flüoresan lambalı aygıt
DFL	Doğrusal flüoresan lambalı aygıt

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 Nesne yüzeyindeki ve atılan gölgeye örnekler [26]	7
Şekil 2. 2 Oturan nesne için gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğine örnekler [26]	8
Şekil 2. 3 Oturmayan nesne için gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğine örnekler [27]	8
Şekil 2. 4 İnsan yüzünde oluşan sert ve yumuşak gölgelere örnekler [28]	9
Şekil 2. 5 Açıklık-koyulukları farklı derecelerde olan yumuşak gölgeler [26]	9
Şekil 2. 6 Yumuşak bir gölgenin çevreden gelen ışıklarla aydınlanmasına örnekler [27]	10
Şekil 2. 7 Farklı biçimlerdeki nesnelerin sertlik-yumuşaklıkları ve açıklık-koyulukları farklı gölgeleri [26]	10
Şekil 3. 8 İncelemede kullanılan aydınlatma aygıtlarının ışık yeğinlik dağılımları ve geriverimleri	13
Şekil 3. 9 $0.30 \leq \bar{E}_z/\bar{E}_h \leq 0.60$ koşuluna ilişkin inceleme	15
Şekil 3. 10 $E_z/E_h \geq 0.33$ koşuluna ilişkin inceleme	16
Şekil 3. 11 $E_z/E_h \geq 0.33$ koşuluna ilişkin inceleme [5]	17
Şekil 3. 12 E_v/E_h koşuluna ilişkin inceleme	19
Şekil 3. 13 $\bar{E}/E_s$ oranının hacimdeki değişimi	19
Şekil 3. 14 $0.3 \leq E_z/E_h \leq 3$ koşuluna ilişkin inceleme	19
Şekil 3. 15 $0.8 \leq E_v/E_{sz} < 1.3$ koşuluna ilişkin inceleme	20
Şekil 3. 16 Gölge faktörü dağılımları	25
Şekil 3. 17 Aydınlik dağılımları	25
Şekil 4. 18 Farklı boyutta aydınlatma aygıtlarının oluşturulmasına örnekler	32
Şekil 4. 19 Aydınlatma aygıtının tek ve tavanın ortasında, nesnenin döşemenin yukarısında bulunduğu durum için, aygıt boyutuna bağlı olarak gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin değişimi	32
Şekil 4. 20 Aydınlik dağılımının aydınlatma aygıtı boyutuna bağlı olarak değişimi	33
Şekil 4. 21 Aydınlik dağılımının, hacim iç yüzey yansıtma çarpanlarının 0-0-0, 0.70-0.50-0.20, 0.90-0.80-0.40 olduğu koşullar için değişimi	33
Şekil 4. 22 Gölge çekirdeğinin kayb olduğu durum için, aygıt boyutu-konumu ve nesne boyutu-konumu ile ilgili geometrik ilişkiler	34
Şekil 4. 23 Aygıt boyutu büyüdükçe, gölge alan içindeki her noktanın ışık olarak aydınlanması durumu [31]	34
Şekil 4. 24 Aydınlatma aygıtının tek ve tavanın ortasında, nesnenin döşeme üzerinde yer aldığı durum için aygıt boyutuna bağlı olarak gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin değişimi	35

Şekil 4. 25 Nesnenin döşeme üzerinde olduğu durum için aydınlık dağılımının aydınlatma aygıtı boyutuna bağlı olarak değişimi	35
Şekil 4. 26 Aydınlık dağılımının, hacim iç yüzey yansıtma çarpanlarının 0-0-0, 070-0.50-0.20, 0.90-0.80-0.40 olduğu durumlar için değişimi.....	35
Şekil 4. 27 Aydınlatma aygıtının tek ve hacmin bir kenarına yakın olarak yerleştirildiği durum için aygıt boyutuna bağlı olarak gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin değişimi	36
Şekil 4. 28 Aydınlık dağılımının aydınlatma aygıtı boyutuna bağlı olarak değişimi	36
Şekil 4. 29 Aydınlık dağılımının, hacim iç yüzey yansıtma çarpanlarının 0-0-0, 070-0.50-0.20, 0.90-0.80-0.40 olduğu durumlar için değişimi.....	37
Şekil 4. 30 Aydınlatma aygıtının iki adet olduğu durum için aygıt boyutuna bağlı olarak gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin değişimi.....	38
Şekil 4. 31 Aydınlık dağılımının aydınlatma aygıtı boyutuna bağlı olarak değişimi	38
Şekil 4. 32 Aydınlık dağılımının, hacim iç yüzey yansıtma çarpanlarının 0-0-0, 070-0.50-0.20, 0.90-0.80-0.40 olduğu durumlar için değişimi.....	38
Şekil 4. 33 Aygıtın tavanın ortasında yer aldığı koşul için, aygıt ve nesne konumuna ilişkin incelenen durumlar	39
Şekil 4. 34 Aydınlık dağılımının aygıt konumu, nesne konumu ve boyutuna göre değişimi	40
Şekil 4. 35 Aydınlatma aygıtının tavan ortasında ve gölge atan nesnenin döşeme üzerinde olması durumuna ilişkin örnekler.....	41
Şekil 4. 36 Nesne döşemenin üzerinde iken aydınlık dağılımının aygıt konumu, nesne konumu ve boyutuna göre değişimi	41
Şekil 4. 37 Gölgesi oluşan nesnenin döşemenin yukarısında ve döşeme üzerinde bulunduğu iki ayrı durum için gölgenin sertlik-yumuşaklığının değişimi.....	42
Şekil 4. 38 Aydınlatma aygıtının tek ve hacmin bir kenarına yakın olarak yerleştirildiği durum için aygıt ve nesne konumuna ilişkin ele alınan örnekler	42
Şekil 4. 39 Aydınlık dağılımının aygıt konumu, nesne konumu ve boyutuna göre değişimi	42
Şekil 4. 40 Aydınlatma aygıtının iki adet olduğu koşul için, aygıt ve nesne konumuna ilişkin ele alınan durumlar	43
Şekil 4. 41 Aydınlık dağılımının aygıt konumu, nesne konumu ve boyutuna göre değişimi	43
Şekil 4. 42 İncelemede kullanılan doğrusal ışık kaynaklarının ışık yeğinlik eğrileri.....	45
Şekil 4. 43 Dolaysız ve yarı dolaylı aydınlatma biçimleri için, doğrusal ışık kaynağının enine kesitine bağlı aydınlık dağılımları	45
Şekil 4. 44 Dolaysız ve yarı dolaylı aydınlatma biçimleri için aydınlığın hacmin bütünündeki dağılımı	45
Şekil 4. 45 Karşılaştırma amacıyla kullanılan aydınlatma aygıtı ve ışık yeğinlik eğrileri.....	46
Şekil 4. 46 Aydınlık dağılımının aygıt ışık yeğinlik eğrisine bağlı olarak değişimi.....	47
Şekil 5. 47 Gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin belirlenmesine örnek	49
Şekil 5. 48 Gölge oluşan masa yüzeyi üzerinde nesnelerin olduğu (a), olmadığı (b) durumdaki aydınlık düzeyi dağılımları ve gölge faktörü (c) dağılımı	51
Şekil 5. 49 Gölge yaratan nesnenin olmadığı durumda, farklı koşullar için elde edilen E_g/E oranları.....	53
Şekil 5. 50 İnceleme yapılan hacimde farklı koşullar için elde edilen gölge özellikleri	54

Şekil 5. 51 Gölge yaratan nesnenin olduğu durumda aydınlık (a) ve E_d/E (b) dağılımları	55
Şekil 5. 52 Gölge yaratan nesnenin olduğu durumda aydınlık (a), gölge faktörü ve E_d/E (b) dağılımları	57
Şekil 5. 53 İki aygıt ve iki nesne olduğu koşuldaki gölge özelliği	58
Şekil 5. 54 Aygıt ve nesne sayısının iki olduğu koşuldaki aydınlık (a) ve gölge faktörü (b) dağılımları	58
Şekil 6. 55 Deneklere gösterilmek üzere çizilen daireler [32]	62
Şekil 6. 56 Deney sonucunda elde edilen değerler ve üs sayısı 0.7 olan eğilim çizgisi [33]	63
Şekil 6. 57 Deney sonucunda elde edilen değerler ve üs sayısı 0.3 olan eğilim çizgisi ..	64
Şekil 6. 58 İki ayrı sırada gösterilen ışıklılıklar için elde edilen parıltı değerleri [32]	65
Şekil 6. 59 Deneyler için kullanılan hacmin plan ve kesiti [35]	66
Şekil 6. 60 Sabit bir parıltı farkı (ΔB) için LUR ve L (X_{max}) ilişkisi [36]	69
Şekil 7. 61 Deney hacmi	72
Şekil 7. 62 DIALux aydınlatma programında oluşturulan model hacim	73
Şekil 7. 63 Deney hacminde kullanılan aydınlatma aygıtlarının ışık yeğnlik eğrileri	74
Şekil 8. 64a Çeşitli koşullar için sertlik-yumuşaklık değerlendirmesinde dikkate alınan gölge çekirdeği ve yarı gölge alanları	82
Şekil 8. 65b Çeşitli koşullar için sertlik-yumuşaklık değerlendirmesinde dikkate alınan gölge çekirdeği ve yarı gölge alanları	83
Şekil 8. 66 Anket çalışması için oluşturulan gölge tipleri	88
Şekil 8. 67 Kare ve daire planlı nesnelerin masa yüzeyine oturduğu ve oturmadığı durumlara örnekler	90
Şekil 8. 68 Büyüklükleri aynı, çekirdek alanı/toplam gölge alanı farklı gölgeler	92
Şekil 8. 69 Ekran ışıklılığı ve RGB renk dizgesi ilişkisi	93
Şekil 8. 70 Excell griler skalası (a) ve RGB renk dizgesi (b) ile görselleştirilen ışıklılık dağılımına örnekler	93
Şekil 8. 71 YTÜ Mimarlık Fakültesi Aydınlatma Laboratuvarı'nda gölge deneylerinin yapıldığı bölüm	96
Şekil 8. 72 Slayt 1'de gösterilen gölgenin alan büyüklüğü ile ilgili standart sapma değerleri	98
Şekil 8. 73 Slayt 1 için standardize değerler grafiği	98
Şekil 8. 74 Duyulanmanın nesne boyutuna göre değişimi	102
Şekil 8. 75 Duyulanmanın yansıtma çarpanına göre değişimi	102
Şekil 8. 76 Kare planlı masa yüzeyine oturan ve oturmeyen nesneler için duyulanmanın	104
Şekil 8. 77 Daire ve kare planlı masaya oturmeyen nesneler için duyulanmanın	105
Şekil 8. 78 Doğrusal flüoresan lambanın oluşturduğu gölgeye örnek	106
Şekil 8. 79 Noktasal ve doğrusal lambalar için duyulanmanın karşılaştırılması	107
Şekil 8. 80 Farklı aydınlık düzeyleri için duyulanmanın karşılaştırılması	107
Şekil 8. 81 Sertlik-yumuşaklık değerlendirmesinde kullanılması önerilen formüller ve eğilim çizgileri	108
Şekil 8. 82 300 lx için saptanan eğilim çizgisinde değerlendirmeye alınan durumlar ..	109
Şekil 8. 83 500 lx ve üstü için saptanan eğilim çizgisinde değerlendirmeye alınan durumlar	109

Şekil 8. 84 Sertlik-yumuşaklıkları aynı, boyutları farklı nesnelerde duyulanmanın değişimi	111
Şekil 8. 85 Sertlik-yumuşaklıkları ve boyutları farklı nesnelerde duyulanmanın değişimi	111
Şekil 8. 86 Ele alınan her farklı nesne için S-Y izlenimleri.....	113
Şekil 8. 87 S-Y izleniminin nesne biçimine göre değişimi	113
Şekil 8. 88 S-Y uyarıları aynı, boyutları farklı nesneler için S-Y izlenimleri	114
Şekil 8. 89 Alan duyulanması ve S-Y izlenimlerinin karşılaştırılması	114
Şekil 8. 90 Açıklık-koyuluk değerlendirilmesinde dikkate alınan gölge çekirdeği ve gölge sınırı ışıklılıkları.....	117
Şekil 8. 91 Masa üzerinde nesnelerin olmadığı (a) ve olduğu (b) durumdaki aydınlık düzeyi ve gölge faktörü (c) dağılımlarına örnekler	119

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3. 1 Örnek hacimde $\bar{E}_z/\bar{E}_h=0.30-0.60$ koşulunun sağlandığı nokta sayısının aydınlatma biçimi ve ışık yansıtma çarpanına göre değişimi.....	15
Çizelge 3. 2 Aydınlatma biçimi ve yansıtma çarpanına göre $\bar{E}_z/\bar{E}_h$ oranının değişimi.....	16
Çizelge 6. 3 Stevens'ın yüzey büyüklüğünün algılanması ile ilgili deneyinden elde edilen sonuçlar [32]	62
Çizelge 7. 4 Deney hacminde kullanılan lamba ve aydınlatma aygıtlarının özellikleri	74
Çizelge 7. 5 Bir masanın kullanıldığı durum için oluşturulan aydınlatma senaryoları.	77
Çizelge 7. 6 İki masanın kullanıldığı durum için oluşturulan aydınlatma senaryoları..	78
Çizelge 8. 7 Deneyde kullanılan nesnelerin özellikleri.....	87
Çizelge 8. 8 Anket çalışmasına katılan deneklerin özellikleri.....	95
Çizelge 8. 9a Toplam gölge alanı duyulanmasına ilişkin oluşturulan grafiklerin özellikleri	99
Çizelge 8. 10b Toplam gölge alanı duyulanmasına ilişkin oluşturulan grafiklerin özellikleri	100
Çizelge 8. 11 Denek izlenimlerinin sertlik-yumuşaklık değerleri.....	112
Çizelge 8. 12 Farklı yüzey yansıtma çarpanları için ΔB sınır değerleri.....	124
Çizelge 8. 13 300 lx için yapılan sertlik-yumuşaklık derecelendirmesi.....	125
Çizelge 8. 14 ≥ 500 lx için yapılan sertlik-yumuşaklık derecelendirmesi	126
Çizelge 8. 15 300 lx için yapılan sertlik-yumuşaklık izlenimleri	127
Çizelge 8. 16 ≥ 500 lx için yapılan sertlik-yumuşaklık izlenimleri	127
Çizelge 8. 17 Açıklık-koyuluk derecelendirmesi	128
Çizelge 9. 18 Tek masa için aydınlatma senaryolarının gösteriliş sırası	135
Çizelge 9. 19 İki masa için aydınlatma senaryolarının gösteriliş sırası	136
Çizelge 9. 20 Anket çalışmasına katılan deneklerin özellikleri	137
Çizelge 9. 21 Senaryo grubu: IA, senaryo no: 1-5; aygıt boyutu değişimi	137
Çizelge 9. 22 Senaryo grubu: IB, senaryo no: 6-7; senaryo grubu: IC, senaryo no: 8-10; aydınlık düzeyi değişimi	138
Çizelge 9. 23 Senaryo grubu: II, senaryo no: 11-12; aygıt sayısı değişimi	139
Çizelge 9. 24 Senaryo grubu: III, senaryo no: 13-17; aydınlatma biçimi değişimi	140
Çizelge 9. 25 Senaryo grubu: IV A, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (300 lx)	141
Çizelge 9. 26 Senaryo grubu: IV B, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (500 lx)	142

Çizelge 9. 27	Senaryo grubu: IA, senaryo no: 1-5; aygıt boyutu değişimi	146
Çizelge 9. 28	Senaryo grubu: IB, senaryo no: 6-7; senaryo grubu: IC, senaryo no: 8-10; aydınlık düzeyi değişimi	147
Çizelge 9. 29	Senaryo grubu: II, senaryo no: 11-12; aygıt sayısı değişimi	148
Çizelge 9. 30	Senaryo grubu: III, senaryo no: 13-17; aydınlatma biçimi değişimi	149
Çizelge 9. 31	Senaryo grubu: IV A, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (300 lx)	150
Çizelge 9. 32	Senaryo grubu: IV B, senaryo no: 23-27; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (500 lx)	151
Çizelge 9. 33	Senaryo grubu: IA, senaryo no: 1-4; aygıt boyutu değişimi	155
Çizelge 9. 34	Senaryo grubu: IB, senaryo no: 5; senaryo grubu: IC, senaryo no: 6-8; aydınlık düzeyi değişimi	156
Çizelge 9. 35	Senaryo grubu: II, senaryo no: 11-12; aygıt sayısı değişimi	157
Çizelge 9. 36	Senaryo grubu: III, senaryo no: 13-17; aydınlatma biçimi değişimi	158
Çizelge 9. 37	Senaryo grubu: IV A, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (300 lx)	159
Çizelge 9. 38	Senaryo grubu: IV B, senaryo no: 23-27; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (500 lx)	160
Çizelge 9. 39	Senaryo grubu: IA, senaryo no: 1-5; aygıt boyutu değişimi	167
Çizelge 9. 40	Senaryo grubu: IB, senaryo no: 6-7; senaryo grubu: IC, senaryo no: 8-10; aydınlık düzeyi değişimi	167
Çizelge 9. 41	Senaryo grubu: II, senaryo no: 11-12; aygıt sayısı değişimi	167
Çizelge 9. 42	Senaryo grubu: III, senaryo no: 13-17; aydınlatma biçimi değişimi	168
Çizelge 9. 43	Senaryo grubu: IV A, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (300 lx)	168
Çizelge 9. 44	Senaryo grubu: IV B, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (500 lx)	168
Çizelge 9. 45	Tek masa ve düşey kitap için genel izlenimin gölge özelliklerine göre dağılımı	173
Çizelge 9. 46	Tek masa için, derecelendirmenin ve genel izlenimin ≤ 5 olduğu senaryolar	174
Çizelge C. 47	Senaryo grubu: IA, senaryo no: 1-5; aygıt boyutu değişimi	201
Çizelge C. 48	Senaryo grubu: IB, senaryo no: 6-7; senaryo grubu: IC, senaryo no: 8-10; aydınlık düzeyi değişimi	202
Çizelge C. 49	Senaryo grubu: II, senaryo no: 11-12; aygıt sayısı değişimi	203
Çizelge C. 50	Senaryo grubu: III, senaryo no: 13-17; aydınlatma biçimi değişimi	204
Çizelge C. 51	Senaryo grubu: IV A, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (300 lx)	205
Çizelge C. 52	Senaryo grubu: IV B, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (500 lx)	206

**LAMBA IŞIĞI İLE AYDINLATMADA GÖLGE NİTELİĞİNİN BELİRLENMESİ VE
TASARIM KRİTERİ OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN BİR YAKLAŞIM**

Şensin AYDIN YAĞMUR

Mimarlık Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Leyla DOKUZER ÖZTÜRK

Aydınlatma tasarımı ölçütlerinden biri, mimari mekanlarda ortaya çıkan gölgelerin özellikleridir. Gölge niteliği koşullara göre, bir hacimde zengin görüntülerin oluşmasına yol açabileceği gibi görsel algılamanın yorucu ve yanıltıcı olmasına da neden olabilir. Günümüzde, nesne yüzeyindeki gölgelerin açıklık koyuluk özelliğine yönelik uygun koşullar öneren yaklaşımlar vardır. Nesnenin bir yüzeye attığı gölge özelliklerinin tanımı ve belirlenmesine yönelik literatürde yer alan yönlendirici veriler ise oldukça sınırlıdır.

Bu çalışmanın amacı, gölge niteliğinin saptanmasına yönelik bir yaklaşım geliştirilmesi ve gölgenin sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk boyutlarının derecelendirilmesidir. Bu amaçla gölge özelliklerini belirlemeye yönelik yapılmış çalışmalar incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Gölge özelliklerinin hangi etkenlere bağlı olarak nasıl değiştiği bir aydınlatma programı aracılığı ile incelenmiştir. Bu incelemede, aydınlatma aygıtı, gölge atan nesne, hacim iç yüzey yansıtma çarpanları gibi gölgeyi etkileyen etkenlere ilişkin çeşitli koşullar ele alınmıştır. Böylece, gölgenin genel karakterine ilişkin ayrıntılı bilgi edinilmiştir.

Gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin, gölge çekirdeği ile toplam gölge boyutu arasındaki orana; açıklık-koyuluk özelliğinin gölge çekirdeği ışıklılığı ile gölgesiz yakın çevre ışıklılığına bağlı olarak belirlenebileceğine karar verilmiştir. Bir yüzeyde oluşan

gölgenin her iki özelliğinin ayrı ayrı nasıl belirlenebileceği konusunda çeşitli araştırmalar yapılmış, dolaysız ve toplam ışık arasındaki ilişkiler, gölge faktörü dağılımları incelenmiştir. Bir gölgenin tanımında, fiziksel olarak büyüklüğünü saptamak ve gölgedeki ışıklılık ile gölgesiz alandaki ışıklılığı belirlemek yeterli görülmemiştir. Gölgenin gerek boyutunun gerekse ışıklılığının görsel olarak nasıl algılanabileceği de araştırılmıştır.

Gölge özelliklerinin görsel olarak değerlendirilebilmesi amacıyla 1/1 ölçekli deney hacmi oluşturulmuştur. Hacimde, farklı özelliklerde gölgeler elde edebilmek için, dört farklı tipte, toplam 16 adet aydınlatma aygıtı kullanılmıştır. Deney hacmi ile aynı özelliklerdeki bir hacim de DIALux aydınlatma programında modellenmiştir. İlk aşamada, gölgeyi belirleyen değişkenlere ilişkin çeşitli senaryolar oluşturularak, DIALux aydınlatma programı aracılığı ile her farklı senaryo için gölge özellikleri saptanmıştır.

Gölge niteliğinin sertlik-yumuşaklık özelliğini belirleyebilmek amaçlı iki aşamalı bir deneysel çalışma yapılmıştır. Gölgesi oluşacak nesnenin boyut ve konumu farklı tutularak, büyüklüğü ve sertlik-yumuşaklık özelliği farklı gölge örnekleri oluşturulmuştur. Gölge örneklerinin görsel değerlendirmesi bilgisayar ortamında yapılmıştır. İlk aşamada, bir gölgedeki gölge çekirdeğinin toplam gölge içinde kapladığı alan yüzde cinsinden görsel olarak sorgulanmıştır. Toplam gölge alanı duyulanmasına göre yapılan değerlendirmeler sonucunda gölgenin sertlik-yumuşaklık boyutunun saptanmasında yararlanılabilecek formüller geliştirilmiştir. Deneysel çalışmanın ikinci aşamasında, katılımcılar, hazırlanmış gölge örneklerine ilişkin sertlik-yumuşaklık izlenimlerini belirtmişlerdir.

Gölgenin açıklık-koyuluk özelliğini saptayabilmek için, gölge çekirdeği ışıklılığı ile toplam gölge sınırındaki ışıklılığın parıltıları arasındaki farka dayalı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Toplam alan duyulanması ve sertlik-yumuşaklık izlenimine yönelik deneysel çalışma sonuçlarından yola çıkılarak gölgenin sertlik-yumuşaklık boyutu; parıltı farkının belirlenmesine ilişkin geliştirilen yaklaşım göz önünde bulundurularak gölgenin açıklık-koyuluk boyutu derecelendirilmiştir.

Aydınlatma programındaki model hacimde tek masa ve iki masanın kullanıldığı koşullar için oluşturulan aydınlatma senaryoları deney hacminde de düzenlenmiştir. Aydınlatma senaryolarındaki gölgelerin değerlendirilmesine yönelik anket uygulanmıştır. Anket uygulamasında, çeşitli aydınlatma senaryolarındaki gölgelere ilişkin açıklık-koyuluk ve sertlik-yumuşaklık izlenimlerinin sayısal olarak belirtilmesi istenmiştir. Anket sonuçları, çalışmada geliştirilen yaklaşım uyarınca yapılan derecelendirme ile uyumlu çıkmıştır.

Deneklerin aydınlatma senaryolarına ilişkin genel izlenimleri ve çalışma içinde geliştirilen yaklaşım uyarınca bu senaryolardaki gölgelerin belirlenmiş dereceleri karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda, deneklerce olumlu kabul edilen

aydınlatma senaryoları saptanmıştır. Böylece aydınlatma tasarımında, gölge kriteri açısından gereksinimlerin sağlanmasında yol gösterici veriler ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Sert gölge, yumuşak gölge, açık gölge, koyu gölge, gölge faktörü

ABSTRACT

AN APPROACH FOR DEFINITION AND EVALUATION OF SHADOW CHARACTERISTICS AS A DESIGN CRITERION OCCURED UNDER ARTIFICIAL LIGHTING

Şensin AYDIN YAĞMUR

Department of Architecture
PhD Thesis

Advisor: Prof. Dr. Leyla DOKUZER ÖZTÜRK

One of the lighting design criteria is the attributes of shadows occurred in architectural spaces. So as shadow quality can compose rich visions, it can make the visual perception be tiring and captious, too. At the present day, there are proper approachments for determining the lightness-darkness quality of self shadows. But, guiding data about the attributes and determination of cast shadows is limited.

The aim of this study is to develop a method to determine the shadow quality and to grade the harshness-softness and lightness-darkness of shadow. For this purpose, the studies about shadow quality is investigated and evaluated. Which factors how change the shadow quality is investigated by a lighting software. In this study, different conditions such as luminaire, object, reflectance of surfaces that affect the shadow are taken on. Thereby, detailed information is obtained about shadow characteristics.

To determine the harshness-softness quality of a shadow by the ratio of umbra area to total shadow area; lightness-darkness quality related to the luminance of umbra and the luminance of the immediate bordering area without shadow is adjudged. It is

researched how can be determined the the two feature of cast shadow by investigation the relation between direct and total illuminance and shadow factor distribution. To confirm the physical size and luminance of umbra and area without shadow is seen inadequate for shadow determination. So, the size and the luminance perception of a shadow is investigated. For the aim of evaluating the shadow features by visual perception, a 1/1 scaled mock-up room was generated. To obtain different shadow features, four different types, total 16 luminaires are used. A mock-up room which has the same fetures of 1/1 scaled mock-up room has been created in DIALux Lighting Software. Firstly, various scenarios have been constituted by the variants and the change of the shadow features has been displayed related to this scenarios.

Two staged experimental study has been implemented to designate the harshness-softness attribute of a shadow. Shadow samples whose size and harshness-softness attribute is diffrent are consisted by changing the size and position of the object that occurs shadow. Visual evaluation of these shadow samples are done by computer. Firstly, the umbra area related to total shadow area is asked by percentage. By the end of these total shadow area perception evaluations, formulas to confirm the harshness-softness feature has been developed. In the second stage of this experimental study, subjects denoted the harshness-softness impressions about these shadow samples.

A method related to brightness differance of umbra luminance and shadow bordering area luminance is developed to determine the lightness-darkness feature of a shadow. Harshness-softness dimension is graded in terms of experimental study related to harshness-softness impression and the lightness-darkness dimension is graded in terms of developed method related on brightness difference.

The lighting scenarios that are composed by lighting software for one and two users are ordered in 1/1 scaled mock-up room, too. Inquiries is done to evaluate the shadows occurred by this lighting scenarios. The subjects are wanted to denote lightness-darkness and harshness-softness impressions numerically about the shadows occurred by different scenarios. Inquiry results are coherent by the shadow degrees of developed method.

The general impressions about the lighting scenarios and the degrees of the shadows determined by the developed method was compared. As a result of this comparison, the lighting scenarios which are accepted positive by the subjects are confirmed. Consequently, for lighting design, guiding principles for providing the requirements in terms of shadow criterion is displayed.

Key words: Harsh shadow, soft shadow, light shadow, dark shadow, shadow factor

YILDIZ TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE

1.1 Literatür Özeti

Bir hacimde aydınlatma düzeni kurulurken dikkate alınması gereken ölçütlerden biri mekanda oluşan gölgelerin özellikleridir. Bir hacimdeki gölgeler, nesne yüzeyindeki gölgeler ve atılan gölgeler olmak üzere iki ayrı açıdan değerlendirilebilir. Gerek nesne yüzeyindeki gerekse atılan gölgenin niteliğini, sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk olmak üzere iki ayrı özellik belirler [1-2]. Nesne yüzeyindeki gölgelerin açıklık-koyuluk özelliği literatürde genellikle 'modelleme' başlığı altında ele alınmaktadır. Modelleme terimi, hacimdeki dolaysız ve yayınık ışık ile arasındaki uygun dengeyi tanımlamak amaçlı kullanılmaktadır [3]. Söz konusu dengenin sağlanabileceği koşullara yönelik çeşitli öneriler geliştirilmiştir. Literatürde yer alan yaklaşımlar,

- nesne yüzeyindeki gölgelerin ele alındığı yaklaşımlar ve
- atılan gölgelerin ele alındığı yaklaşımlar

olmak üzere iki ayrı başlık altında incelenebilir.

Nesne yüzeyindeki gölgelerin ele alındığı yaklaşımlar:

Avrupa Standardı'nda (prEn 12464-1) modelleme için belirleyici olan bir noktadaki silindirselsel aydınlık düzeyinin aynı noktadaki yatay aydınlık düzeyine oranıdır ($\bar{E}_z/\bar{E}_h$) [3]. Silindirselsel ve yatay aydınlık düzeyleri arasında sağlanması önerilen oranlar, gölgenin açıklık koyuluk özelliği ile ilgili olup gölgenin sertlik yumuşaklığı konusunda bilgi vermemektedir. Alman Standardında (E DIN 5035-7), konforlu bir görsel iletişim için döşemeden 1.20 m uzaklıktaki silindirselsel aydınlık düzeyinin en az $0.33 \times \bar{E}_h$ olması önerilmektedir [4-5]. Silindirselsel

ve yatay aydınlık düzeyleri arasında sağlanması önerilen söz konusu oran hacimde koyu gölgelerin oluşmasını önlemeye yöneliktir. İyi bir modelleme için önerilen, çeşitli aydınlık düzeyi oranlarına dayanan başka yaklaşımlar da vardır. Bu yaklaşımlardan dördü,

- düşey aydınlık düzeyinin yatay aydınlık düzeyine oranı; $E_v/E_h \geq 0.25$
- vektörel aydınlık düzeyinin küresel aydınlık düzeyine oranı; $\bar{E}/E_s$
- silindrsel aydınlık düzeyinin yatay aydınlık düzeyine oranı; $0.3 \leq E_z/E_h \leq 3$
- düşey aydınlık düzeyinin yarı silindrsel aydınlık düzeyine oranı; $0.8 \leq E_v/E_{sz} < 1.3$

olarak özetlenebilir [6-7].

Cuttle, nesnelerin görünümünün doğrultulu ışık altında nasıl değiştiğini araştırmıştır. Vektörel aydınlık/küresel aydınlık oranı açısından '1.4-2.0' değerlerini önermektedir [8-9]. İnanıcı bir nesne yüzeyindeki gölgeleri ışığın doğrultusal yapısına bağlı olarak tanımlamaya çalışmıştır. Doğrultulu ve toplam ışık arasındaki uygun orana bağlı olarak çok genel önerilerde bulunmuştur [10-11]. Işığın doğrultululuğu ile nesne yüzeyindeki gölge özellikleri arasındaki ilişkinin görsel olarak kuvvetli, orta, zayıf gibi sıfatlarla değerlendirildiği çalışmalar da yapılmıştır [12-13].

Atılan gölgelerin ele alındığı yaklaşımlar:

Ohtani ve diğerleri, çeşitli koşullar için atılan gölgenin özelliklerini incelemişlerdir. Gölgenin özelliğini gölge faktörü $((E_o - E_s)/E_o)$ kavramı ile tanımlamışlardır. Gölge faktörü, yüzeyde gölgenin olduğu (E_s) ve olmadığı (E_o) koşullardaki aydınlıklara bağlı olarak tanımlanmaktadır. Gölge faktörü ile çeşitli koşullardaki gölge özellikleri birbirleri ile karşılaştırılabilmektedir [14-20]. Haeger, kapalı mekanların genel aydınlatması için gölge etkisini kabaca en olumludan (1. sınıf) olumsuz (4. sınıf) doğru sınıflandırmayı önermiştir:

1. Büyük yüzeyli, tek yönlü penceresi olan hacimde yatay düzlem üzerindeki nesnelerde ortaya çıkan gölgeler.

2. Tavanda düzgün yayılmış ışıklılık olduğu durumda oluşan gölgeler. Işıklı tavan ya da tavanda birbirine yakın yerleştirilmiş flüoresan lamba dizileri belli yakınlıkta bu duruma örnek oluşturur.
3. Eşit aralıklar ile yerleştirilmiş dolaysız aydınlatma yapan noktasal ışık kaynakları aracılığı ile oluşan gölgeler. Burada çok sayıda gölgenin oluşması ve bu gölgelerin aydınlanması söz konusudur.
4. Tek bir noktasal ışık kaynağı ile ortaya çıkan gölgeler [21].

Öztürk, gölge niteliğini, sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk açısından derecelendirilmiş ve gölge niteliği açısından uygun koşulların elde edilebilmesi açısından, gölge çekirdeği alanı/toplam gölge alanı için ≤ 0.48 , gölgesiz alan ışıklılığı/ gölge çekirdeği ışıklılığı için ≤ 4.6 değerlerini önermiştir [22-23].

Nesne yüzeyindeki gölgelerin ele alındığı yaklaşımlarda, düşey, yatay, silindirselsel, küresel, vektörel gibi çeşitli aydınlıklar arasında sağlanması önerilen oranlar yer almaktadır. Bu oranlar genel olarak ışığın hacim içinde ne kadar yayındığı konusunda bilgi vermektedir. Çeşitli aydınlıkların birbirine oranına dayanan öneriler gölgenin açıklık koyuluk özelliği ile ilgili olup hacimde çok koyu ve/ya da çok açık gölgelerin oluşmasını önlemeye yöneliktir. Atılan gölge özelliklerinin incelendiği çalışmalar çok genel tanımlar ve karşılaştırmalar içermektedir. Uygun kabul edilebilecek gölge özelliklerine yönelik sayısal belirlemelerin yapıldığı çalışmalarda bir hacimdeki gölge niteliğinin nasıl saptanabileceği ve hangi koşullarda geçerli olabileceği konusunda bilgi verilmemiştir.

Gölge niteliğinin tanımı ve bir hacimdeki gölge özelliklerinin belirlenmesine yönelik literatürde yer alan yönlendirici veriler oldukça sınırlıdır. İncelenen yaklaşımların, gölge niteliğinin bir aydınlatma tasarımı ölçütü olarak kullanılmasında yararlanılabilecek yeterli verileri içermediği görülmüştür. Gölge özelliğinin bir aydınlatma tasarım ölçütü olarak

değerlendirilebilmesi için, mimari mekanlarda oluşan gölgelerin sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk açısından kabul edilebilir sınırlarının belirlenmesine ve bir hacimdeki gölge özelliklerinin saptanmasına yönelik bir yaklaşımın geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

1.2 Tezin Amacı

Mimari mekanlarda aydınlatma biçimi, aydınlatma aygıtı özellikleri, aydınlatma düzeni ve iç mimari düzene bağlı olarak değişik biçim ve özellikte gölgeler oluşur. Gölgelerin niteliği, görsel algılamının iyi ya da kötü olmasında, iç mimarinin vurgulanmasında ya da gizlenmesinde rol oynar. İyi görme koşullarının elde edilebilmesi için genelde yumuşak ve açık, yani aydınlanmış gölgelerin yeğlenmesi gerektiği bilinmektedir. Yumuşak gölgeli aydınlık doğal görüntüler oluşturur ve nesnelerin üç boyutsal özelliklerini ortaya koyar. Bununla birlikte, bir nesnenin birkaç adet yumuşak gölgesi olması ya da yumuşak ve sert gölgelerin birlikte bulunması görsel algılamının yanıltıcı, yorucu olmasına yol açar ve iç mimariyi zedeler. Buna benzer biçimde gölgenin çok aydınlanması durumunda, gölgenin yarattığı zengin görüntüler maskelenebilir. Çok yumuşak ve çok açık gölgelerin olduğu durumda ise gölgenin varlığından söz etmek güçleşir.

Gölge niteliği, aydınlatma tasarım ölçütlerinden biri olmasına karşın, gölge özelliklerinin tanımı ve belirlenmesine yönelik literatürde yer alan yönlendirici veriler oldukça sınırlıdır.

Bu çalışmanın amacı,

- bir yüzeyde oluşan gölgenin sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk özelliklerinin sayısal olarak saptanmasına yönelik bir yaklaşım geliştirilmesi,
- gölgede sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk açısından olabilecek sınır durumların tanımlanması,
- gölgenin her iki özelliği açısından derecelendirilmesi ve
- mimari mekanlarda gölge niteliğine ilişkin kabul edilebilecek sınırların belirlenmesi

olarak saptanmıştır.

1.3 Hipotez

Bir yüzeyde oluşan gölgenin niteliği, gölgesi düşen nesnenin ve gölgeyi yaratan aydınlatma aygıtının boyut, konum ve biçim gibi özellikleri, mekan iç yüzeylerinin ve gölgenin düştüğü yüzeyin yansıtma çarpanı, hacim içinde başka aydınlatma aygıtlarının varlığı gibi birçok etkene bağlıdır.

Bu tez çalışmasının hipotezi, sıralanan tüm bu etkenlere bağlı olarak çok çeşitli özelliklerde olabilen

“bir gölgenin iki ayrı boyutunun; ‘sertlik-yumuşaklık’ ve ‘açıklık-koyuluğunun’ sayısal olarak tanımlanmasında ve derecelendirilmesinde yararlanılabilecek bir yaklaşımın geliştirilmesidir.”

Gölgenin sayısal olarak tanımlanması ve metrik bir sisteme oturtularak derecelendirilmesi ile bir aydınlatma tasarım kriteri olarak değerlendirilmeye alınması olanaklı olacaktır.

BÖLÜM 2

GÖLGE NİTELİĞİ

Bir hacimdeki aydınlatma düzeni, insanların

- kendilerini iyi hissetmesine yol açan ve dolaylı olarak yüksek verimliliğe katkıda bulunan “görsel konforu”,
- uzun bir süre boyunca ve zor koşullarda da görsel görevlerini yerine getirebilecekleri “görsel performansı” ve
- çevresindekileri ayırt edebileceği ve tehlikeleri fark edebileceği “görsel güvenliği”

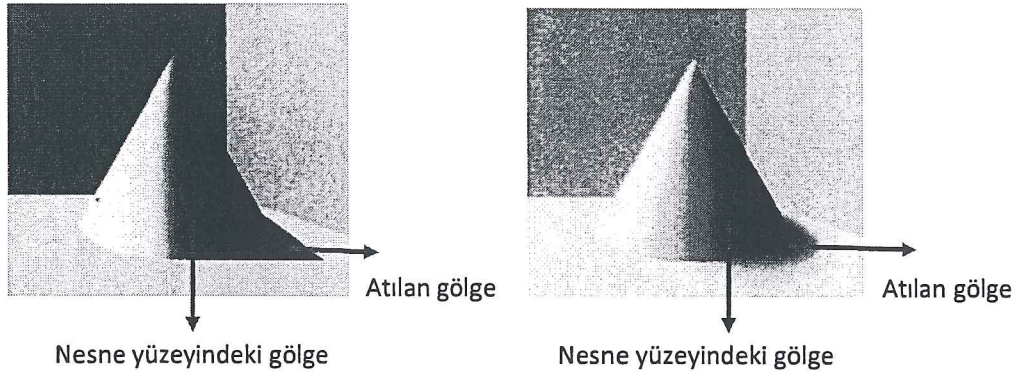
sağlamalıdır [3, 24].

Bu gereksinimlerin karşılanabilmesi için aydınlatma tasarımında göz önüne alınması gereken ölçütlerin başlıcaları,

- aydınlık düzey ve dağılımı,
- ışıklılık dağılımı,
- ışığın renksel niteliği,
- ışığın doğrultusal yapısı ve oluşturduğu gölgelerin niteliği,
- kamaşma ve
- ışık titremesi

olarak sıralanabilir.

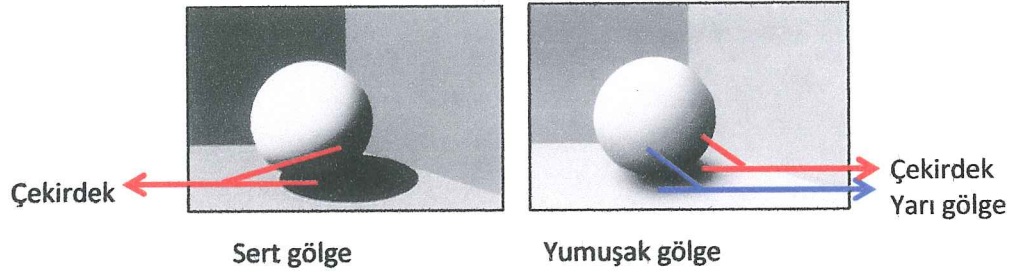
Aydınlatma tasarımı ölçütlerinden biri olan çeşitli biçim ve nitelikteki gölgeler, görsel algılamanın zorlanmadan ve yorulmadan uzun süre sürdürülebilmesinde, nesne ve yüzeylerin biçim, doku gibi özellikleri ile iyi görsel iletişim açısından insan yüzünün doğru algılanmasında, mimari ve estetik değerlerin güçlendirilmesinde, iş yerinde olabilecek tehlikelerden kaçınılmasında ve güvenliğin sağlanmasında önemli rol oynar [3, 25]. Bir hacimdeki gölgeler iki ayrı açıdan değerlendirilebilir: nesne yüzeyindeki gölgeler (self-shadows) ve atılan gölgeler (cast-shadows). Nesne yüzeyindeki bir gölge, nesnenin doğrudan ışık almadığı yüzünde oluşur. Bir yüzey üzerine atılan bir gölge, nesnenin bu yüzey üzerindeki, ışığın geldiği doğrultuya zıt yöndeki izdüşümüdür (Şekil 2.1).



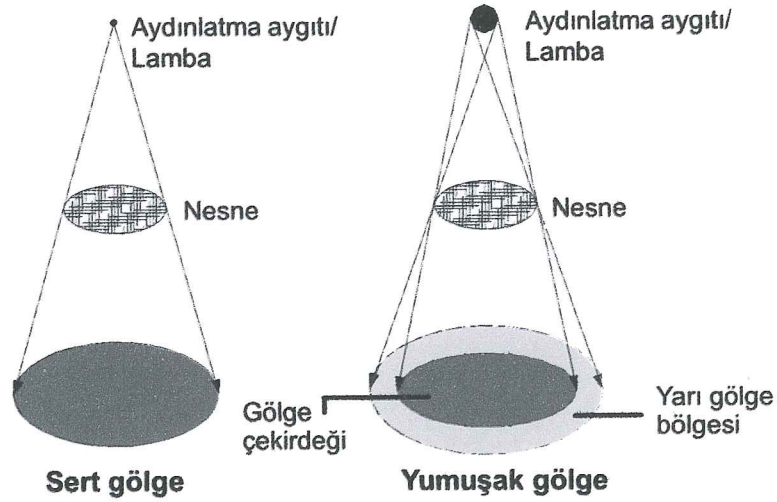
Şekil 2. 1 Nesne yüzeyindeki ve atılan gölgeye örnekler [26]

Gerek nesne yüzeyindeki gerekse atılan gölgenin niteliğini, sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk olmak üzere iki ayrı özellik belirler [1, 2]. Bu özelliklerden ilki gölge sınırının kesin olup olmayışı ile ilgilidir. Sınırları kesin olarak algılanan bir gölge “sert” bir gölgedir ve bu gölge biçiminde gölgeli alandan gölgesiz alana birdenbire geçilir. Sert gölgede, gölgeli alan gölgeyi oluşturan ışık kaynağının hiçbir noktasını görmez. Buna karşılık, gölge sınırının kolay algılanamadığı durumda “yumuşak” bir gölgeden söz edilir. Bu gölge biçiminde gölgeli alandan gölgesiz alana geçiş, gölgenin giderek yok olması ile gerçekleşir. Yumuşak bir gölgede, gölge çekirdeği alanı ile yarı gölge alanı ayırt edilir. Gölge çekirdeği, gölgeyi yaratan ışık kaynağının hiçbir noktasını görmez. Ancak, yarı gölge içindeki herhangi bir nokta ışık kaynağını görür, çekirdekten uzaklaşıp gölgesiz alana yaklaştıkça noktanın gördüğü kaynak yüzeyi de büyüdüğünden gölge giderek aydınlanır. Yarı gölge ile gölgesiz alanı ayıran sınır üzerindeki bir nokta ışık kaynağını bütünü ile gördüğünden gölge de son

bulur. Bir gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliği temelde aydınlatma aygıtının boyutuna bağlıdır. Küçük boyutlu aygıtlar sert gölgeler oluşturur, aygıt boyutu büyüdükçe elde edilen gölgeler de yumuşar. Aygıt boyutunun yanı sıra, nesne boyutu, aygıt konumu, nesnenin aygıta uzaklığı (atılan gölge için ayrıca nesnenin gölgenin düştüğü yüzeye olan uzaklığı) gibi geometrik koşullar da gölgenin bu özelliğini etkiler. Gölgede yumuşaklığın derecesi gölgenin çekirdeği ile yarı gölgesinin büyüklüklerine göre değişir (Şekil 2.2-2.3).



Şekil 2. 2 Oturan nesne için gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğine örnekler [26]

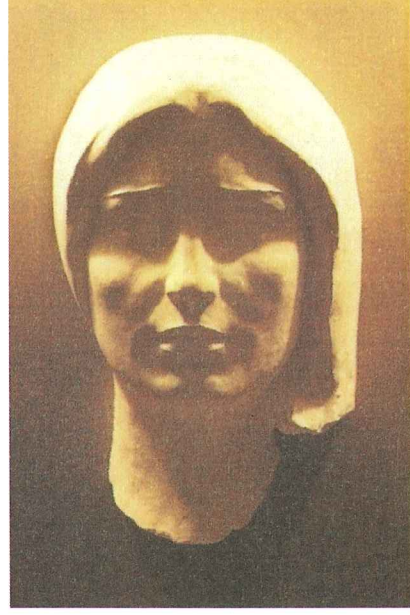


Şekil 2. 3 Oturmayan nesne için gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğine örnekler [27]

Sert gölgeli aydınlık, özellikle bükümlü yüzeyleri bulunan nesneler için yanlış algılamalara yol açabilecek, doğal olmayan görüntüler oluşturur. İnsan yüzünde ve nesne yüzeyinde gerçekte var olmayan çizgiler yaratarak yanıltıcı görünmelerine neden olabilir. Yumuşak gölgeli aydınlık ise doğal, doğru ve zengin görüntüler sağlar (Şekil 2. 4).



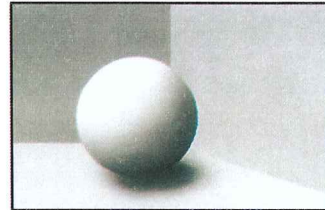
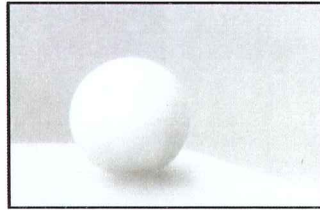
Yumuşak gölge



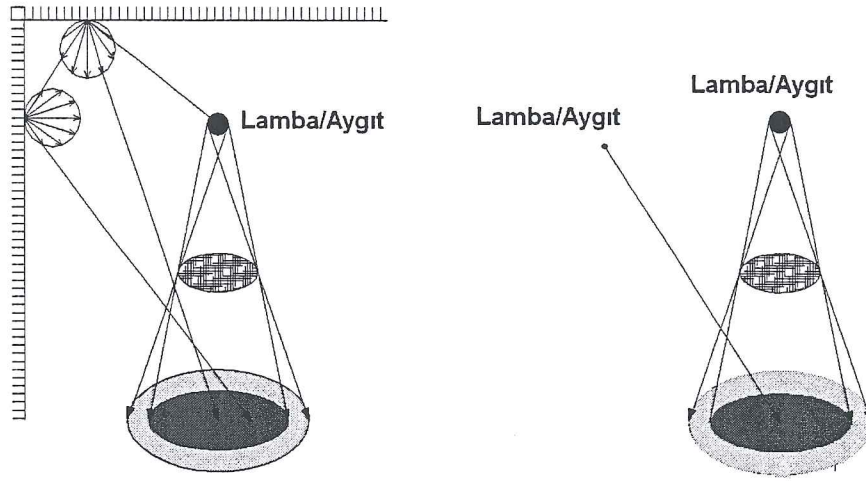
Sert gölge

Şekil 2. 4 İnsan yüzünde oluşan sert ve yumuşak gölgelere örnekler [28]

Bir gölge, ister yumuşak ister sert olsun, gölgeyi oluşturan aygıt dışındaki başka bir aydınlatma aygıtından (ya da aygıtlardan) ya da hacim iç yüzeylerinden yansıyarak gelen ışıklarla aydınlanabilir. Gölgenin aydınlanması, hacim içindeki doğrultulu ve yayınık ışığın oranlarına bağlı olarak az ya da çok olabilir, dolayısıyla gölge koyu ya da açık algılanabilir. Bir gölgenin açıklık-koyuluk özelliği temelde hacim iç yüzeylerinin ışık yansıtma çarpanı, aydınlatma biçimi (dolaysız aydınlatma, dolaylı aydınlatma vb.) ile hacimdeki aydınlatma aygıtı sayısı ve bu aygıtların konumuna bağlıdır (Şekil 2.5-2.6). Bunlara ek olarak, iç mimari elemanların ve nesnenin kendisinin ışık yansıtma çarpanları, aydınlatma aygıtının ışık yoğunluk dağılımı da gölgenin açıklık-koyuluk özelliği üzerinde etkili olabilir. Gölgede açıklık-koyuluk değerlendirmesi, temelde gölgenin ışıklılığı ile gölgenin yakın çevresinin ışıklılığına bağlıdır [23].

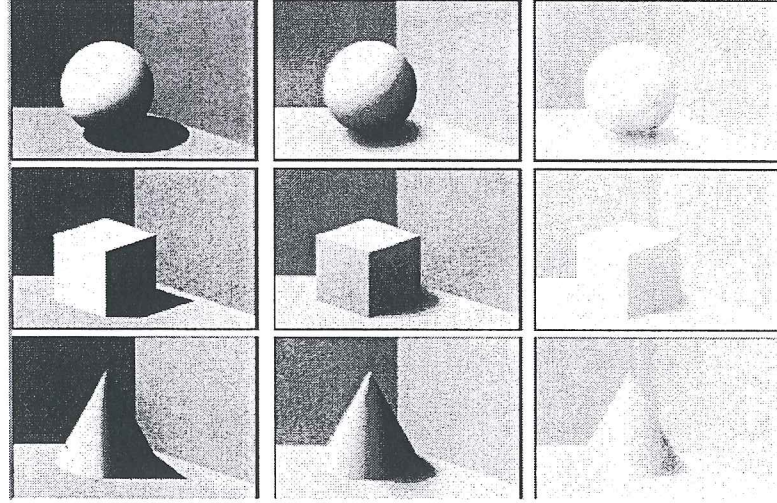


Şekil 2. 5 Açıklık-koyulukları farklı derecelerde olan yumuşak gölgeler [26]



Şekil 2. 6 Yumuşak bir gölgenin çevreden gelen ışıklarla aydınlanmasına örnekler [27]

Çevreden gelen ışıklarla çok aydınlanmış gölgenin görsel algılamaya sağladığı katkı azalabilir. Bir hacimdeki koyu gölgelerin etkisi ise alışılmış ve doğal değildir, çok az aydınlanmış gölgeler görsel algılamada eksikliklere yol açabileceği gibi yorucu da olabilir.



Şekil 2. 7 Farklı biçimlerdeki nesnelerin sertlik-yumuşaklıkları ve açıklık-koyulukları farklı gölgeleri [26]

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılabileceği gibi, bir gölge 'sert ve açık', 'yumuşak ve açık', 'sert ve koyu' ya da 'yumuşak ve koyu' olabilir. Gölgenin gerek sertlik-yumuşaklık gerekse

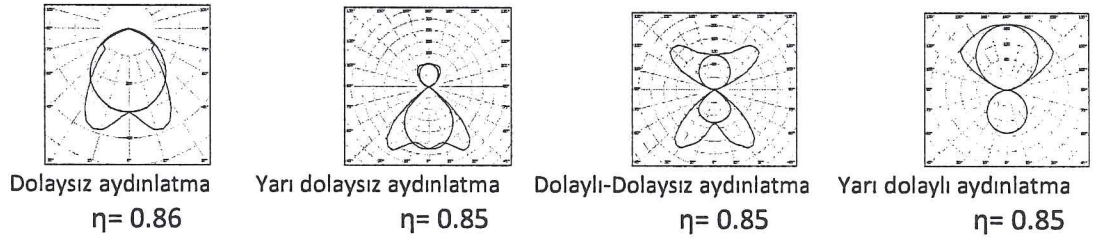
açıklık-koyuluk özelliği bakımından çeşitli dereceler söz konusu olabilir. Vitrin ve sahne aydınlatması gibi özel bazı etkilerin istenebileceği koşullar dışında sert ve koyu gölgelerden kaçınılmalı, yumuşak ve açık gölgeli aydınlıklar oluşturulmalıdır.

Aydınlatma biçiminin dolaylı olduğu ya da ışıklı tavanın uygulandığı hacimlerde gölgeler belirgin olmaz. Gölge varlığının algılanmadığı bu tür uygulamaları gerektirecek özel koşulların bulunmadığı ortamlarda, her zaman üç boyutsal değerleri ortaya çıkaran yumuşak gölgeli aydınlıklar sağlanmalıdır.

GÖLGE ÖZELLİKLERİNİ BELİRLEMeye YÖNELİK YAPILMIŞ ÇALIŞMALARIN İNCELENMESİ ve DEĞERLENDİRİLMESİ

Aydınlatma tasarımı ölçütlerinden biri mimari mekanlarda ortaya çıkan gölgelerin özellikleridir. Gölge niteliği koşullara göre, bir hacimde zengin görüntülerin oluşmasına yol açabileceği gibi görsel algılamının yorucu ve yanıltıcı olmasına da neden olabilir. Bu bölümde bir hacimdeki gölge özelliklerinin saptanması ve gölge açısından uygun kabul edilen koşulların tanımlanmasına yönelik literatürde yer alan yaklaşımlar incelenmiştir.

Gölge özelliklerinin tanımı ve belirlenmesine yönelik incelenen yaklaşımlardan bazılarını değerlendirebilmek amacıyla DIALux bilgisayar programında 5m x 5m x 3m boyutlarında tefrişsiz bir hacim oluşturulmuştur. Hacmin iç yüzey yansıtma çarpanları olarak prEn 12464-1 Standardı'nda iş yerleri için tavan, duvar ve döşeme için sırasıyla önerilen alt (0.70, 0.50, 0.20) ve üst değerler (0.90, 0.80, 0.40) dikkate alınmıştır. Örnek hacimde dolaysız, yarı dolaysız, dolaylı-dolaysız ve yarı dolaylı aydınlatma olmak üzere dört farklı aydınlatma biçimi uygulanmıştır. Farklı aydınlatma biçimlerinde kullanılan aydınlatma aygıtlarının geriverimlerinin (η) birbirine olabildiğince yakın olmasına özen gösterilmiş ve hesaplamalar DIALux bilgisayar programı aracılığı ile yapılmıştır (Şekil 3.1). Tavanın orta noktasına tespit edilen her tip aydınlatma aygıtının içinde 1 adet 35 W T16 flüoresan lamba bulunmaktadır. Aygıt sayısı ve düzeninin farklı olduğu koşullarda ulaşılabilecek sonuçların da değişeceği açıktır.



Şekil 3. 8 İncelemede kullanılan aydınlatma aygıtlarının ışık yeğinlik dağılımları ve geriverimleri

Koşullara göre, döşemeden 1.20 m ve 0.75 m yüksekliğindeki yatay yararlı düzlemler üzerinde ve döşeme yüzeyinde aydınlık düzeyleri belirlenerek, hacmin ortasından geçen ve aydınlatma aygıtının kısa kenarına paralel olan kesitteki aydınlık dağılımları saptanmıştır. Bunun için, ilgili düzlemler üzerinde 8 cm ara ile 64x64 noktadaki aydınlık düzeyi belirlenmiştir [29].

2. Bölümde belirtildiği gibi, gölgeler, nesne yüzeyindeki gölgeler ve atılan gölgeler olmak üzere iki ayrı açıdan değerlendirilebilir. Gerek nesne yüzeyindeki gerekse atılan gölgenin niteliği aynı etkenlere bağlı olarak biçimlenir ve aynı özellikleri taşırlar. Örneğin, içinde yer aldığı hacmin ölçülerine göre boyutu küçük bir aydınlatma aygıtı hem nesne yüzeyinde sert gölge oluşturur hem de nesnenin atılan gölgesinin sert olmasına yol açar. Buna benzer biçimde, hacimdeki yayınlık ışığın toplam ışık içindeki oranı küçüldükçe, nesne yüzeyindeki gölge ile birlikte bu nesnenin attığı gölge de koyulaşır.

Nesne yüzeyindeki gölgelerin açıklık-koyuluk özelliği literatürde genellikle 'modelleme' başlığı altında ele alınmaktadır. Modelleme terimi, hacimdeki yayınlık ışık ile doğrultulu (dolaysız) ışık arasındaki dengeyi tarif etmek için kullanılmaktadır [3]. Söz konusu dengenin elde edilebileceği koşullara yönelik önerilerin yer aldığı birçok yaklaşım geliştirilmiştir. Bu nedenle literatürde yer alan yaklaşımlar,

- nesne yüzeyindeki gölgelerin ele alındığı yaklaşımlar ve
- atılan gölgelerin ele alındığı yaklaşımlar

olmak üzere iki ayrı başlık altında incelenmiştir. İncelenen yaklaşımlar, gölge niteliğinin bir aydınlatma tasarımı ölçütü olarak kullanılmasında yararlanılabilecek veriler içermeleri açısından değerlendirilmiştir.

3.1 Nesne yüzeyindeki gölgelerin ele alındığı yaklaşımlar

▪ prEn 12464-1 Standardı

Avrupa Standardında, bir hacmin genel görünümünün, içindeki nesnelerin biçimi ve dokusu rahat olarak algılandığında daha zengin olduğu belirtilmektedir. Bu standarda göre, aydınlatma, sert gölgelerin oluşmaması ve modelleme etkisinin tümüyle kaybolmaması için ne çok doğrultulu ne de çok yayınlık olmalıdır. Birden çok doğrultudan gelen dolaysız ışığın yol açtığı çok sayıdaki gölgelerden kaçınılmalıdır. Modellemeye ilişkin yapılmış belirlemeler aşağıdaki gibidir:

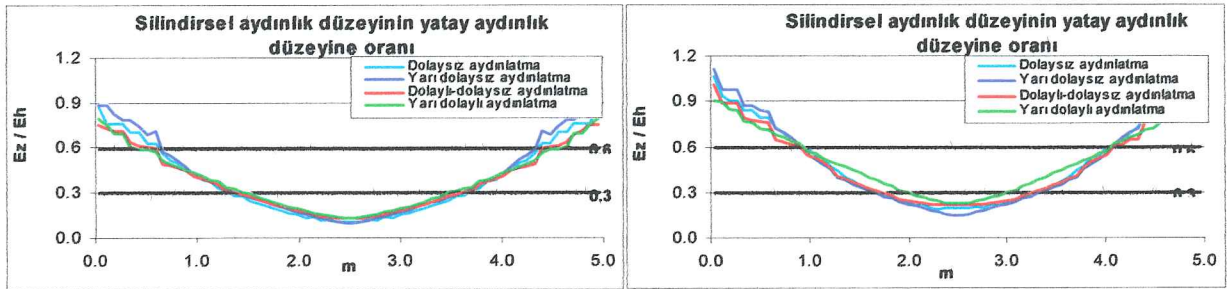
- Bir noktadaki silindirsiz aydınlık düzeyinin aynı noktadaki yatay aydınlık düzeyine oranı ($\bar{E}_z/\bar{E}_h$) modelleme için bir belirleyicidir.
- Aydınlatma aygıtlarının ya da tepe pencerelerinin düzgün (eşit aralıklı) yerleştirildiği durum için, 0.30-0.60 arasındaki bir değer iyi bir modelleme sağlar.
- Pencerelerden gelen günışığı ağırlıklı olarak yatayda yayılır. Günışığının genel yararları, bu ışığın modelleme değerleri üzerindeki olumsuz etkisini telafi eder ve günışığına bağlı modelleme değerleri belirtilen aralıktan daha büyük olabilir [3].

Değerlendirme

Oluşturulan örnek hacimde aydınlatma biçimi ve yansıtma çarpanı açısından farklı sekiz durum için döşemeden 1.20 m yükseklikteki düzlem içindeki 4096 (64x64) noktada $\bar{E}_z/\bar{E}_h$ oranları hesaplanmış ve " $\bar{E}_z/\bar{E}_h=0.30-0.60$ " koşulunun sağlandığı nokta sayısı iki ayrı aydınlatma biçimi için Çizelge 3.1' de gösterilmiştir. Söz konusu oranların hacmin kesitindeki değişimi dolaysız, yarı dolaysız, dolaylı-dolaysız ve yarı dolaylı aydınlatma biçimleri için Şekil 3.2' de gösterilmiştir.

Çizelge 3. 1 Örnek hacimde $\bar{E}_z/\bar{E}_h = 0.30-0.60$ koşulunun sağlandığı nokta sayısının aydınlatma biçimi ve ışık yansıtma çarpanına göre değişimi

Aydınlatma biçimi	ρ (tavan-duvar-döşeme)	$\bar{E}_z/\bar{E}_h = 0.30-0.60$	$\bar{E}_z/\bar{E}_h < 0.30$	$\bar{E}_z/\bar{E}_h > 0.60$
Dolaysız	0.70-0.50-0.20	1436	824	1836
	0.90-0.80-0.40	1180	392	2524
Yarı dolaylı	0.70-0.50-0.20	1710	610	1776
	0.90-0.80-0.40	1200	184	2712



Şekil 3. 9 $0.30 \leq \bar{E}_z/\bar{E}_h \leq 0.60$ koşuluna ilişkin inceleme

Çizelge 3.1 ve Şekil 3.2’de görüldüğü gibi, ele alınan örnek durumların hiç birinde hacmin bütününde “ $0.30 \leq \bar{E}_z/\bar{E}_h \leq 0.60$ ” koşulu sağlanamamaktadır. Bununla birlikte, her aydınlatma biçimi için hacim iç yüzeyleri ışık yansıtma çarpanlarının küçük olduğu (0.70-0.50-0.20) durumda söz konusu koşulun sağlandığı nokta sayısı daha fazla olmaktadır. Her bir aydınlatma biçimi için, iç yüzey yansıtma çarpanları arttıkça aydınlığı oluşturan toplam ışık içindeki yansımış ışığın oranı artmakta, E_z/E_h değerleri de sayısal olarak büyümektedir. Silindirselsel ve yatay aydınlık düzeyleri arasında sağlanması önerilen oranlar, gölgenin açıklık koyuluk özelliği ile ilgili olup gölgenin sertlik yumuşaklığı konusunda bilgi vermemektedir.

▪ E DIN 5035-7 Standardı

Alman Standardı’nda aydınlığın niteliğinin önemli ölçüde üç boyutlu nesnelerin tanınabilirliğine ve düşey yüzeylerin parıltısına bağlı olduğu belirtilmektedir. Konforlu bir görsel iletişimin kişilerin yüz hatlarının tanınabilirliğine bağlı olduğu vurgulanmakta, bunun tanımında uygun olan büyüklüğün silindirselsel aydınlık düzeyi olduğu savunulmaktadır. Bürolarda ortalama yatay aydınlık düzeyinin ($\bar{E}_h$) 500 lx olduğu durumda, döşemeden 1.20 m uzaklıktaki ortalama silindirselsel aydınlık düzeyinin ($\bar{E}_z$) 150-200 lx; ortalama yatay aydınlık

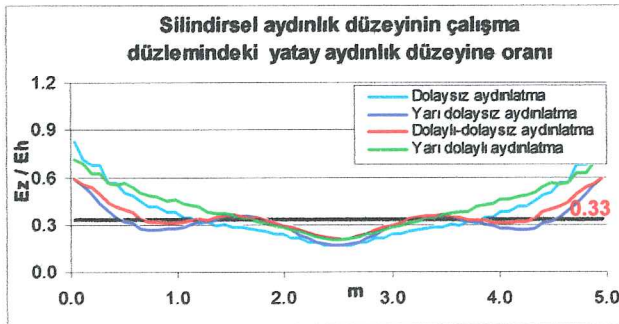
düzeyinin 500 lx' ten yüksek olması durumunda ise ortalama silindrsel aydınlık düzeyinin en az $0.33 \times \bar{E}_h$ olması önerilmektedir [4].

Değerlendirme

Örnek hacimde ele alınan sekiz durum için, döşemeden 1.20 m yükseklikteki düzlem içindeki 4096 noktada silindrsel aydınlık düzeyi (E_z), döşemeden 0.75 cm yükseklikteki çalışma düzlemi içindeki aynı noktalarda yatay aydınlık düzeyi (E_h) belirlenmiş ve ilgili E_z/E_h oranları hesaplanmıştır. E_z/E_h oranının hacim boyunca değişimleri Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Belirtilen sekiz durum için ortalama silindrsel ve ortalama yatay aydınlık düzeyleri de saptanmış ve ortalama aydınlıklar arasındaki oranlar ($\bar{E}_z/\bar{E}_h$) Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. 2 Aydınlatma biçimi ve yansıtma çarpanına göre $\bar{E}_z/\bar{E}_h$ oranının değişimi

Aydınlatma biçimi	ρ (tavan-duvar-döşeme)	$\bar{E}_z/\bar{E}_h$
Dolaysız	0.70-0.50-0.20	0.40
	0.90-0.80-0.40	0.57
Yarı dolaysız	0.70-0.50-0.20	0.35
	0.90-0.80-0.40	0.51
Dolaylı - Dolaysız	0.70-0.50-0.20	0.39
	0.90-0.80-0.40	0.56
Yarı dolaylı	0.70-0.50-0.20	0.46
	0.90-0.80-0.40	0.63



Şekil 3. 10 $E_z/E_h \geq 0.33$ koşuluna ilişkin inceleme

Ele alınan örnek durumlardan yalnızca ikisinde (dolaylı-dolaysız ve yarı dolaylı aydınlatma) " $E_z/E_h \geq 0.33$ " koşulu hacmin bütününde sağlanabilmektedir. Ancak, noktada aydınlık düzeyi

oranları (E_z/E_h) yerine ortalama aydınlıkların oranı ($\bar{E}_z/\bar{E}_h$) dikkate alındığında, örnek durumların hepsinde $\bar{E}_z/\bar{E}_h \geq 0.33$ koşulu gerçekleşmektedir. Bununla birlikte ortalama değerlerin dikkate alındığı yaklaşımlarda yapılan değerlendirmelerin hacmin bütününe kapsamayacağı, E_z/E_h değerinin hacim içindeki aydınlatma düzenine bağlı olarak bölgeden bölgeye önemli ayrımlar gösterebileceği unutulmamalıdır (Şekil 3.3). Tüm aydınlatma biçimleri için hacim iç yüzeyleri ışık yansıtma çarpanlarının büyük olduğu (0.90-0.80-0.40) durumda söz konusu koşulun sağlandığı nokta sayısı daha fazladır. Her bir aydınlatma biçimi için, iç yüzey yansıtma çarpanları büyüdükçe, E_z/E_h değerleri de sayısal olarak büyümektedir. Silindirselsel ve yatay aydınlık düzeyleri arasında sağlanması önerilen minimum oran hacimde oluşabilecek gölgeler açısından değerlendirildiğinde, yalnızca koyu gölgelerin oluşmasını önlemeye yönelik olduğu söylenebilir.

▪ SP 2.4 (BGI 856)

E DIN 5035-7 standardının içerdiği güncel bilgiler de dikkate alınarak bir çalışma grubu tarafından hazırlanan büro aydınlatmasına yönelik bir yayında, ortalama silindirselsel ve yatay aydınlık düzeyleri arasında $\bar{E}_z \geq 0.33 \times \bar{E}_h$ koşulu sağlandığında kuvvetli gölgelerin oluşmayacağı savunulmaktadır (Şekil 3.4), [5].



Şekil 3. 11 $E_z/E_h \geq 0.33$ koşuluna ilişkin inceleme [5]

Değerlendirme

Bu çalışmada kuvvetli gölge kavramı ile koyu gölge ifade edilmiştir. Toplam ışık içindeki yansımış ışık oranının artması ile silindirselsel aydınlık düzeyinin de yükseleceği, buna bağlı olarak gölgelerin aydınlanacağı, yani açığa çıkacağı açıktır.

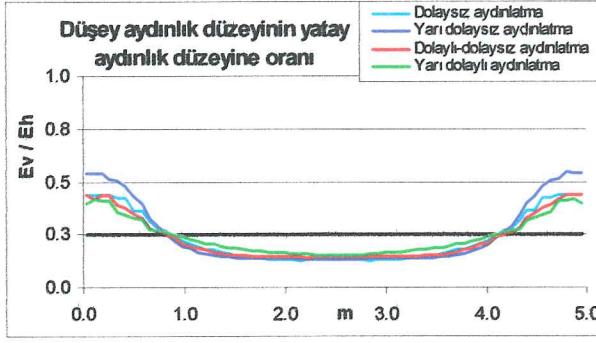
▪ Philips

Philips kuruluşu tarafından hazırlanmış olan el kitabında modelleme, ışığın nesnelerin dokusal ve üç boyutsal özelliklerini, ışık ve gölgeden oluşan görüntüler yaratarak ortaya çıkarma yeteneği olarak tanımlanmıştır. Düşey dışındaki doğrultulardan gelen ışığı tarif edebilmek için geliştirilmiş, aydınlık düzeyi oranlarına dayanan yaklaşımlardan dördü aşağıdaki gibi tanıtılmıştır:

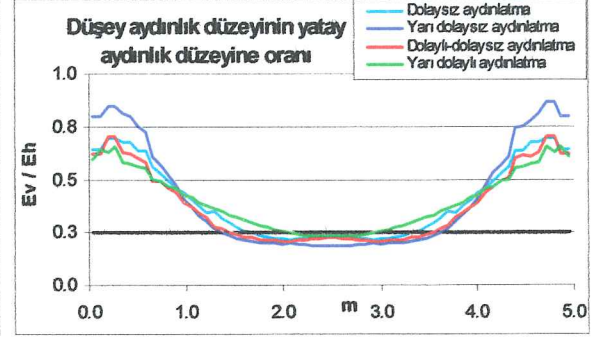
- Kabul edilebilir bir modelleme için, temel bakış doğrultusundaki düşey aydınlık düzeyinin yatay aydınlık düzeyine oranı (E_v/E_h) ≥ 0.25 olmalıdır.
- Bir hacimdeki doğrultulu ışık ile aydınlatmanın etkisi, vektörel aydınlık düzeyinin küresel aydınlık düzeyine oranına ($\bar{E}/E_s$) dayanan bir modelleme indisi ile belirtilebilir. Modelleme indisi 0 ile 4 arasında değişir; 0 iken gölge oluşmaz, 4 olduğunda sert gölgeler oluşur.
- Kabul edilebilir bir modelleme için, silindrsel aydınlık düzeyinin yatay aydınlık düzeyine oranı $0.3 \leq E_z/E_h \leq 3$ koşulunu sağlamalıdır.
- Düşey aydınlık düzeyinin yarı silindrsel aydınlık düzeyine oranı (E_v/E_{sz}), dış mekanlardaki yaya alanlarında insan özelliklerinin modellenmesinde kabul edilebilir bir ölçü olarak kabul edilmektedir ve dengeli bir modelleme için $0.8 \leq E_v/E_{sz} < 1.3$ koşulu sağlanmalıdır [6].

Değerlendirme

Örnek hacimde döşemeden 1.20 m yükseklikteki düzlemde E_v/E_h , $\bar{E}/E_s$, E_z/E_h ve E_v/E_{sz} oranları belirlenmiş ve hacmin kesitindeki değişimleri Şekil 5-8' de verilmiştir. Ele alınan örnek durumların hiç birinde hacmin bütününde $0.3 \leq E_z/E_h \leq 3$ ve $0.8 \leq E_v/E_{sz} < 1.3$ koşulları sağlanamamaktadır (Şekil 3.7 ve 3.8). E_v/E_h oranı yalnızca yarı dolaylı aydınlatma biçiminde hacmin genelinde 0.25 den büyük olmaktadır (Şekil 3.5). $\bar{E}/E_s$ oranı, 0 ile yaklaşık 1.8 arasında değişmektedir.

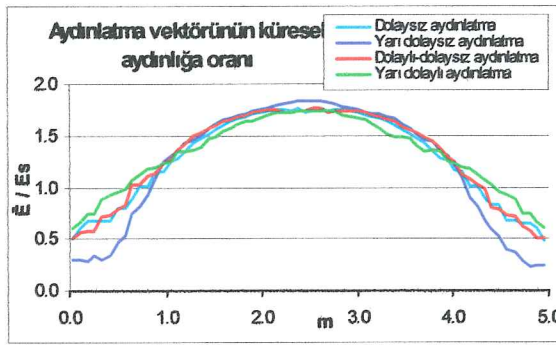


$\rho: 0.70-0.50-0.20$

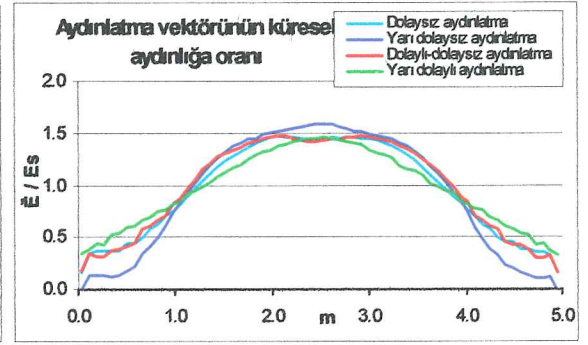


$\rho: 0.90-0.80-0.40$

Şekil 3. 12 E_v/E_h koşuluna ilişkin inceleme

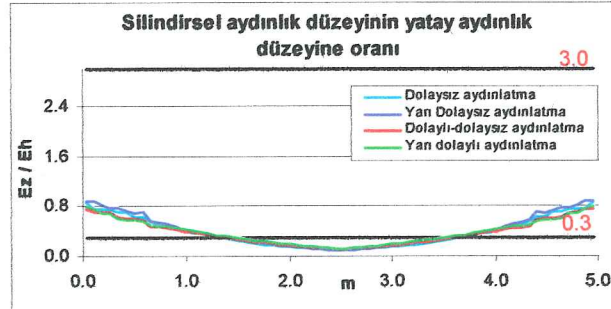


$\rho: 0.70-0.50-0.20$

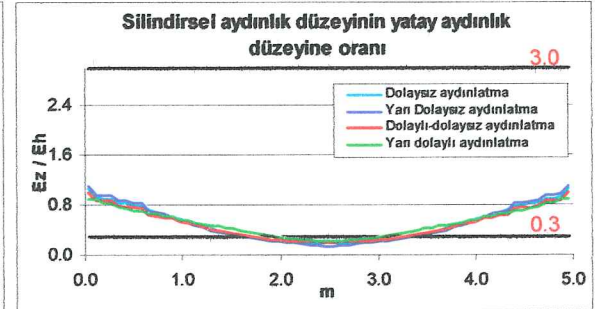


$\rho: 0.90-0.80-0.40$

Şekil 3. 13 $\vec{E} / E_s$ oranının hacimdeki değişimi

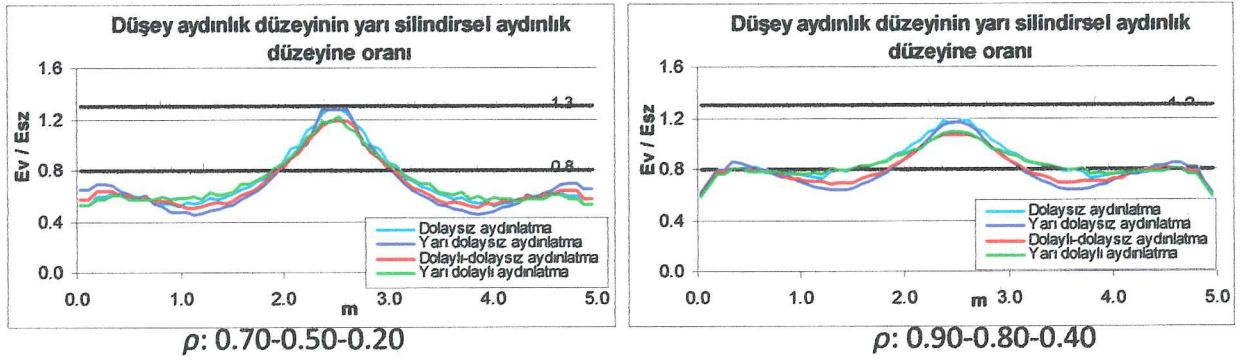


$\rho: 0.70-0.50-0.20$



$\rho: 0.90-0.80-0.40$

Şekil 3. 14 $0.3 \leq E_v/E_h \leq 3$ koşuluna ilişkin inceleme



Şekil 3. 15 $0.8 \leq E_v/E_{sz} < 1.3$ koşuluna ilişkin inceleme

▪ Uluslararası Aydınlatma Komisyonu; CIE

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu tarafından hazırlanan kent aydınlatmasına yönelik yayına göre yaya yolları için kabul edilebilir modelleme, düşey aydınlık düzeyinin (E_v) yarı silindrsel aydınlık düzeyine (E_{sz}) oranı 0,8 ile 1,3 arasında olduğunda sağlanabilmektedir (Şekil 3.8) [7].

Değerlendirme

Yukarıda belirtildiği gibi, ele alınan örnek durumların hiç birinde hacmin bütününde $0.8 \leq E_v/E_{sz} < 1.3$ koşulu elde edilememiştir (Şekil 3.8).

▪ Cuttle

Christopher Cuttle nesnelerin görünümünün doğrultulu ışık altında nasıl değiştiğini araştırmıştır. Cuttle'a göre, bir nesne üzerindeki aydınlık değişimleri ışığın doğrultusu, nesnenin biçimi ve ışık yansıtma özellikleri ile bakış doğrultusuna bağlıdır. Aydınlatmanın doğrultusal özelliğini belirtmek üzere aşağıdaki belirlemeler önerilmiştir:

- Işığın akışının (*flow of light*) algılanan doğrultusunun indisi olarak vector doğrultusu
- Bir noktadaki ışığın akışının algılanan gücünün indisi olarak 'Vektörel aydınlık : Küresel aydınlık' oranı ($E : E_s$)

- Verilmiş bir doğrultudan üç boyutlu bir nesneye bakıldığında nesne yüzeyindeki aydınlık dağılımının doğrultusal gücünün indisi olarak 'Etkin vektörel aydınlık: Küresel aydınlık' oranı $((\sin \beta \times E) : E_s)$
- Verilmiş bir doğrultudan üç boyutlu bir nesneye bakıldığında nesnenin hangi ölçüde aydınlatıldığının yaklaşık bir belirleyicisi olarak 'Görünen yarı kürenin ortalama aydınlık düzeyi' (E_{DV})

Çalışmada, vektör yüksekliği, vektörel aydınlık : küresel aydınlık oranı ve bakış doğrultusuna ilişkin önerilen değerler sırası ile '35⁰-45⁰', '1.4-2.0' ve '35⁰-50⁰' olarak verilmiştir [7]. Cuttle ayrıca, nesne yüzeyinde istenen gölge etkisini elde etmek üzere grafik ekran aracılığı ile vektör doğrultusu ve vektörel/küresel aydınlık oranını ayarlama olanağına dikkat çekmiştir. İsteğe göre grafik ekranda ayarlanan etkiyi sağlayacak aydınlatma koşullarını planlamak üzere gerekli hesaplamaların kullanıcı tarafından yapılabileceği savunulmuştur [9].

Değerlendirme

İncelenen çalışmaları değerlendirmek üzere ele alınan örnek hacimdeki $\vec{E}/E_s$ oranı, 0 ile yaklaşık 1.8 arasında değişmektedir (Şekil 8). Yazar tarafından önerilen vektörel aydınlık ile küresel aydınlık arasındaki '1.4-2.0' oranı, yansıtma çarpanının düşük olduğu hacimde hacmin orta bölümünde sağlanabilirken, yansıtma çarpanının yüksek olduğu hacimde hacmin yalnızca merkezinde elde edilebilmektedir.

■ İnanıcı

Mehlika İnanıcı bir nesne yüzeyindeki gölgeleri ışığın doğrultusal yapısına bağlı olarak tanımlamayı hedeflemiştir. Işığın doğrultululuğu, aydınlığı oluşturan ışığın dolaysız ve yayınık bileşenleri arasındaki denge olarak tanımlamakta ve aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\text{Doğrultululuk (\%)} = (\text{Doğrultulu ışık} \times 100) / (\text{Doğrultulu} + \text{Yayınık Işık}) \quad (3.1)$$

Işığın doğrultulu olma özelliğini niceliksel olarak belirleyebilmek amacıyla ışıklılığa dayanan bir değerlendirme sistemi önermektedir. İnancı'nın çalışmasında nesne yüzeyindeki gölgelerin açıklık-koyuluk özelliğine ilişkin ulaşılan sonuçlar aşağıda sıralanmıştır [9-10]:

- Doğrultululuk, çeşitli aydınlatma tasarımlarının nesne görünümüleri üzerindeki etkisini incelemek için kullanılabilir.
- İç yüzeylerin ışık yansıtma çarpanları küçük ise, kuvvetli doğrultululuk sert gölgeler yaratır. Düşük iç yüzey yansıtma çarpanları, nesne boyunca dramatik değişimler yaratan doğrultuluğu vurgular.
- İç yüzey yansıtma çarpanları yüksek mekanlar göreceli olarak düzgün yayılmış aydınlık ve sıkıcı bir çevre yaratırlar. Yüksek düzeydeki doğrultululuk nesne özelliklerinin algılanmasını engeller.
- Doğrultululuk % 0 olduğunda, nesne üç boyutsal karakterini kaybeder ve düz görünür.

Değerlendirme

Doğrultulu ışığın toplam ışığa oranı olarak belirtilen doğrultululuk açısından bir hacimde oluşması uygun olabilecek değerlere değinilmemiştir. Doğrultululuk ile ilgili alt ve üst sınırlar belirlenmemiş olmasından ötürü, yaklaşım örnek hacim aracılığı ile yorumlanamamıştır.

- Bazı çalışmalarda (örneğin, **Reisinger**, **Madsen** ve **Donn**), ışığın doğrultuluğu ile nesne yüzeyindeki gölge özellikleri arasındaki ilişki görsel olarak kuvvetli, orta, zayıf gibi sıfatlarla değerlendirilmiştir [12-13].

3.2 Atılan gölgelerin ele alındığı yaklaşımlar

▪ Ohtani

Yoshihiko Ohtani ve meslektaşları çeşitli koşullar için atılan gölgenin özelliklerini incelemişlerdir. Gölgenin karakteristik anlatımı için kullanılan gölge faktörü aşağıdaki eşitlik ile tanımlanmıştır.

$$S=(E_o-E_s) / E_o \quad (3.2)$$

S: gölge faktörü

E_s : gölge içinde bir noktadaki aydınlık düzeyi

E_o : gölge atan nesnenin olmadığı durumda aynı noktadaki aydınlık düzeyi

Gölge faktörünün büyüklüğü, koşullara göre 0.0 ile 1.0 arasında değişen değerler almaktadır. Gölge faktörünün 1.0 olduğu durumda yarı gölge alanı olmayan tam sert gölge oluşmakta, 0.0 olduğu durumda ise hiç gölge oluşmamaktadır.

Ohtani ve diğerleri ışık kaynağının biçim, konum, sayı ve ölçülerine, hacim iç yüzeylerinin ve gölge oluşturan nesnenin ışık yansıtma çarpanına bağlı olarak gölge faktörünün örnek hacimler içindeki değişimini incelemiş ve aşağıda sıralanan temel sonuçları elde etmişlerdir:

- Genel olarak, aydınlatma tasarımında gölgeli alanın ve maksimum gölge faktörü sayısal değerinin küçük olması hedeflenmeli ise de, bu ikisi birbiriyle çelişmektedir. Nitekim, gölgenin alanı büyüdükçe gölge faktörünün maksimum değeri küçülmemekte, gölgenin alanı küçüldükçe de tersi durum gerçekleşmektedir. Bu nedenle, gereksinimlere göre, gölge alan büyüklüğü ve maksimum gölge faktörü arasında uygun ilişki kurulmalıdır.
- Gölgeyi olabildiğince azaltmak için, ışık kaynağı boyutu büyük olmalı ve kaynak aydınlanan alana yakın konumlandırılmalıdır.
- Hacim iç yüzeylerinin ışık yansıtma çarpanı büyüdükçe, gölge faktörünün maksimum ve minimum değerleri arasındaki fark küçülmektedir.

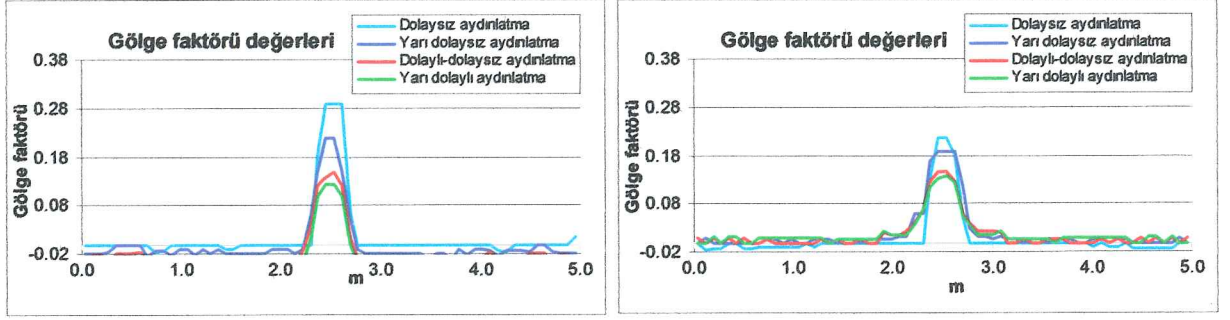
- Gölge atan nesnenin yansıtma çarpanındaki değişim, gölge oluşan yüzeydeki aydınlık dağılımını ve gölge faktörü dağılımını çok az etkilemektedir.
- Hacimdeki bölmelerin sayısı ve yansıtma çarpanları arttıkça, gölge faktörünün maksimum değeri küçülmektedir.
- Işık kaynağının boyutu büyüdükçe gölgeli alanın boyutu büyümekte, kaynak boyutu ve hacim iç yüzeylerinin yansıtma çarpanları büyüdükçe maksimum gölge faktörünün (S_{max}) sayısal değeri küçülmektedir.
- Bölge aydınlatmanın gölge oluşumuna etkisi genel aydınlatmadan daha fazladır.
- Işık kaynağının sayısı arttıkça, aydınlık düzeyi değerleri artmakta ve maksimum gölge faktörünün sayısal değeri azalmaktadır [14-20].

Değerlendirme

Gölge faktörünün koşullara göre değişimini ortaya koyan incelemeler gölgenin hem açıklık-koyuluk hem de sertlik-yumuşaklık boyutuyla ilgilidir. Ancak, bir iç mekanda oluşması uygun olabilecek gölge faktörü belirlemelerinin yapılmamış olması araştırma sonuçlarından yararlanmayı güçleştirmektedir.

Ele alınan öteki yaklaşımlar için yapıldığı gibi, örnek hacim üzerinde yaklaşımı değerlendirmek üzere düşük ve yüksek ışık yansıtma çarpanları ve dört farklı aydınlatma biçimi için hacmin döşemesi üzerindeki gölge faktörü dağılımları belirlenmiştir (Şekil 3.9).

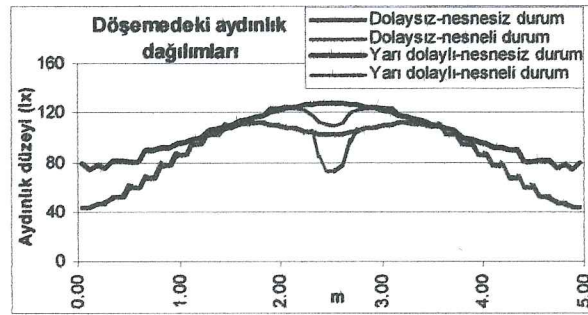
Hacimdeki aydınlık dağılımı ile gölge faktörü arasındaki ilişkiyi gösterebilmek açısından dolaysız ve yarı dolaylı aydınlatma biçimleri için döşeme yüzeyindeki aydınlık dağılımları saptanmıştır. Bu işlem, hacmin orta noktasında döşemeden 1.20 m yükseklikte, çapı ve yüksekliği 0.20 m olan bir silindirin var olduğu ve olmadığı durumlar için ayrı ayrı yapılmıştır. Söz konusu iki aydınlatma biçimi için hesaplanan aydınlık dağılımları Şekil 3.10' da gösterilmiştir.



$\rho: 0.70-0.50-0.20$

$\rho: 0.90-0.80-0.40$

Şekil 3. 16 Gölge faktörü dağılımları



Şekil 3. 17 Aydınlık dağılımları

Ohtani' nin çalışmalarında belirttiği gibi, aydınlatma biçimi dolaysızdan yarı dolaylıya doğru gittikçe ve iç yüzey yansıtma çarpanları yükseldikçe gölge faktörü değerleri küçülmekte, yani gölgeler aydınlanmaktadır.

▪ Haeger

Fred Haeger, gölge özelliklerine yönelik geçmişte yapılan tanımlarda fiziksel ölçülebilen büyüklükler ile bir gölgenin görsel değerlendirmesi arasında bir ilişki bulunmadığını savunmaktadır. Söz konusu tanımların aydınlık düzeyi belirlemeleri ve ışıklılık dağılımının integral büyüklükleri arasındaki oranlara dayandığını, integral oluşturulması durumunda ise gölgeyi belirleyen özelliklere ilişkin bilginin kaybolduğu ve farklı gölge oluşumlarına yol açan, tamamen değişik aydınlatma koşullarının aynı gölge tanımına götürebileceğini belirtmektedir.

Haeger, öznel değerlendirmelere dayanan ve hem nesne yüzeyindeki hem atılan gölgenin ele alındığı çalışmasında gölge etkisinin öznel algılanabilir derecesinin,

- nesne boyutu, ışığın geliş açısı, atılan gölge ve çevresi arasındaki ışıklılık karşıtlığı, nesne yüzeyindeki gölgenin büyüklüğü ve nesne yüzeyindeki ışıklılık karşıtlığı arttıkça,
- yarı gölge alanın boyutu ve gölgenin düştüğü yüzeyin ışık yansıtma çarpanı küçüldükçe

arttığı sonucuna varmıştır. Ayrıca belli büyüklükteki nesnenin konumunun da gölge algısında etkili olduğunu belirtmiştir.

Kapalı mekanların genel aydınlatması için gölge etkisinin kabaca en olumludan (1. sınıf) olumsuz (4. sınıf) doğru aşağıdaki gibi sınıflandırılmasını önermiştir:

1. Büyük yüzeyli, tek yönlü penceresi olan hacimde yatay düzlem üzerindeki nesnelerde ortaya çıkan gölgeler.
2. Tavanda düzgün yayılmış ışıklılık olduğu durumda oluşan gölgeler. Işıklı tavan ya da tavanda birbirine yakın yerleştirilmiş flüoresan lamba dizileri belli yakınlıkta bu duruma örnek oluşturur.
3. Eşit aralıklar ile yerleştirilmiş dolaysız aydınlatma yapan noktasal ışık kaynakları aracılığı ile oluşan gölgeler. Burada çok sayıda gölgenin oluşması ve bu gölgelerin aydınlanması söz konusudur.
4. Tek bir noktasal ışık kaynağı ile ortaya çıkan gölgeler [21].

Değerlendirme

Araştırmada gölgeyi yaratan etkenler ve çeşitli gölge durumları ayrıntılı olarak incelenmiş olmasına karşın, bir hacimdeki gölge özelliğini değerlendirmek üzere çok kaba bir sınıflandırma yapılmıştır. En iyi durum olarak belirtilmiş olan “gölge sınıfı 1” düşey pencereli hacimlerde günışığının yarattığı gölgeler; en olumsuz durum olarak gösterilmiş olan “gölge sınıfı 4” ise tek noktasal ışık kaynağı kullanımında oluşan gölgelerdir. Öteki iki sınıf ise belli

bir düzen içinde flüoresan lamba ya da noktasal ışık kaynağının kullanıldığı durumlarla ilgilidir. Oysa aygıt yerleşim biçimi açısından karşılaşılabilecek durumlar belirtilenler ile sınırlı değildir. Belli bir aygıt yerleşim biçiminde uygulanan aydınlatma biçimine (dolaysız, yarı dolaysız, dolaysız-dolaylı, yarı dolaylı, dolaylı) göre birbirinden farklı sonuçların elde edilebileceği açıktır. Ayrıca, yapılan sınıflandırmada, gölge oluşumunda ve algılanmasında etkisi olan hacim iç yüzeylerinin ışık yansıtma çarpanı, hacim içindeki aydınlık düzeyi gibi, çalışma içinde sıralanmış etkenler değerlendirilmemiştir.

▪ Dokuzer Öztürk

Leyla D. Öztürk' ün çalışmasında gölge niteliğinin, gölge sınırının kesinliği (sert-yumuşak gölge) ve gölgenin açıklık koyuluğu (açık-koyu gölge) olmak üzere iki ayrı özelliği olduğu vurgulanmıştır. Gölgenin sertlik-yumuşaklığının, gölge çekirdeği ve toplam gölge alanının algılanan büyüklükleri arasındaki orana; açıklık-koyuluğunun gölge çekirdeği ve yakın çevresinin algılanan parıltıları arasındaki orana bağlı olarak belirlenebileceği belirtilmiştir.

Gölge niteliği, sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk açısından derecelendirilmiş ve gölge niteliği açısından uygun koşulların elde edilebilmesi için,

- gölge çekirdeği büyüklüğünün toplam gölge alanına oranının 0.48'i aşmaması,
- çevre (gölgesiz alan) ışıklılığının gölge çekirdeği ışıklılığına oranının 4.6'dan büyük olmaması

önerilmiştir [22-23].

Değerlendirme

Araştırmada gölge özellikleri ile ilgili kabul edilebilecek üst sınıra ilişkin önerilerde bulunulmuş, ancak gerek gölgenin sertliği-yumuşaklığı gerekse açıklığı-koyuluğu açısından alt sınır tanımı yapılmamıştır. Ayrıca, önerilen sınır değerlerin saptanmasında, gölgenin algılanmasında etkili olan aydınlık düzeyi, iç yüzey yansıtma çarpanları, gölgenin düştüğü yüzeyin ışık yansıtma çarpanı gibi etkenlerin ne ölçüde dikkate alındığı belirtilmemiştir.

3.3 İncelenen Çalışmaların Genel Değerlendirmesi

Bu bölümde, nesne yüzeyindeki gölgelerin ele alındığı yaklaşımların ve atılan gölgelerin incelendiği yaklaşımların genel değerlendirmesi yapılmıştır. Literatürde gölge özelliklerini tarif etmek üzere kuvvetli, zayıf, sert, yumuşak, donuk, koyu (*strong, weak, harsh, soft, dull, dark*) gibi çeşitli sıfatlar kullanılmıştır. Bu sıfatlar ile gölgenin hangi özelliğinin tanımlandığı da her zaman açıkça anlaşılmamaktadır. Gölgenin belli bir özelliğine ilişkin farklı kaynaklarda aynı sıfatın kullanıldığına da rastlanmıştır. Örneğin, sert, kuvvetli (*harsh, strong*) sıfatları kimi araştırmalarda gölgenin sertliği ile ilgili açıklama yapmak üzere kullanılırken kimi çalışmalarda da gölgenin koyuluk özelliğini anlatmak amacıyla kullanılmıştır.

Nesne yüzeyindeki gölgelerin ele alındığı yaklaşımlarda yapılan incelemeler ve getirilen öneriler temelde hacim içindeki dolaysız ışık ve yansımış ışık oranlarına dayanmaktadır. Düşey, yatay, silindirselsel, küresel, vektörel gibi çeşitli aydınlıklar arasındaki sağlanması önerilen oranlar genel olarak ışığın hacim içinde ne kadar yayındığı ile ilgilidir. Bir hacim içindeki dolaysız ve yansımış ışık arasındaki oran gölgelerin çevreden gelen ışıklarla ne kadar aydınlandığını gösterir. Bu nedenle, çeşitli aydınlıkların birbirine oranına dayanan öneriler gölgenin açıklık koyuluk özelliği ile ilgili olup hacimde çok koyu ve/ya da çok açık gölgelerin oluşmasını önlemeye yöneliktir. Öte yandan, söz konusu aydınlıklar hacimdeki aydınlatma aygıtlarının konumuna ve çeşitli özelliklerine bağlı olarak hacim içinde bölgeden bölgeye ayrımlar gösterir. Bu nedenle, hacimdeki belli ortalama aydınlıklar arasında sağlanması önerilen oranların hacmin bütünü için geçerli olamayacağı açıktır. Bu bakımdan, incelenen kaynaklar arasında yalnızca prEn 12464-1 Standardında bir noktadaki silindirselsel aydınlık düzeyinin aynı noktadaki yatay aydınlık düzeyine oranının modelleme için dikkate alınması önerilmektedir. Gölgenin açıklık-koyuluk özelliğine ilişkin yapılmış çalışmalarda gölgelere ilişkin aydınlık düzeyi, ışıklılık gibi nesnel ölçülebilen büyüklükler ile bunların öznel değerlendirmesi arasında belirli bir ilişki kurulmamıştır. Nesne yüzeyindeki gölgelerin incelendiği araştırmalarda gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliği ile ilgili uygun koşulların yaratılabilmesi açısından ayrıca yapılmış belirlemeler bulunmamaktadır.

Atılan gölge özelliklerinin ayrıntılı incelendiği Haeger ve Ohtani' nin çalışmaları gölge açısından kabul edilebilir sınır durumları veren tanımlar içermemektedir. Haeger'in uygulamada yol göstermek üzere önerdiği dört gölge sınıfı çok kabaca yapılmış bir belirleme olup, aydınlatma düzenine ilişkin olabilecek çok çeşitli koşulları içermemektedir. Uygun kabul edilebilecek gölge özelliklerine yönelik sayısal belirlemelerin yapıldığı Öztürk'ün çalışmasında bir hacimdeki gölge niteliğinin nasıl saptanabileceği ve hangi koşullarda geçerli olabileceği konusunda bilgi verilmemiştir.

Gölge niteliğinin tanımı ve bir hacimdeki gölge özelliklerinin belirlenmesine yönelik literatürde yer alan yönlendirici veriler oldukça sınırlıdır. İncelenen yaklaşımların, gölge niteliğinin bir aydınlatma tasarımı ölçütü olarak kullanılmasında yararlanılabilecek yeterli verileri içermediği görülmüştür. Gölge oluşumunda ve algılanmasında etkisi olan, hacim iç yüzeylerinin ışık yansıtma çarpanı, aydınlatma biçimi, aydınlatma aygıtı sayısı ve konumu, aydınlık düzeyi, gölgenin olduğu yüzeyin ışık yansıtma çarpanı gibi etkenlerin bir bütün olarak ele alınması ve bu fiziksel büyüklükler ile bunların görsel değerlendirilmeleri arasındaki ilişkilerin kurulması gerekmektedir. Gölge özelliğinin bir aydınlatma tasarım ölçütü olarak değerlendirilebilmesi için, mimari mekanlarda oluşan gölgelerin sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk açısından kabul edilebilir sınırlarının söz konusu etkenler dikkate alınarak belirlenmesine ve bir hacimdeki gölge özelliklerinin saptanmasına yönelik bir yaklaşımın geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

ÇEŞİTLİ KOŞULLARDA OLUŞAN GÖLGE ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Bu bölümde çeşitli koşullarda oluşan gölge özelliklerini inceleyebilmek amacıyla, aydınlatma aygıtı boyutu ve konumu ile gölge yaratan nesnenin boyutu ve konumuna ilişkin çeşitli koşullarda ortaya çıkan aydınlık dağılımları saptanmıştır. Aydınlık dağılımları üzerinde yapılan incelemeler aracılığı ile gölgedeki çekirdek ve yarı gölgenin çeşitli koşullardaki değişimi izlenebilmiştir. Bir gölgedeki çekirdek ve yarı gölgenin aydınlanan yüzeydeki konum ve boyutları, aygıt ve nesne arasındaki geometrik ilişkilere dayalı olarak da belirlenebilir [30]. Ancak bu yolla gölgenin genel karakteri ile ilgili çok genel bir bilgi edinilebilir. Buna karşın, aydınlık düzeyi dağılımları aracılığı ile çekirdek alan ve yarı gölge alanın boyut ve konumlarına ilişkin bilgi edinmenin ötesinde bu alanlardaki aydınlık düzeyi değişimleri de gözlenebilir. Ayrıca, birden fazla aydınlatma aygıtının bulunduğu koşullarda, üst üste binen gölgelerin etkisi de yalnızca aydınlık dağılımları ile izlenebilmektedir. Bu nedenle, 3. Bölüm’de literatürdeki tanımların incelenmesinde yapıldığı gibi, genişlik, uzunluk ve yüksekliği 5mx5mx3m olan tefrişsiz bir hacim ele alınmıştır. Çeşitli koşullarda ortaya çıkan sonuçları karşılaştırmak için, her bir farklı koşulda kullanılan lambaların yayımladığı toplam ışık akısı hacmin döşemesi üzerinde aynı ortalama aydınlık düzeyini sağlayacak biçimde ayarlanmıştır. DIALux bilgisayar programında oluşturulan hacmin iç yüzeylerinin yansıtma çarpanlarına ilişkin üç ayrı durum ele alınmıştır. Söz konusu yansıtma çarpanları tavan, duvar ve döşeme için sırasıyla “0.90-0.80-0.40”, “0.70-0.50-0.20” ve “0-0-0” olarak alınmıştır. Gölge özelliklerini inceleyebilmek için, hacmin ortasından geçen kesitteki aydınlık dağılımları saptanmış ve iç yüzey yansıtma çarpanlarının farklı olduğu durumlardaki aydınlık dağılımları bir arada aynı şekilde gösterilmiştir.

Yapılan incelemeler,

▪aydınlatma aygıtının boyutuna bağlı inceleme,

▪aydınlatma aygıtının biçimine bağlı inceleme,

onoktasal özellikteki lambanın yer aldığı aydınlatma aygıtı,

odoğrusal özellikteki lambanın yer aldığı aydınlatma aygıtı,

▪aydınlatma aygıtının ışık yeğnlik dağılımına bağlı inceleme

olmak üzere üç temel başlık altında toplanmıştır.

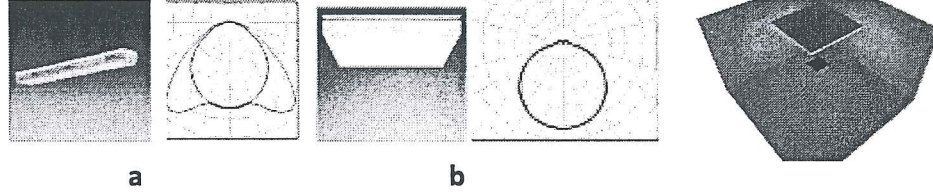
4.1 Aydınlatma Aygıtının Boyutuna Bağlı İnceleme

Gölge özelliklerinin incelenmesi ilk aşamada aydınlatma aygıtının boyutuna bağlı olarak yapılmıştır. DIALux aydınlatma programında özellikleri aynı, ancak boyutları farklı aydınlatma aygıtları oluşturabilmek için, önce içinde bir adet 42 W doğrusal flüoresan lamba olan ve ağız açıklığı pleksiglas ile kaplı bir aydınlatma aygıtı ele alınmış, daha sonra yan yana 2, 3, 4, 5, 6 ve 7 adet flüoresan lambalı aygıtın kullanıldığı durumlar için de aynı işlem yapılarak lamba sayısının artışına paralel olarak büyüyen ışıklı yüzeyler oluşturulmuştur (Şekil 4.1 a). 7 adet flüoresan lambalı aygıtın yan yana kullanılması ile elde edilen kare yüzeyli aygıtın boyutları 129.5 cm x 129.5 cm olmuştur. Bundan daha büyük yüzeyli aydınlatma aygıtı elde edebilmek amacıyla düzlem biçimindeki aydınlatma aygıtları yan yana kullanılmıştır (Şekil 4.1 b). Ayrıca, aygıt boyutunun tek flüoresan lambalı aygıtın enine kesitinden daha küçük olduğu duruma örnek oluşturabilmek için, 1 cm çapında LED' li aygıt kullanılmıştır. Aydınlatma aygıtının boyutuna bağlı incelemeler, aygıtın,

- tek ve tavanın ortasında olduğu (6 farklı durum)
- tek ve hacmin bir kenarına yakın yerleştirildiği (6 farklı durum)
- iki adet olduğu (5 farklı durum)

durumlar için ayrı ayrı yapılmıştır.

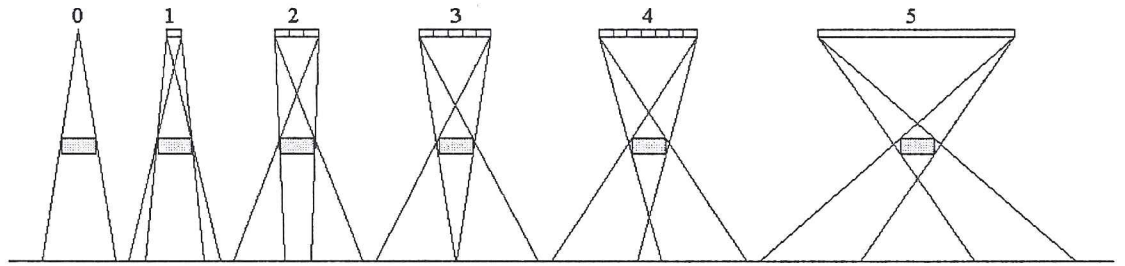
Aydınlatma aygıtının tek ve tavanın ortasında olduğu durum için, gölge oluşturan nesnenin hem döşemenin yukarısında hem de döşeme üzerinde olması koşulları incelenmiştir.



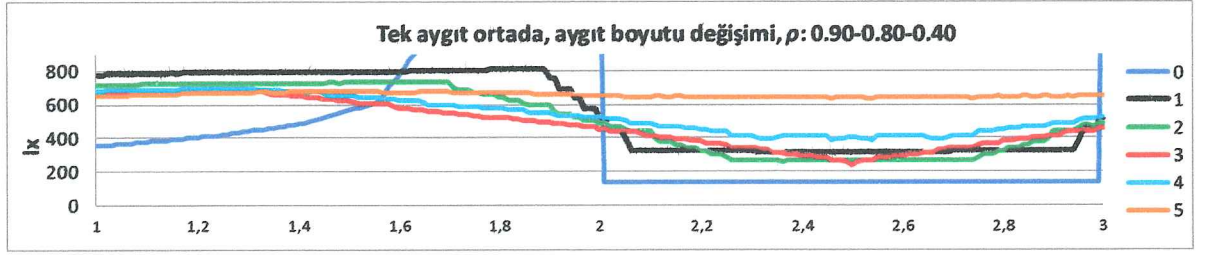
Şekil 4. 18 Farklı boyutta aydınlatma aygıtlarının oluşturulmasına örnekler

Yukarıda açıklanan, aydınlatma aygıtı boyutuna ilişkin oluşturulan farklı durumlar için oluşabilecek gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliği AutoCAD programında saptanmaya çalışılmıştır (Şekil 4.2, 4.7, 4.10, 4.13).

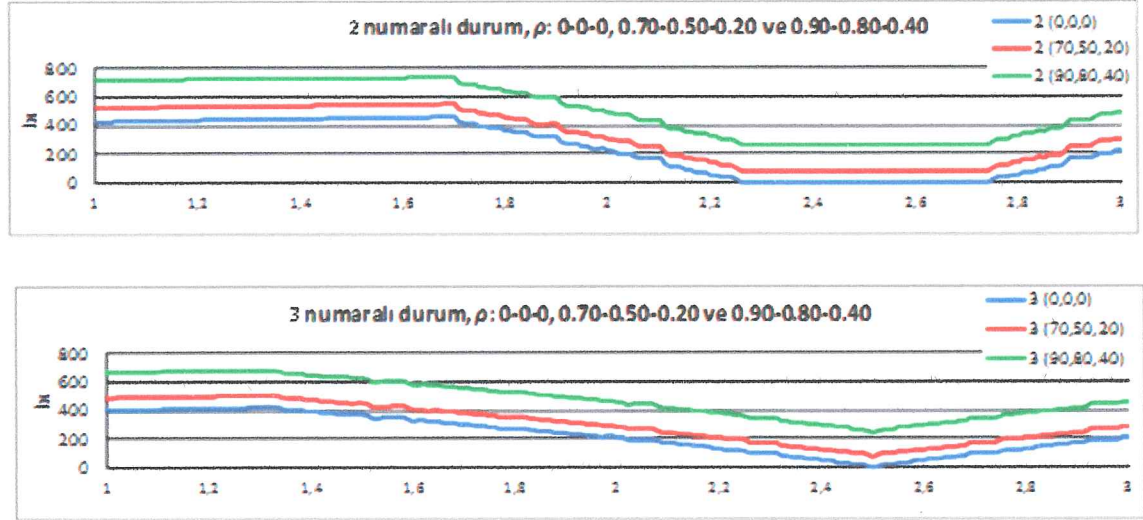
Aydınlatma aygıtının tek ve tavanın ortasında, nesnenin döşemenin yukarısında olduğu durum için, boyutları farklı altı aygıtın hacmin döşemesinde oluşturdukları aydınlık dağılımları Şekil 4.3'te ve aygıt boyutuna ilişkin iki farklı durumun (3 ve 5 durumları), iç yüzey yansıtma çarpanlarının 0-0-0, 0.70-0.50-0.30 ve 0.90-0.80-0.40 olduğu koşullar için hacmin döşemesindeki aydınlık dağılımları Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. 19 Aydınlatma aygıtının tek ve tavanın ortasında, nesnenin döşemenin yukarısında bulunduğu durum için, aygıt boyutuna bağlı olarak gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin değişimi



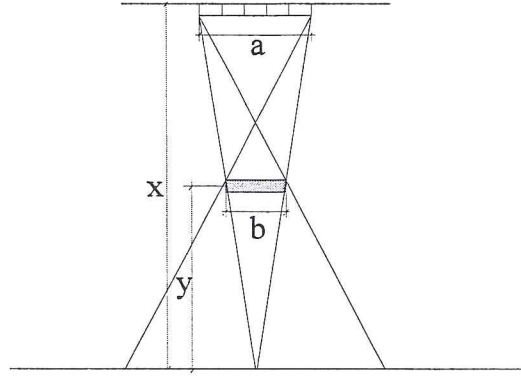
Şekil 4. 20 Aydınlik dağılımının aydınlatma aygıtı boyutuna bağıli olarak değişimi



Şekil 4. 21 Aydınlik dağılımının, hacim iç yüzey yansıtma çarpanlarının 0-0-0, 0.70-0.50-0.20, 0.90-0.80-0.40 olduğu koşullar için değişimi

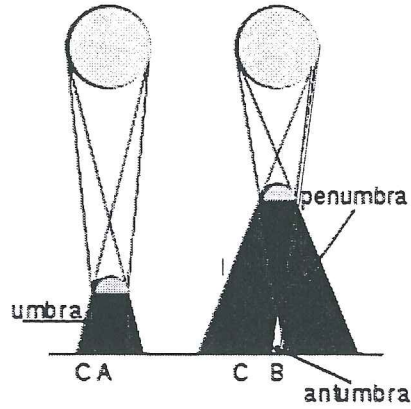
Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4 incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

1. Aydınlatma aygıtının boyutu büyüdükçe gölge çekirdeği alanının toplam gölge alanına oranı küçülür, yani gölge yumuşar. Bununla beraber, gölgeli alan büyür.
2. Aygıt konumu, nesne boyutu ve konumu sabit iken, aygıtın belli büyüklükteki bir durumunda gölge çekirdeği noktaya dönüşür (Şekil 4.2 ve 4.3; 3 numaralı durum). Gölge çekirdeğinin kaybolduğu bu durumu yaratan aygıtın büyüklüğü, aygıt konumu, nesne boyutu ve konumuna göre değişir. Bu durum oluştuğunda, kaynak boyutunun nesne boyutuna oranı ile kaynağın döşemeye olan uzaklığının nesnenin döşemeye olan uzaklığına oranı birbirine eşit olur ($a/b = x/y$) (Şekil 4.5).



Şekil 4. 22 Gölge çekirdeğinin kaybolduğu durum için, aygıt boyutu-konumu ve nesne boyutu-konumu ile ilgili geometrik ilişkiler

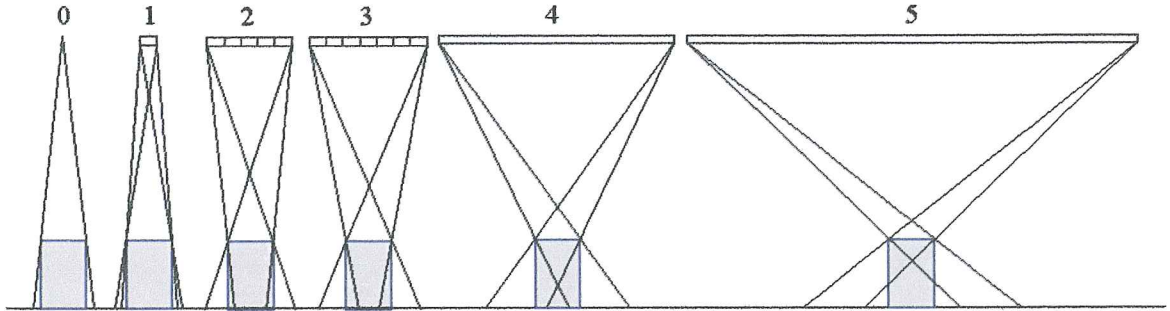
3. Gölge çekirdeğinin kaybolduğu durumu yaratan aygıt boyutunun daha da büyümesiyle gölge alan içindeki her nokta ışık kaynağının belli bir bölümünden ışık olarak aydınlanır. Yani, yumuşak gölgeden farklı olarak, gölgeli alan içinde, aydınlatma aygıtından hiç ışık almayan bölge bulunmaz. Toplam gölge içindeki yarı gölgelerin hiç üst üste binmediği ve ters çekirdek olarak adlandırılabilir bir bölge ortaya çıkar (Şekil 4.6). Şekil 4.6'da yarı gölge (*penumbra*) C, gölge çekirdeği (*umbra*) A, ters çekirdek (*antumbra*) B ile gösterilmiştir.



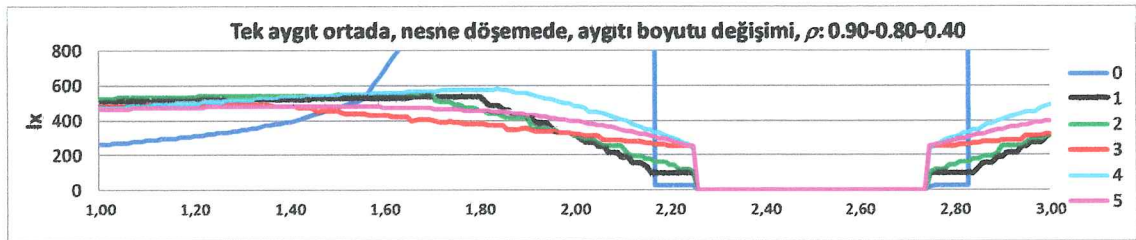
Şekil 4. 23 Aygıt boyutu büyüdükçe, gölge alan içindeki her noktanın ışık olarak aydınlanması durumu [31]

4. Hacim iç yüzey yansıtma çarpanları büyüdükçe yayınık ışık artar ve bunun sonucunda gölge aydınlanır, yani daha açık algılanır (Şekil 4.4).
5. Şekil 4.3'te 4 ve 5 ile belirtilen durumlarda, gölgenin varlığının algılanmadığı ve aydınlığın düzgün yayıldığı görülmektedir.

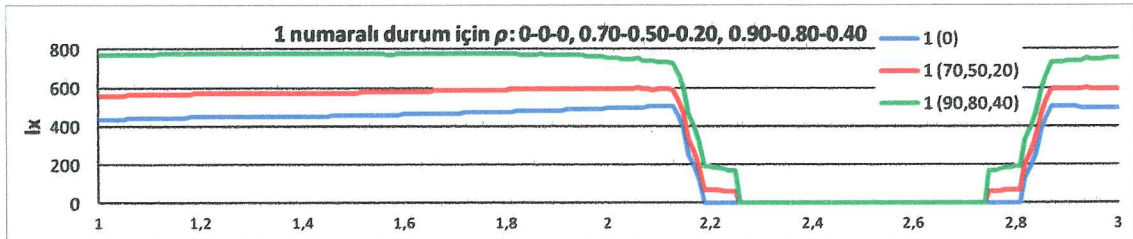
Aydınlatma aygıtının tek ve tavanın ortasında, nesnenin döşeme üzerinde yer aldığı durum için, boyutu farklı altı aygıtın yol açtığı farklı sertlik-yumuşaklıktaki gölgeler Şekil 4.7’de gösterilmiştir. Altı durum için hacmin döşemesinde oluşan aydınlık dağılımları Şekil 4.8’de, 1 numaralı durumun, iç yüzey yansıtma çarpanlarının 0-0-0, 0.70-0.50-0.30 ve 0.90-0.80-0.40 olduğu koşullar için döşemede oluşturduğu aydınlık dağılımları Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



Şekil 4. 24 Aydınlatma aygıtının tek ve tavanın ortasında, nesnenin döşeme üzerinde yer aldığı durum için aygıt boyutuna bağlı olarak gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin değişimi



Şekil 4. 25 Nesnenin döşeme üzerinde olduğu durum için aydınlık dağılımının aydınlatma aygıtı boyutuna bağlı olarak değişimi

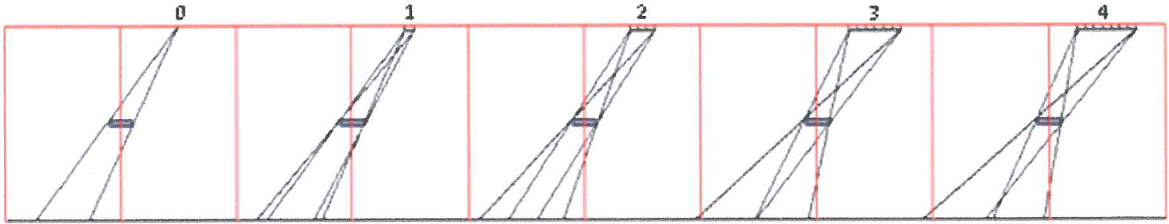


Şekil 4. 26 Aydınlık dağılımının, hacim iç yüzey yansıtma çarpanlarının 0-0-0, 0.70-0.50-0.20, 0.90-0.80-0.40 olduğu durumlar için değişimi

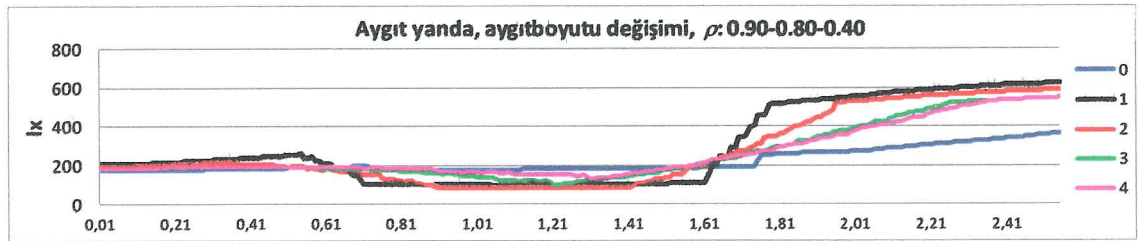
Yapılan inceleme ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Aydınlatma aygıtının boyutu büyüdükçe, nesnenin gölgesi yumuşar.
2. Aygıt boyutu nesne boyutundan küçük ise, nesnenin gölgesi içinde hem gölge çekirdeği hem de yarı gölge ayırt edilir.
3. Aygıt boyutu nesne boyutuna eşit ise, nesnenin gölgesi içinde gölge çekirdeği bulunmaz yalnızca yarı gölge alan var olur.
4. Aygıt boyutu büyüdükçe, algılanan yarı gölge alan büyür.

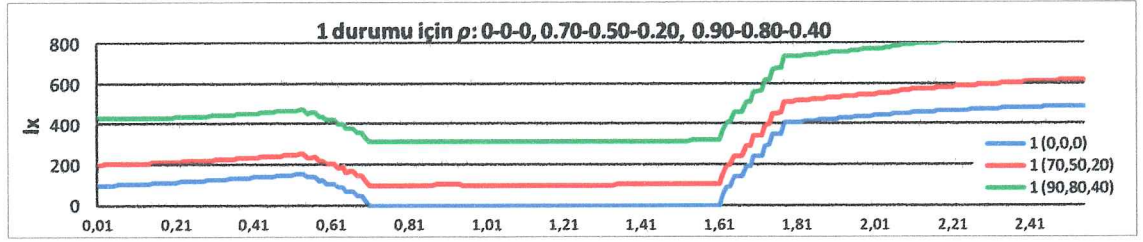
Aydınlatma aygıtının tek ve hacmin bir kenarına yakın olarak yerleştirildiği durumda, boyutu farklı beş aygıt için gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliği Şekil 4.10' da gösterilmiştir. Tüm aygıtlar için hacmin döşemesinde oluşan aydınlık dağılımları Şekil 4.11'de, 1 numaralı durumda, iç yüzey yansıtma çarpanlarının 0-0-0, 0.70-0.50-0.30 ve 0.90-0.80-0.40 olduğu koşullar için döşemede oluşan aydınlık dağılımları Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4. 27 Aydınlatma aygıtının tek ve hacmin bir kenarına yakın olarak yerleştirildiği durum için aygıt boyutuna bağlı olarak gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin değişimi



Şekil 4. 28 Aydınlatma aygıtının tek ve hacmin bir kenarına yakın olarak yerleştirildiği durum için aygıt boyutuna bağlı olarak aydınlık dağılımının değişimi



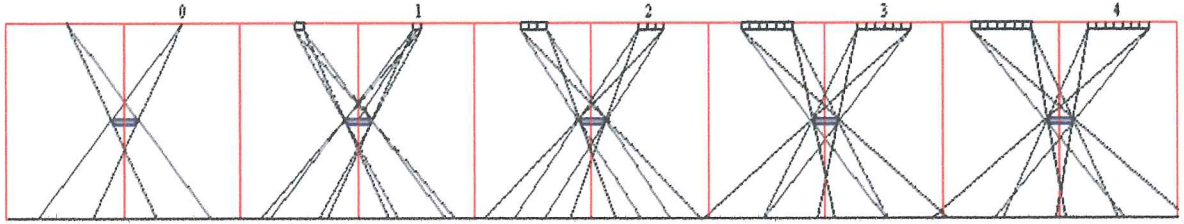
Şekil 4. 29 Aydınlik dağılımının, hacim iç yüzey yansıtma çarpanlarının 0-0-0, 0.70-0.50-0.20, 0.90-0.80-0.40 olduğu durumlar için değişimi

Yapılan inceleme ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

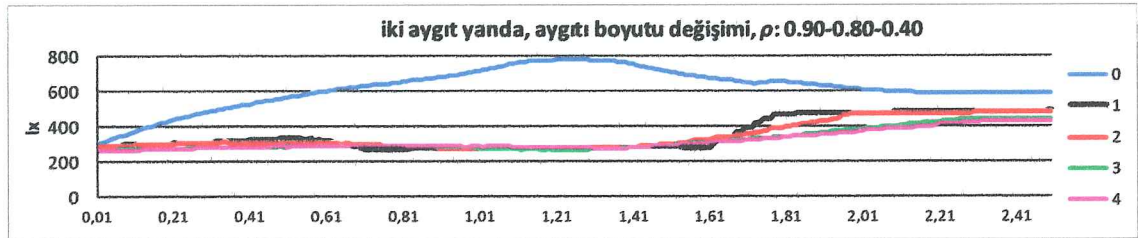
1. Aygıt boyutu ile nesne boyutunun aynı olduğu durumlar için, aydınlatma aygıtı hacmin bir kenarına yakın yerleştirilirse, tavanın ortasında olduğu koşula göre, gölge çekirdeği ve toplam gölge alanı artar, yarı gölge alanı ise azalır, yani gölge sertleşir (Şekil 4.2, 4.10).
2. Aygıt hacmin bir kenarına yakın yerleştirilirse, gölgeler genelde hacmin kenarlarında oluşur. Hacmin kenar bölgelerinde aydınlık düzeyinde azalma görüldüğü için, sert gölgelerin bile algılanması güçleşir (Şekil 4.11). Ayrıca, oluşan gölgenin farklı iki yanındaki yarı gölge uzunlukları eşit olmaz, aygıttan uzak olan yarı gölge daha uzun olur. Bununla birlikte, aygıttan uzak olan gölgesiz alandaki aydınlık düzeyi daha düşük olduğu için, gölge çekirdeğindeki ışıklılık, aygıttan uzak olan bu gölgesiz alandaki ışıklılığa daha yakın olur. Bu nedenle, gölge daha aydınlık algılanır, yani gölge çekirdeğindeki ışıklılığın gölgesiz alandaki ışıklılığa oranı ($L_{\text{gölge çekirdeği}} / L_{\text{gölgesiz alan}}$) artmış olur ve gölge açık algılanır (Şekil 4.11).
3. Aygıt boyutu ve nesne boyutu sabit kalarak, aygıtın hacmin kenarına yakın olması durumu ile tavan ortasında olması durumu karşılaştırıldığında, gölge çekirdeği ışıklılığının gölgesiz (aydınlık) alanın ışıklılığına oranı artmakta ($L_{\text{gölge çekirdeği}} / L_{\text{gölgesiz alan}}$) ve gölge aydınlanmaktadır (Şekil 4.3 ve 4.11).

Aydınlatma aygıtının iki adet olduğu durum için aydınlatma aygıtı boyutuna bağlı olarak oluşabilecek gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliği Şekil 4.13'te gösterilmiştir. Tüm aygıtlar için hacmin döşemesinde oluşan aydınlık dağılımları Şekil 4.14'te, 1 numaralı durumun, iç

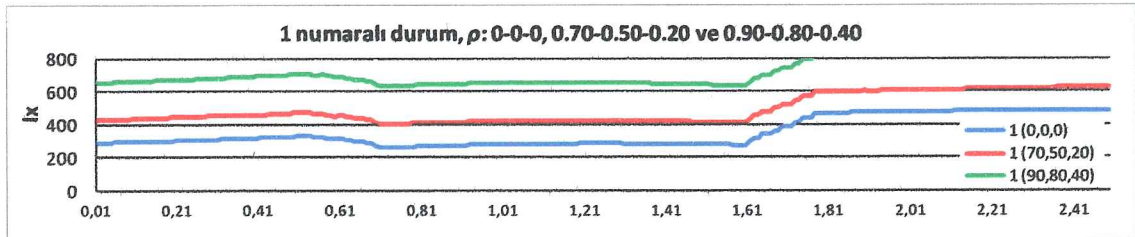
yüzey yansıtma çarpanlarının 0-0-0, 0.70-0.50-0.30 ve 0.90-0.80-0.40 olduğu koşullar için döşemede oluşturduğu aydınlık dağılımları Şekil 4.15’de gösterilmiştir.



Şekil 4. 30 Aydınlatma aygıtının iki adet olduğu durum için aygıt boyutuna bağlı olarak gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin değişimi



Şekil 4. 31 Aydınlık dağılımının aydınlatma aygıtı boyutuna bağlı olarak değişimi



Şekil 4. 32 Aydınlık dağılımının, hacim iç yüzey yansıtma çarpanlarının 0-0-0, 0.70-0.50-0.20, 0.90-0.80-0.40 olduğu durumlar için değişimi

Aydınlatma aygıtının iki adet olduğu durumda, aygıtlardan birinin yol açtığı gölgeli alan diğeri tarafından aydınlatılır. Başka bir aygıt tarafından aydınlanan gölgedeki çekirdeğin ışıklılığının her noktada aynı olmadığı görülmüştür. Gölge diğeri aygıt tarafından aydınlatıldığı için, gölge özellikleri sert olsa bile, ele alınan pek çok durumda gölgenin varlığını ayırt etmek güçleşmektedir (Şekil 4.14 ve 4.15).

Şekil 4.16'da görülen 4 farklı durum için, elde edilen aydınlık dağılımları Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4. 34 Aydınlanma dağılımının aygıt konumu, nesne konumu ve boyutuna göre değişimi

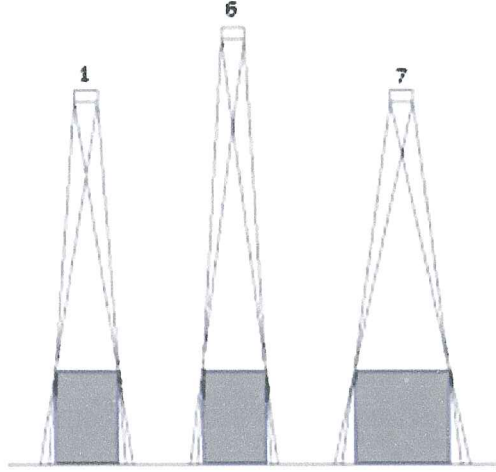
Şekil 4.17 incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

1. Nesnenin konumu sabit iken aydınlatma aygıtı döşemeye yaklaştıkça (uzaklaştıkça) gölge yumuşar (sertleşir).
2. Nesne döşemeye yaklaştıkça (uzaklaştıkça) gölgeler sertleşir (yumuşar).
3. Aygıt konumu ve boyutu sabit kalıp, nesnenin boyutu büyüdükçe, yarı gölgenin alanı değişmeden, yalnızca gölge çekirdeği büyür ve buna bağlı olarak gölge sertleşir (Şekil 4.17; 1 ve 8 durumları).

Tek aygıtın tavanın ortasında bulunduğu ve nesnenin döşeme üzerinde olduğu koşul için, döşeme yüzeyinde oluşan aydınlık dağılımları,

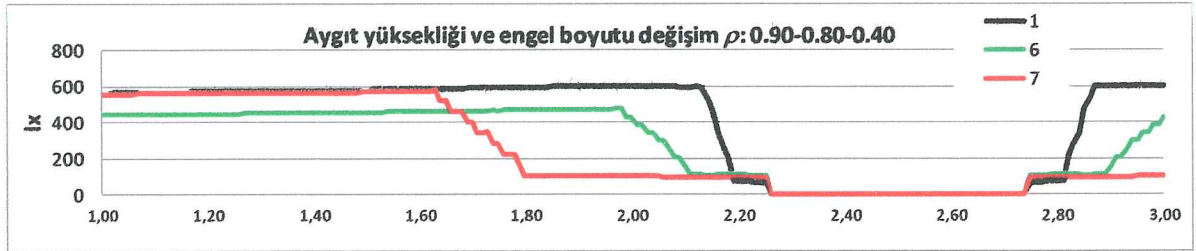
- aygıtın döşemeye uzaklığının 3.0 m, 3.5 m (Şekil 4.18; 1 ve 6 durumları)
- gölgeyi yaratan nesnenin en ve boyunun 0.50 x 0.50 m, 0.75 x 0.75 m (Şekil 4.18; 1 ve 7 durumları)

olduğu durumlar için incelenmiştir.



Şekil 4. 35 Aydınlatma aygıtının tavan ortasında ve gölge atan nesnenin döşeme üzerinde olması durumuna ilişkin örnekler

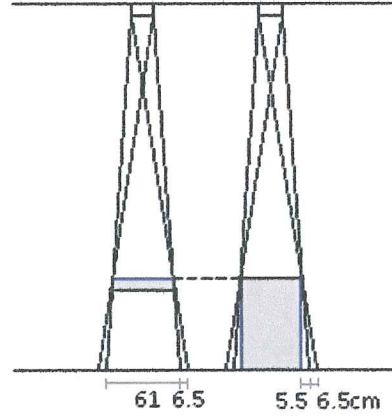
Şekil 4.18’de görülen 3 farklı durum için, noktasal ışık kaynağının döşeme yüzeyinde oluşturduğu aydınlık dağılımları Şekil 4.19’da gösterilmiştir.



Şekil 4. 36 Nesne döşemenin üzerinde iken aydınlık dağılımının aygıt konumu, nesne konumu ve boyutuna göre değişimi

Yapılan incelemede aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

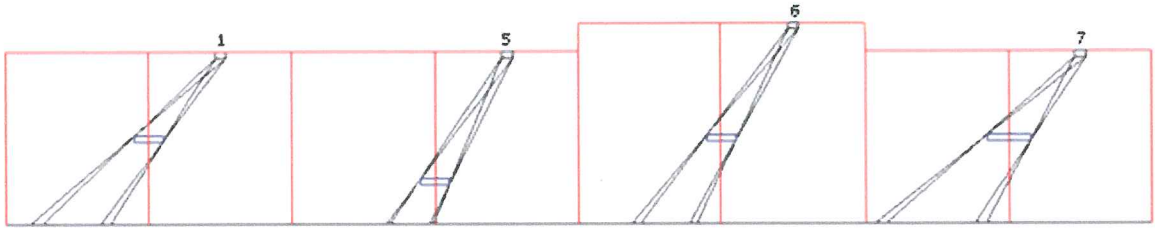
1. Aygıt konumu ve boyutu sabit kalıp, nesnenin boyutu büyüdükçe, gölge çekirdeği alanı büyür, yarı gölge alanın büyüklüğü değişmez (4.19; 1 ve 7 durumları).
2. Aygıt boyutu ve konumu değişmeden yükseklikleri aynı iki nesneden biri döşemeden yukarıda öteki döşeme üzerinde ise, her iki durumdaki “gölge çekirdeği alanı/toplam gölge alanı” oranları karşılaştırıldığında, döşemeden yukarıda olan nesnenin daha sert gölge oluşturduğu görülmüştür (Şekil 4.20).



Şekil 4. 37 Gölgesi oluşan nesnenin döşemenin yukarısında ve döşeme üzerinde bulunduğu iki ayrı durum için gölgenin sertlik-yumuşaklığının değişimi

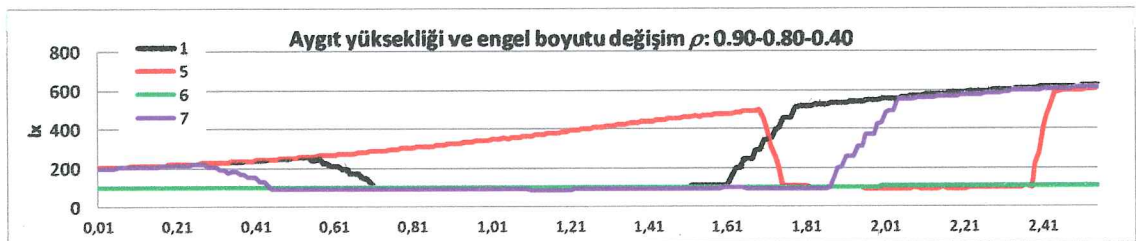
b-) Aydınlatma aygıtının tek ve hacmin bir kenarına yakın yerleştirildiği durum

Aydınlatma aygıtının tek ve hacmin bir kenarına yakın olarak yerleştirildiği durum için döşeme yüzeyindeki aydınlık dağılımları elde edilmiş ve incelenmiştir (Şekil 4.21).



Şekil 4. 38 Aydınlatma aygıtının tek ve hacmin bir kenarına yakın olarak yerleştirildiği durum için aygıt ve nesne konumuna ilişkin ele alınan örnekler

Aydınlatma aygıtının tek ve hacmin bir kenarına yakın olarak yerleştirildiği durumda döşeme yüzeyinde elde edilen aydınlık dağılımları Şekil 4.22’de gösterilmiştir.



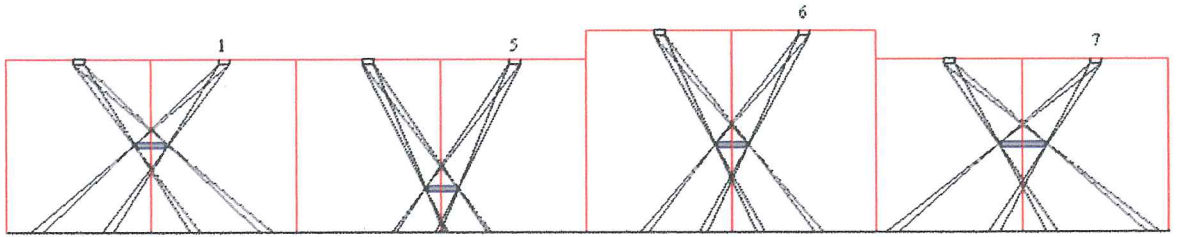
Şekil 4. 39 Aydınlık dağılımının aygıt konumu, nesne konumu ve boyutuna göre değişimi

Şekil 4.22 incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Aygıt boyutu ve konumu sabit kalıp, nesnenin döşemeden yüksekliği arttıkça, gölge çekirdeği alanının toplam gölge alanına oranı küçüldüğü için gölge yumuşar.
2. Aygıt boyutu ve nesne konumu sabit kalıp, aygıtın yerden yüksekliği arttıkça, gölge sertleşir.
3. Aygıt boyutu ve konumu sabit kalıp, nesnenin boyutu arttıkça, toplam gölge alanı ve gölgenin çekirdeği artar, gölge çekirdeği alanının toplam gölge alanına oranı büyüdüğü için gölge sertleşir (Şekil 4.22, 1 ve 7 durumları).

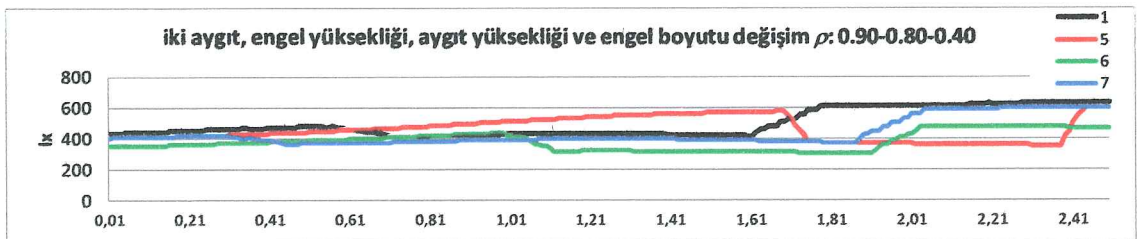
c-) Aydınlatma aygıtının iki adet olduğu durum

Aydınlatma aygıtının iki adet olduğu durum için oluşturulan örnekler Şekil 4.23'te gösterilmiştir.



Şekil 4. 40 Aydınlatma aygıtının iki adet olduğu koşul için, aygıt ve nesne konumuna ilişkin ele alınan durumlar

Aydınlatma aygıtının iki adet olduğu durum için döşeme üzerinde elde edilen aydınlık dağılımları Şekil 4.24'te gösterilmiştir.



Şekil 4. 41 Aydınlatma aygıtının iki adet olduğu durum için, aygıt konumu, nesne konumu ve boyutuna göre aydınlık dağılımının değişimi

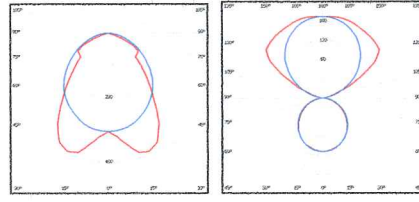
Aydınlatma aygıtının iki adet olup, nesnenin yan taraflarında bulunduğu durumlarda, aygıtlardan biri tarafından oluşturulan gölgeli alan diğeri tarafından aydınlatılmaktadır. Başka bir aygıt tarafından aydınlanan gölgenin çekirdeğindeki ışıklılık, çekirdeğin her noktasında aynı olmamaktadır. Gölgeler ikinci aygıt tarafından aydınlatıldığı için, gölge özellikleri sert olsa bile, ele alınan pek çok durumda gölgenin varlığından söz etmek güçleşmektedir (Şekil 4.24).

4.2.2 Doğrusal Özellikteki Lambanın Yer Aldığı Aydınlatma Aygıtı

Doğrusal özellikteki ışık kaynakları ile ilgili incelemeleri yapmak amacıyla, ışık yeğnlik eğrileri Şekil 4.25’de gösterilen aygıtlar kullanılarak, dolaysız ve yarı dolaylı aydınlatma biçimleri oluşturulmuştur. Aygıtların içinde 1 adet 35 W T16 flüoresan lamba bulunmaktadır. Farklı aydınlatma biçimlerini karşılaştırmak amacıyla, hacmin tavan, duvar ve döşeme yansıtma çarpanlarının 0.90-0.80-0.40 olduğu koşul için, aygıtlardan çıkan toplam ışık akısı niceliği döşeme üzerinde aynı ortalama aydınlık düzeyini sağlayacak biçimde ayarlanmıştır. Gölge özelliklerini inceleyebilmek için elde edilen aydınlık dağılımları, aydınlatma aygıtının enine kesiti dikkate alınarak belirlenmiştir (Şekil 4.26). Doğrusal ışık kaynaklarının enine ve boyuna olmak üzere her iki kesiti için de genel bir fikir edinebilmek amacıyla hacmin bütünündeki aydınlık dağılımları oluşturulmuştur (Şekil 4.27). Doğrusal ışık kaynakları ile ilgili incelemeler aygıtın,

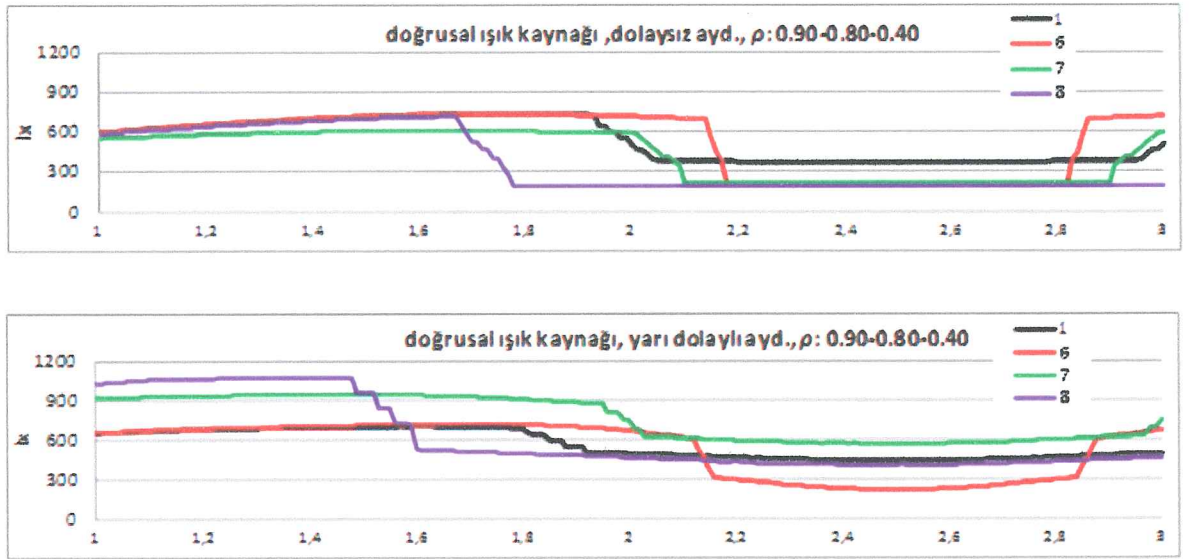
- tek ve tavanın ortasında olduğu,
- tek ve hacmin bir kenarına yakın yerleştirildiği,
- iki adet olduğu

durumlar için ayrı ayrı yapılmıştır. Ancak, doğrusal ışık kaynağının enine kesitindeki aydınlık dağılımları, noktasal ışık kaynağı ile oluşturulanlara benzer olduğu için doğrusal ışık kaynağına ilişkin elde edilen sonuçların birkaçına yer verilmiştir.

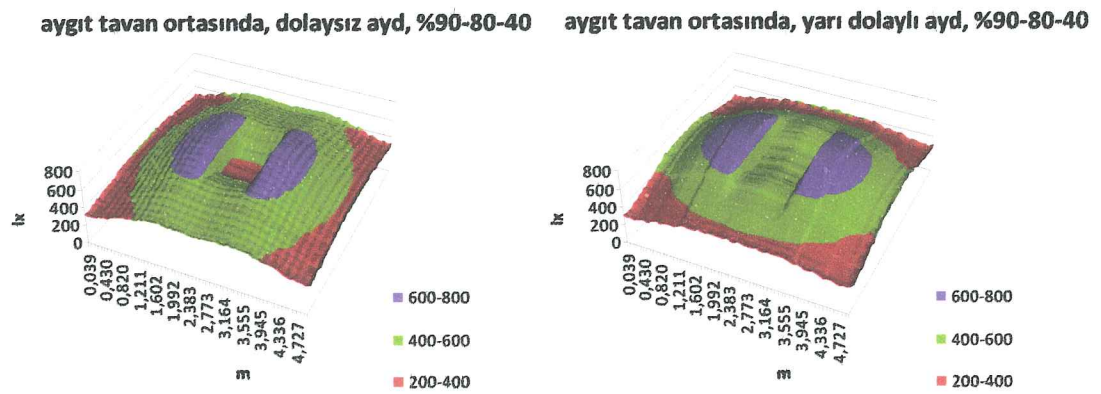


Dolaysız aydınlatma Yarı dolaylı aydınlatma

Şekil 4. 42 İncelemede kullanılan doğrusal ışık kaynaklarının ışık yeğinlik eğrileri



Şekil 4. 43 Dolaysız ve yarı dolaylı aydınlatma biçimleri için, doğrusal ışık kaynağının enine kesitine bağlı aydınlık dağılımları



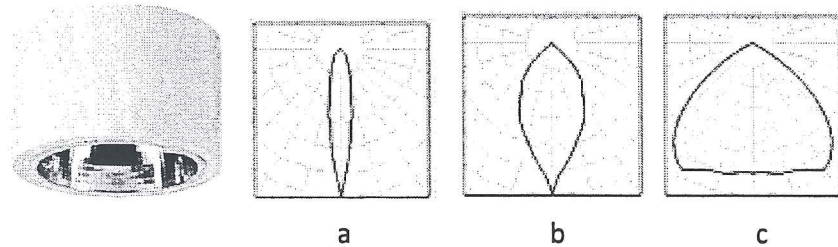
Şekil 4. 44 Dolaysız ve yarı dolaylı aydınlatma biçimleri için aydınlığın hacmin bütünündeki dağılımı

Şekil 4.26 ve 4.27 incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Işık kaynağı doğrusal olunca, aygıt sayısının bir ve hacim iç yüzey yansıtma çarpanlarının 0 olduğu durumda bile, nesne boyutu ve konumunun bazı koşulları için gölge çekirdeği aydınlanabilir. Söz konusu durum, nesne boyutu küçüldükçe ve nesnenin döşemeye uzaklığı arttıkça oluşur.
2. Aynı iç yüzey yansıtma çarpanları için, aydınlatma biçimi dolaysızdan yarı dolaylıya doğru değiştikçe, daha açık gölgeler elde edilir (Şekil 4.26 ve 4.27).
3. Nesne döşemeye yaklaştıkça, aydınlatma biçimi dolaysızdan yarı dolaylıya doğru değiştikçe, gölgelerin açıklama oranı azalmaktadır (Şekil 4.26; Şekil 4.16'daki 6 numaralı durum). Başka bir deyişle, aydınlatma biçimi yarı dolaylı dahi olsa, nesne döşemeye yaklaştıkça gölge daha az aydınlanır ve ayrıca, nesne ile döşeme arasındaki mesafe azaldığı için sertleşir.

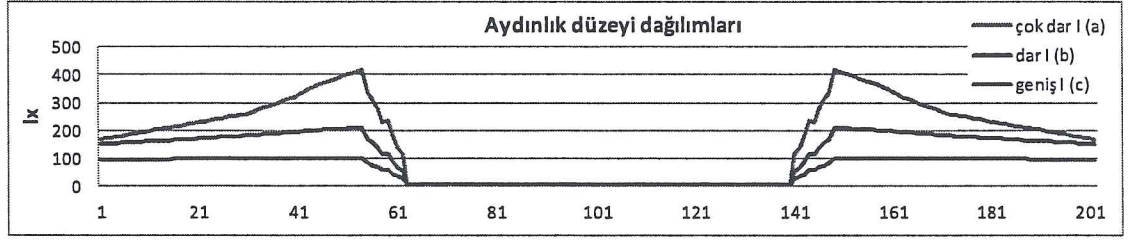
4.3 Aydınlatma Aygıtının Işık Yeğînlîk Dağılımına Bağlı İnceleme

Bu bölümde, aydınlatma aygıtı ışık yeğînlîk dağılımının gölge özelliklerine etkisi incelenmiştir. Belirtilen amaç doğrultusunda, biçimi Şekil 4.28'de görülen aydınlatma aygıtı ele alınmıştır. Söz konusu aygıtın ışık yeğînlîk dağılımı Şekil 4.28 c'de gösterildiği gibidir. Bu aygıtın IES dosyasındaki ışık yeğînlîk değerleri, Şekil 4.28 a ve b' de gösterilen iki ayrı ışık yeğînlîk dağılımını elde etmek üzere değiştirilmiştir. Böylece, boyutları aynı, ancak ışık yeğînlîk dağılımları açısından çok dar, dar ve geniş olmak üzere üç farklı durum elde edilmiştir. Her üç durumda da döşeme yüzeyinde aynı ortalama aydınlık düzeyini sağlayacak biçimde aygıt ışık akıları ayarlanmıştır. Üç aygıtın ayrı ayrı döşeme yüzeyinde oluşturdukları aydınlık dağılımları Şekil 4.29'da gösterilmiştir.



Şekil 4. 45 Karşılaştırma amacıyla kullanılan aydınlatma aygıtı ve ışık yeğînlîk eğrileri

a: çok dar; b: dar; c: geniş



Şekil 4. 46 Aydınlik dağılımının aygıt ışıık yeğınlık eğrisine bağılı olarak değışimi

Şekil 4.29'daki aydınlık dağılımları incelenerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Gölgenin sertlik-yumuşaklığı ışıık yeğınlık eğrisine bağılı olarak değışmemektedir.
2. Işıık yeğınlık eğrisi daraldıkça, gölge çekirdeğı ve çevre alan ışııklılığı arasındaki oran artmakta ve dolayısıyla ile daha koyu gölgeler elde edilmektedir.

GÖLGE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışma kapsamında, gölgenin sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk özelliğini belirleyebilmek amacıyla konuya çeşitli açılardan yaklaşılmış, birbirinden farklı yaklaşımlarda bulunulmuştur. Bu yaklaşımlarda izlenen yol ve ulaşılan sonuçların değerlendirmesi aşağıdaki bölümlerde gölgenin iki ayrı boyutu için ayrı ayrı ele alınmıştır.

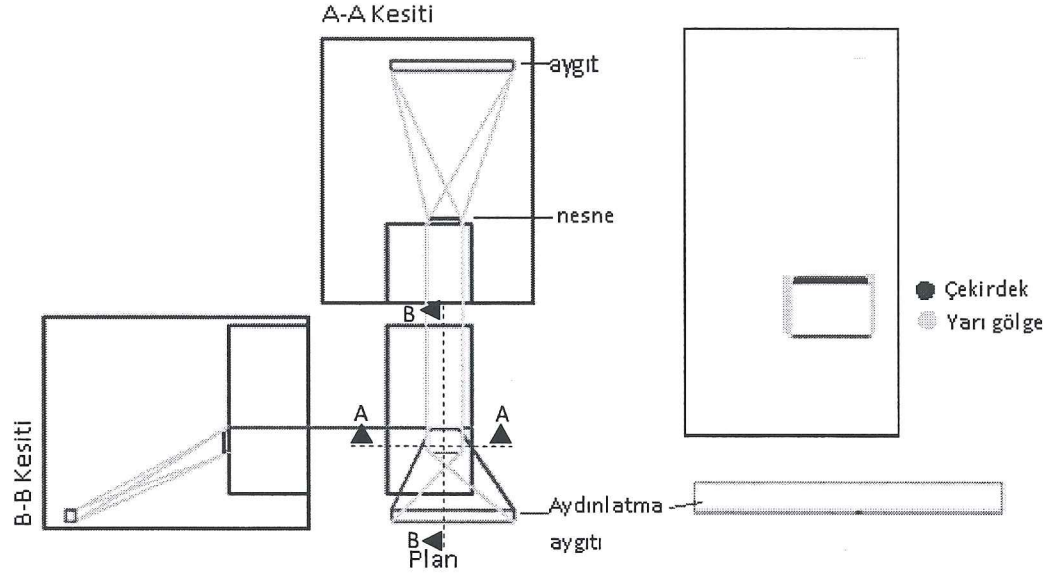
5.1 Gölgenin Sertlik-Yumuşaklık Özelliğinin Belirlenmesine İlişkin Yapılan Çalışmalar

Gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin değerlendirilmesinde toplam gölge içindeki yarı gölge ve çekirdek gölgenin büyüklükleri arasındaki oranın önem taşıdığı düşünülmüştür. Buna bağlı olarak, bir nesneye ait gölgenin içindeki gölge çekirdeği ve yarı gölgenin aydınlanan yüzeyde kapladıkları alanların cm^2 cinsinden büyüklüklerinin belirlenmesi gerekmiştir. İlk aşamada, çekirdek ve yarı gölgenin biçim ve boyutu AutoCAD programı ile saptanmıştır.

5.1.1 Gölge alanın AutoCAD programı ile hesaplanması

Gölge çekirdeği ve yarı gölgenin alanları, gölgesi düşen nesne ve gölgeyi yaratan aydınlatma aygıtının boyutları, nesne ile aygıtın hacim içinde birbirlerine göre konumları dikkate alınarak AutoCAD programı ile saptanmıştır. Bu işlem, her seferinde bir aydınlatma aygıtı ve bir nesne ele alınarak belli bir senaryodaki mevcut aygıt-nesne birleşimine ilişkin her çift için ayrı ayrı yapılmıştır. Şekil 5.1'de bir çalışma masası üzerinde yatay konumda duran bir kitabın gölgesinin belirlenmesi örnek olarak gösterilmiştir. Kitabın basit bir geometrik biçimde olmasından ötürü gölgesinin ortaya çıkarılması iki ayrı kesitte olanaklı olmuştur.

Şeklin sağ tarafında masa ve üzerindeki kitap, gölgenin çekirdek ve yarı gölge bölümleri daha büyük ölçekte gösterilmiştir.



Şekil 5. 47 Gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin belirlenmesine örnek

Bu yol ile geometrik biçimleri basit olan küp, dikdörtgenler prizması, silindir vb. nesnelerin gölgeleri kesin olarak saptanabilirken, bilgisayar ekranı ve klavyesi, masa üzerinde duran bir el gibi nesnelerin gölgeleri başarılı bir biçimde belirlenememiştir. Bu tür nesnelere ait gölgenin sınırlarını saptayabilmek için çok sayıda kesitin alınması gerekmektedir. Farklı kesitlerde saptanan gölge sınırına ilişkin noktaların birleştirilmesi oldukça zahmetli olmaktadır. Ayrıca, örneğin iki ayrı aydınlatma aygıtından her birinin yol açtığı gölgenin üst üste binen bölümlerinin görselleştirilmesinde de zorluk çekilmiştir. Bir başka çizim programı olan SketchUp ile de denemeler yapılmış, istenen duyarlıkta sonuca ulaşılamamıştır. Bundan sonraki aşamada, aydınlatma programında elde edilen aydınlık düzeyi dağılımından yararlanarak çekirdek ve yarı gölgenin alanları belirlenmeye çalışılmıştır.

5.1.2 Gölge alanının DIALux ve Excell programları ile hesaplanması

Gölgedeki çekirdek ve yarı gölge alanının gölge faktörü dağılımından yararlanarak belirlenebileceği düşünülmüştür. Ohtani ve diğerlerinin çalışmalarında gölge faktörü,

$$S = (E_o - E_s) / E_o \quad (5.1)$$

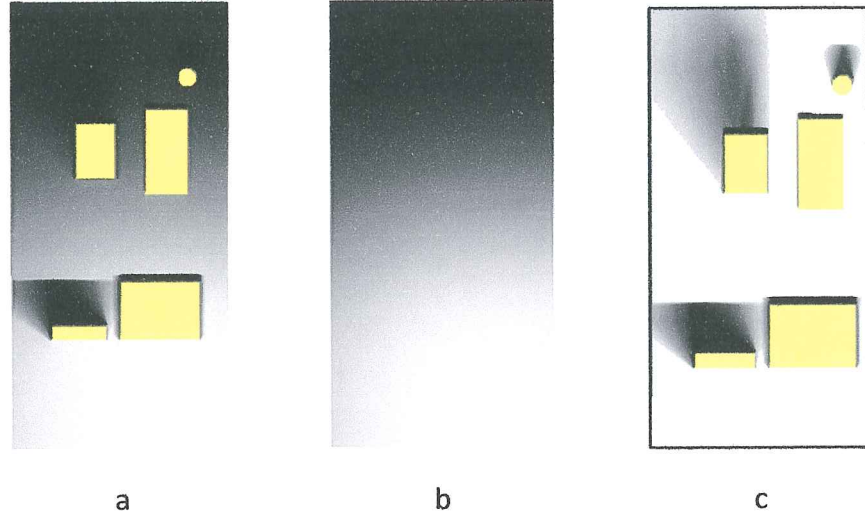
S: gölge faktörü

E_s : gölge içinde bir noktadaki aydınlık düzeyi

E_o : gölge atan nesnenin olmadığı durumda aynı noktadaki aydınlık düzeyi

olarak tanımlanmıştır (Bölüm 3). [6, 7, 11, 13, 14, 15, 18].

Gölge faktörü, gölge çekirdeğinin gölgeyi yaratan kaynağın hiçbir noktasından ışık almaması ve gölgeyi yaratan kaynak dışında başka bir kaynak tarafından ya da yüzeylerden yansıyan ışıklarla aydınlanmaması koşulunda 1.0, gölgesiz alanda ise 0.0 olmaktadır. Buna bağlı olarak, gölge faktörü dağılımı aracılığı ile yalnızca gölgenin olduğu alanın konum ve büyüklüğü belirlenebilecek, gölge faktörünün sayısal değerlerine bağlı olarak da toplam gölge içindeki çekirdek gölgenin yeri ayırt edilebilecektir. Bunun için, çok sık aralıklarla aydınlık düzeyi hesabının yapılmasına ihtiyaç vardır. Bu nedenle, DIALux aydınlatma programında oluşturulan bir hacimde bulunan, gölge niteliğinin belirlenmeye çalışıldığı masa yüzeyi üzerinde 5mm×5mm aralıklı hesap ağı atanarak masa üzerinde nesnelerin olduğu (Şekil 5.2a) ve olmadığı (Şekil 5.2b) iki ayrı koşulda aydınlık düzeyi hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları Excell programına aktarılarak hesap noktalarındaki gölge faktörleri hesaplanmıştır (Şekil 5.2c). Excell hesap sayfasında gölge faktörünün homojen dağılım gösterdiği alan gölge çekirdeğini, homojen dağılım göstermediği alan yarı gölge alanı göstermektedir. Gölge faktörünün sıfır olduğu alan ise masada gölgenin olmadığı alana karşılık gelmektedir. Gölge çekirdeği ve yarı gölge alanındaki Excell hesap hücrelerinin sayıları ayrı ayrı toplanıp, her hücreye karşılık gelen 5mm×5mm=0.25 cm² alan ile çarpılmış ve çekirdek ve yarı gölge alanları cm² cinsinden belli bir yakınlıkla bulunmuştur. Gölgedeki çekirdek ve yarı gölge alanın toplamı alınarak gölgenin toplam alanına ulaşılmıştır.



Şekil 5. 48 Gölge oluşan masa yüzeyi üzerinde nesnelerin olduğu (a), olmadığı (b) durumdaki aydınlık düzeyi dağılımları ve gölge faktörü (c) dağılımı

Tarif edilen yol ile yapılan alan belirlemede nesnenin geometrik biçiminin önemi kalmamaktadır. Bu nedenle sonuçlar, AutoCAD ile yapılan gölge alanı belirlemesine göre çok daha kolay ve güvenilir bir biçimde elde edilebilmektedir.

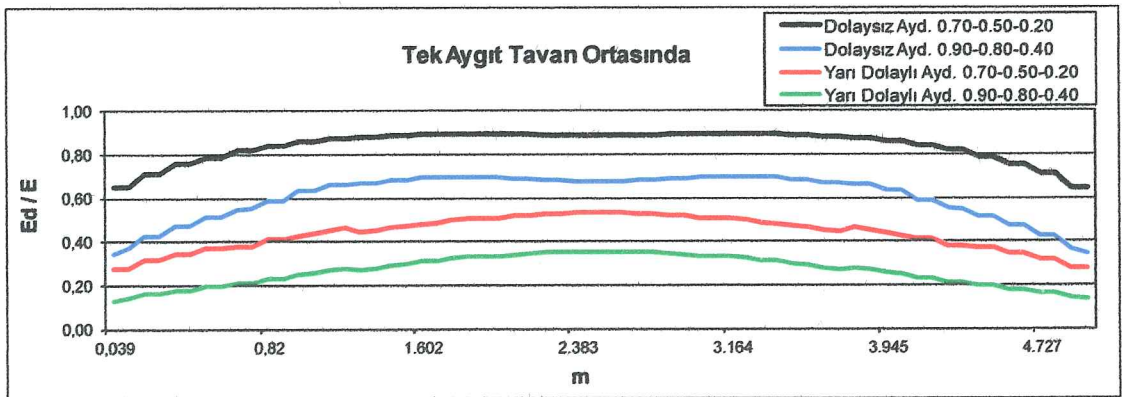
5.2 Gölgenin Açıklık Koyuluk Özelliğinin Belirlenmesine İlişkin Yapılan Çalışmalar

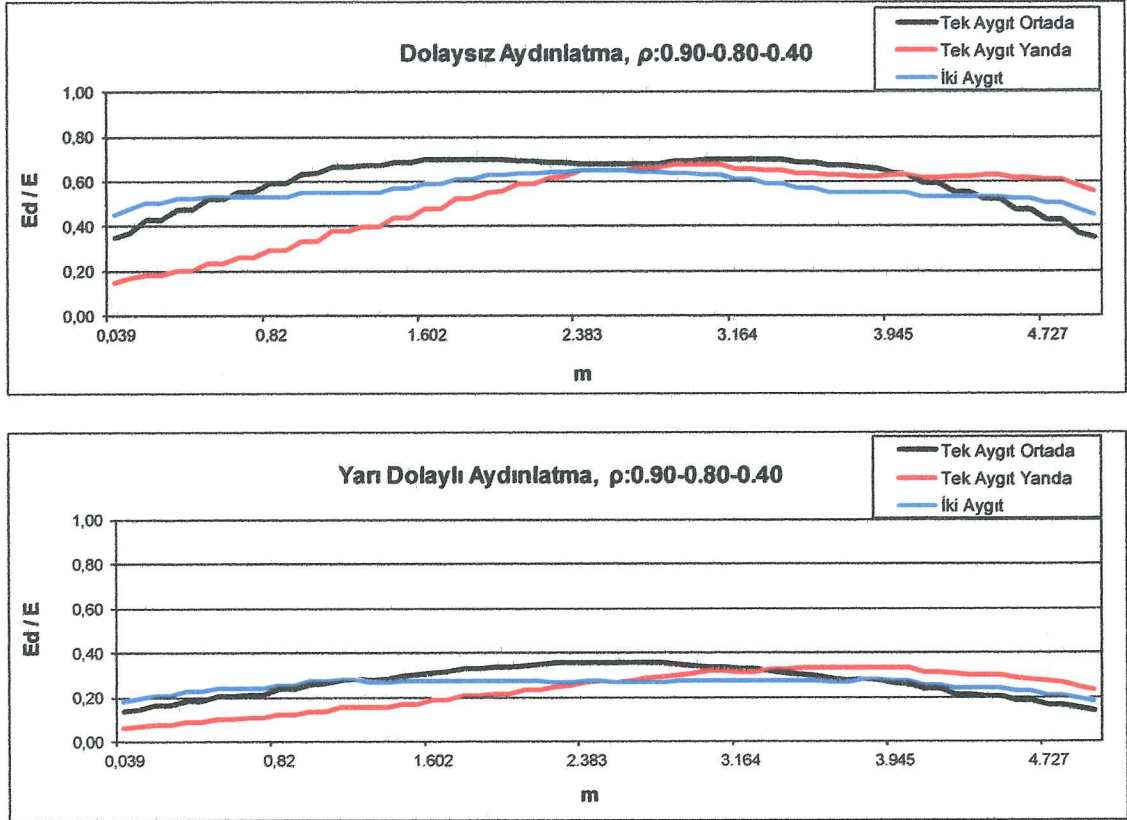
Bir yüzeyde oluşan gölgenin açıklık koyuluk özelliği, temelde gölgeli alan ve çevresinin ışıklılığına bağlı olarak değerlendirilebilir. Işık yansıtma çarpanı tekdüze olan bir yüzey üzerindeki gölgelerin aydınlanarak açık renkli görünmesi, hacim iç yüzeylerinden (ve iç mimari elemanların yüzeyinden) yansıyan ve/ya da ikinci bir kaynak tarafından gelen ışık ile aydınlanmalarına bağlıdır. Bir gölge, hacim iç yüzey yansıtma çarpanları büyüdükçe, mekan içindeki aygıt sayısı arttıkça ve aydınlatma biçimi dolaysızdan yarı dolaylıya doğru gittikçe daha fazla aydınlanır. Bu nedenle ilk aşamada, gölgenin açıklık-koyuluk derecesi ile hacim içindeki dolaysız/yansımış ışık oranı arasında belli ilişkiler aramak üzere incelemelere başlanmıştır.

5.2.1 Doğrudan gelen ışık ile oluşan aydınlığın toplam aydınlığa oranının aydınlanan düzlem boyunca değişiminin incelenmesi

Bir hacimde oluşan gölgelerin açıklık-koyuluk özelliğinin, genel olarak, dolaysız ışık ile yayınlık ışık arasındaki ilişkiye bağlı olduğu söylenebilir. Toplam ışık içindeki aygıttan çıkarak doğrudan gelen ışığın oranı arttıkça (yayınlık ışık azaldıkça) gölgeler koyulaşır. Bir başka deyişle, direkt gelen ışık ile oluşan aydınlığın (E_d) toplam ışık ile oluşan aydınlığa (E) oranı, gölgenin açıklık-koyuluk özelliğini belirleme açısından etkilidir. E_d/E oranı, toplam aydınlığın yalnızca yansımış ışıkla oluştuğu dolaylı aydınlatma koşulunda 0; toplam aydınlığın yalnızca dolaysız ışıkla oluştuğu, hacim iç yüzeylerinin yansıtma çarpanının sıfır olduğu koşulda 1 değerini alır.

E_d/E oranının koşullara göre değişimini inceleyebilmek amacıyla, 5mx5mx3m boyutlarındaki hacim bilgisayar ortamında ele alınarak, ilk aşamada gölge oluşturan nesne olmadan döşeme üzerindeki doğrultulu ışık ile oluşan aydınlığın (E_d), toplam ışık ile oluşan aydınlığa (E) oranı saptanmıştır. Aydınlatma biçiminin, dolaysız ve yarı dolaylı, hacim iç yüzey yansıtma çarpanlarının tavan, duvar ve döşeme için sırasıyla 0.90-0.80-0.40 ve 0.70-0.50-0.20 olduğu koşullardaki aydınlık dağılımları belirlenmiştir. Bu işlem, aydınlatma aygıtının tek ve tavan ortasında olduğu, tek ve hacmin bir kenarına yakın yerleştirildiği ve aygıtın iki adet olduğu durumlar için ayrı ayrı yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan kimileri örnek olarak Şekil 5.3'te gösterilmiştir. Her bir durumda, içinde 35 W doğrusal flüoresan lamba bulunan aydınlatma aygıtları kullanılmıştır.





Şekil 5. 49 Gölge yaratan nesnenin olmadığı durumda, farklı koşullar için elde edilen E_d/E_t oranları

Şekil 5.3'deki grafiklerde de görüldüğü gibi,

- dolaysız aydınlatma biçiminin uygulandığı ve
- hacim iç yüzey yansıtma çarpanlarının küçük olduğu

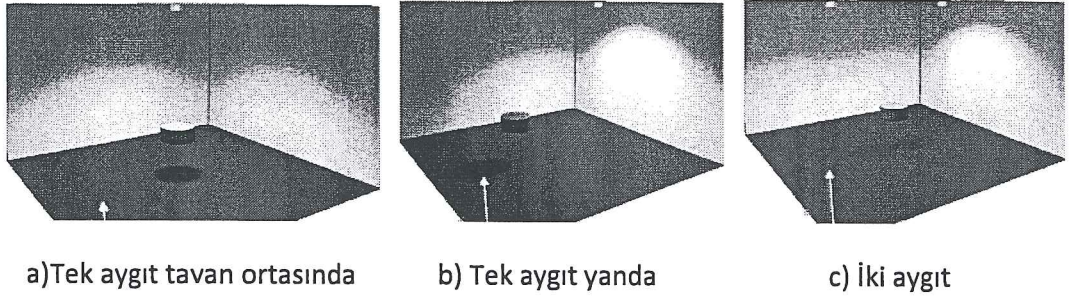
koşullarda E_d/E_t oranı büyümektedir. Bir başka deyişle,

- yarı dolaylı aydınlatma biçiminin uygulandığı ve
- hacim iç yüzey yansıtma çarpanlarının büyük olduğu koşullarda E_d/E_t oranı küçülmektedir.

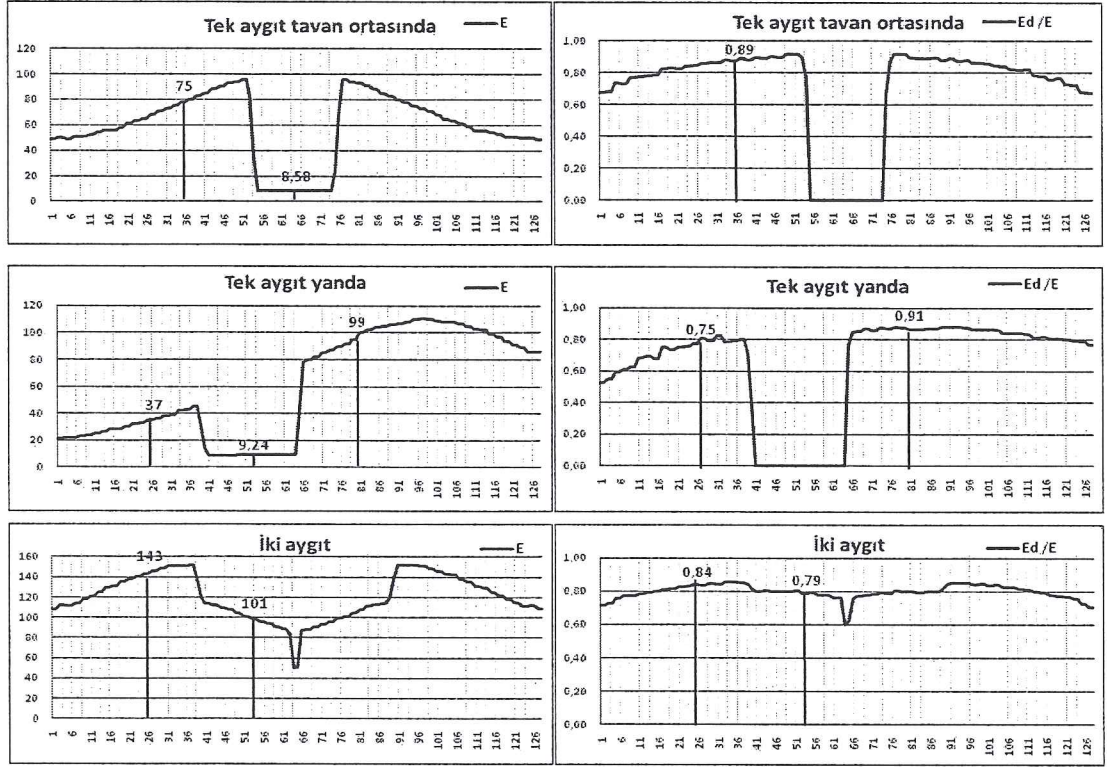
Aydınlatma aygıtının sayı ve konumuna bağlı olarak, döşeme üzerindeki aygıttan doğrudan gelen ışık ile oluşan aydınlığın dağılımı değişmektedir. Tek aygıt hacmin ortasında iken doğrudan gelen ışık ile oluşan aydınlığın hacmin kenarlarına doğru düşeceği ya da tek aygıt

hacmin kenarına yakın iken söz konusu aydınlığın hacmin aygıtı yakın bölümlerinde daha yüksek olacağı, aygıt sayısının artması ile de aydınlık düzeyi farklarının azalacağı açıktır. Aydınlatma aygıtının sayı ve konumunun yanı sıra ışık yeğirlik dağılımı da aygıttan doğrudan gelen ışığın oluşturduğu aydınlık dağılımında belirleyici olur. Buna karşın, yansımış ışığın oluşturduğu aydınlık düzeyi döşemenin tüm noktalarında hemen hemen aynı olmaktadır. Buna bağlı olarak, dolaysız ışık ile oluşan aydınlığın düştüğü bölgelerde E_d/E oranı da küçülmektedir.

E_d/E oranının değişimine ilişkin yapılan incelemenin ikinci aşamasında, yine aynı özellikteki hacim için dolaysız aydınlatma biçimi ele alınmış ve gölge oluşturmak üzere hacim içine çapı 0.60 m, yüksekliği 0.25 m olan bir nesne eklenmiştir. Nesnenin döşemeden yüksekliği 0.80 m'dir. Söz konusu incelemede, içinde 35 W metal halide lamba bulunan 9.5 cm çaplı aydınlatma aygıtı kullanılmıştır. Hacim iç yüzey yansıtma çarpanları tavan, duvar ve döşeme için 0.70-0.50-0.20' dir. Gölge yaratan nesnenin bulunduğu koşullarda da aydınlatma aygıtının tek ve tavan ortasında olduğu, aygıtın tek ve hacmin bir kenarına yakın yerleştirildiği ve iki adet aygıt olduğu durumlar ele alınmıştır (Şekil 5.4). Söz konusu durumlarda döşeme yüzeyinde oluşan aydınlık düzeyinin dağılımı Şekil 5.5a'da, E_d/E oranı Şekil 5.5b'de gösterilmiştir.



Şekil 5. 50 inceleme yapılan hacimde farklı koşullar için elde edilen gölge özellikleri



a

b

Şekil 5. 51 Gölge yaratan nesnenin olduğu durumda aydınlık (a) ve E_d/E (b) dağılımları

Şekil 5.5'deki grafikler incelenerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

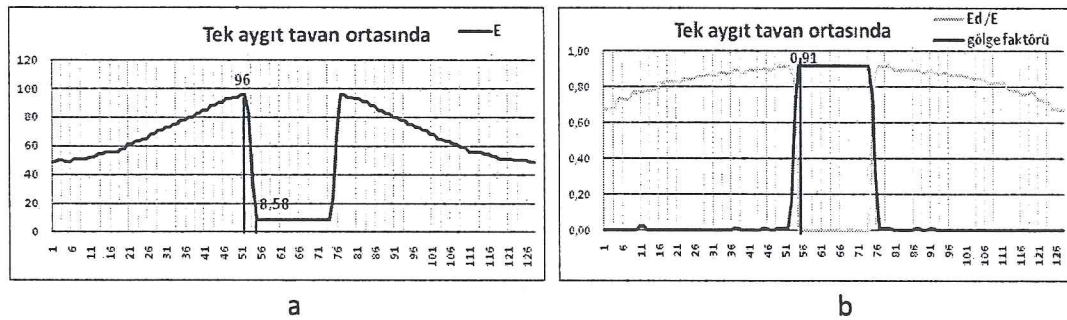
- E_d/E grafiklerinde, oluşan gölgenin çekirdek ve yarı gölge bölümü açıkça görülebilmektedir. Dolayısı ile, gölgenin açıklık-koyuluk özelliği yanı sıra sertlik-yumuşaklık özelliği ile ilgili de bilgi edinilmektedir.
- Aygıt sayısının tek olduğu durumda, çevre alan ile gölge çekirdeği arasındaki aydınlık düzeyi farkı arttıkça, çevre alandaki E_d/E değeri yükselmektedir, yani gölge koyulaştıkça, gölgesiz alandaki E_d/E oranı 1'e yaklaşmaktadır.
- Aygıt sayısının tek olduğu durumda, gölge çekirdeğindeki aydınlık düzeyinin çevre alandaki her hangi bir noktanın aydınlık düzeyine oranı ile E_d/E grafiğindeki çevre alan içindeki aynı noktanın E_d/E değeri birbirini 1'e tamamlamaktadır. Örneğin, aygıtın tavan ortasında bulunduğu durumda, gölge çekirdeği aydınlığının çevre alandaki bir noktanın aydınlığına oranı 0.11 ($8.58/75=0.11$) olarak elde edilmekte ve

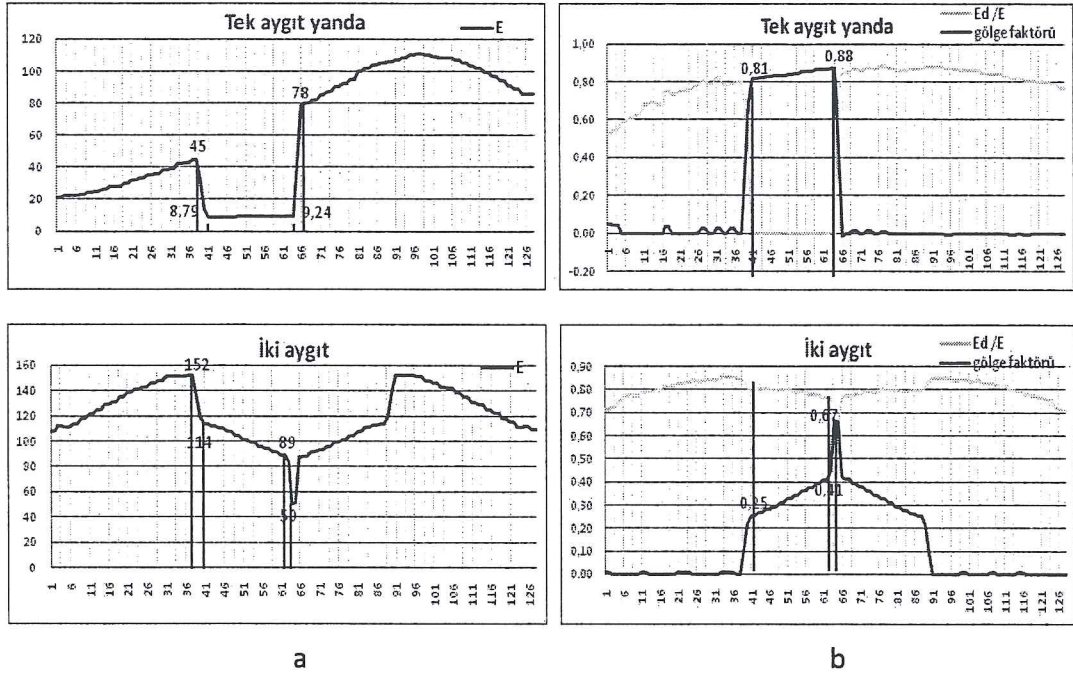
E_d/E grafiğinde, çevre alandaki aynı noktanın değeri 0.89 ($1-0.11=0.89$) olarak görülmektedir. Böylece, E_d/E grafiğinden yararlanarak, gölgenin açıklık-koyuluk özelliği ile ilgili bir değerlendirme yapılabilir.

Ancak, söz konusu yaklaşım aygıt sayısının arttığı durumda doğru sonuç vermemektedir. Çünkü, aygıt sayısının örneğin iki olduğu durumda, birinci aygıtın yarattığı gölge, yalnızca yansımış ışık ile değil ayrıca ikinci aygıttan gelen dolaysız ışık ile de aydınlanmaktadır. Bu nedenden ötürü, çekirdek gölgedeki aydınlık ile gölgesiz çevre alandaki bir noktanın aydınlığı arasındaki oranın ($101/143=0.71$) E_d/E grafiğinde aynı noktaya karşılık gelen değer (0.84) ile toplamı 1 sayısını vermemektedir ($(0.71+0.84) \neq 1$). Şekil 5.5'de tek aygıtın tavan ortasında bulunduğu koşuldaki gölge iki aygıtın kullanıldığı koşuldaki gölgeden daha koyudur. Gölgesiz alandaki E_d/E oranı bu duruma uygun olarak iki aygıtın olduğu durumda daha fazla küçülmesi gerekirken yalnızca 0.05 oranında bir azalma göstermiştir.

5.2.2 Gölge Faktörünün Aydınlanan Düzlem Boyunca Değişiminin İncelenmesi

Gölge faktörü değerleri, koşullara göre 0 ile 1 arasında değişmekte ve gölge koyulaştıkça gölge faktörü değeri 1'e yaklaşmaktadır. Gölge faktörü ile ilgili ayrıntılı bir inceleme yapabilmek amacıyla, 5.2.1. Bölümde sunulan incelemelerde kullanılan model hacim ve hacim içindeki nesne ele alınarak gölge faktörü dağılımları oluşturulmuştur (Şekil 5.6). Gölge faktörü dağılımları, tek aygıtın tavanın ortasında ve duvara yakın yerleştirildiği koşullar için saptanmıştır. Şekil 5.6'da aynı durum için yan yana iki grafik bulunmaktadır. Soldaki grafik aydınlık dağılımını (E), sağdaki grafik hem gölge faktörü hem E_d/E dağılımını içermektedir.





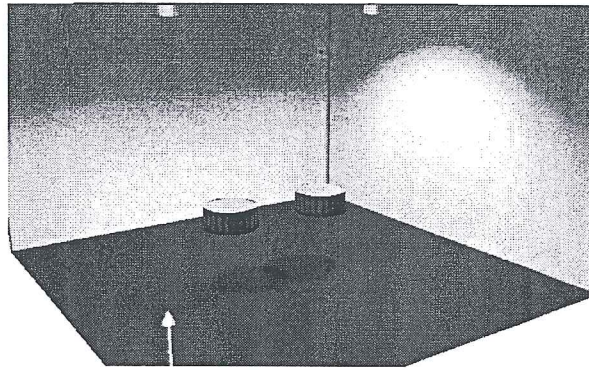
Şekil 5.52 Gölge yaratan nesnenin olduğu durumda aydınlık (a), gölge faktörü ve E_d/E (b) dağılımları

Şekil 5.6'da yer alan gölge faktörü dağılımları incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

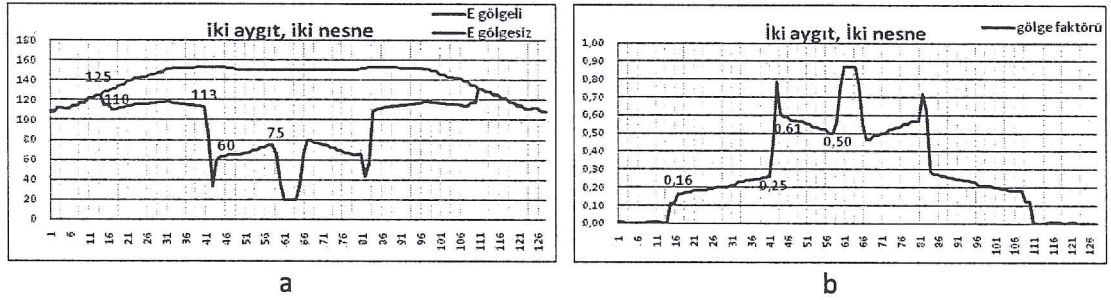
- E_d/E grafiklerinde olduğu gibi, gölgenin çekirdek ve yarı gölge bölümü açıkça görülebilmektedir.
- Aydınlık düzeyi dağılımında, yarı gölgedeki en düşük aydınlığın (gölge çekirdeğinin başladığı noktadaki aydınlık) en yüksek aydınlığa (gölgesiz çevre alanın başladığı noktadaki aydınlık) ile gölge faktörü grafiğindeki gölge çekirdeğinin başladığı noktadaki değer birbirini 1'e tamamlamaktadır. Örneğin, aygıtın tavan ortasında olduğu durumda, gölge çekirdeği aydınlığının gölgesiz çevre alanın başladığı noktadaki aydınlığa oranı 0.09 ($8.58/96=0.09$) olmakta ve gölge faktörü grafiğindeki gölge çekirdeğinin başlangıç noktasındaki değer 0.91 ($1-0.09=0.91$) olarak bulunmaktadır.
- Yukarıda belirtilen ilişki, gölge çekirdeği ya da yarı gölge alan içindeki herhangi bir nokta ile gölgenin bittiği, yani gölgesiz çevre alanın başladığı nokta arasında

bulunmaktadır. Söz konusu ilişkinin varlığı, iki aygıt ve iki nesnenin kullanıldığı koşullarda da açıkça görülmüştür (5.7-5.8).

Gölge faktörü ile ilgili incelemenin biraz daha kapsamlı yapılabilmesi amacıyla, aynı hacim içine iki aygıt ve iki nesne yerleştirilerek denemeler yapılmıştır (Şekil 5.7). Şekil 5.8’de yan yana verilmiş iki grafikten soldaki, nesnenin olduğu ve olmadığı koşullardaki aydınlık dağılımını; sağdaki ise gölge faktörü dağılımını göstermektedir.



Şekil 5. 53 İki aygıt ve iki nesne olduğu koşuldaki gölge özelliği



Şekil 5. 54 Aygıt ve nesne sayısının iki olduğu koşuldaki aydınlık (a) ve gölge faktörü (b) dağılımları

Şekil 5.8’deki aydınlık düzeyi ve gölge faktörü dağılımları incelendiğinde, gölgelerin üst üste geldiği bölümlerde aydınlık düzeyinin azaldığı ve gölge faktörü değerlerinin yükseldiği görülmüştür. Ancak söz konusu grafiklerde, gölge içindeki herhangi bir noktadaki aydınlığın gölgesiz alanın başladığı noktadaki aydınlığa oranı ile gölge faktörü grafiğindeki gölge alanı içindeki ilgili noktaya ilişkin değer birbirini 1’e tamamlamamaktadır. Örneğin, Şekil 5.8a’da

söz konusu noktalardaki aydınlıklar birbirine oranlandığında 0.88 ($110/125=0.88$) elde edilmektedir. Gölge faktörü grafiğinde söz konusu nokta için okunması gereken değer 0.12 olmasına karşın elde edilen değer 0.16 olmuştur. İncelemeler öteki noktalar için de yapıldığında elde edilmesi beklenen değerlere ancak belli yaklaşıklıklarla ulaşıldığı saptanmıştır.

Yapılan incelemelerde hacmin kesitindeki gölge faktörü dağılımları iki boyutlu grafikler ile ortaya konmuştur. Ancak söz konusu incelemelerin daha ayrıntılı yapılabilmesi için, gölgenin oluştuğu yüzeyin bütünündeki gölge faktörü değişiminin dikkate alınması gereklidir. Bunun için, gölgenin çekirdek ve yarı gölge boyutlarının belirlenmesine yönelik 5.1.1. Bölümde açıklanmış olan yaklaşımdan yararlanılabilir ve toplam gölge içindeki gölge faktörü dağılımları izlenebilir.

Buradan hareket ederek, yukarıda ele alınan çeşitli koşullar için, hacmin tüm döşemesi üzerindeki gölge faktörü dağılımları da incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Gölge çekirdeği alanı içindeki gölge faktörü değerlerinin değişimi bu alanda nesnesiz durumdaki aydınlık dağılımının düzgünlüğüne bağlıdır. Gölge faktörü, aydınlık dağılımı düzgün olduğunda çekirdek gölge içinde aynı kalmakta, düzgün olmadığına ise aydınlık dağılımındaki değişime bağlı olarak az ya da çok değişmektedir. Bu nedenle, açıklık-koyuluk değerlendirmesi için çekirdek gölge içindeki ortalama gölge faktörü dikkate alınmalıdır.
- Bir gölgenin çekirdeğine ilişkin elde edilen ortalama gölge faktörü, gölge ve yakın çevresindeki aydınlık düzgün yayılı ise dolaylı olarak toplam gölgenin sınırındaki ortalama aydınlığın gölge çekirdeğindeki ortalama aydınlığa oranını vermektedir.
- Gölge ve yakın çevresindeki aydınlık dağılımı düzgünsüzleştikçe ortalama gölge faktörü aracılığı ile belirtilen aydınlıklar arasındaki oran ancak belli bir yakınlıkla elde edilebilmektedir.

Gölgenin oluştuğu yüzeyin yansıtma çarpanının tekdüze olduğu koşulda, söz konusu aydınlıklar arasındaki oran, gölge sınırının ortalama ışıklılığı ile gölge çekirdeğinin ortalama ışıklılığı arasındaki orana eşit olmaktadır.

GÖLGE ÖZELLİKLERİNİN ALGILANMASINDA ROL OYNAYAN ETKENLER

Bir yüzeydeki gölgenin varlığının algılanması, gölgeli alan ile bu alanı çevreleyen gölgesiz alan arasındaki ıdıklılık farkına bağılı olarak gerçekleşir. Gölgenin düştüğü yüzeydeki boyutu da koşullara göre farklı büyüklüklerde olabilir. Ancak, gerek ıdıklılık gerekse gölgenin alanı ölçülebilen nesnel büyüklüklerdir. Bu fiziksel büyüklüklerin görsel olarak nasıl algılandığı, duyulanma ile ilgili yapılmış öznel değerdendirmelere dayalı olarak açıklanabilmektedir. Belirli bir fiziksel büyüklük ile buna karşılık gelen duyulanmanın büyüklüğü arasındaki ilişki doğal olarak öznel değerdendirme ile ilgili koşullara, yapılmış kabullere bağılı olur. ıdıklılığın ruhduyumsal karşılığı parıltıdır ve bir yüzeyin parıltısının saptanmasına ilişkin çeşitli yaklaşımlar vardır. Bir yüzeyin fiziksel büyüklüğü ile algılanan büyüklüğü arasındaki ilişkiyi ortaya koyan çalışmalar da yapılmıştır. Gölgenin açıklık-koyuluk boyutunun belirlenmesinde ıdıklılık-parıltı ilişkisini veren yaklaşımlardan hangisinin uygulanabileceğı; gölgenin sertlik-yumuşaklık bileşeninin saptanmasında hangi yaklaşımdan yararlanılabileceğı konularında karar verebilmek için,

- yüzey büyüklüğünün algılanması ve
- ıdıklılığın algılanması ile

ilgili literatür aşağıda incelenmiştir.

6.1 Yüzey Büyüklüğünün Algılanması

Stevens, farklı fiziksel uyartılar için, fiziksel uyartının niteliğine göre değişen sabit bir üs sayısı (β) önermiştir (kaynak:Stevens kitap). Herhangi bir fiziksel bir uyartı ile oluşan duyulanmanın, yani algılamanın,

$$\Psi = k\phi^\beta \quad (6.1)$$

bağıntısıyla ifade edildiğini belirtmiştir.

Burada,

Ψ : duyulanma

ϕ : fiziksel uyartı

β : fiziksel uyartının niteliğine göre değişen sabit üs sayısı

k: sabit sayı (*constant*)

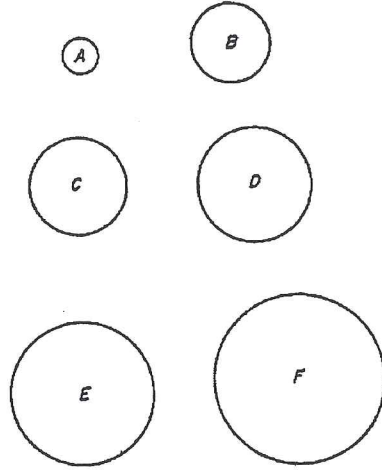
olarak gösterilmiştir.

Farklı uyartılar için çeşitli β değerleri öneren Stevens, yüzey büyüklüğünün algılanması ile ilgili 0.7 değerine ulaşmıştır. Buna bağlı olarak algılanan yüzeyin büyüklüğü,

$$\Psi = k\phi^{0.7} \quad (6.2)$$

formülü ile belirlenebilmektedir.

6.2 numaralı eşitliğe ulaşabilmek için, ayrı ayrı kartlara farklı büyüklükte daireler çizerek deneklere göstermiş ve en küçük dairenin alanının 1 olduğunu belirterek, öteki dairelerin alanları için, bu dairenin alanından kaç kat daha büyük olduğu ile ilgili bilgi vermeleri istenmiştir [Şekil 6.1, Çizelge 6.1].



Şekil 6. 55 Deneklere gösterilmek üzere çizilen daireler [32]

Deneklerden elde edilen sonuçlara göre, Şekil 6.1'deki deki F dairesi, A dairesinden 10 kat daha büyük algılanmıştır. Oysa gerçekte, A dairesi F dairesinden 26.3 kat daha büyüktür (Çizelge 6.1).

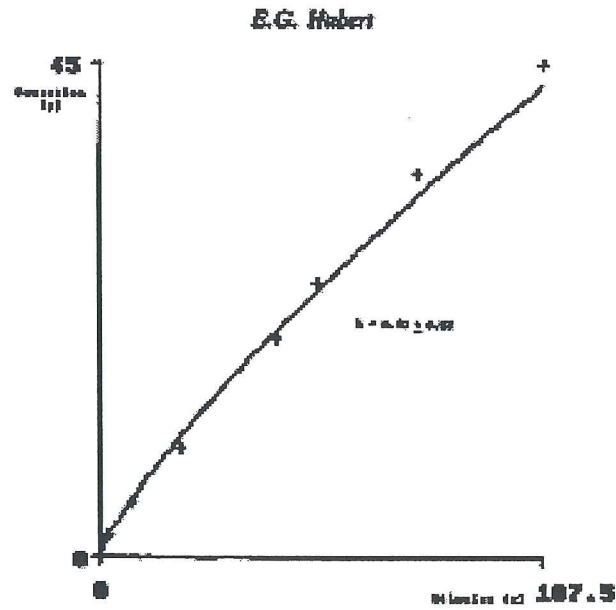
Çizelge 6. 3 Stevens'in yüzey büyüklüğünün algılanması ile ilgili deneyinden elde edilen sonuçlar [32]

Daireler	Daire çapı oranları	Daire alanı oranları	Öznel büyüklük
A	1.0	1.0	1.0
B	2.3	5.1	3.2
C	2.9	8.5	4.5
D	3.4	11.3	5.5
E	4.3	18.5	7.8
F	5.2	26.3	10.0

Stevens'a göre, daireler ayrı ayrı kartlarla peş peşe değil de aynı anda gösterilseydi, yüzeyler arasındaki karşıtlık (*contrast*) vb. gibi bazı etkenlere bağlı olarak algılamanın büyüklüğü değişebilirdi.

Bir yüzeyin algılanan büyüklüğünü belirlemeye yönelik bir başka çalışma Hubert tarafından yapılmıştır [Hubert kaynak]. Hubert, yüzey algılaması ile ilgili bir deney yaparak Stevens'ın önerdiği 6.2 numaralı bağıntının doğruluğunu sınamak istemiş ve bu amaçla bilgisayar ortamında yedi farklı büyüklükte daire hazırlamıştır. Daire alanının etkisini güçlendirmek için, dairelerin içi kırmızıya boyanmıştır. İlk aşamada, deneklere orta büyüklükte bir daire gösterilmiş, ardından bu daireden hem büyük hem de küçük dairelerin gösterileceği ve alan büyüklükleri ile ilgili oran belirtmeleri istenmiştir.

Deneklerin her daire için verdikleri yanıtların ortalaması alınıp, gösterilen daire alanlarının x ekseninde, algılanan daire alanlarının y ekseninde gösterildiği bir grafik oluşturulmuştur (Şekil 6.2). Ardından, bu grafikteki eğriye en yakın üstel eğilim çizgisi araştırılmış ve üs sayısı 0.7 olan eğilim çizgisinin oluşturulan grafikteki eğriye en yakın olduğu saptanmıştır.



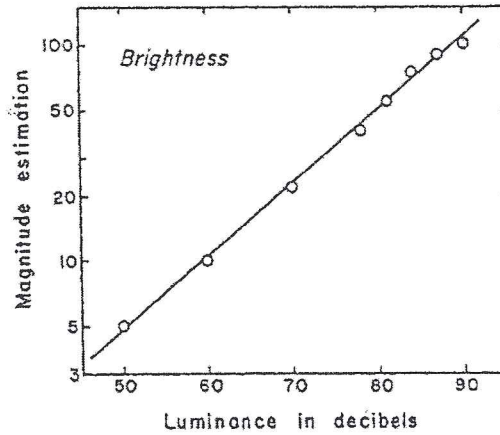
Şekil 6. 56 Deney sonucunda elde edilen değerler ve üs sayısı 0.7 olan eğilim çizgisi [33]

Çalışmada ulaşılan sonuç olarak, Stevens'ın 6.2 numaralı bağıntısının geçerli olduğu belirtilmiştir.

6.2 Işıklılığın Algılanması

Stevens, fiziksel bir uyartı ile oluşan duyulanmayı, yani algılamayı 6.1. Bölüm’de belirtilen 6.1 numaralı bağıntı ($\Psi=k\phi^\beta$) ile tanımlamıştır. Bu bağıntıda, uyartının türü değiştikçe β üs sayısı farklı değerler almaktadır. Işıklılığın ruhduyumsal karşılığı olarak tanımlanan parıltı ile ilgili algılamada, söz konusu üs sayısının 0.33 olduğu bilgisine ulaşabilmek için çeşitli deneyler yapmıştır [32].

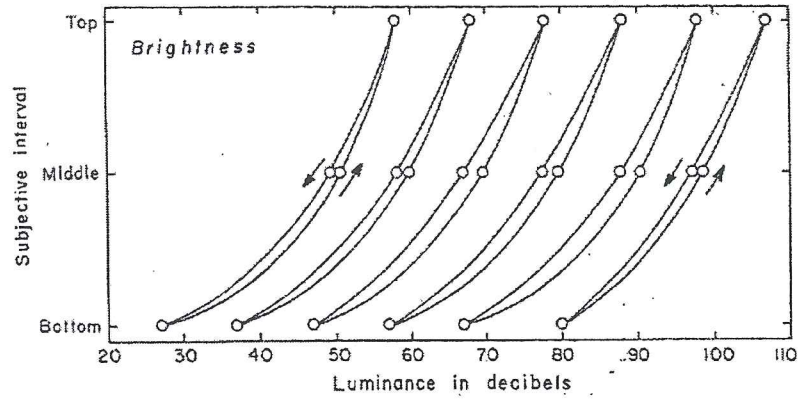
Öncelikle, daire şeklinde opal bir camın arkasına bir ışık kaynağı yerleştirilerek, çeşitli filtreler yardımıyla camın ışıklılığının kontrol edilebilmesi sağlanmıştır. Deneklere önce en yüksek ışıklılıktaki fiziksel uyartı gösterilerek bunun parıltı karşılığının 100 olarak belirlendiği söylenmiş, ardından farklı büyüklükteki başka ışıklılıklar gösterilerek bunların parıltı karşılıklarının belirtilmesi istenmiştir. 18 deneğin katıldığı bu deneyde her uyartı karışık sırada ve deneklere iki kere gösterilmiştir. Her uyartı için elde edilen parıltı değerlerinin ortasındaki değer (*median*) alınarak Şekil 6.3’te görülen grafik çizilmiştir. Grafiğin x ekseninde fiziksel uyartı olan ışıklılıklar, y ekseninde bu uyartılara karşılık gelen duyulanmalar, yani parıltılar gösterilmiştir. Bu grafikteki eğriye en yakın üstel eğilim çizgisi, üs sayısı 0.30 olan eğilim çizgisi olarak saptanmıştır.



Şekil 6. 57 Deney sonucunda elde edilen değerler ve üs sayısı 0.3 olan eğilim çizgisi

[32]

Stevens'in ışıklılığın algılanmasına yönelik yaptığı başka bir deneyde, katılımcılara farklı büyüklüklerde ışıklılıklar gösterilmiş, her farklı ışıklılığın niceliğini orta düzeyde bir parlıltı algılaması elde etmek üzere değıştirmesi istenmiştir. Orta düzeydeki parlıltıyı elde etmek üzere ışıklılığın niceliğini ayarlama işlemi iki ayrı sırada yapılmıştır. İlkinde farklı ışıklılıkların gösterilme sırası, en düşük ışıklılıktan en yüksek ışıklılığa doğru, ikincisinde ise bunun tersi, yani en yüksek ışıklılıktan en düşük ışıklılığa doğru olmuştur. Gösterilen her farklı fiziksel uyarı için orta düzeydeki parlıltının ayarlanması işlemi deneklere üçer kez tekrarlatılmıştır. Deney sonucunda ışıklılık ile parlıltı arasındaki ilişkiyi gösteren üs sayısı 0.26 olarak belirlenmiştir (Şekil 6.4). Belirtilen üs sayısına ulaşabilmek için ışıklılığın iki ayrı sırada gösterildiğı durumlar için elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır [32].



Şekil 6. 58 İki ayrı sırada gösterilen ışıklılıklar için elde edilen parlıltı değeri [32]

Stevens'in bir başka çalışmasında, bir önceki deney düzeneğinden yararlanarak, gözlemcilere sadece yüksek olan ışıklılık değeri gösterilmiş ve bu ışıklılıklar ile ilgili algılanan parlıltıların orta değeri ayarlanması istenmiştir. Bu deney sonucunda ortadaki parlıltı değeri bir önceki deneyde belirlenen orta değerdeki parlıltıdan daha yüksek çıkmıştır. Söz konusu deney sonucunda β üs sayısı için bulunan değeri 0.37 olmuştur [32].

İşıklılık-parlıltı ilişkisine yönelik Stevens tarafından gerçekleştirilen bir başka deneyde, ışıklılıkları farklı daireleri içeren slaytlar projeksiyon makinesi ile beyaz perdeye yansıtılarak 166 kişilik bir öğrenci grubuna gösterilmiştir. İşıklılığı en yüksek dairenin parlıltısı 100 alınıp

karışık sırada gösterilen diğer uyartıların değerlendirilmesi istenmiştir. Uyartı büyüklükleri karışık olarak sıralanmış ve her deneğe aynı örnekler aynı sırada gösterilmiştir. 166 öğrenciden elde edilen cevapların geometrik ortalaması alınarak, β üs sayısı için 0.33 değerine ulaşılmıştır.

Günümüzde, ışıklılık ve parıltı arasındaki en basit ilişkinin, tek bir yüzeyin görülmesi durumu için Stevens'in üs yasası ile ifade edildiği kabul edilmektedir [32, 34]

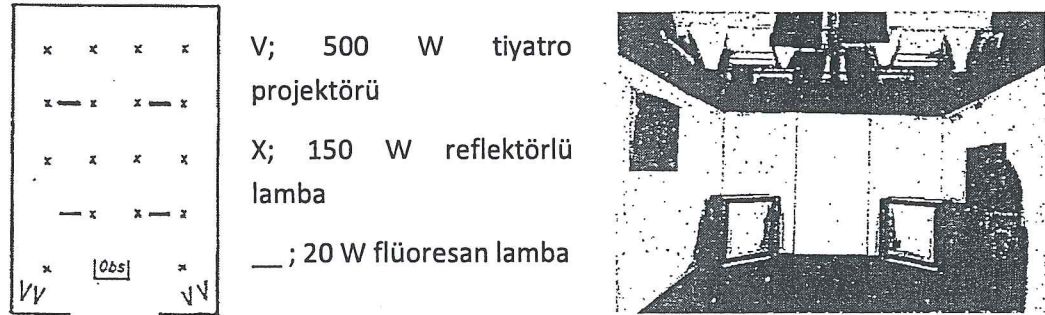
$$B = \alpha L^{0.33} \quad (6.3)$$

B: parıltı

α : sabit

L: ışıklılık

Marsden, 1970 yılında yayımladığı çalışmasında 1964-68 yılları arasında parıltı ile ilgili yaptığı deneyleri açıklamıştır. Bu deneyler, planı ve kesiti Şekil 6.5'de görülen hacimde gerçekleştirilmiştir. Söz konusu hacmin boy, en ve yüksekliği 4.3 x 2.75 x 2.15 m'dir [35].



Şekil 6. 59 Deneyler için kullanılan hacmin plan ve kesiti [35]

Söz konusu deneyler, farklı lamba türleri, aydınlık düzey ve dağılımları, farklı iç yüzey yansıtma çarpanları için yapılmıştır. Değişik aydınlatma koşulları yaratılarak, hacim içindeki ışık kaynakları ve türlü-türsüz (gri) yüzeylerin parıltı değerleri tahmin edilmiştir. Söz konusu deneylerde referans bir parıltı değeri alınarak diğer değerlerin bu değere göre oranlanması

istenmiştir. Elde edilen sonuçların geometrik ortalaması alınarak parıltı tahmininin eğilimi belirlenmeye çalışılmıştır.

Yapılan deneyler sonucunda, tek bir yüzeyin algılanan parıltısının, ışıklılığın 0.35 üs sayısı ile arttığı ($L^{0.35}$), ancak aynı anda görünen belli sayıda yüzeyin parıltısının ışıklılığın yaklaşık 0.6 üs sayısına göre değiştiği ($\sim L^{0.6}$) sonucuna varılmıştır. Bu ilişkilerden yararlanılarak, bir iç mekandaki yüzeylerin bağıl parıltısının değerlendirilebileceği belirtilmiştir. Bu yaklaşıma göre, mekan içindeki parıltısı en yüksek yüzeyin parıltısının 6.4 numaralı eşitlik uyarınca belirlendiği kabul edildiğinde, hacimdeki bir başka yüzeyin parıltısı 6.5 numaralı eşitlik ile saptanabilir:

$$B_{\text{mak}} = \alpha L_{\text{mak}}^{0.35} \quad (6.4)$$

B_{mak} : hacimdeki parıltısı en yüksek yüzeyin parıltısı

L_{mak} : hacimdeki ışıklılığı en yüksek yüzeyin ışıklılığı (cd/m^2)

$$B = (B_{\text{mak}} / L_{\text{mak}}^{0.6}) \times L^{0.6} \quad (6.5)$$

B : hacimdeki bir yüzeyin parıltısı

L : hacimdeki bir yüzeyin ışıklılığı (cd/m^2)

Bu yaklaşım, doymuşluğu yüksek renkli yüzeylerin parıltısını olduğundan daha düşük ve ışığı geçiren nesnelerin parıltısını da daha yüksek vermektedir [34, 35].

Işıklılık-parıltı ilişkisine yönelik başka yaklaşımlar 6.6 ve 6.7 numaralı formüller ile gösterilmiştir [36,37]. Bodmann, La Toison, Haubner ve Marsden tarafından önerilen ve 6.6 numaralı formül ile ortaya konan yaklaşımda nesnenin boyutu da dikkate alınmaktadır. 6.6 numaralı eşitlikte de görüldüğü gibi, parıltı yalnızca hedefin ışıklılığına bağlı olarak değerlendirilmeyip, ayrıca arka plan ışıklılığı ve hedefin boyutu da dikkate alınmaktadır. Bu

formülün, ışıklılıktaki değişimin giderek artan ya da azalan biçimde olmayıp, birdenbire yüksek olan ışıklılıktan düşük olana (ya da tersi) geçilmesi durumunda kullanılmasının uygun olduğu savunulmaktadır.

$$B = C_T (\phi) L_T^n - B_0 (L_B, \phi)$$

$$B_0 = C_T (\phi) [S_0 (\phi) + S_1 (\phi) L_B^n] \quad (6.6)$$

B: parıltı

B₀: arka plan ışıklılığına dayanan parıltı

L_T: hedefin (bakılan alan) ışıklılığı

L_B: arka plan ışıklılığı

n: üs sayısı (0.31±0.03)

φ: hedefin açısal büyüklüğü

C_T, S₀ ve S₁: boyuta (φ) bağlı katsayılar

C_T, S₀ ve S₁ katsayıları 10⁰-160⁰ arasındaki açılar için saptanmıştır [37].

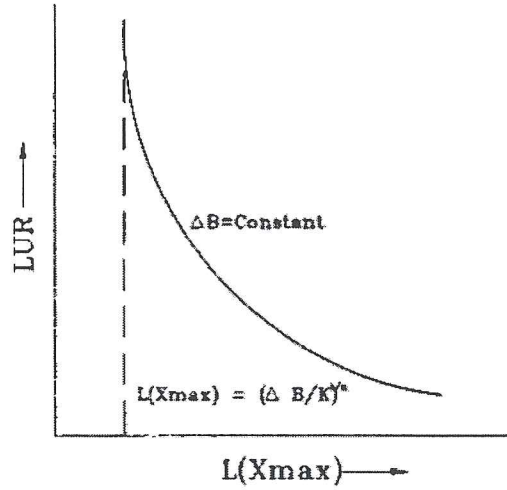
Bodmann ve La Toison, aydınlanmış geniş bir alanda hedefin arka planından ayırt edilmesinin güç olduğu koşullarda parıltının hesabı için 6.7 numaralı eşitliği geliştirmişlerdir. Bu formülün, ışıklılık dağılımında ani değişimlerin olmadığı, ışıklılıktaki değişimin giderek artan ya da azalan biçimde gerçekleştiği, yani farklı düzeydeki ışıklılıklar arasındaki geçişin yumuşak bir biçimde olduğu koşullarda kullanılması önerilmektedir [37].

$$B (L_B) = K1 \times L_B^n - K2 \quad (6.7)$$

K1: 17.346

K2: 1.6506⁹

Ayrıca, Ngai ortalama aydınlık düzeyinin dimmerle azaltılması ya da arttırılması durumunda, parıltı algılamasının değişip değişmediğini incelemiştir. Dimmerle ortalama aydınlık düzeyi azaltıldığında ya da arttırıldığında, fotometrik özelliklerin, dolayısı ile de $L_{\max}/L_{\min}$ (LUR) ve $B_{\max}/B_{\min}$ (BUR) oranlarının değişmediği, ancak maksimum ve minimum ışıklılıkların mutlak değerlerinin değiştiği gözlenmiştir. Buna bağlı olarak, aynı yüzeydeki iki farklı nokta arasındaki parıltı farkı (ΔB , *brightness difference*) değişmektedir. Bu durumda, bir yüzeyin ortalama ışıklılık değeri yükseltildiğinde, ışıklılığın maksimum ve minimum olduğu noktalardaki parıltı farkının (ΔB) değişmemesi için $L_{\max}/L_{\min}$ oranının küçülmesi gerektiği belirtilmiştir (Şekil 6.6).



Şekil 6. 60 Sabit bir parıltı farkı (ΔB) için LUR ve $L(X_{\max})$ ilişkisi [36]

Bodmann ve La Toison'a göre, ortalama ışıklılık düzeyleri birbirinden farklı iki ayrı yüzeyden birindeki L_1 ve L_2 ışıklılıklarının karşılıkları olan parıltılar arasındaki farkın öteki yüzeydeki L'_1 ve L'_2 ışıklılıklarının karşılıkları olan parıltılar arasındaki farka eşit olması için,

$$\Delta B = \Delta B' \quad (6.8)$$

$$\Delta B = B(L_1) - B(L_2) \quad \text{ve} \quad \Delta B' = B(L'_1) - B(L'_2)$$

olması gereklidir [36,37].

Bu tez çalışmasında, yüzey algılaması, çekirdek gölge ve yarı gölge alanlarının algılanması, ışıklılığın algılanması ise gölge çekirdeği ile çevre alan (gölgesiz alan) ışıklılıklarının algılanması ile ilgilidir. Ancak, söz konusu yüzey ve ışıklılık algılamaları aynı anda olduğu için

değerlendirmede birbirlerini etkileyebilirler. Örneğin, gölgenin sertlik-yumuşaklık değerlendirmesinde, gölgenin açıklık-koyuluk özelliği de etkili olabilir. Sertlik-yumuşaklık açısından aynı olan iki gölge, açıklık-koyuluk açısından farklı ise ikisi birbirinden farklı sertlikte algılanabilir. Bu nedenle tez kapsamında, deneklerin izlenimlerine dayalı bir deneysel çalışma yapılması yararlı olacaktır. Gölgenin açıklık-koyuluk ve sertlik-yumuşaklığı ile ilgili bir derecelendirmenin yapılmasında söz konusu deneysel çalışmadan elde edilen verilerden de yararlanılabileceği düşünülmektedir.

DENEY HACMI ve AYDINLATMA SENARYOLARI

7.1 Deney hacmi

Gölge özelliklerinin görsel olarak değerlendirilebilmesi amacıyla 1/1 ölçekli deney hacmi oluşturulmuştur. Deney hacmi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yıldız Yerleşkesi, Çukursaray Binası'nda bulunmaktadır. Tefrişi iki kişilik büro olarak tasarlanan deney hacminin ölçüleri 5.55m×5.35m×2.55m'dir. Orijinal tavanı sık nervür kirişli olan mekanın, asma tavan gerektirmesi yüzünden net tavan yüksekliği azalmıştır.

Çeşitli özelliklerdeki gölgeleri elde edebilmek ve çalışma masaları üzerinde istenen farklı aydınlık düzeylerini elde edebilmek için seçilen farklı tiplerdeki aydınlatma aygıtları hacmin tavanının orta bölümüne tespit edilmiştir. Bunun için, tavanın orta bölümünün iskeleti, genel asma tavandan farklı olarak özel demir putrellerle yapılmış, aydınlatma aygıtları bu putrellere monte edilmiştir. Tavanın ortasındaki 2.60m×2.30 m ölçülerindeki bu bölümü ışık yansıtma çarpanı 0.90 olan alçıpandan yapılmıştır. Tavanın taşıyıcı olan geri kalan bölümü, duvarlar, döşeme ve kapının ışık yansıtma çarpanları sırasıyla 0.80, 0.90, 0.40 ve 0.83 tür. Hacim içinde lamba ışığı ile oluşturulan aydınlatma koşullarını etkilemesini önlemek için hacimdeki üç pencere deneyler sırasında yansıtma çarpanı 0.90 olan karartma (black out) stor perdeler ile kapatılmıştır. Yüzeyi damarlı olan kayın çalışma masalarının üstü, bu dokunun masa yüzeyindeki gölge özelliklerini maskelememesi için, yansıtma çarpanı 0.60 olan gri stor perde kumaşı ile kaplanmıştır. Masa yüzeyi kaplamasının sınırlı seçenekler

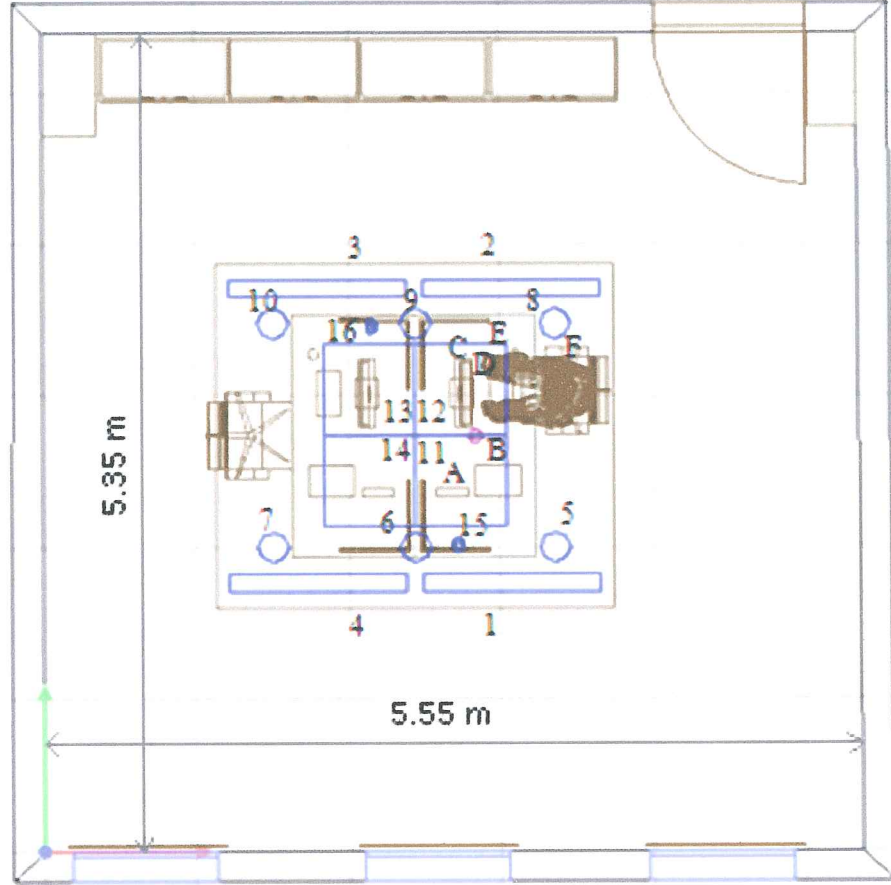
arasından seçiminde, trsz, dokusuz ve kırlsız olması belirleyici olmuştur. Hacimde mobilya olarak ayrıca dört adet kayın dolap yer almaktadır.

Hacim içindeki her iki masanın üzerine aynı sayı ve özellikte nesneler yerleştirilmiştir. Masalar üzerinde düşey ve yatay konumda iki kitap, bilgisayar monitörü ve klavyesi ile bir kupa bulunmaktadır.

Deney hacmi ile aynı özelliklerdeki bir hacim de DIALux aydınlatma programında modellenmiştir. Model hacme masa başında oturan bir büro çalışanı da eklenmiştir. 1/1 ölçekli deney hacmi Şekil 1’de, bilgisayar ortamında oluşturulan modeli ise Şekil 2’de görülmektedir. Model hacim planında, masa üzerindeki düşey konumdaki kitap A, yatay konumdaki kitap B, bilgisayar monitörü C ve klavyesi D, kupa E ve büro alışanı F harfiyle, aydınlatma aygıtları 1-16 arasındaki numaralar ile belirtilmiştir.



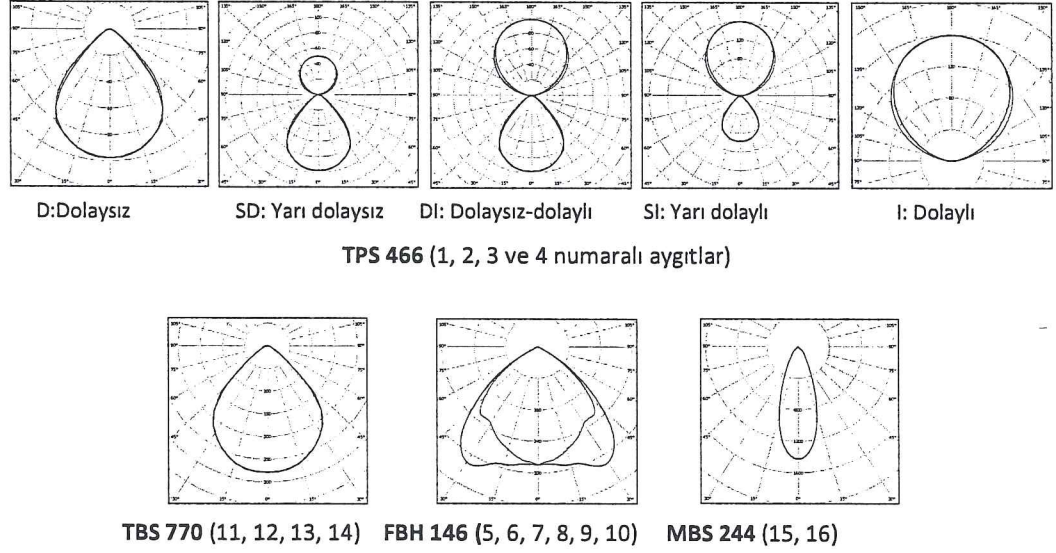
Şekil 7. 61 Deney hacmi



Şekil 7. 62 DIALux aydınlatma programında oluşturulan model hacim

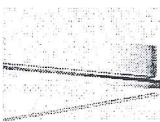
İlk aşamada, gölgeyi belirleyen değişkenlere ilişkin çeşitli senaryolar oluşturularak, DIALux aydınlatma programı aracılığı ile her farklı senaryo için gölge özellikleri saptanmıştır. İkinci aşamada ise, 1/1 ölçekli deney hacminde, belirlenen senaryolardaki gölge özellikleri oluşturularak deneklerin izlenimlerine ve tercihlerine dayanan anket çalışmaları yapılmıştır.

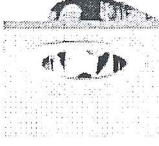
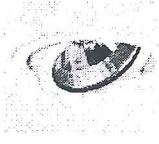
Hacimde kullanılan lamba ve aydınlatma aygıtlarının özellik ve sayıları Şekil 7.3 ve Çizelge 7.1’de verilmiştir.



Şekil 7. 63 Deney hacminde kullanılan aydınlatma aygıtlarının ışık yeğinlik eğrileri

Çizelge 7. 4 Deney hacminde kullanılan lamba ve aydınlatma aygıtlarının özellikleri

Aygıt	Lamba türü	Aygıttaki lamba sayısı	Aygıt sayısı	Aydınlatma aygıtının tespit ve aydınlatma biçimi, geriverimi	Aygıt kodu ve ağız açıklığı ölçüleri
	54 W flüoresan lamba	3	4 (1-2-3-4)	Sarkıt, örtücülü, yarı dolaylı aydınlatma (dimmerleme ile dolaysız, yarı dolaysız, dolaysız-dolaylı ve dolaylı aydınlatmalar), $\eta=0.61$	TPS 466 11.6×116.1 cm
	24 W flüoresan lamba	6	4 (11-12-13-14)	Tavana gömülü, yayıcılı, doğrudan aydınlatma, $\eta=0.52$	TBS 770 59.7×59.7 cm

	26 W kompakt flüoresan lamba	2	6 (5-6-7-8- 9-10)	Tavana gömülü, doğrudan aydınlatma, $\eta=0.73$	FBH 146 $\varnothing$ 14.5 cm
	35 W metal halide lamba	1	2 (15-16)	Tavana gömülü, doğrudan aydınlatma, $\eta=0.76$	MBS 244 $\varnothing$ 7 cm

7.2 Aydınlatma senaryoları

Gölge niteliğini çeşitli açılardan karşılaştırma ve değerlendirmeye yönelik aydınlatma senaryoları oluşturulurken tek masada çalışıldığı durum ve iki masada birden çalışıldığı durum ayrı ayrı ele alınmıştır. Aydınlatma senaryoları masalar üzerindeki ortalama aydınlık düzeylerinin 300, 500, 750, 1000 lx olabilmesi koşulları dikkate alınarak oluşturulmuştur. Çift masada çalışma yapıldığı durumda birçok senaryoda 750 ve 1000 lx koşulları elde edilebilmesine karşın tek masanın kullanıldığı durumda 750 ve 1000 lx aydınlık düzeyleri sınırlı senaryoda sağlanabilmiştir. Gölgelelerin özelliğinde farklılık yaratan temel değişkenler,

- aydınlatma aygıtı boyutu,
- iç yüzeylerin ışık yansıtma çarpanı,
- aydınlatma biçimi,
- aydınlatma aygıtının sayısı ve
- ortalama aydınlık düzeyi

olarak belirlenmiştir. Ancak deney hacminde, asma tavan uygulamasından ötürü azalan tavan yüksekliği nedeniyle, duvar renginin yapılacak deneylere etkisinin çok az olacağı görülmüş ve duvar yansıtma çarpanına ilişkin tek bir durum ele alınmıştır. Buna bağlı olarak, yukarıda belirtilen beş değişkenden yalnız dördü dikkate alınabilmiştir. Ele alınan her bir senaryoda, genel olarak dört değişkenden üçü sabit tutulup, tek bir değişkendeki değişime bağlı olarak gölge özelliklerinde ortaya çıkan farklılıklar saptanmaya çalışılmıştır.

Senaryolar oluşturulurken dört grup altında toplanmıştır (I, II, III, IV). Gruplar oluşturulurken,

- gölgenin sertlik-yumuşaklığını değerlendirmek ve sertlik-yumuşaklık değerlendirmesinde gölgenin aydınlık düzeyinin etkisini saptamak (Grup I),
- gölgenin açıklık-koyuluk değerlendirmesinde gölgeyi yaratan kaynak dışındaki başka kaynakların etkisini incelemek (Grup II),
- gölgenin açıklık-koyuluk değerlendirmesinde aydınlatma biçiminin etkisini incelemek (Grup III),
- gölgenin açıklık-koyuluk değerlendirmesinde gölgeyi yaratan kaynak dışındaki başka kaynakların ve aydınlatma biçiminin etkisini incelemek (Grup IV)

amaçlanmıştır.

Bir masanın kullanıldığı durum için oluşturulan 29 adet aydınlatma senaryosu Çizelge 2’de, iki masanın kullanıldığı durum için oluşturulan 27 adet aydınlatma senaryosu Çizelge 3’te toplu olarak verilmiştir. Çizelgelerde değişkenler koyu olarak gösterilmiştir.

Çizelge 7. 5 Bir masanın kullanıldığı durum için oluşturulan aydınlatma senaryoları

Senaryo grubu/ sayısı	Gölgenin özelliklerinde farklılık yaratan değişkenler				
	Aydınlatma aygıtı boyutu (Aygıt no)	Aydınlatma biçimi	ρ (tavan-duvar-döşeme)	$\bar{E}$	Aygıt sayısı
IA / 5	1, 6, 11, (11+12), (11+12+13+14) <i>Aygıt boyutu değişimi</i>	D	0.90-0.89-0.40	500	1
IB / 2	15 (dolaylı ayd. ile) <i>$\bar{E}_m$ değişimi</i>			750 1000	
IC / 4	11 <i>$\bar{E}_m$ değişimi</i>			300 500 750 1000	
II / 3	6, (5+6), (5+6+8+9) <i>Aygıt sayısı değişimi</i>	500		1, 2, 4	
III / 5	1 <i>Aydınlatma biçimi değişimi</i>	D, SD, DI, SI, I		300	1
IVA / 5	(1+2)	D, SD, DI, SI, I		300	2
IVB / 5	<i>Aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi</i>			500	

D: Dolaysız aydınlatma

SD: Yarı dolaysız aydınlatma

DI: Dolaylı dolaysız aydınlatma

SI: Yarı dolaylı aydınlatma

I: Dolaylı aydınlatma

Çizelge 7. 6 İki masanın kullanıldığı durum için oluşturulan aydınlatma senaryoları

Senaryo grubu/ sayısı	Gölgenin özelliklerinde farklılık yaratan değişkenler				
	Aydınlatma aygıtı boyutu (Aygıt no)	Aydınlatma biçimi	ρ (tavan-duvar-döşeme)	$\bar{E}$	Aygıt sayısı
IA / 4	(1+3), (6+9), (11+13), (11+12+13+14) <i>Aygıt boyutu değişimi</i>	D	0.90-0.80-0.30	500	2
IB / 1	(15+16) (dolaylı ayd. ile) <i>$\bar{E}_m$ değişimi</i>			1000	
I C/ 4	(11+13) <i>$\bar{E}_m$ değişimi</i>			300	
				500	
				750	
				1000	
II / 3	(6+9), (5+6+9+10), (5+6+7+8+9+10) <i>Aygıt sayısı değişimi</i>	D, SD, DI, SI, I		500	2, 4, 6
III / 5	(1+3) <i>Aydınlatma biçimi değişimi</i>			500	2
IVA / 5	(1+2+3+4)			500	4
IVB / 5	<i>Aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi</i>			750	

GÖLGE NİTELİĞİNİN BELİRLENMESİ ve DERECELENDİRİLMESİNE YÖNELİK BİR YAKLAŞIM

Bir hacmin yararlı düzleminde oluşan aydınlığın dağılımı, aydınlatma aygıtlarının konumu, ışık yeğnlik dağılımı, sayısı gibi çeşitli etkenlere bağlı olarak değişir. Bir mekan içindeki gölge atan nesnelerin ve bu gölgelerin düştüğü yüzeylerin konumları da koşuldan koşula farklılık gösterir. Buna bağlı olarak, hacmin farklı bölgelerindeki nesnelerin aydınlatma aygıtını görme açıları, dolayısıyla gölgelerinin sertlik-yumuşaklıkları birbirinden farklı olabilir. Buna benzer biçimde, bir gölgedeki ışıklılık ile gölgesiz yakın çevre ışıklılığı da nesne konumuna göre birbirinden farklı değerler alabilir.

Ayrıca, hacim içindeki bir nesnenin konumu değiştirildiğinde de gölgesinin özellikleri değişir. Örneğin, bir masanın ortasına yakın bir bölgede duran bir nesnenin gölgesi bütünüyle masa üzerine düşebilir, bu nesne masanın kenarına doğru çekildiğinde gölgenin yalnızca belli bir bölümü masa üzerinde kalabilir. Gerek aydınlatma aygıtı konumuna bağlı olarak nesnenin toplam gölgesinin ve gölgedeki çekirdeğin büyüklüğü, gerekse bu gölgenin masa üzerinde algılanan bölümü değişeceğinden, gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliği de değişir. Buna benzer biçimde, nesne konumunun değişimine bağlı olarak gölge çekirdeği ve gölgenin yakın çevresine ilişkin ışıklılık değerleri, dolayısıyla gölgenin açıklık-koyuluk özelliği de doğal olarak değişim gösterir.

Öte yandan, insan, hacim içinde bulunduğu noktaya ve bakış doğrultusuna bağlı olarak hacmin ancak belli bir bölümünü yakından algılar. Bir masada çalışan kişinin görme alanına ağırlıklı olarak masa üzerindeki nesnelerin gölgesi ve kendi gölgesi girer. Buna ek olarak, yakın çevresindeki nesnelerin yüzeyindeki ve/ya da kişilerin yüzündeki gölgelerden etkilenir. Bir ortamdaki gölgelerden etkilenme bulunulan eylemin türü ve süresi ile de ilgilidir. Bir hacme, bu hacmin bütününe algılayabilecek uzaklıktan bakan kişinin bu eylemde bulunma süresi çok kısa olur, dolayısıyla ortamdaki gölgelerin insan üzerindeki olumlu ya da olumsuz etkisinden bahsetmek anlamlı değildir. Eylemin ancak belli bir süre sürdüğü ve görme alanının hacmin belli bir bölümü gibi daha küçük olduğu koşullarda gölgelerin etkisi önem kazanır. Bu nedenlerle, bu çalışmada gölgelerin incelendiği ve değerlendirildiği yüzey bir masa yüzeyi ile sınırlanmıştır.

Bir hacimde ortaya çıkan gölgelerin belirlenmesi ve değerlendirilmesine yönelik bu çalışmada geliştirilen yaklaşımda gölge niteliğinin iki boyutu ayrı ayrı ele alınmıştır. Gölge niteliği temelde,

- sertlik-yumuşaklık açısından, 'algılanan gölge çekirdeği/toplam gölge oranına';
- açıklık-koyuluk bakımından, 'gölge çekirdeği parıltısı ile toplam gölge sınırı parıltısı arasındaki fark'a

bağlı olarak tanımlanmıştır. Gölgenin saptanmasında ve derecelendirilmesinde önerilen yaklaşımın geliştirilmesinde alınan kararlar, yapılan kabuller ve hesaplamalar aşağıdaki bölümlerde sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk boyutları için ayrı ayrı açıklanmıştır. Bu açıklamalar, yaklaşımın aşağıda belirtilen adımları uyarınca yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında geliştirilen yaklaşım, aşağıda I, II ve III ile belirtilmiş olan üç temel adımdan oluşmaktadır. Yaklaşımın temel adımları ve ilgili alt adımlar aşağıdaki gibidir:

I. Gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin deneysel çalışma ile saptanması

1. Deneysel çalışmada kullanılacak gölge örneklerinin hazırlanması
2. Gölge örneklerini sertlik-yumuşaklık bakımından değerlendirmek amaçlı anket uygulaması

3. Anket sonuçlarının toplam gölge alanı duyulanmasına ve sertlik-yumuşaklık izlenimine ilişkin ayrı ayrı değerlendirilmesi

II. Gölgenin açıklık-koyuluk özelliğinin hesaplama yolu ile saptanması

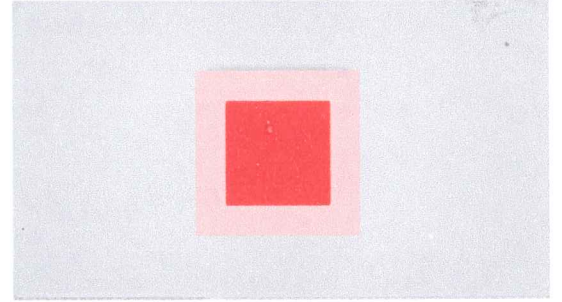
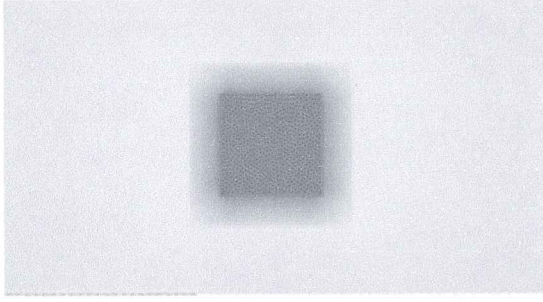
1. Gölge çekirdeği ve gölge sınırı ışıklılıklarının hesaplanması
2. Gölge çekirdeği ve gölge sınırı parlılıkları arasındaki farkın saptanması

III. Gölgenin sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk açısından derecelendirilmesi

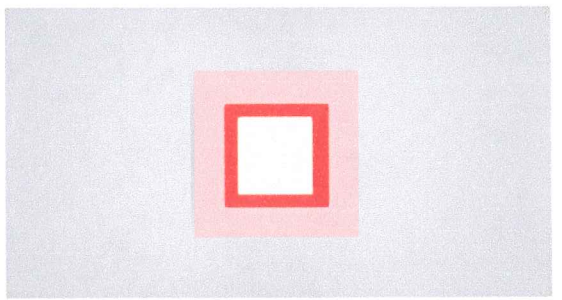
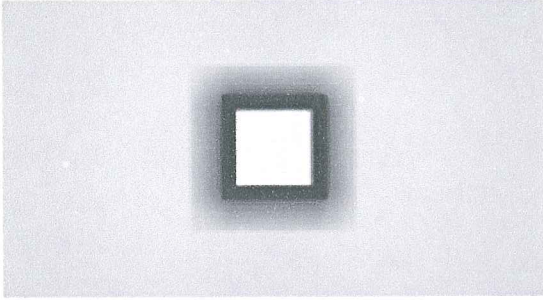
1. Sertlik-yumuşaklık açısından derecelendirme
2. Açıklık-koyuluk açısından derecelendirme
3. Derecelendirmenin uygulanmasında izlenmesi gereken yol

8.1 Gölgenin Sertlik-Yumuşaklık Özelliğinin Saptanması

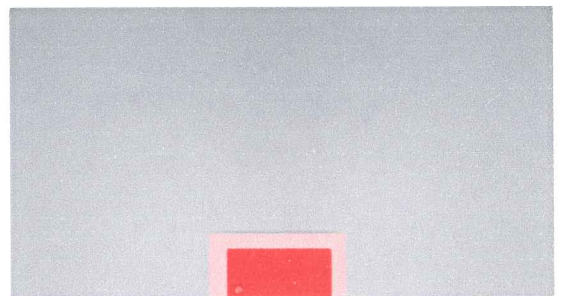
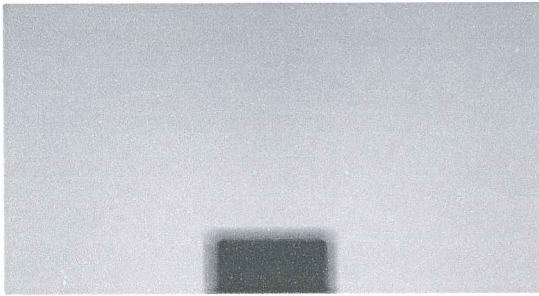
Bu çalışmada gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin, gölge çekirdeğinin toplam gölge alanına olan orana dayalı olarak belirlenmesine karar verilmiştir [1-2]. Çünkü bu yol ile gölgede sertlik-yumuşaklık bakımından sınır durumları 0 ve 1 ile tanımlamak olanaklıdır. Böylece, sertlik-yumuşaklık bakımından çeşitli ara durumları (sert, az sert, orta yumuşaklıkta, yumuşak vb.) da 0-1 arasındaki sayılarla derecelendirmek olanaklı olacaktır. Verilen karara göre, “1” durumu, yarı gölge alanın hiç olmadığı en sert gölge koşulunu; “0” durumu, çekirdek alanın ortadan kalktığı en yumuşak gölge koşulunu vermektedir (Şekil 8.1). Şekil 8.1’de kare ve daire planlı nesnelerin bir masa yüzeyindeki gölgelerine örnekler verilmiştir. Yan yana yer alan iki şekilden soldaki masa yüzeyinde oluşan gölgeyi, sağdaki ise bu gölgedeki çekirdeğin ve yarı gölgenin renklendirilmiş durumunu göstermektedir. Gölge çekirdeği kırmızı, yarı gölge pembe ile belirtilmiştir. Masa yüzeyine oturan nesnelerin taban alanı açık gri ile gösterilmiştir. Gölgenin bütününün masa yüzeyi üzerine düşmediği, bir bölümünün masa dışına taşıdığı koşullara da örnekler verilmiştir. Sertlik-yumuşaklık belirlenmesinde gölgenin yalnızca masa yüzeyine düşen bölümünün dikkate alınmasına karar verilmiştir.



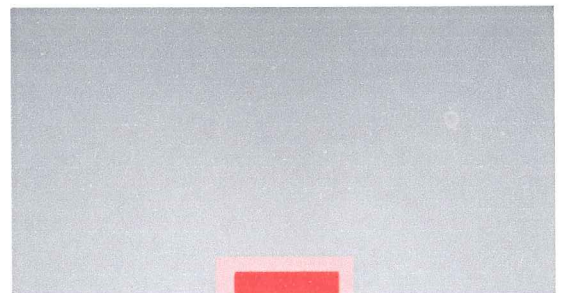
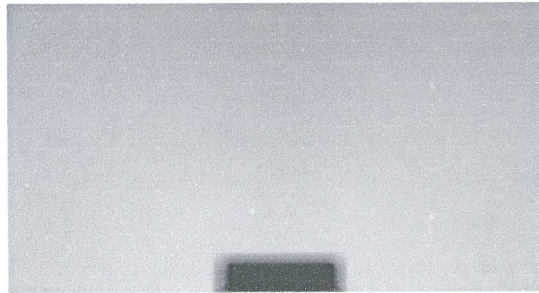
Masaya oturmayan kare planlı nesne



Masaya oturan kare planlı nesne



Gölgesinin yarısı masa dışına taşmış olan, masaya oturmayan kare planlı nesne

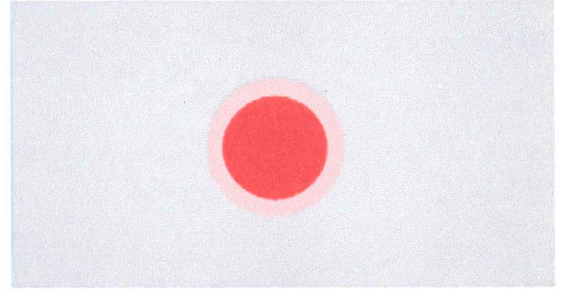
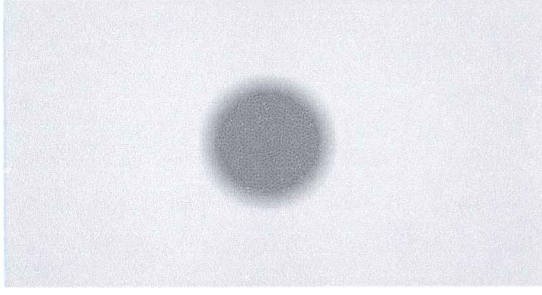


Gölgesinin dörtte üçü masa dışına taşmış olan, masaya oturmayan kare planlı nesne

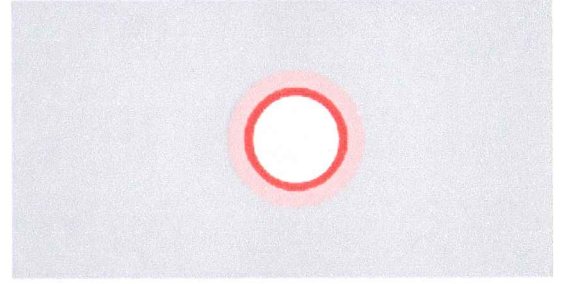
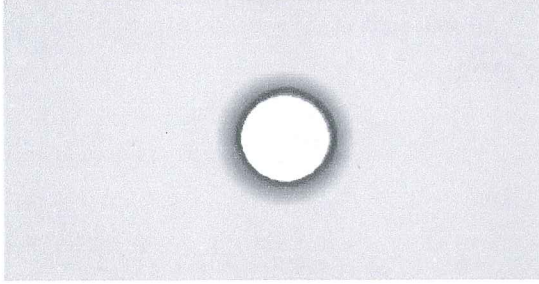
● Gölge çekirdeği alanı

● Yarı gölge alanı

Şekil 8. 64a Çeşitli koşullar için sertlik-yumuşaklık değerlendirmesinde dikkate alınan gölge çekirdeği ve yarı gölge alanları



Masaya oturmayan daire planlı nesne



Masaya oturan daire planlı nesne

● Gölge çekirdeği alanı

● Yarı gölge alanı

Şekil 8. 65b Çeşitli koşullar için sertlik-yumuşaklık değerlendirmesinde dikkate alınan gölge çekirdeği ve yarı gölge alanları

Çalışmanın 4. Bölümü'nde yapılan incelemelerde belirtildiği gibi, büyük boyutlu aydınlatma aygıtları ile yapılan aydınlatmada, gölge çekirdeğinin ortadan kalktığı durumda gölgenin orta bölümünde koşullara göre büyüklüğü değişen bir ters çekirdek (antumbra) kısmı oluşmaktadır. Ters çekirdekteki aydınlık düzeyi gölgesiz çevre alan aydınlık düzeyine yakın olmakla birlikte ters çekirdeğin varlığı kimi zaman görsel olarak fark edilebilmektedir. Ters çekirdeğin ortaya çıktığı koşullarda, gölgenin sertlik-yumuşaklığı hesaplanabilmekte ancak, ters çekirdek alanının gölgesiz çevreye göre biraz daha düşük olan ışıklılığı, dolayısıyla parıltısı belirgin gölge etkisi yaratmamaktadır.

Gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliğinin saptanabilmesi için öncelikle nesnenin masa yüzeyine düşen gölgesinin biçim ve boyutunun belirlenmesi gereklidir. Bunun için, 5.1.2 Bölümü'nde anlatılan yol izlenerek işlem yapılmıştır. Yani, DILAux aydınlatma programında masa yüzeyindeki nesnesiz ve nesneli koşullar için aydınlık düzeyi dağılımları hesaplanmış,

sonuçlar Excell programına aktararak gölge faktörü dağlımları saptanmış ve gölge çekirdeği, yarı gölge ve toplam gölge alanı cm^2 cinsinden belirlenmiştir.

Çekirdek alanın toplam gölge alanına bölünmesi ile çekirdeğin toplam gölge içinde kapladığı alan yüzde cinsinden saptanmıştır. Böylece, gölgenin sertlik-yumuşaklığı fiziksel uyartı olarak tanımlanmıştır. Ancak, gölge çekirdeği ve yarı gölge alanın algılanan büyüklükleri her koşulda hesaplanan fiziksel büyüklüklere eşit olmamaktadır. Çekirdek ve yarı gölge büyüklüklerinin, dolayısı ile toplam gölge alanın büyüklüğünün görsel değerlendirilmesi durumunda, masa yüzeyindeki aydınlık düzeyi, i yüzeylerin ışık yansıtma çarpanı, nesnenin boyut (dolayısı ile gölgenin boyutuna) ve konumuna göre farklı sonuçlara ulaşılabileceği düşünülmüştür. Bir başka deyişle, çekirdek ve toplam gölge alanın matematik olarak hesaplanan fiziksel büyüklüklerinin duyulanma olarak karşılıklarının belirtilen koşullara göre ne ölçüde değişeceğinin araştırılması gerekmiştir.

Çekirdek alanın toplam gölge içinde kapladığı alanın duyulanma karşılığının saptanmasında ilk aşamada Stevens ve Hubert'in yaklaşımlarından yararlanılabileceği düşünülmüştür. Yani sertlik-yumuşaklığı sayısal olarak belirlemek üzere, doğrudan doğruya çekirdek alanın toplam gölgeye oranını veren sayıyı kullanmayıp, toplam gölge ve çekirdeğin fiziksel büyüklüklerinin 0.7 s sayısını dikkate almak hedeflenmiştir. Bu yaklaşıma göre, örneğin toplam gölge alanı 1 birim, çekirdek alan 0.5 birim ise, çekirdek alanın ve toplam gölge alanın fiziksel büyüklükleri arasındaki oran 0.5 ($0.5/1=0.5$) olurken, bu alanların 0.7 s sayıları arasındaki oran ~ 0.61 ($0.5^{0.7}/1^{0.7}=0.61$) olmaktadır. Verilen örnekteki gölge çekirdeği fiziksel olarak toplam gölgenin yarisını, yani %50 sini kaplarken, bu oran konusundaki yargı görsel değerlendirmede % 61 büyüklüğündedir. Bir başka deyişle, verilen örnek için fiziksel uyartı 0.50 iken duyulanma 0.61 olmaktadır.

Ancak, Stevens ve Hubert'in çalışmalarında deneklerce karşılaştırılan örnekler, sınırları kesin olarak belli olan yüzeylerdir. Çalışmada kullanılan fiziksel büyüklükleri kesin olarak tanımlanmış yüzey örneklerinin renksel özelliklerinin, özellikle açıklık koyuluklarının da aynı

olduğu tahmin edilmektedir. Bu çalışmada ise gölge çekirdeği ve toplam gölge alanın aynı anda görülerek büyüklükleri arasındaki oranın değerlendirilmesine ihtiyaç vardır. Öte yandan, ışıklılığı kendi içinde genelde düzgün yayılı olan gölge çekirdeğinin sınırlarının belirgin olması, buna bağlı olarak büyüklüğünün rahat algılanmasına karşın, yarı gölge içindeki ışıklılık gölge çekirdeğinden gölge sınırına doğru giderek artmakta ve yarı gölge sınırı belirgin olarak algılanamamaktadır. Ayrıca masa üzerindeki ortalama aydınlık düzeyinin farklı olduğu koşullarda, gölgelerdeki ışıklılığın, dolayısıyla algılanan parlaltının da büyüklüğü farklı olmaktadır. Algılanan parlaltıdaki farkların gölgedeki sertlik-yumuşaklık değerlendirmesini de etkilemesi olasıdır. Örneğin, gölge çekirdekleri ve yarı gölge alanları biçim ve boyut açısından aynı, ancak açıklık koyuluk açısından biri koyu öteki açık olan iki ayrı gölge farklı sertlik-yumuşaklıkta algılanabilir.

Belirtilen nedenlerle, sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk açısından gölgede olabilecek farklı koşulların bilgisayar ortamında yaratılarak görsel olarak değerlendirilmesine yönelik deneysel bir çalışmanın yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla yapılan anket çalışmasının ayrıntıları aşağıdaki bölümde ele alınmıştır.

Bu deneysel çalışmanın doğrudan doğruya deney hacmindeki çeşitli senaryolar aracılığı ile yapılamayacağına karar verildiği için bilgisayar ortamında ayrıca bir değerlendirme yoluna gidilmiştir. Çünkü sertlik-yumuşaklık ve toplam gölge boyutu açısından belli adımlara karşılık gelen gölge özelliklerinin deney hacminde yaratılması çok güçtür. Masaya oturmayan nesneler için istenen koşulların yaratılması da kolay görünmemektedir. Bunların yanı sıra, deneysel çalışmada ele alınması planlanan 137 farklı durum vardır ve değerlendirmelerde bir durumdan ötekine hızla geçilmesi gerekmektedir. Her farklı durum için nesne boyut ve konumuna yönelik ayarlamaların yapılması için harcanacak zaman da deneğin dikkatini dağıtacağından değerlendirmeler üzerinde olumsuz etki yapacaktır.

8.1.1 Sertlik-yumuşaklık özelliğinin saptanmasına yönelik deneysel çalışma

Deneysel çalışmada, gölge çekirdeğinin toplam gölge içinde kapladığı alanın yüzde cinsinden görsel olarak sorgulanması düşünülmüştür. Gölgeyi oluşturacak nesnenin boyut ve konumu farklı tutularak gölge büyüklüğü ve sertlik-yumuşaklık özelliği farklı gölge örnekleri oluşturmak hedeflenmiştir. Nesneler, bürolarda daha çok köşeli nesneler kullanıldığı için, ağırlıklı olarak kare planlı hazırlanmıştır.

Bunun için üç ayrı grup altında toplanan, boyutları ve konumları birbirinden farklı 19 adet kare planlı, yükseklikleri 10 cm olan plakalar DIALux aydınlatma programında oluşturulmuştur. Bu plakaların boyutu, masa yüzeyinden uzaklığı Çizelge 1’de verilmiştir. Kare plakaların gerek boyutları gerekse masa yüzeyinden uzaklıkları gölge çekirdeğinin ($A_{gç}$) toplam alan içinde (A_{tg}) kapladığı alanın 0.2, 0.4, 0.6 ve 0.8 olmasını olabildiğince sağlayacak biçimde ayarlanmıştır. Böylece sertlik-yumuşaklıkları farklı örnekler oluşturulmuştur. Kare planlı nesnelerin masa yüzeyine oturdukları durumlar da ele alınmış, bu durum için nesnelerin yükseklikleri havada duran nesnenin masaya uzaklığı kadar alınmıştır. Masa yüzeyine oturan nesnelerin gölge çekirdeklerinin nesne altında kaldığı durumlar dikkate alınmamıştır. Bir başka deyişle, gölge çekirdeğinin görünmediği örnekler deneysel çalışmada kullanılmamıştır. Ayrıca, nesnelerin daire olması koşulları da ele alınarak, daire nesnelerin çapları kare nesnelerin kenar uzunlukları kadar tutulmuştur.

Çizelge 8. 7 Deneyde kullanılan nesnelerin özellikleri

Gölge grupları		Nesne özellikleri		Gölge çekirdeği/Toplam gölge alanı (A_{gc}/A_{tg})		
		Masa ile nesne arasındaki uzaklık (cm)	Nesnenin kenar uzunluğu-daire nesnenin çapı (cm)	Masa yüzeyine oturmayan (havada) nesne	Masa yüzeyine oturan nesne	Daire nesne
1	a	99	26	0.40	0.31	0.36
	b	86	25		0.28	0.39
	c	75	20.5		0.24	0.36
2a	a	48	50	0.79	0.61	0.77
	b	76	37	0.61	0.47	0.59
	c	99	26	0.40	0.31	0.36
	d	115	18	0.19	-	0.14
2b	a	41	43	0.81	0.61	0.78
	b	68	32	0.59	0.42	0.58
	c	86	25	0.40	0.28	0.39
	d	106	17	0.22	-	0.15
2c	a	33	34	0.83	0.57	0.79
	b	55	27	0.60	0.35	0.60
	c	75	20.5	0.40	0.24	0.38
	d	93	15	0.21	-	0.15
3	a	48	50	0.79	0.61	0.77
	b		24	0.61	0.33	0.57
	c		13	0.40	-	0.35
	d		8	0.22	-	0.22

Çizelge 8.1'deki gölge gruplarına ilişkin açıklamalar aşağıda yapılmıştır (Şekil 8.2):

1. Grup örnekler: 'Çekirdek alan/Toplam alan' oranları aynı, ancak toplam alan boyutları farklı gölgeler

Nesnenin boyutu ve düşeydeki konumu değiştirilerek, çekirdek alanlarının toplam gölge alana oranları aynı (0.4), ancak toplam gölge büyüklükleri farklı gölgeler oluşturulmuştur (Şekil 8.2a).

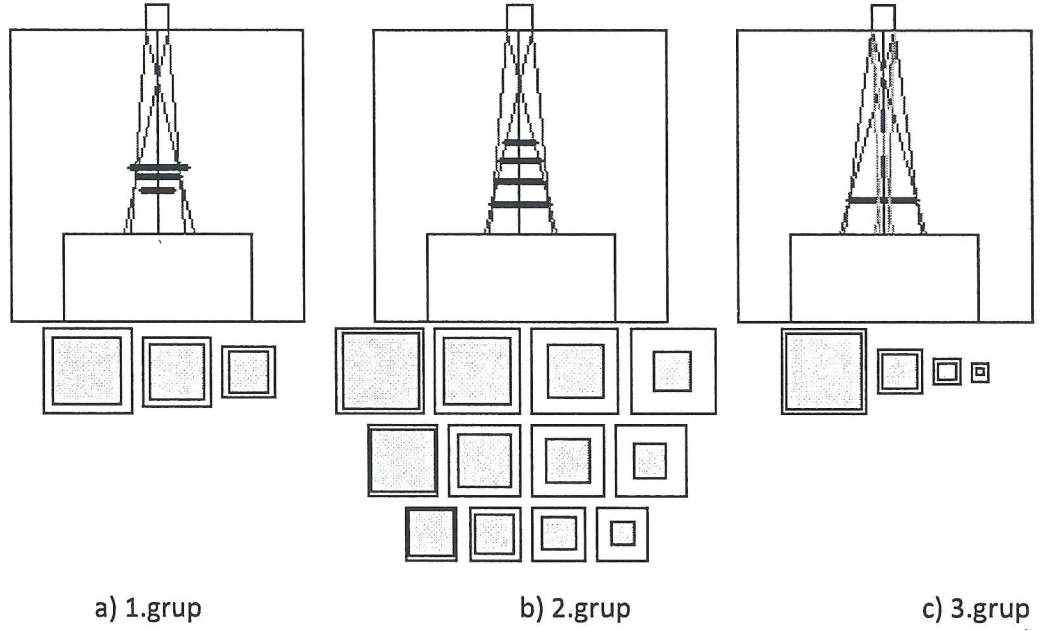
2. Grup örnekler: Toplam alan boyutları aynı, 'çekirdek alan/toplam alan' oranları farklı gölgeler

Nesnenin boyutu ve düşeydeki konumu değiştirilerek, çekirdek alanlarının toplam gölge alana oranları değişken (0.8 - 0.6 - 0.4 - 0.2) ancak toplam gölge büyüklükleri aynı gölgeler

oluşturulmuştur. Büyük, orta büyüklükte ve küçük gölge boyutları ayrı ayrı ele alınmıştır (Şekil 8.2b).

3. Grup örnekler: ‘Çekirdek alan/toplam alan’ oranları ve toplam alan boyutları farklı, ancak gölgenin etrafını çevreleyen yarı gölge halkasının eşit genişlikte olduğu gölgeler

Nesnelerin düşeydeki konumu sabit tutulup boyutu değiştirilerek, büyüklükleri farklı, çekirdek alanlarının toplam gölge alana oranları değişken (0.8-0.6 0.4-0.2), ancak gölgenin etrafını çevreleyen yarı gölge halkasının eşit genişlikte olduğu gölgeler oluşturulmuştur (Şekil 8.2c).



Şekil 8. 66 Anket çalışması için oluşturulan gölge tipleri

Kare ve daire planlı nesnelerin oluşturacağı gölgelerin algılanmasında benzerlik ya da farklılık olup olmadığını görmek amacıyla, karenin kenar uzunluğuna eşit çapta daire nesneler de ele alınmıştır.

Farklı özellikteki gölgeleri oluşturmak üzere, DIALux aydınlatma programında 2.5mx2.5mx2.5m boyutlarında bir hacim oluşturularak, masa yüzeyinde 5mmx5mm aralıklarla aydınlık düzeylerini veren hesap ağı atanmıştır. Boyutları Çizelge 4’te verilen

nesneler ele alınarak, aydınlatma aygıtının tavanın tam ortasına tespit edildiği durum için işlem yapılmıştır. Nesnenin masa yüzeyine oturduğu ve oturmadığı koşullar için noktasal ve doğrusal kaynaklar kullanılarak gölgeler belirlenmiştir. Noktasal ve doğrusal ışık kaynağı olarak, 7.Bölümde tanıtılan deney hacminde yer alan, FBH 146 kodlu kompakt flüoresan lambalı aygıt ve TPS 466 kodlu dolaysız ışık veren doğrusal flüoresan lambalı aygıt kullanılmıştır.

Kompakt flüoresan lambalı aygıtın kullanıldığı koşulda,

- kare planlı masa yüzeyine oturmayan nesne için,
 - masa yüzeyindeki ortalama aydınlık düzeyinin 300 lx, 500 lx ve 750 lx olduğu,
 - duvar ışık yansıtma çarpanının 0.50 ve 0.80 olduğu

toplam 114 durum için,

- kare planlı masa yüzeyine oturan nesne için,
 - masa yüzeyindeki ortalama aydınlık düzeyinin 500 lx,
 - duvar ışık yansıtma çarpanının 0.50 ve 0.80 olduğu

toplam 28 durum için,

- daire planlı masa yüzeyine oturmayan nesne için,
 - masa yüzeyindeki ortalama aydınlık düzeyinin 500 lx,
 - duvar ışık yansıtma çarpanının 0.80 olduğu

toplam 19 durum için

gölgeler belirlenmiştir.

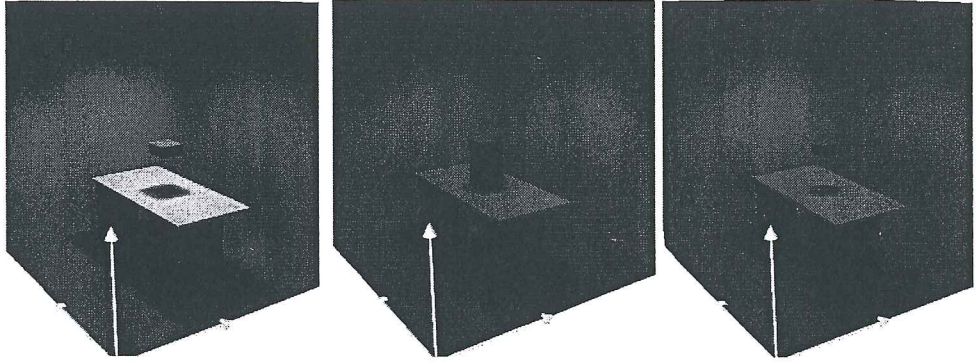
Doğrusal flüoresan lambalı aygıtın kullanıldığı koşulda,

- kare planlı masa yüzeyine oturmayan nesne için,
 - masa yüzeyindeki ortalama aydınlık düzeyinin 500 lx olduğu,
 - duvar ışık yansıtma çarpanının 0.80 olduğu

toplam 16 durum için,

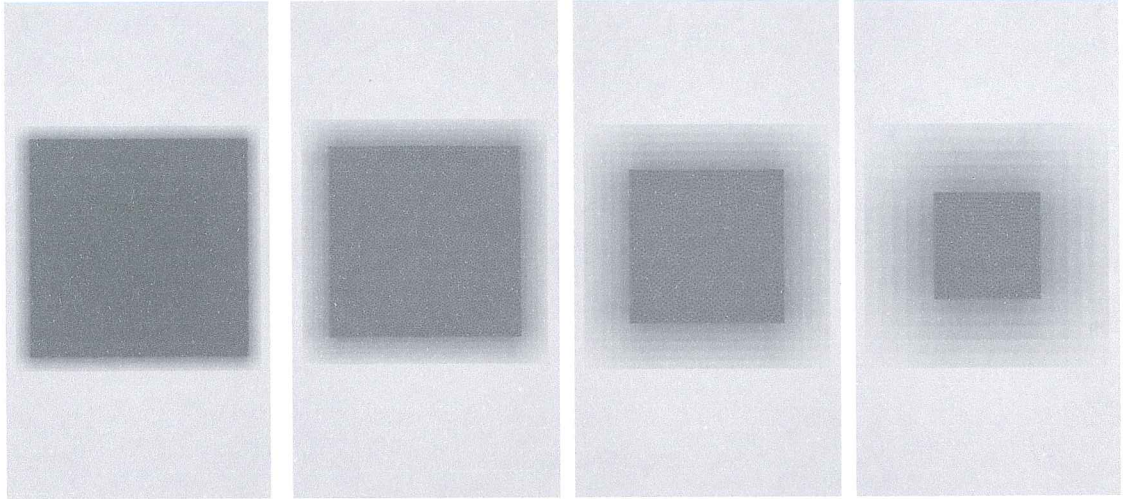
gölgeler saptanmıştır.

Yukarıda da belirtildiği üzere, gerek kompakt gerekse doğrusal flüoresan lambalı aydınlatma aygıtı tavanın ortasına yerleştirilmiştir. Bu aygıtlardan çıkan ışığın duvar yüzeylerine de düşebilmesi ve duvar yansıtma çarpanının masa üzerindeki aydınlığa katkısının sağlanabilmesi için hacmin eni ve boyu küçük tutulmuştur. Hesaplamaların yapıldığı hacimde kare planlı bir nesnenin masa yüzeyine oturduğu ve oturmadığı koşullara ve nesnenin daire planlı olduğu duruma örnek Şekil 8.3'te gösterilmiştir.



Şekil 8. 67 Kare ve daire planlı nesnelerin masa yüzeyine oturduğu ve oturmadığı durumlara örnekler

Kompakt flüoresan lambalı aygıtın kullanıldığı koşulda, ortalama aydınlık düzeyinin 500 lx, duvar ışık yansıtma çarpanının 0.80 olduğu durumda elde edilen 2a grubundaki gölgelere örnekler Şekil 8.4'te gösterilmiştir. Deneysel çalışmada kullanılmak üzere görselleştirilen öteki gölge örnekleri Ek A'da yer almaktadır. Gölgelerin hangi lamba türü kullanılarak elde edildiği altlarında belirtilmiştir. Kompakt flüoresan lamba, KFL; doğrusal flüoresan lamba, DFL ile belirtilmiştir.



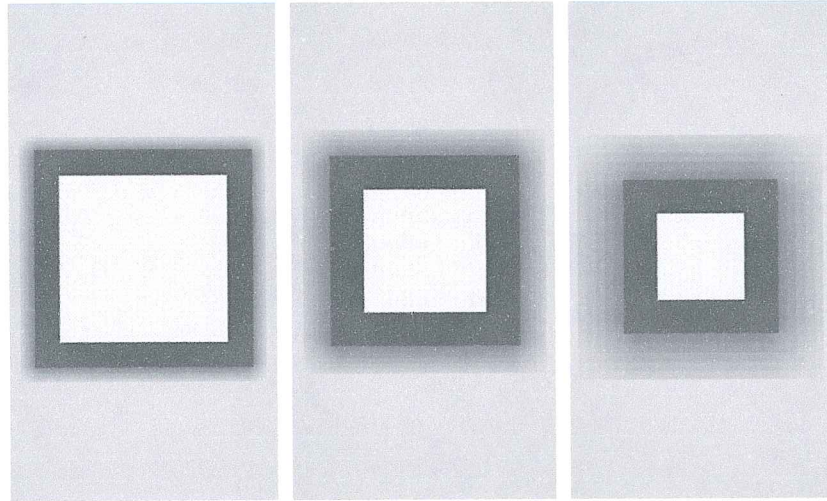
a: $A_{gç}/A_{tg}=0.79$

b: $A_{gç}/A_{tg}=0.61$

c: $A_{gç}/A_{tg}=0.40$

d: $A_{gç}/A_{tg}=0.19$

Masa yüzeyine oturmayan kare planlı nesne gölgeleri, lamba türü: KFL

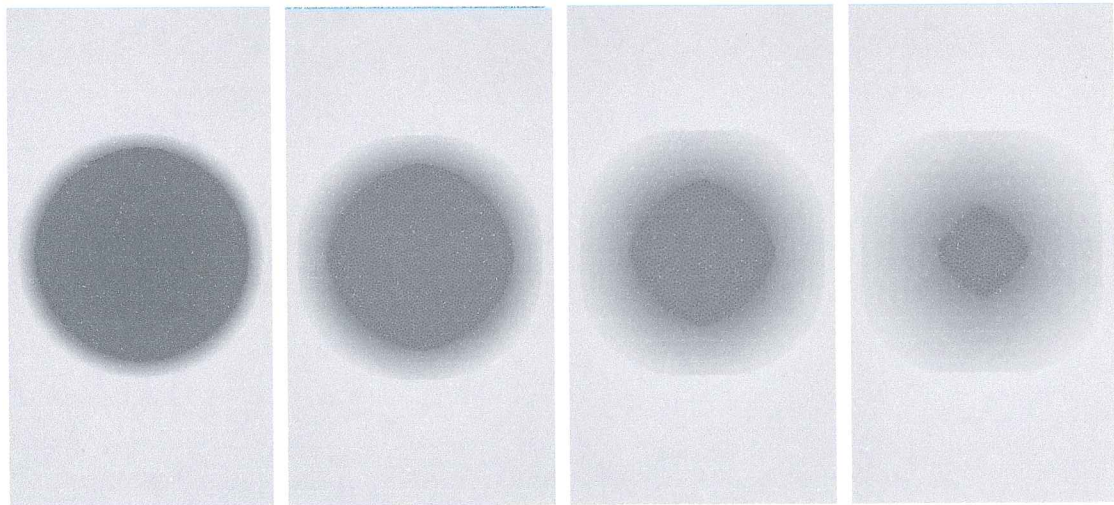


a: $A_{gç}/A_{tg}=0.61$

b: $A_{gç}/A_{tg}=0.47$

c: $A_{gç}/A_{tg}=0.31$

Masa yüzeyine oturan kare planlı nesne gölgeleri, lamba türü: KFL



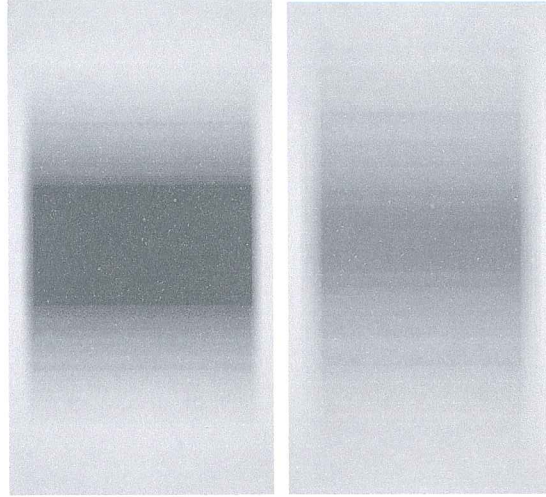
a: $A_{gç}/A_{tg}=0.77$

b: $A_{gç}/A_{tg}=0.59$

c: $A_{gç}/A_{tg}=0.36$

d: $A_{gç}/A_{tg}=0.14$

Masa yüzeyine oturmayan daire planlı nesne gölgeleri, lamba türü: KFL



a: $A_{gç}/A_{tg}=0.29$

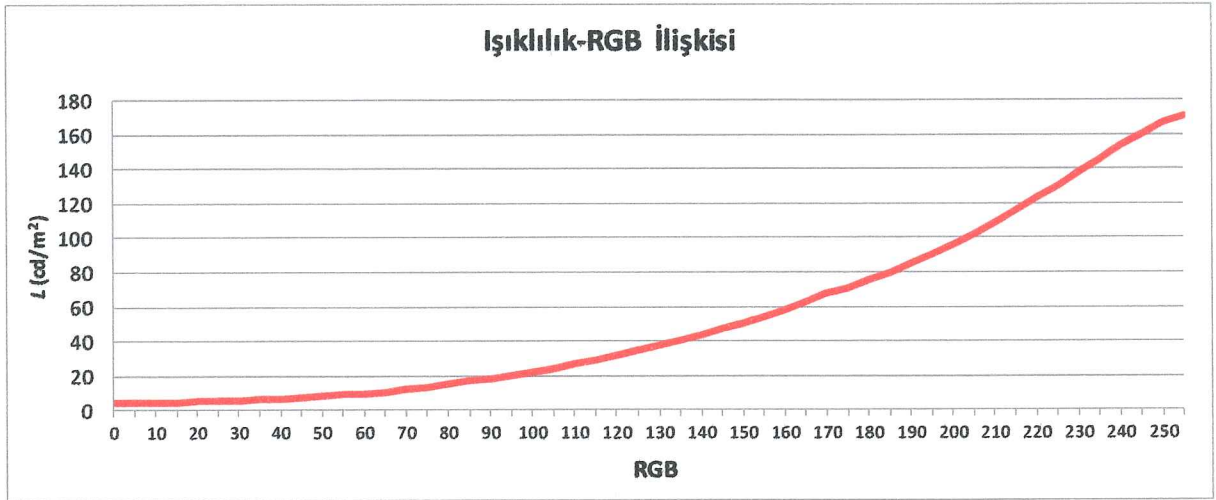
b: $A_{gç}/A_{tg}=0.11$

Masa yüzeyine oturmayan kare planlı nesne gölgeleri, lamba türü: DFL

Şekil 8. 68 Büyüklükleri aynı, çekirdek alanı/toplam gölge alanı farklı gölgeler

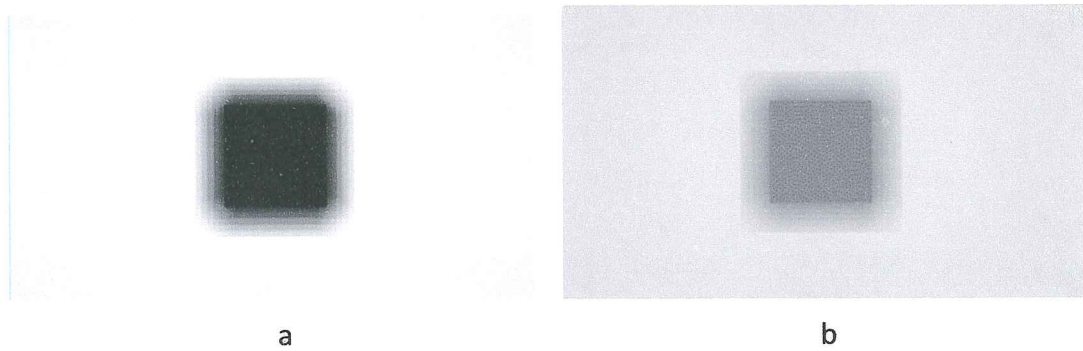
DIALux aydınlatma programı ile masa yüzeyinde elde edilen ışıklılık değerleri Excell programına aktarılarak gölgenin açıklık-koyuluk özelliği griler skalası ile oluşturulabilecektir. Excell'deki griler skalasının ışıklılık niceliklerine bağlı olarak bilgisayar tarafından otomatik olarak ayarlanması her zaman gerçek durumdaki ışıklılık dağılımını görselleştirememektedir. Excell'deki griler skalasını, DIALux programında masa yüzeyinde elde edilen ışıklılıkların niceliklerine uygun olarak ayarlayabilmek için, hesaplama sonucunda elde edilen ışıklılık değerleri ile Excell'de kullanılan RGB renk dizgesi arasında bir ilişki kurulması gerekmektedir. Böyle bir ilişkiyi kurabilmek amacıyla, Excell'de 0 ile 255 arasında olan RGB değerlerinin (grilerin) ışıklılığı deneylerin yapılacağı bilgisayar ekranında ölçülmüştür. Ölçümler, R, G ve B değerleri beşer adımla ve aynı oranda değiştirilerek (örneğin, R=G=B=0, R=G=B=5 gibi) Minolta ışıklılıkölçer ile ekrandan 1 m uzaklıkta yapılmıştır. Işıklılıkölçerin döşemeden yüksekliği ekranın orta noktasının döşemeden yüksekliğine eşit tutulmuş, ekranın konumu tam düşey olarak ayarlanmıştır. Ekran üzerinde her RGB için beş ayrı noktada ölçme yapılmış, bu ölçmelerin ortalamaları dikkate alınmıştır. 0-255 arasındaki RGB değerlerinin ölçülerek belirlenen ışıklılık karşılıkları Şekil 8.5'de gösterilmiştir. Gölgenin olduğu bir masa yüzeyindeki en yüksek ve en düşük ışıklılık değerinin RGB karşılıklarını Excell'de kullanılarak koşullu biçimlendirme ile ışıklılık dağılımının bilgisayar ekranında aslına uygun olması sağlanmıştır. Böylece, DIALux'te çeşitli

ortalama aydınlık düzeyleri ve yansıtma çarpanlarının uygulandığı farklı koşullarda masa yüzeyindeki ışıklılık dağılımları bilgisayar ekranında görselleştirilebilmiştir.



Şekil 8. 69 Ekran ışıklılığı ve RGB renk dizgesi ilişkisi

Bir gölge örneği için, Excell griler skalası ile otomatik olarak oluşturulan ışıklılık dağılımı ve RGB renk dizgesi aracılığı ile görselleştirilen ışıklılık dağılımı karşılaştırmalı olarak Şekil 8.6'da gösterilmiştir.



Şekil 8. 70 Excell griler skalası (a) ve RGB renk dizgesi (b) ile görselleştirilen ışıklılık dağılımına örnekler

8.1.2. Sertlik-yumuşaklık özelliğinin belirlenmesine ilişkin anket uygulaması

a) Gölge örneklerinin dizilişi

Toplam gölge boyutu ve sertlik-yumuşaklık açısından farklı özelliklerdeki 137 adet gölge bilgisayar ekranında değerlendirilmek üzere Power Point programında peş peşe dizilmiştir. Gölgelerin dizilişinde masa yüzeyinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi, kullanılan lamba

türü ve gölgelerin ait olduğu nesnelerin özellikleri açısından aşağıda belirtilen sıra izlenmiştir:

- 1) 300 lx, kare planlı masa yüzeyine oturmeyan nesne (havada nesne), kompakt flüoresan lamba
- 2) 500 lx, kare planlı masa yüzeyine oturmeyan nesne (havada nesne), kompakt flüoresan lamba
- 3) 750 lx, kare planlı masa yüzeyine oturmeyan nesne (havada nesne), kompakt flüoresan lamba
- 4) 500 lx, daire planlı masa yüzeyine oturan nesne, kompakt flüoresan lamba
- 5) 500 lx, kare planlı masa yüzeyine oturan nesne, kompakt flüoresan lamba
- 6) 500 lx, kare planlı masa yüzeyine oturmeyan nesne (havada nesne), doğrusal flüoresan lamba

Masa yüzeyindeki gölgeli ve gölgesiz alanların ışıklılıkları, gölgeleri oluşturmak üzere bilgisayar programında masa yüzeyinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyine bağlı olmaktadır. Masa yüzeyinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi yükseldikçe doğal olarak masa yüzeyindeki hem gölgeli hem gölgesiz alanların ışıklılıkları da yükselmektedir. Işıklılıktaki aydınlık düzeyine bağlı ortaya çıkan bu farklılıklar bilgisayar ekranında da görselleştirilmiştir. Art arda çeşitli gölge örneklerinin izlenmesi sırasında bakılan ekran yüzeyindeki ortalama ışıklılığın olabildiğince az değişmesi ile gözün peş peşe gösterilen örneklerdeki ışıklılık farkına bağlı olarak yorulmayacağı ve değerlendirmelerin daha sağlıklı yapılabileceği düşünülmüştür. Bu nedenle, kare planlı nesneler için 300 lx aydınlık düzeyi ile başlanmış, daha sonra sırası ile 500 lx ve 750 lx aydınlık düzeylerine ilişkin örnekler gösterilmiştir. Değerlendirmelerde aynı biçimdeki gölgelerin peş peşe izlenmesinin daha az yorucu olacağı düşünülerek, önce en fazla sayıda örneğin oluşturulduğu kare planlı nesne ile başlanmış, ardından daire planlı nesne ile devam edilmiş, en son olarak masa yüzeyine oturan kare planlı nesne ve doğrusal flüoresan lambanın kullanıldığı durum ele alınmıştır. Altı grup altında toplanan gölgeler, kendi içinde rastgele karışık bir sıra ile gösterilmiştir.

b) Deneklerin özellikleri

Anket uygulamasına 19 kadın, 12 erkek olmak üzere toplam 31 kişi katılmıştır. Deneklerin yaş ve eğitim gruplarına göre dağılımı Çizelge 2’de gösterilmiştir. Anket çalışması Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş kampüsünde gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların % 77 si Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü’nde Yüksek Lisans eğitimini süren öğrenciler, % 23 ü aynı fakültedeki öğretim elemanlarıdır.

Çizelge 8. 8 Anket çalışmasına katılan deneklerin özellikleri

Yaş	İlköğretim		Lise		Üniversite Ön Lisans		Üniversite Lisans		Yüksek Lisans		Doktora	
	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E
18-25			1				6	3				
26-30							5	2	2	1		
31-40								2				1
41-50							1		1		3	2
51-60												1

K: Kadın, E: Erkek

c) Deneklere anket öncesi yapılan açıklamalar

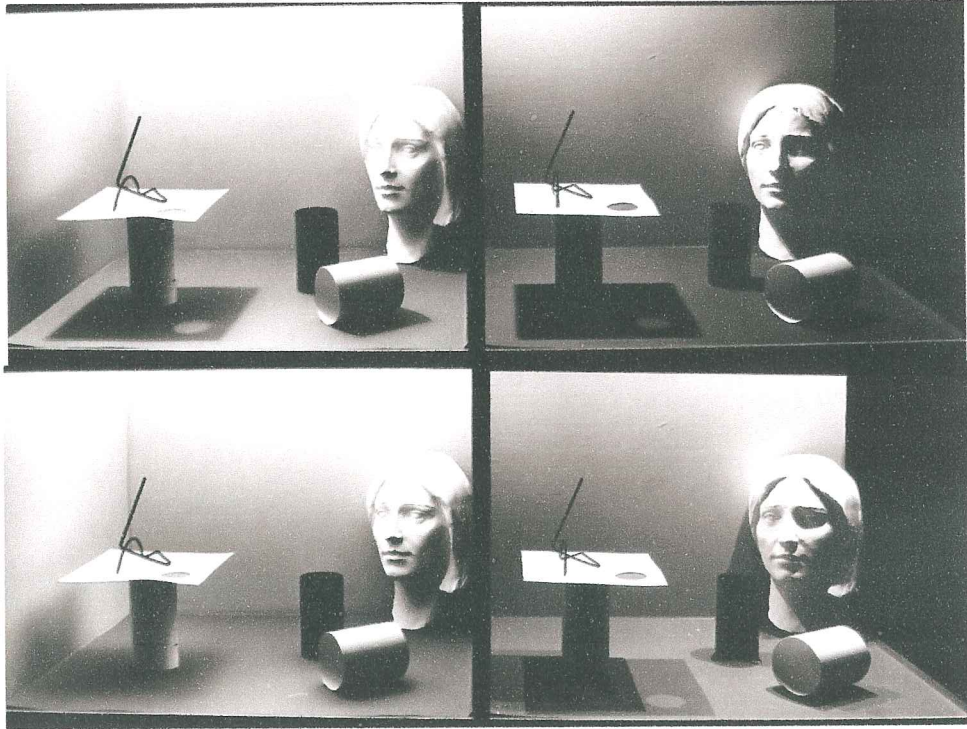
Anket çalışmasına başlamadan önce deneklere gölgenin sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk özellikleri hakkında görsellerle desteklenen bilgi verilmiştir (bkz. Bölüm 2).

Gölgenin sertlik-yumuşaklık açısından sınır durumlarına yönelik bu çalışma kapsamında yapılan kabuller aktarılmıştır. Bu kabullere göre, en sert gölge, yarı gölgenin hiç olmadığı durum; en yumuşak gölge, gölge çekirdeğinin hiç olmadığı durumdur. YTÜ Mimarlık Fakültesi Yapı Fiziği Bilim Dalı Aydınlatma Laboratuvarında en sert gölge ve en yumuşak gölge durumu deneysel olarak da gösterilmiştir. Yumuşak gölgede sınır durumu deneysel yolla gösterebilmek amacıyla, yumuşak gölgesi olan bir nesne aydınlatma aygıtına doğru yavaş yavaş yaklaştırılmış ve gölge çekirdeğinin gittikçe küçülmesi sağlanmıştır. Çekirdeğin kaybolduğu anda nesnenin hareketi durdurularak en yumuşak gölgenin sağlandığı duruma

dikkat çekilmiştir. Daha sonra nesne yeniden aydınlatma aygıtına doğru hareket ettirilerek gölgedeki ters gölge (*antumbra*) oluşumu izlettirilmiştir.

Gölgenin açıklık-koyuluk açısından sınır durumlarını deneysel olarak gösterebilmek için Aydınlatma Laboratuvarında gölge deneylerinin yapıldığı iç yüzeyleri siyah kaplı bölmeden yararlanılmıştır. Tek bir lambadan gelen ışık ile oluşan ve iç yüzeylerden yansıyarak gelen ışıklarla yok denecek kadar az aydınlanan gölgelerin en koyu gölgelere karşılık gelebileceği belirtilmiştir.

Bu çalışmada, gölgeli alan ile gölgesiz alan arasındaki ışıklılık farkının ortadan kalktığı, bir başka deyişle gölgenin varlığının algılanmadığı durum en açık gölge olarak nitelenmiştir. Bu bağlamda, en açık gölgelerin elde edildiği koşullar Aydınlatma Laboratuvarındaki gölge deneylerinin yapıldığı iç yüzeyleri beyaz kaplı bölmede dolaylı aydınlatma seçeneği seçilerek deneklere gösterilmiştir. Bu bölmede dolaylı aydınlatma biçiminin uygulandığı koşulda gölgeler oluşmamaktadır.



Şekil 8. 71 YTÜ Mimarlık Fakültesi Aydınlatma Laboratuvarı'nda gölge deneylerinin yapıldığı bölüm

d) Anket soruları

Gölgelerin sertlik-yumuşaklık bakımından görsel değerlendirilmesine yönelik iki soru sorulmuştur.

A-) Ekranda gördüğünüz her bir gölgenin çekirdeğinin alanı 100 birim ise, toplam gölge alanı kaç birimdir?

B-) Ekranda gördüğünüz her bir gölgenin sertlik-yumuşaklık izlenimini 1 ile 10 arasında derecelendiriniz.

10: en sert gölge, 1: en yumuşak gölge

İkinci soru ile ilgili 1 ve 10 arasında derecelendirme yaparken ondalık sayıların da kullanılabileceği, değerlendirecekleri gölge örnekleri arasında en sert ve en yumuşak gölgeye karşılık gelen 10 ve 1 durumlarının yer almadığı belirtilmiştir. Denekler değerlendirmelerini 7. Bölümde tanıtılan deney hacminde yapmışlardır. Bilgisayarın bulunduğu masa üzerinde ortalama yatay 500 lx aydınlık oluşturulmuştur. Aydınlık düzeyi dolaylı aydınlatma yapılarak sağlanmıştır. Denekler görsel değerlendirmelerini yaklaşık olarak ortalama bir saatte yapmışlardır.

8.1.3 Anket sonuçlarının değerlendirilmesi

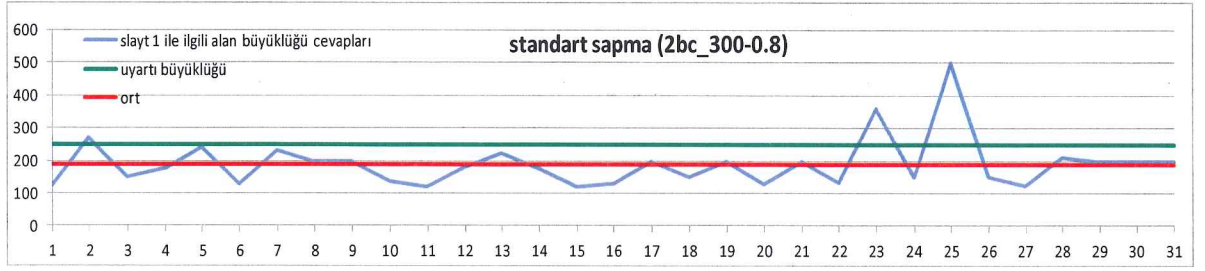
DeneySEL çalışmanın her iki basamağı için elde edilen sonuçlar yorumlanırken çalışmaya katılan tüm deneklerin değerlendirmeleri alınarak işlem yapılmıştır. Yani, 137 örnek durumdan her biri için yapılmış değerlendirmelerin ortalamaları dikkate alınmıştır. Kimi durumlar için deneklerden bir veya birkaçının yanıtlarının ortalamalardan çok farklı olduğu görülmüştür. Bu durumda, farklılıkların gözlemlendiği örnekler için verilen cevapların standart sapmaları bulunmuştur. Slayt 1’de gösterilen gölgenin alan büyüklüğü ile ilgili standart sapma değerleri örnek olarak Şekil 8.8’de gösterilmiştir.

$$\text{Standart sapma} = \sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 / n} \quad (8.1)$$

x_i : denekğin yanıtı

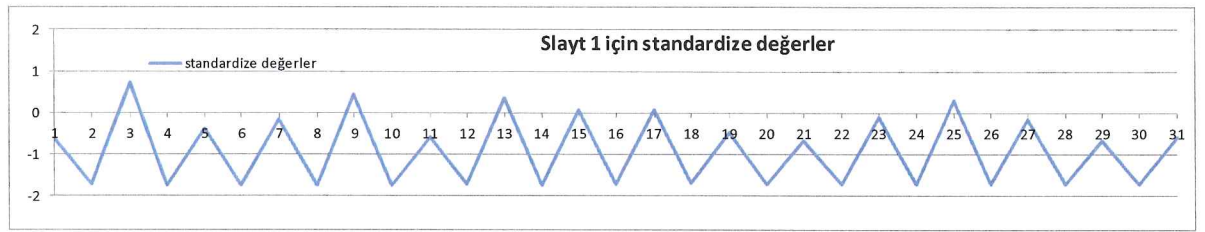
$\bar{x}$: yanıtların ortalaması

n : denek sayısı



Şekil 8. 72 Slayt 1'de gösterilen gölgenin alan büyüklüğü ile ilgili standart sapma değerleri

Her denek yanıtı ile ilgili standart sapmalardan yola çıkılarak standardize değerler bulunmuştur (Şekil 8.9). Standardize değerlerin -2 ile 2 arasında olması kabul edilebilir koşulları oluşturmaktadır. Deneye ilişkin farklı yanıtların olduğu durumların her birinin [-2 ile 2] arasında olduğu saptanmıştır.



Şekil 8. 73 Slayt 1 için standardize değerler grafiği

8.1.3.1 Toplam gölge alanı duyulanmasına yönelik değerlendirme

Toplam gölge alanının öznel değerlendirmelerinin, nesne boyutu, nesne biçimi ve ışık kaynağı biçimine göre değişimini izleyebilmek için, 137 gölge örneğine alınan yanıtlar gruplanarak 50 farklı durum elde edilmiştir. Her durumun içerdikleri gölge örnekleri Çizelge 8.1'de belirtilen simgeleri ile Çizelge 8.3'te belirtilmiştir. Söz konusu durumun her biri için bir grafik oluşturulmuştur. Grafiklerin x ekseninde gölgenin hesaplama yolu ile bulunan 'çekirdek alan/toplam alan' oranı (fiziksel uyartı), y ekseninde ise algılanan 'çekirdek alan/toplam alan' oranı (duyulanma) gösterilmiştir. Duyulanma ile ilgili sertlik-yumuşaklık (S-Y) oranlarını saptayabilmek için, çekirdek gölgenin her durum için 100 birim kabul edilen alanı deneklerin her örnek için ayrı ayrı belirttikleri toplam birim alanlara bölünmüştür.

Çizelge 8. 9a Toplam gölge alanı duyulanmasına ilişkin oluşturulan grafiklerin özellikleri

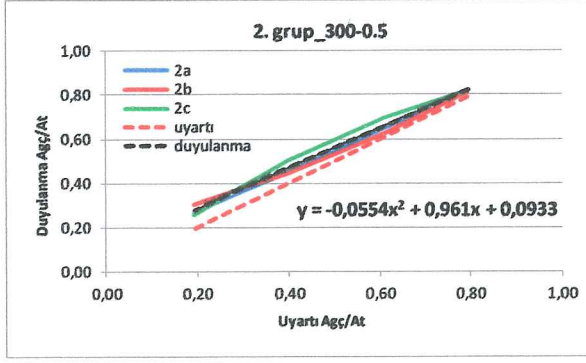
Nesne	Grup no	Örnek tipi	Aydınlık düzeyi, lx	Yansıtma çarpanı	Lamba türü	Durum no
Kare, havada	1	1a, 1b, 1c	300	0.5	Noktasal	1
			300	0.8	Noktasal	2
			500	0.5	Noktasal	3
			500	0.8	Noktasal	4
			750	0.5	Noktasal	5
			750	0.8	Noktasal	6
			500	0.8	Doğrusal	7
Kare, masaya oturan	1	1a, 1b, 1c	500	0.5	Noktasal	8
			500	0.8	Noktasal	9
Daire, havada	1	1a, 1b, 1c	500	0.8	Noktasal	10
Kare, havada	2a	2aa, 2ab, 2ac, 2ad	300	0.5	Noktasal	11
			300	0.8	Noktasal	12
			500	0.5	Noktasal	13
			500	0.8	Noktasal	14
			750	0.5	Noktasal	15
			750	0.8	Noktasal	16
			500	0.8	Doğrusal	17
Kare, masaya oturan	2a	2aa, 2ab, 2ac, 2ad	500	0.5	Noktasal	18
			500	0.8	Noktasal	19
Daire, havada	2a	2aa, 2ab, 2ac, 2ad	500	0.8	Noktasal	20
Kare, havada	2b	2ba, 2bb, 2bc, 2bd	300	0.5	Noktasal	21
			300	0.8	Noktasal	22
			500	0.5	Noktasal	23
			500	0.8	Noktasal	24
			750	0.5	Noktasal	25
			750	0.8	Noktasal	26
			500	0.8	Doğrusal	27
Kare, masaya oturan	2b	2ba, 2bb, 2bc, 2bd	500	0.5	Noktasal	28
			500	0.8	Noktasal	29
Daire, havada	2b	2ba, 2bb, 2bc, 2bd	500	0.8	Noktasal	30
Kare, havada	2c	2ca, 2cb, 2cc, 2cd	300	0.5	Noktasal	31
			300	0.8	Noktasal	32
			500	0.5	Noktasal	33
			500	0.8	Noktasal	34
			750	0.5	Noktasal	35
			750	0.8	Noktasal	36
			500	0.8	Doğrusal	37

Çizelge 8. 10b Toplam gölge alanı duyulanmasına ilişkin oluşturulan grafiklerin özellikleri

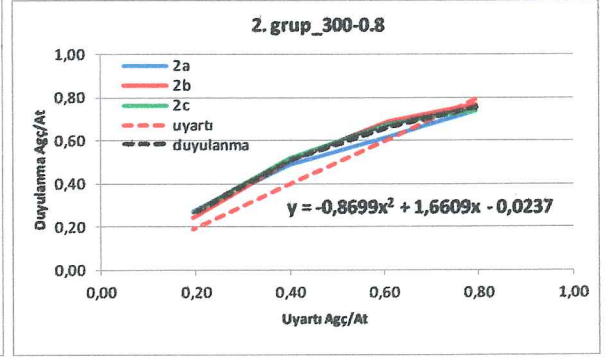
Nesne	Grup no	Örnek tipi	Aydınlık düzeyi, lx	Yansıtma çarpanı	Lamba türü	Durum no
Kare, masaya oturan	2c	2ca, 2cb, 2cc, 2cd	500	0.5	Noktasal	38
			500	0.8	Noktasal	39
Daire, havada	2c	2ca, 2cb, 2cc, 2cd	500	0.8	Noktasal	40
Kare, havada	3	3a, 3b, 3c, 3d	300	0.5	Noktasal	41
			300	0.8	Noktasal	42
			500	0.5	Noktasal	43
			500	0.8	Noktasal	44
			750	0.5	Noktasal	45
			750	0.8	Noktasal	46
			500	0.8	Doğrusal	47
Kare, masaya oturan	3	3a, 3b, 3c, 3d	500	0.5	Noktasal	48
			500	0.8	Noktasal	49
Daire, havada	3	3a, 3b, 3c, 3d	500	0.8	Noktasal	50

Alınan yanıtları değerlendirmek üzere oluşturulan her durum ile ilgili grafik üzerinde Excell programı aracılığı ile uygun eğilim çizgisi araştırılmıştır. Eğilim çizgisi seçenekleri (Üstel, Doğrusal, Logaritmik, Polinom, Üs, Hareketli ortalama) arasından 'Polinom' un elde edilen verilerin değişimine en uygun sonucu verdiği gözlenmiştir. Her grafiğin verilerine uygun polinom eğilim çizgisi ve bu polinoma karşılık gelen denklem grafik üzerinde gösterilmiştir. Yapılan ilk incelemeler sonucunda, öznel değerlendirmelerin nesne boyutuna ve hacim iç yüzeylerinin ışık yansıtma çarpanına göre çok az değiştiği saptanmıştır. Duyulanmanın nesne boyutuna göre gösterdiği değişimi ortaya koyabilmek için, her nesne boyutu için ayrı ayrı oluşturulmuş olan grafiklerdeki eğilim çizgileri ve bunların ortalamaları Şekil 8.10'da aynı grafik üzerinde verilmiştir. Şekil 10'daki her grafiğin altında, Çizelge 8.3'teki hangi durumların birlikte gösterildiği verilmiştir.

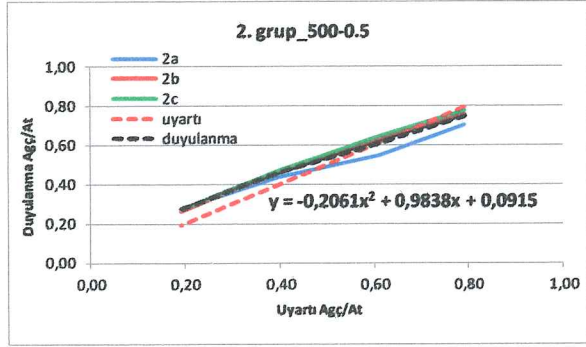
78



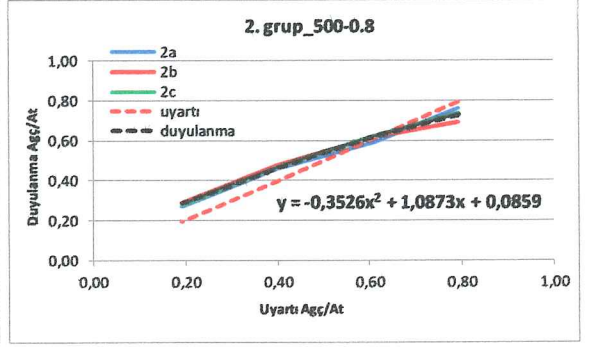
Durum 11+21+31



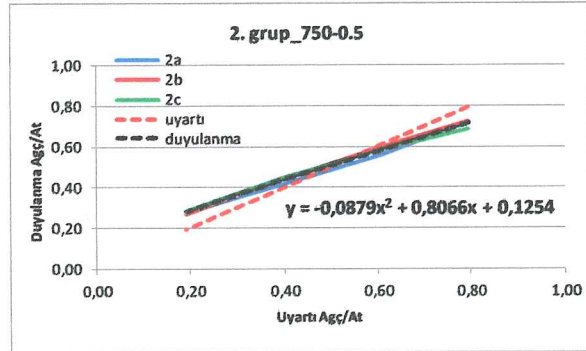
Durum 12+22+32



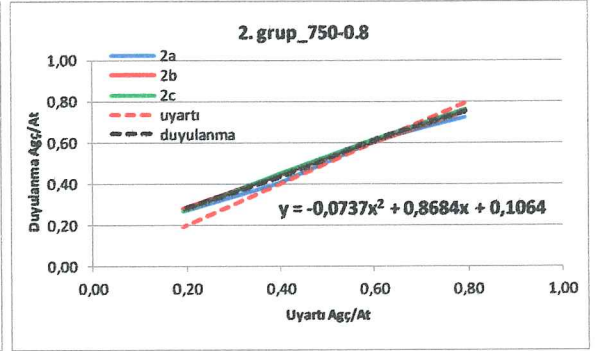
Durum 13+23+33



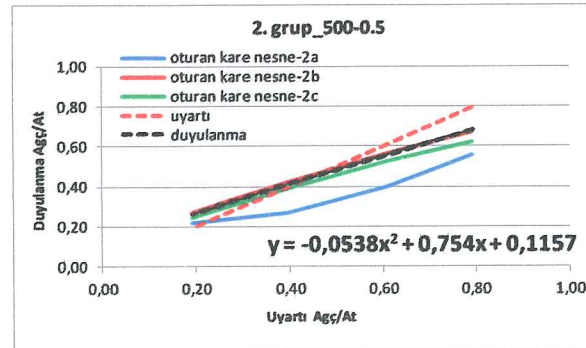
Durum 14+24+34



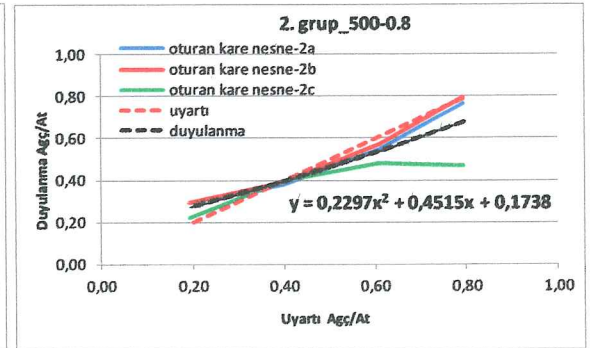
Durum 15+25+35



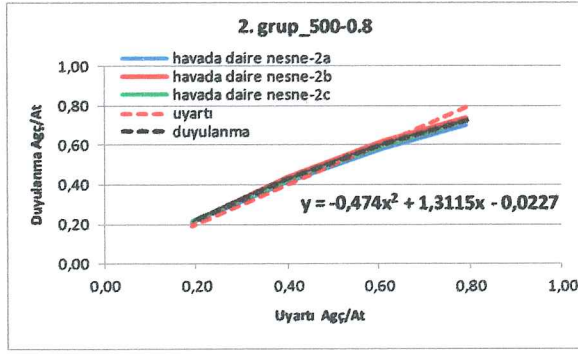
Durum 16+26+36



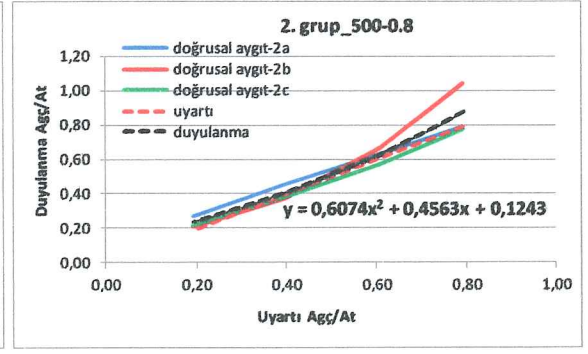
Durum 18+28+38



Durum 19+29+39



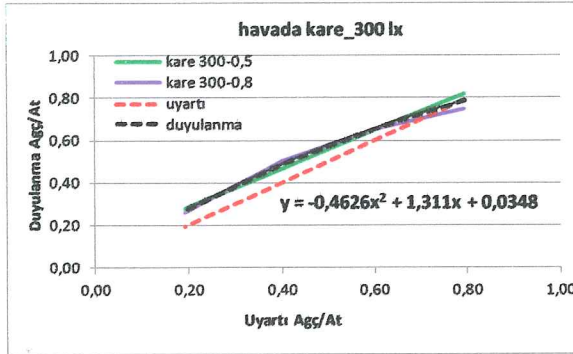
Durum 20+30+40



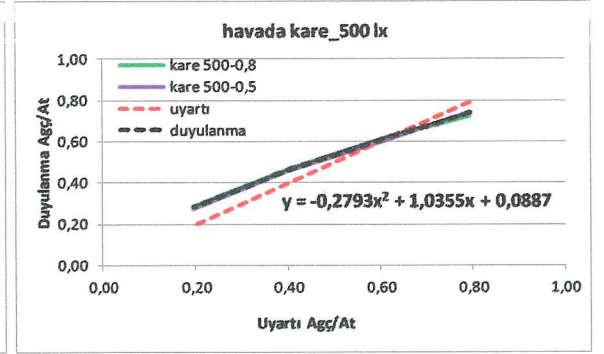
Durum 17+27+37

Şekil 8. 74 Duyulanmanın nesne boyutuna göre değişimi

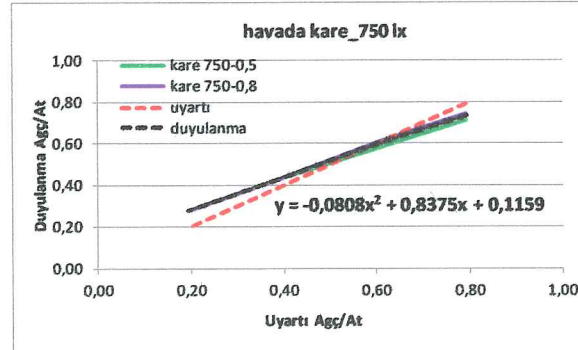
Şekil 10'da görüldüğü gibi, duyulanmanın nesne boyutuna göre gösterdiği değişim küçüktür ve ihmal edilebilir. Duyulanmanın duvar yansıtma çarpanına göre gösterdiği değişimi ortaya koyabilmek için, nesne boyutuna göre ortalamaları alınmış ve iki ayrı yansıtma çarpanı için ayrı ayrı gösterilmiş olan eğilim çizgileri bir arada aynı grafikte gösterilmiş ve bu eğilim çizgilerinin ortalaması da grafiğe eklenmiştir.



Durum 11+12+21+22+31+32



Durum 13+14+23+24+33+34

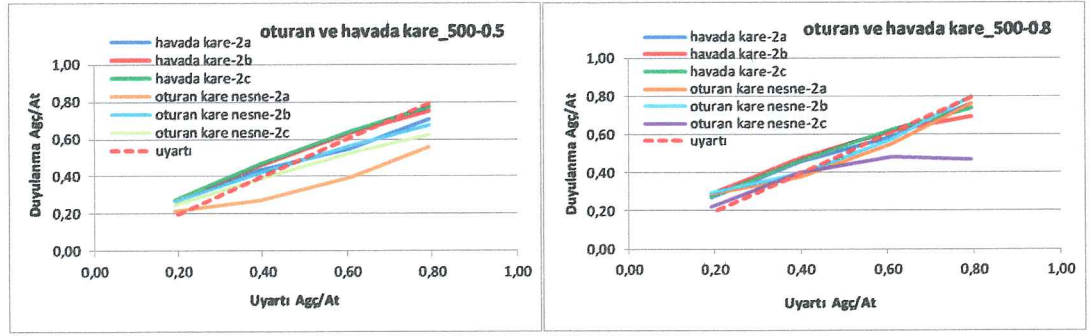


Durum 15+16+25+26+35+36

Şekil 8. 75 Duyulanmanın yansıtma çarpanına göre değişimi

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde, kare planlı masa yüzeyine oturan ve oturmayan nesne, daire planlı nesne ve doğrusal lambanın kullanıldığı duruma ilişkin çeşitli sonuçların ortalamasının alınıp alınamayacağı araştırılmıştır. Yapılan inceleme ve karşılaştırmalar sonunda yalnızca kare planlı masa yüzeyine oturmayan nesnelere yönelik sonuçların değerlendirmeye alınmasına karar verilmiştir. Varılan kararın nedenleri aşağıda açıklanmıştır:

- Kare planlı masa yüzeyine oturmayan nesne ve noktasal kaynak kullanımı için 300 lx, 500 lx, 750 lx aydınlık düzeyleri ve 0.50, 0.80 yansıtma çarpanları için sertlik-yumuşaklık (S-Y) açısından eşit adımlar (0.2, 0.4, 0.6, 0.8) oluşturulmuştur. Kare planlı nesne ve noktasal lamba kullanımına yönelik örnek sayısı en fazla sayıdadır. Bu nedenle, elde edilecek sonuçlar özellikle farklı aydınlık düzeyleri dikkate alınarak ulaşılmış sonuçlar olacaktır.
- Masa yüzeyine oturmayan nesne için eşit adımlı S-Y adımlarını oluşturmak nesne boyutu ve konumunu değiştirerek olanaklı olmuştur. Ancak, masa yüzeyine oturan nesne için düzgün adımlarla giden S-Y adımları oluşturmak olanaklı olmamıştır. Buna bağlı olarak farklı S-Y adımları değerlendirmelerde dikkate alınamamıştır. Bu grup nesne için hazırlanan örnekler yalnızca 500 lx aydınlık düzeyi içindir. Ayrıca, oturan nesneye yönelik gölge örnekleri hazırlanırken gölgenin içinde nesnenin kendisi de algılanmaktadır ve nesnenin gölgeden ayırt edilebilir olması gereklidir. Nesneyi belirtmek amacıyla tüm örneklerde nesne yüzeyi yansıtma çarpanı 0.60 olan dokulu bir gri olarak belirlenmiştir. Orta koyulukta tırsüz bir renk seçilmesinin nedeni, çevre etkisi nedeniyle algıda olabilecek yanılmaların olabildiğince önüne geçilmesidir. Bununla birlikte, bir hacimdeki üç boyutlu bir nesnenin atılan gölgesi değerlendirilirken nesnenin kendisine odaklanmadan doğrudan gölgesine dikkat yöneltilebilir. Ancak, bu deneysel çalışmanın koşullarında nesnenin varlığının duyulanmayı belli oranda etkilediği düşünülmektedir. Kare planlı masaya oturan ve oturmayan nesne koşulları için duyulanmaların karşılaştırmasına örnekler Şekil 8.12'de yer almaktadır.



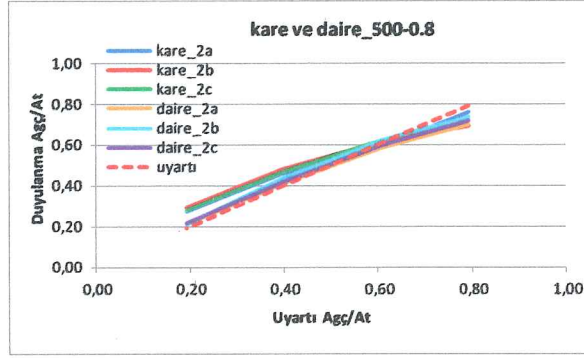
Durum 13+23+33+18+28+38

Durum 14+24+34+19+29+39

Şekil 8. 76 Kare planlı masa yüzeyine oturan ve oturmeyan nesneler için duyulanmanın karşılaştırılması

Oturan kare nesne için yapılan değerlendirmeler, havadaki nesne için yapılan değerlendirmelere yakın olmasına karşın, bu grup nesneye yönelik elde edilen duyulanmaları havadaki kare planlı nesneler için elde edilenler ile birleştirmenin doğru olmayacağı düşünülmüştür.

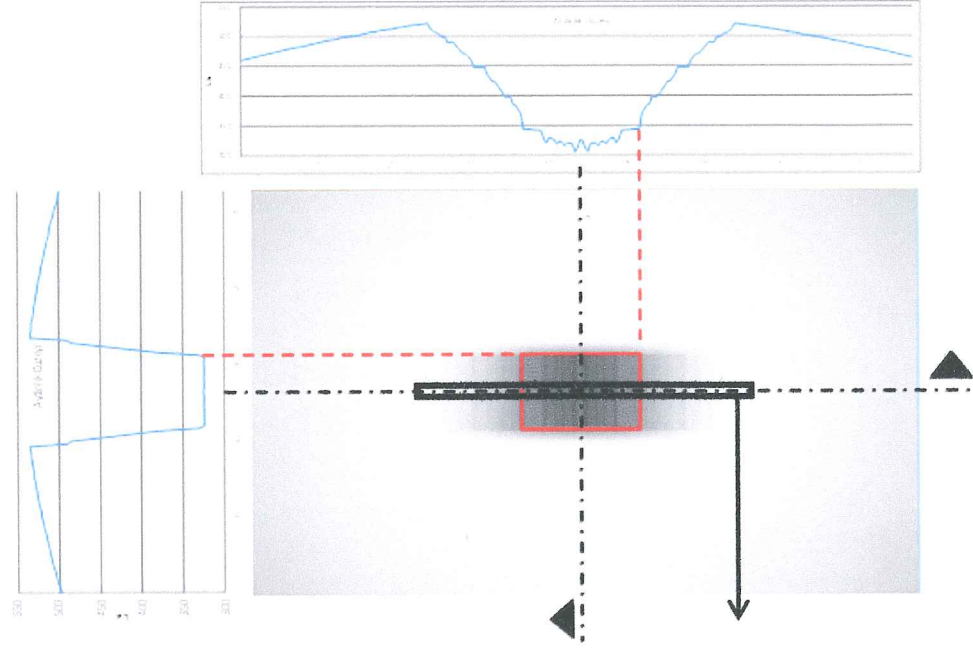
- Daire planlı, masaya oturmeyan nesneler için hazırlanan örnekler de yalnızca 500 lx aydınlık düzeyi ve 0.80 ışık yansıtma çarpanı içindir. Daha fazla sayıda örnek değerlendirmeye katıldığında deneklerin daha fazla süreye gereksinim duymaları, buna bağlı olarak yorulmaları ve yorgunluğun duyulanmaları olumsuz etkilemesinden kaçınılmıştır. Daire planlı nesne için yapılan değerlendirmeler, kare nesne için yapılan değerlendirmelere oldukça yakın çıkmıştır (Şekil 8.13). Bu nedenle, kare planlı nesne için varılacak sonuçların daire planlı nesneler (ve de bunların dışında biçimleri olan nesneler) için de geçerli olacağı düşünülmektedir. Daire ve kare planlı masaya oturmeyan nesne koşulları için duyulanmaların karşılaştırmasına örnekler Şekil 8.13'te yer almaktadır.



Grafik 14+24+34+20+30+40

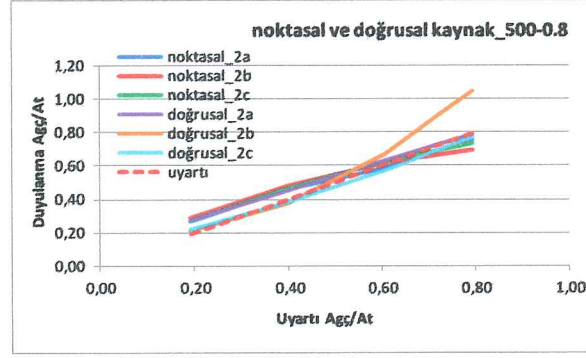
Şekil 8. 77 Daire ve kare planlı masaya oturmeyan nesneler için duyulanmanın karşılaştırılması

- Doğrusal flüoresan lambanın kullanıldığı durum için hazırlanan örnekler de yalnızca 500 lx aydınlık düzeyi ve 0.80 ışık yansıtma çarpanı içindir. Doğrusal ışık kaynakları için kaynağın enine ve boyuna kesitine bağlı olarak gölgede ortaya çıkan yarı gölge genişlikleri birbirinden çok farklı olmaktadır. Işık kaynağının uzunluğu, nesne boyutundan genellikle büyük olduğu için, kaynağın boyuna kesitinde gölge çekirdeği kaybolmakta ve genelde ters çekirdek durumu oluşmaktadır. Bu durum, kaynağın enine kesitine bağlı ortaya çıkan gölge çekirdeğindeki aydınlık düzeyinin yükselmesine neden olmakta ve gölge çekirdeği ile yarı gölge sınırının boyuna kesitte ayırt edilmesi zorlaşmaktadır (Şekil 8.14).



Flüoresan lambalı aydınlatma aygıtı
Şekil 8. 78 Doğrusal flüoresan lambanın oluşturduğu gölgeye örnek

Gölge çekirdeğinin ayırt edilmesindeki güçlük deneklerin toplam alan değerlendirmesini güçleştirmektedir. Deneyler sırasında katılımcılara gölge çekirdeğinin yaklaşık sınırları konusunda yönlendirici bilgi verilmemiş kendilerinin karar vermesi beklenmiştir. Ancak, deneklerin bu örnekler sırasında zorlandıkları fark edilmiştir. Bu nedenle, bu koşul için elde edilen duyulanma sonuçlarının ne denli güvenilir olabileceği konusunda kuşku duyulmuştur. Öte yandan, bir hacim içinde, doğrusal flüoresan lambalı bir aydınlatma aygıtının masa yüzeyinde yol açtığı gölge masada çalışan kişinin görme alanı içine her zaman bütünüyle girmemekte, gölgenin belli bir bölümü algılanabilmektedir. Bakış doğrultusuna paralel yerleştirilmesi doğru olan bu tür doğrusal aygıtların yarattığı gölgelerin enine kesiti ağırlıklı olarak çalışma yüzeyine düşmekte, gölgenin enine kesitteki genişliğinin de kompakt flüoresan lambalı aygıtların oluşturduğu gölgelere benzer olduğu düşünülebilir. Kare planlı masaya oturmayan nesnenin noktasal ve doğrusal lambalar ile aydınlatılması koşulları için duyulanmaların karşılaştırmasına örnekler Şekil 8.15’de verilmiştir.

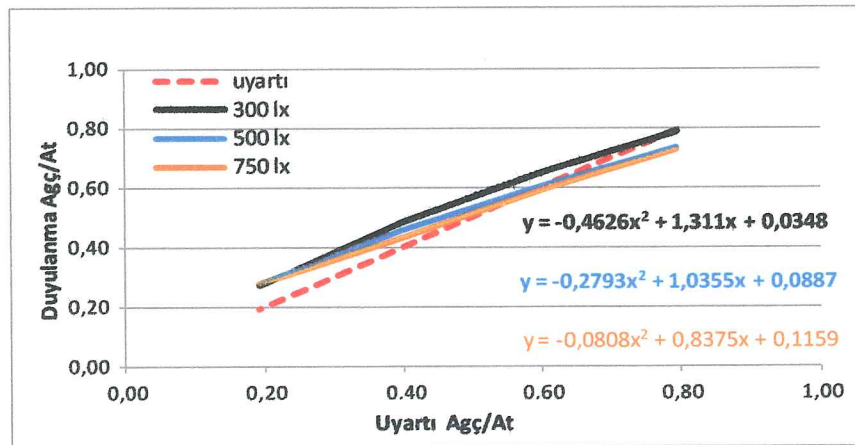


Durum 14+24+34+17+27+37

Şekil 8. 79 Noktasal ve doğrusal lambalar için duyulanmanın karşılaştırılması

Noktasal ve doğrusal lambalar için yapılan değerlendirmeler birbirinden uzak olmamasına karşın, doğrusal flüoresan lambaya ilişkin değerlendirmeler göz önüne alınmamıştır.

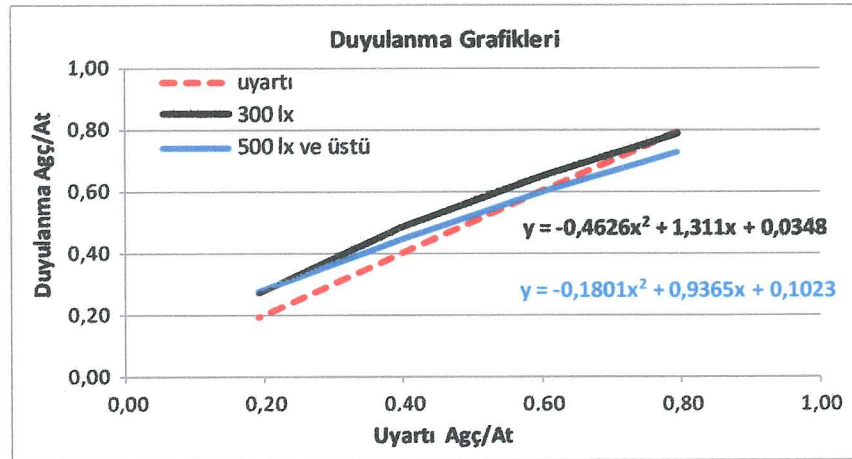
Yukarıdaki açıklamalar ışığında yalnızca masaya oturmayan kare planlı nesnelere ait sonuçların dikkate alınması yönünde görüş oluşturduktan sonra, kare planlı nesne ile ilgili sonuçların aydınlık düzeyine göre ne ölçüde değiştiği incelenmiştir. Nesne boyutu ve yansıtma çarpanına göre farklı koşulların duyulanmalarına karşılık gelen eğilim çizgilerinin ortalaması alınarak her bir farklı aydınlık düzeyi için elde edilen eğilim çizgileri karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma Şekil 8.16'da izlenebilmektedir. Şekil 8.16'da üç farklı aydınlık düzeyi için elde edilmiş duyulanmalara karşılık gelen eğilim çizgileri bir arada sunulmuştur.



Durum 11+12+13+14+15+16+21+22+23+24+25+26+31+32+33+34+35+36

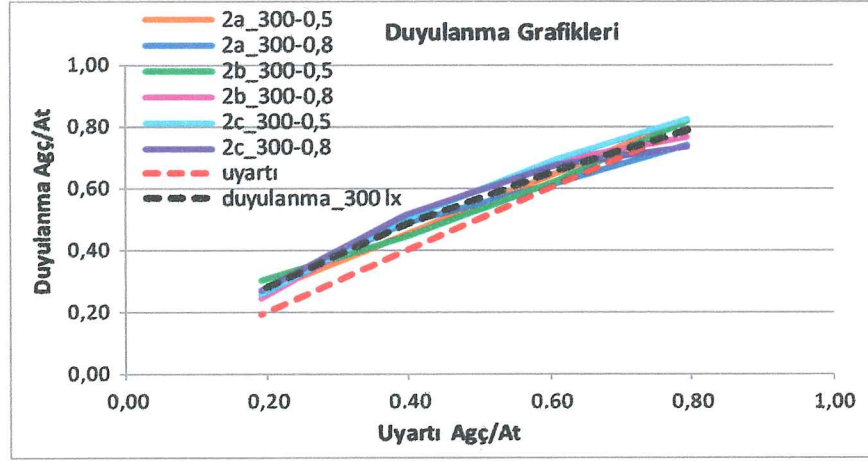
Şekil 8. 80 Farklı aydınlık düzeyleri için duyulanmanın karşılaştırılması

Burada, 500 lx ve 750 lx için ulaşılmış eğilim çizgilerinin çakıştığı, ancak 300 lx için olan eğilim çizgisinin bunlardan bir parça uzakta kaldığı görülmektedir. Buna bağlı olarak, gölgenin sertlik-yumuşaklık değerlendirmesinde aydınlık düzeyinin 300 lx olduğu durum için bu düzeye karşılık gelen eğilim çizgisine ait formülün, aydınlık düzeyinin 500 lx ve daha yüksek olduğu koşullarda da 500 lx ve 750 lx için olan eğilim çizgileri ortalamasına karşılık gelen formülün kullanılmasına karar verilmiştir (Şekil 8.7).

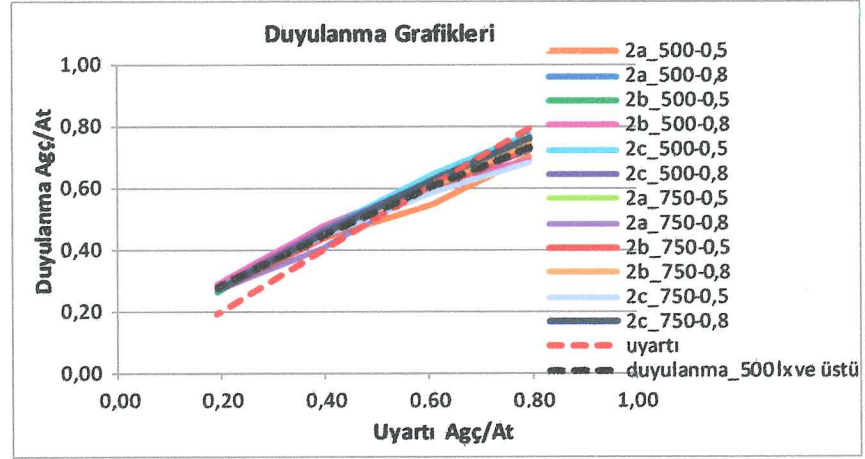


Şekil 8. 81 Sertlik-yumuşaklık değerlendirmesinde kullanılması önerilen formüller ve eğilim çizgileri

Sertlik-yumuşaklık değerlendirmesinde kullanılacak formül konusunda alınan kararı denetlemek üzere, 300 lx için saptanan eğilim çizgisine ulaşmak için ortalamaları alınan nesne boyutu ve yansıtma çarpanına ilişkin farklı koşulların eğilim çizgileri ve 300 lx eğilim çizgisi ile uyartının doğrusu Şekil 8.18’de bir arada gösterilmiştir. Benzer bir doğrulama, 500 lx ve üstü için belirlenen eğilim çizgisi için de yapılmış, ortalamaya katılan tüm durumlar ve 500 lx ve üstü eğilim çizgisi Şekil 8.19’da toplu olarak sunulmuştur.



Şekil 8. 82 300 lx için saptanan eğilim çizgisinde değerlendirmeye alınan durumlar



Şekil 8. 83 500 lx ve üstü için saptanan eğilim çizgisinde değerlendirmeye alınan durumlar

Toplam gölge alanı duyulanmasına göre yapılan değerlendirmeler sonucunda gölgenin sertlik-yumuşaklık boyutunun ortalama aydınlık düzeyinin 300 lx olduğu durumda 8.1, ≥ 500 lx olduğu durumda 8.2 numaralı formül ile belirlenebileceği ön sonucuna varılmıştır

$$y = -0,4626 x^2 + 1,311 x + 0,0348; \quad E: 300 \text{ lx için} \quad (8.1)$$

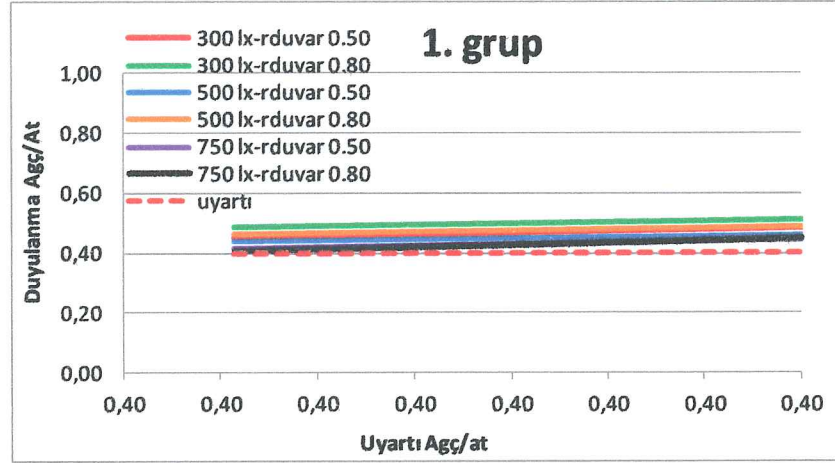
$$y = -0,1801 x^2 + 0,9365 x + 0,1023; \quad E: \geq 500 \text{ lx için} \quad (8.2)$$

x: Hesaplanan 'Gölge çekirdeği alanı/Toplam gölge alanı' (fiziksel uyartı)

y: Algılanan 'Gölge çekirdeği alanı/Toplam gölge alanı' (duyulanma)

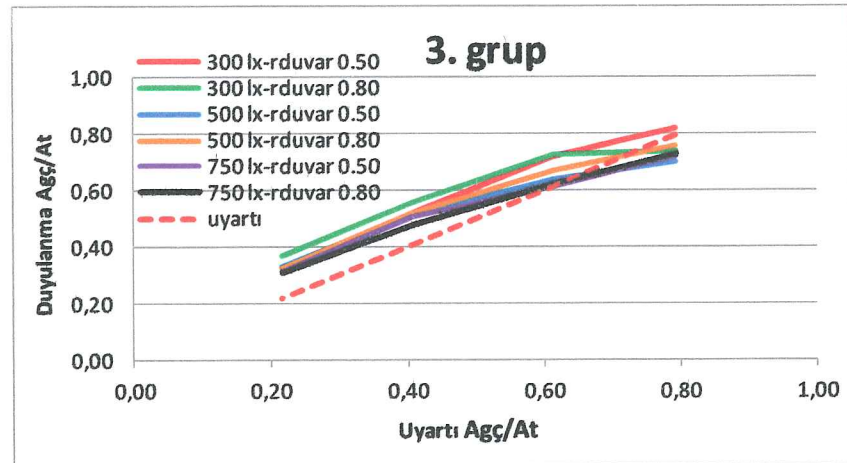
Toplam gölge alanının görsel değerlendirmesine yönelik elde edilen sonuçların genel değerlendirmesi aşağıdaki gibi yapılabilir:

- Genel olarak, yumuşak gölgeler olduğundan daha sert algılanmakta, gölgeler sertleştikçe duyulanma uyarıya yaklaşmakta, sert gölgeler ise olduğundan yumuşak algılanmaktadır. Bir başka deyişle, gölge yumuşadıkça algılanan toplam alan küçülmekte, gölge sertleştikçe algılanan toplam büyümektedir. Çünkü gölge yumuşak iken, çekirdek alandaki aydınlıktan gölgesiz alandaki aydınlığa geçiş daha geniş bir yarı gölge alanı içinde gerçekleşmekte ve bu geniş yarı gölgenin sınırları tam algılanamamaktadır. Gölge sertleştikçe, çekirdek alandan gölgesiz alandaki aydınlığa geçiş daha dar bir alanda gerçekleşmekte ve bu dar alanın sınırları daha rahat algılanabilmektedir.
- Aydınlık düzeyinin 300 lx olduğu durumda, duyulanma ile uyarı 'Çekirdek/Toplam gölge' oranının 0.77 olduğu koşulda birbirine eşit olmaktadır. Bu oran büyüdükçe, yani gölge sertleştikçe duyulanma uyarıdan daha küçük olmaya başlamaktadır.
- Aydınlık düzeyinin ≥ 500 lx olduğu durumda, duyulanma ile uyarı 'Çekirdek/Toplam gölge' oranının 0.60 olduğu koşulda birbirine eşit olmaktadır. Bu oran büyüdükçe, yani gölge sertleştikçe duyulanma uyarıdan daha küçük olmaya başlamaktadır.
- Aydınlık düzeyi yükseldikçe, gölgeler daha yumuşak algılanmakta, yani duyulanma uyarıya daha yakın olmaktadır.
- Sertlik-yumuşaklık duyulanması iç yüzey ışık yansıtma çarpanına göre çok az değişim göstermektedir.
- Sertlik-yumuşaklık duyulanmasının nesne boyutuna göre de değişim göstermediği söylenebilir. Şekil 8.20'de farklı aydınlık düzeyi ve farklı yansıtma çarpanı koşulları için, 'Çekirdek/Toplam gölge' oranları aynı (0.4), boyutları farklı nesnelere olan duyulanmalar gösterilmiştir. Şekil 8.20'deki grafikte x ekseninden uzaklaştıkça nesne, dolayısıyla gölge boyutu küçülmektedir. Nesnenin boyutu küçüldükçe duyulanma çok küçük oranda artmaktadır, ancak bu artış dikkate almaya değer bulunmamıştır. Şekil 8.20'de aydınlık düzeyi yükseldikçe gölgelerin daha yumuşak algılandığı da açıkça görülmektedir.



Şekil 8. 84 Sertlik-yumuşaklıkları aynı, boyutları farklı nesnelerde duyulanmanın değişimi

- Hem sertlik-yumuşaklığın hem nesne boyutunun farklı tutulduğu 3. Grup örneklerine ilişkin duyulanma değişik aydınlık düzeyi ve yansıtma çarpanları için toplu olarak Şekil 8.21’de izlenebilir.



Şekil 8. 85 Sertlik-yumuşaklıkları ve boyutları farklı nesnelerde duyulanmanın değişimi

Yukarıda da belirtildiği gibi, duyulanma nesne boyutuna göre değişim göstermemektedir. Bu nedenle, şekilde bir kez daha gölgenin sertleştikçe ve aydınlık düzeyi yükseldikçe daha yumuşak algılandığı ortaya çıkmaktadır.

8.1.3.2 Sertlik-yumuşaklık izlenimine ilişkin değerlendirme

Deneyssel çalışmada, katılımcılardan 137 örnek gölgeye ilişkin sertlik-yumuşaklık izlenimlerini '1-10' arasında derecelendirmeleri istenmiştir. Alınan yanıtlardaki

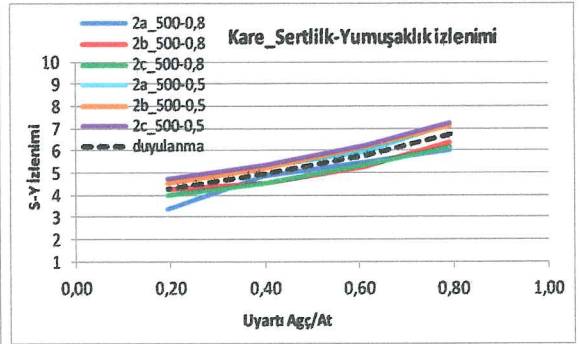
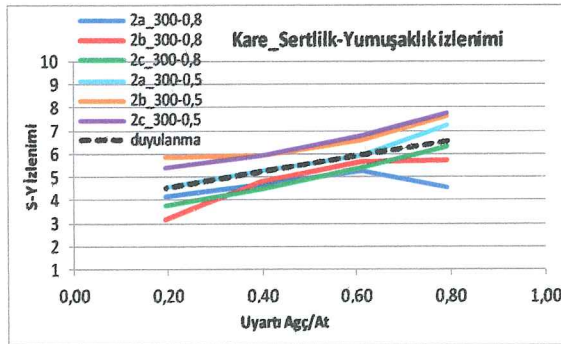
derecelendirme öncelikle bu çalışmada sertlik-yumuşaklık (S-Y) adımları olan '0-1' e dönüştürülmüştür.

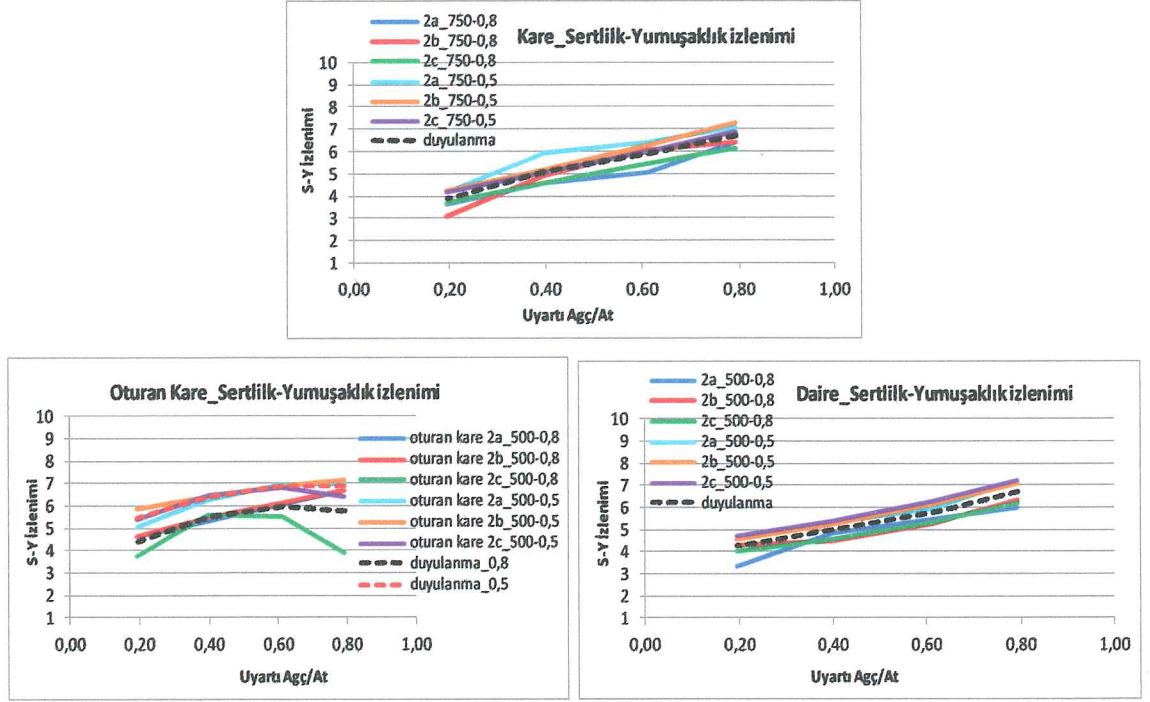
Dönüşüm, ' $S-Y = (İzlenim \times 1.11) - 1.11$ ' işlemi uyarınca yapılmış ve Çizelge 8.4'teki değerler elde edilmiştir.

Çizelge 8. 11 Denek izlenimlerinin sertlik-yumuşaklık değerleri

Denek izlenimi	Sertlik-yumuşaklık değeri	Denek izlenimi	Sertlik-yumuşaklık değeri
1	0	6	5.55
2	1.11	7	6.66
3	2.22	8	7.77
4	3.33	9	8.88
5	4.44	10	$9.99 \cong 1$

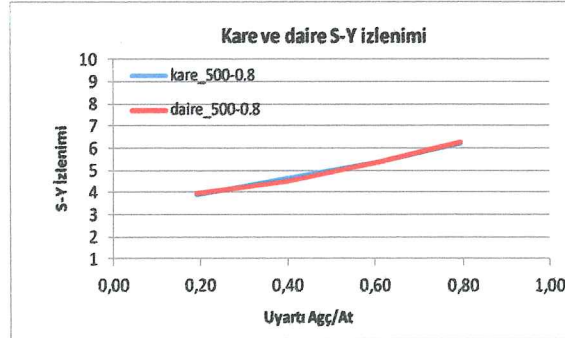
Katılımcıların izlenimleri, nesne ve kaynak tipine göre gruplanmış ve her koşul için nesne boyutuna göre S-Y izleniminde belirgin bir fark olmadığı gözlenmiştir. Şekil 8.22'de her değişik koşul için farklı nesne boyutları aynı grafikte gösterilmiştir.





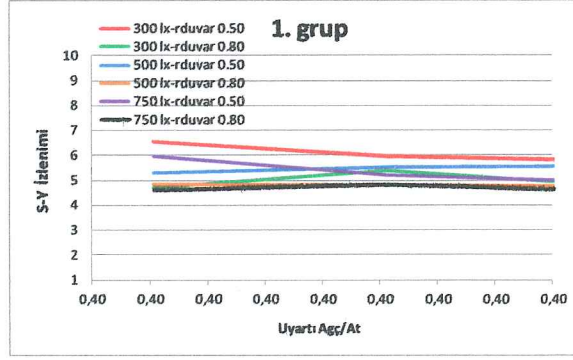
Şekil 8. 86 Ele alınan her farklı nesne için S-Y izlenimleri

Yüzeye oturmayan kare ve daire planlı nesnelerin S-Y izleniminde de fark olmadığı sonucuna varılmıştır. Kare ve daire planlı nesnelerin farklı boyutları için kendi içinde ortalamaları alınmış S-Y izlenimleri bir arada Şekil 8.23'te görülmektedir.



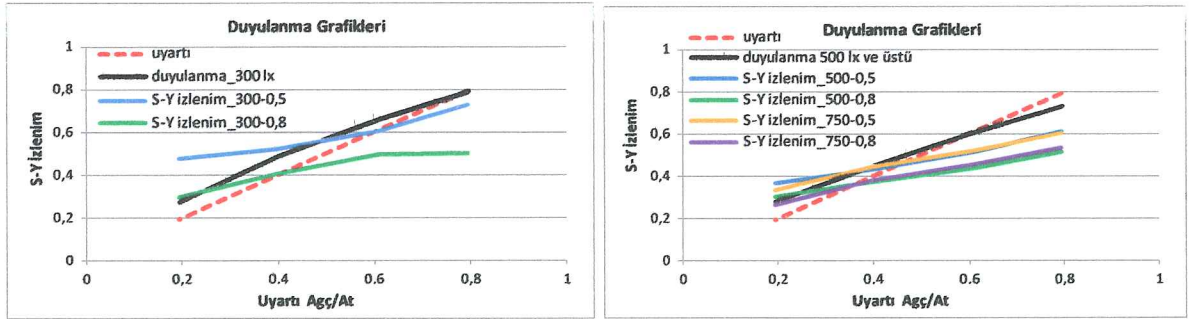
Şekil 8. 87 S-Y izleniminin nesne biçimine göre değişimi

S-Y uyarıları aynı olan (0.4) farklı büyüklükteki kare planlı nesnelerin gölgelerine ilişkin S-Y izleniminin aydınlık düzeyi ve yansıtma çarpanına göre değişimi Şekil 8.24'te yer almaktadır. İzlenimin nesne boyutuna göre gösterdiği değişim göz ardı edilebilecek kadar küçüktür.



Şekil 8. 88 S-Y uyartıları aynı, boyutları farklı nesneler için S-Y izlenimleri

8.1.3.1 Bölümdə açıklanan nedenlerle, bundan sonraki değerlendirmelerde yalnızca yüzeye oturmayan kare planlı nesneler göz ününe alınmıştır. 500 ve 750 lx aydınlık düzeyine ilişkin alınan izlenimler de birbirine çok yakın çıkmıştır. Ancak deneklerin izlenimleri, her üç aydınlık düzeyi için yansıtma çarpanına göre farklılık göstermiştir. Bu sonuç, alan değerlendirmesinde elde edilen sonuçlardan farklılık göstermektedir. Şekil 8.25’de, 300 lx için 0.50 ve 0.80 yansıtma çarpanlarına göre S-Y izlenimleri, fiziksel uyartı ve aynı koşullar için alan değerlendirmesine göre duyulanma bir arada gösterilmiştir. Aynı işlem, ≥ 500 lx koşulu için de yapılmış ve Şekil 8.25’de sunulmuştur.



Şekil 8. 89 Alan duyulanması ve S-Y izlenimlerinin karşılaştırılması

Şekil 8.25’de görüldüğü üzere, S-Y izlenimi her iki aydınlık düzeyi için de yansıtma çarpanına göre değişmektedir. Hacim iç yüzey yansıtma çarpanı büyüdükçe gölgeler daha yumuşak algılanmaktadır. Öte yandan, S-Y izleniminde, fiziksel uyartıya göre yumuşak gölgelerin daha sert, sert gölgelerin daha yumuşak algılanması olgusu alan değerlendirmesine göre daha büyük olmaktadır.

8.2 Gölgenin Açıklık-Koyuluk Özelliğinin Saptanması

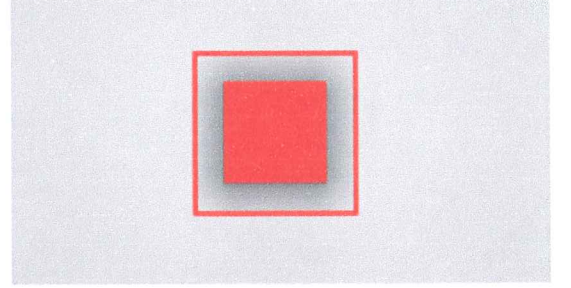
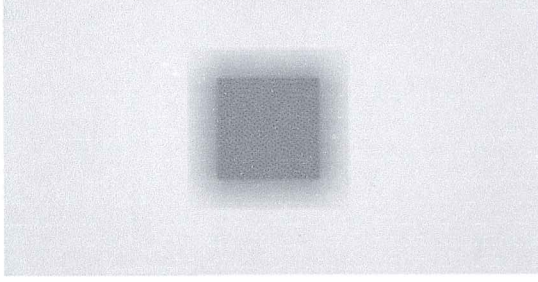
Bu çalışmada gölgenin açıklık-koyuluk özelliğinin saptanmasında, toplam gölge sınırındaki ışıklılık ile gölge çekirdeğindeki ortalama ışıklılığı temel almaya karar verilmiştir [6-7]. Gölge sınırındaki ve gölge çekirdeğindeki ışıklılıkların parıltıları arasındaki farka dayalı olarak gölgenin açıklık-koyuluk tanımının yapılabileceği düşünülmüştür. Gölgenin açıklık-koyuluk tanımında alt sınır değer olarak 0 alınmıştır. '0' durumu, gölgenin varlığının hiç algılanmadığı koşulu belirtmektedir. Üst sınır değer, çekirdek ve yarı gölge sınırı arasındaki parıltı farkının 3.72 olduğu durum olarak saptanmıştır. Bu parıltı farkı, gölgenin düştüğü yüzeyin ışık yansıtma çarpanının 0.6 olduğu durum için geçerlidir ve gölgenin, çevre yüzeylerden yansıyarak gelen ya da gölgeyi oluşturan kaynak dışında başka ışık kaynaklarından gelen ışıklarla aydınlanmadığı, en koyu olduğu koşula karşılık gelmektedir.

Gölge çekirdeği ve çevresindeki ışıklılık oranlarının hesaplanması ve bu ışıklılıklara dayalı parıltı farkının saptanmasına ilişkin daha ayrıntılı açıklamalar aşağıdaki bölümlerde yapılmıştır.

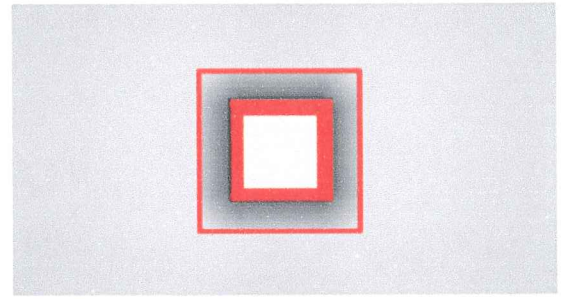
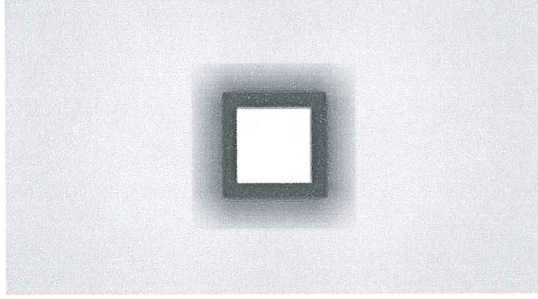
8.2.1 Gölge çekirdeği ve gölge sınırı ışıklılıklarının hesaplanması

Bir nesnenin gölgesinin açıklık-koyuluk özelliğinin, gölge çekirdeğinin ortalama ışıklılığı ile gölgeyi sınırlayan gölgesiz alanın ortalama ışıklılığı arasındaki orana bağlı olarak saptanabileceği düşünülebilir. Bununla birlikte, gölgesiz alanın gerek boyutunun gerekse bu alandaki ortalama aydınlık düzeyinin tanımlanmasında güçlükler vardır. Bunun nedenlerinden biri, gölgesiz alanın genellikle başka nesnelerin gölgeleri ile kesintiye uğramasıdır. Bunun yanı sıra, gölgenin düştüğü yüzeydeki aydınlık dağılımının düzgünlüğü standartlar tarafından önerilen koşulları sağlasa bile, örneğin bir masa üzerindeki gölgesiz alanın ortalama aydınlık düzeyi gölgenin çok yakın çevresindeki ortalama aydınlık düzeyinden hayli farklı olabilmektedir. Ayrıca, çalışan kişinin bakış doğrultusuna bağlı olarak görme alanı içine giren gölgesiz alanın büyüklüğü de koşullara göre değişebilir. Bu nedenlerle, gölgenin açıklık-koyuluk değerlendirmesinin ancak çekirdek gölgenin ışıklılığı ile toplam gölgenin sınırını belirleyen noktaların ortalama ışıklılığı arasındaki orana bağlı olarak yapılabileceğine karar verilmiştir. Gölgenin, açıklık-koyuluk değerlendirmesinde dikkate

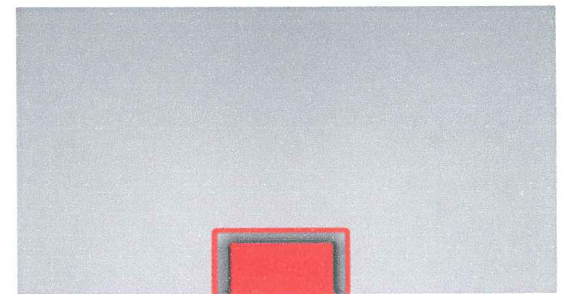
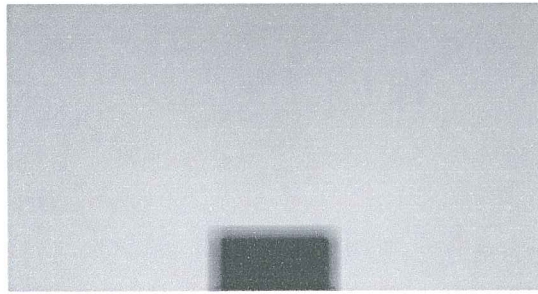
alınan bölümlerine örnekler kare ve daire planlı nesnelerin bir masa yüzeyine oturdukları ve oturmadıkları koşullar için Şekil 8.26'da gösterilmiştir. Aynı şekilde gölgenin masadan taştığı durumlara da örnekler yer almaktadır. Her örnek için şeklin sol tarafında gölgenin doğal görünümü izlenmektedir. Şeklin sağ tarafında ise aynı gölge üzerinde gölge çekirdeği kırmızıya boyanarak, toplam gölge sınırı da kırmızı ile çizilerek vurgulanmıştır.



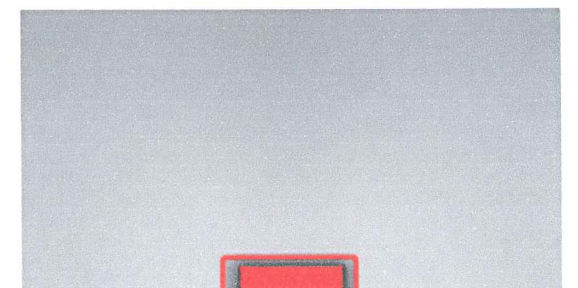
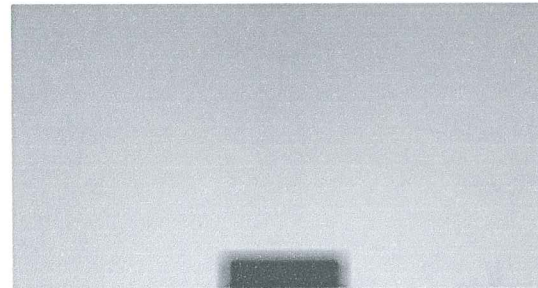
Masaya oturmeyan kare planlı nesne



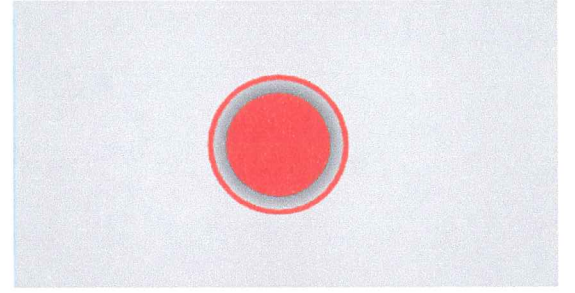
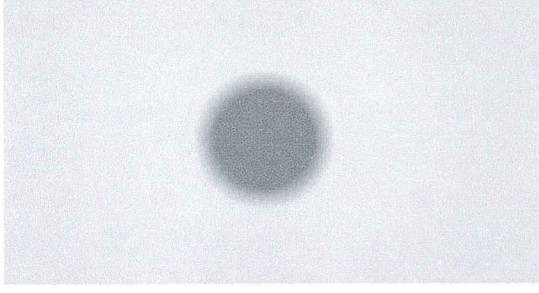
Masaya oturan kare planlı nesne



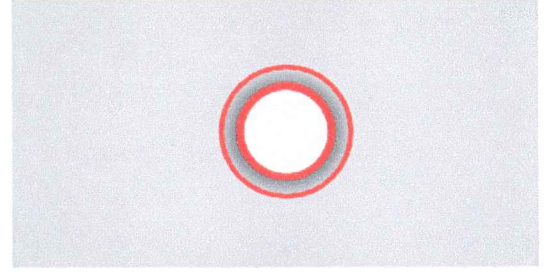
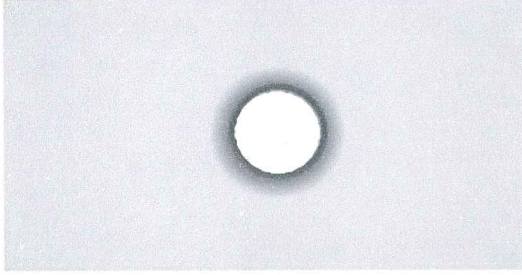
Gölgesinin yarısı masa dışına taşmış olan, masaya oturmeyan kare planlı nesne



Gölgesinin dörtte üçü masa dışına taşmış olan, masaya oturmeyan kare planlı nesne



Masaya oturmayan daire planlı nesne

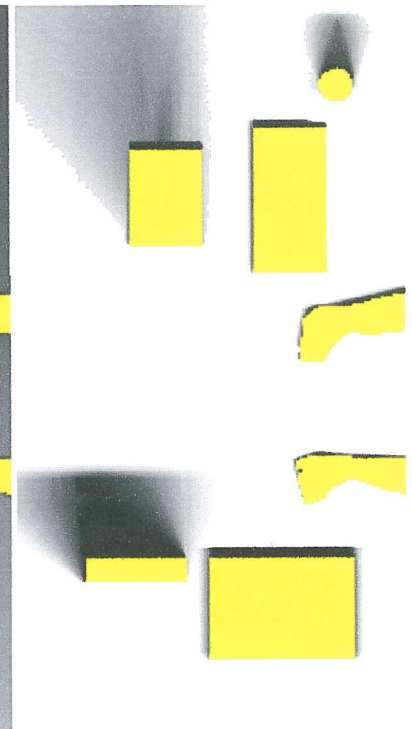
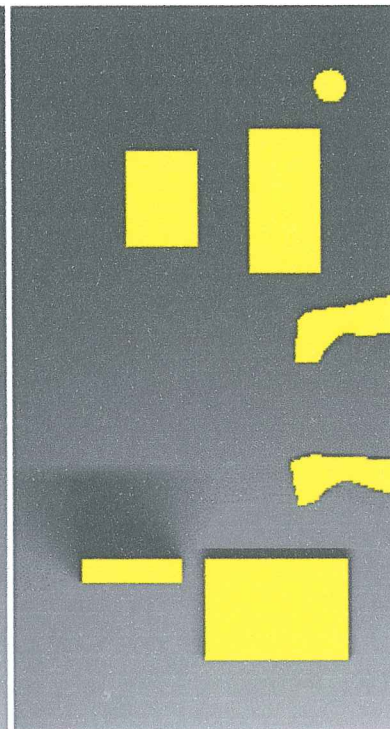
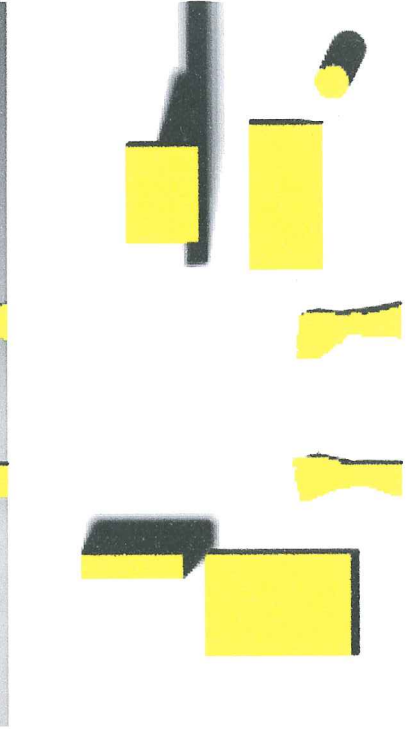
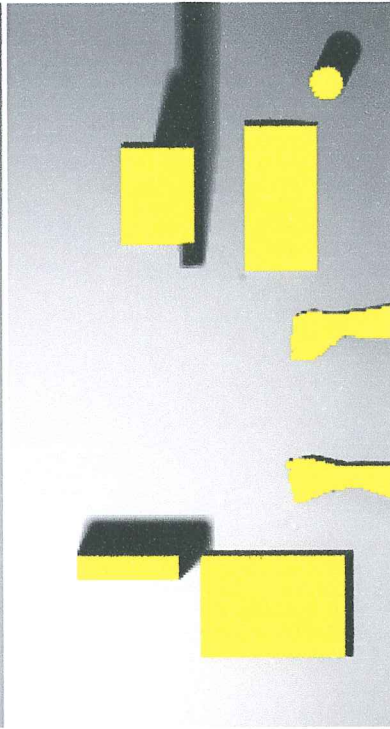
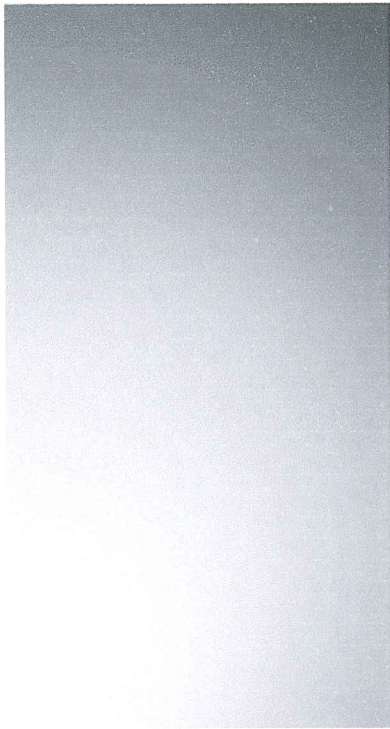


Masaya oturan kare planlı nesne

- Gölge çekirdeği ışıklılığı
- Gölge sınırı ışıklılığı

Şekil 8. 90 Açıklık-koyuluk değerlendirilmesinde dikkate alınan gölge çekirdeği ve gölge sınırı ışıklılıkları

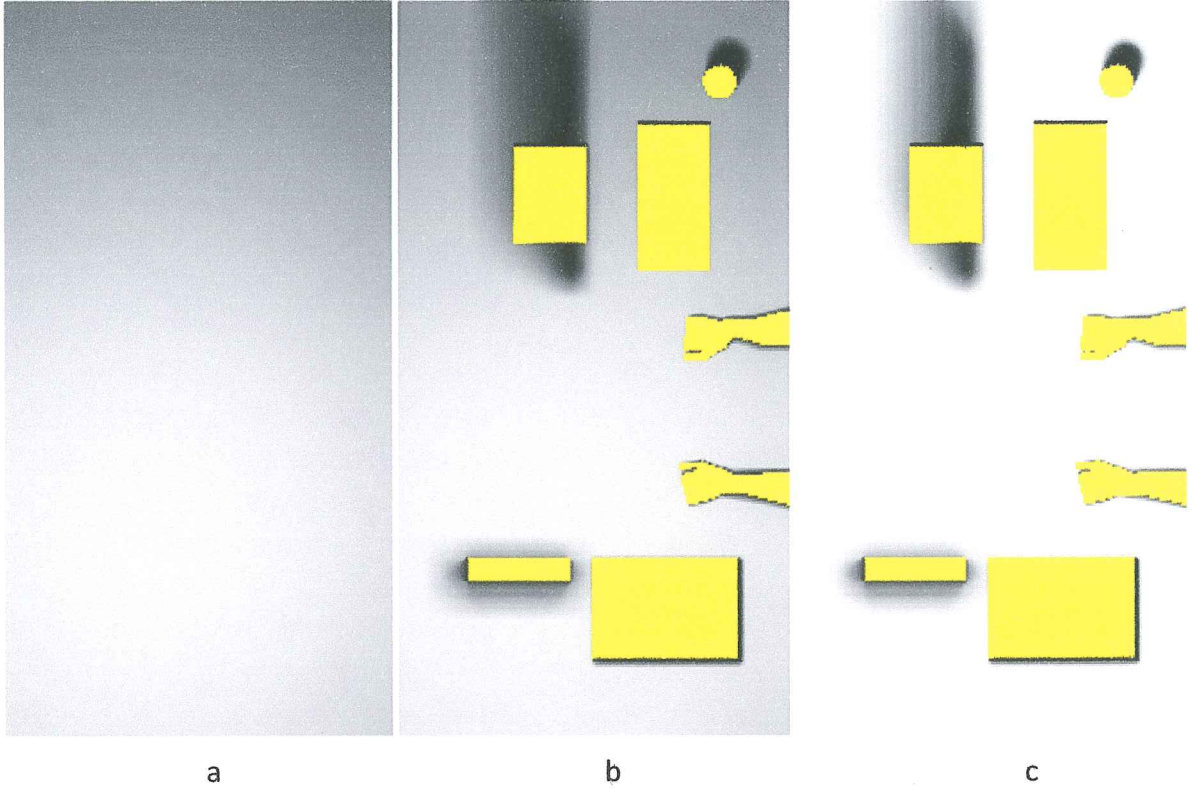
Çekirdek gölgenin ışıklılığı ile toplam gölgenin sınırını belirleyen noktaların ortalama ışıklılığı arasındaki oranı saptayabilmek için, gölge faktörü tanımından yararlanılmıştır. Gölge faktörünün aydınlanan düzlem üzerindeki dağılımı 5.1.2. Bölümde açıklanan yol uyarınca saptanmıştır. Bir masa yüzeyi üzerinde nesnelerin olduğu ve olmadığı durumdaki aydınlık düzeyi dağılımları ve gölge faktörü dağılımına örnekler Şekil 8.27’de yer almaktadır.



a

b

c



Şekil 8. 91 Masa üzerinde nesnelerin olmadığı (a) ve olduğu (b) durumdaki aydınlık düzeyi ve gölge faktörü (c) dağılımlarına örnekler

Gölgenin değerlendirildiği yüzey üzerindeki aydınlık dağılımı düzgün olmadığında, gölge faktörü de gölge çekirdeği boyunca belli oranda değişmektedir. Bu nedenle, açıklık-koyuluk değerlendirmesinde çekirdek gölge içindeki ortalama gölge faktörü dikkate alınmıştır. Bir gölgenin çekirdeğine ilişkin elde edilen ortalama gölge faktörü, gölge ve yakın çevresindeki aydınlık düzgün yayılı ise dolaylı olarak gölgenin sınırındaki ortalama aydınlığın gölge çekirdeğindeki ortalama aydınlığa oranını vermektedir. Gölge ve yakın çevresindeki aydınlık dağılımı düzgün olmadığında, ortalama gölge faktörü aracılığı ile belirtilen aydınlıklar arasındaki oran belli bir yakınlıkla saptanabilmektedir. Gölgenin düştüğü yüzeyin yansıtma çarpanının yüzey boyunca değişmediği koşulda söz konusu aydınlıklar arasındaki oranın ışıklılıklar arasındaki orana eşit olacağı açıktır. Bu açıklamalara bağlı olarak gölge çekirdeğinin ortalama ışıklılığı ($L_{gç}$) ile gölge sınırının ortalama ışıklılığı (L_{gs} : gölgesiz alanın başladığı sınır) arasındaki oran

$$1-S=L_{GÇ}/L_{GS} \text{ ya da } 1/(1-S)=L_{GS}/L_{GÇ} \quad (8.3)$$

eşitliği dikkate alınarak belirlenmiştir.

Gölgenin açıklık-koyuluk özelliğinin algılanması, yalnızca fiziksel büyüklükler olan gölge ve çevresinin ışıklılıkları arasındaki orana değil, bu ışıklılıkların öznel duyulanması olan parıltılar (*brightness*) arasındaki orana da bağlıdır.

8.2.2 Gölge çekirdeği ve gölge sınırı parıltıları arasındaki farkın saptanması

Gölgenin açıklık koyuluk özelliğinin algılanmasında temel belirleyici olan ışıklılığın ruhduyumsal karşılığı parıltıdır. Belli bir ışıklılığın parıltı karşılığının belirlenmesine ilişkin literatürde yer alan çeşitli öneriler arasından Stevens tarafından geliştirilmiş olan üs yasası benimsenmiştir [32].

$$B = \alpha L^{0.33} \quad (8.4)$$

B: Parıltı
 α : sabit
L: nesne ışıklılığı

Bir mekan içinde aynı anda görülen yüzeylerin ışıklılığına karşılık gelen parıltının hesaplanması ile ilgili Marsden'in, parıltısı değerlendirilen yüzeyin arka plan ışıklılığı ile birlikte yüzeyi görme açısının da dikkate alındığı Bodmann'ın ya da ışıklılıklar arasında ani değişimin olmadığı koşullarda uygulanması önerilen Bodmann&La Toison'un yaklaşımları bu çalışmanın koşulları için uygun görülmemiştir [35, 37].

Marsden'in değerlendirmesi mekan içindeki parıltısı en yüksek yüzeyin parıltısının dikkate alınmasını gerektirmektedir. Bu çalışmada ise daha küçük bir görme alanı içindeki sınırları belirlenmiş bir yüzey (masa yüzeyi) üzerindeki gölgelerin algılanması söz konusudur. Bodmann ve La Toison'un geliştirdikleri formülde ışıklılığı değerlendirilen yüzeyin görme açısına yer verilmiştir. Bu formülde kullanılması gereken katsayıların karşılıkları, yüzeyi görme açısının 0.17^0 - 2^0 arasında olduğu belli adımlar için tanımlanmıştır. Gölgelerin değerlendirildiği bu çalışmada algılanan gölge büyüklüklerini görme açısı söz konusu

açılardan farklı büyüklüklerde olabilecek, görme açısının büyüklüğü bakış doğrultusuna bağlı olarak da değişim gösterebilecektir. Aydınlanmış geniş bir alanda hedefin arka planından ayırt edilmesinin güç olduğu koşullar için aynı araştırmacılar tarafından parıltının hesabı için geliştirilmiş olan yaklaşım da bu tez çalışmasının konusuna uygun düşmemektedir.

Yukarıdaki kabuller doğrultusunda 8.4 numaralı formüle uygun olarak yapılacak parıltı hesabında çekirdeğin ışıklılığı ve yarı gölge sınırının ışıklılığı dikkate alınmaktadır. Buna göre 3 numaralı eşitlik aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$B_{G\zeta} = L_{G\zeta}^n \quad (8.5)$$

$$B_{GS} = L_{GS}^n \quad (8.6)$$

$B_{G\zeta}$: Gölge çekirdeğinin parıltısı
 $L_{G\zeta}$: Gölge çekirdeğinin ışıklılığı
 B_{GS} : Yarı gölge sınırının parıltısı
 L_{GS} : Yarı gölge sınırının ışıklılığı
 n : 0.33

Öte yandan, bir gölgedeki çekirdeğin algılanan parıltısı ile çevre alanın algılanan parıltısı arasındaki oranın, gölge özelliklerinin değerlendirildiği yüzey üzerindeki ortalama aydınlık düzeyine bağlı olarak değişmeyeceği düşünülebilir. Ancak, söz konusu yüzey üzerindeki ortalama aydınlık düzeyi örneğin yükseldiğinde çekirdek ve çevresi arasındaki ışıklılık oranının, dolayısıyla parıltıları arasındaki oranın pek değişmemesine karşın ışıklılıkların mutlak değerleri büyüdüğü için, bu ışıklılıkların karşılıkları olan parıltılar arasındaki fark büyür. 6. Bölümde belirtildiği gibi, Bodmann ve La Toison'a göre, ortalama ışıklılık düzeyleri birbirinden farklı iki ayrı yüzeyden birindeki L_1 ve L_2 ışıklılıklarının karşılıkları olan parıltılar arasındaki farkın öteki yüzeydeki L'_1 ve L'_2 ışıklılıklarının karşılıkları olan parıltılar arasındaki farka eşit olması için,

$$\Delta B = \Delta B' \quad (8.7)$$

$$\Delta B = B(L_1) - B(L_2) \quad \text{ve} \quad \Delta B' = B(L'_1) - B(L'_2)$$

olması gereklidir [36].

Örneğin, masa yüzeyindeki ortalama aydınlık düzeyinin 500 lx olduğu koşulda, gölge çekirdeğinin ve yarı gölge sınırının ışıklılıkları 8.5 ve 8.6 numaralı eşitliklere yerleştirilerek çekirdeğin ve yarı gölge sınırının parıltıları hesaplanabilir. Hesaplama sonucunda çekirdek ve yarı gölge sınırının,

- ışıklılıkları arasındaki oran (L_{YG}/L_C),
- parıltıları arasındaki oran (B_{YG}/B_C),
- parıltıları arasındaki fark ($\Delta B = B_{YG} - B_C$)

elde edilir.

ΔB nin aynı büyüklükte olduğu koşullar, gölgenin çevresi ile çekirdeği arasındaki parıltı izlenimi açısından aynı (benzer) etkiyi doğuracaktır. Bu nedenle, gölgeyi açıklık-koyuluk açısından derecelendirmek için ΔB 'nin farklı değerlerinin (örneğin, $\Delta B=1, 1.5, 2, 2.5, 3, \dots$ gibi) hangi koşullarda ortaya çıkacağını saptanması gereklidir.

Bilindiği gibi, bir yüzeyin herhangi bir noktasındaki ışıklılık, yüzeyin ışık yansıtma çarpanı ile üzerindeki aydınlık düzeyine bağlıdır. Buna bağlı olarak, farklı ortalama aydınlık düzeylerinde ve gölgenin olduğu masa yüzeyine ilişkin farklı ışık yansıtma çarpanlarında ΔB 'nin aynı büyüklükte olabileceği koşulların belirlenmesi gereklidir. Bu belirleme, bu çalışma kapsamında dikkate alınan en düşük ortalama aydınlık düzeyi (300 lx) ve deney hacmindeki masa yüzeyi ışık yansıtma çarpanı (0.60) dikkate alınarak yapılmaya çalışılmıştır.

ΔB 'nin aynı büyüklükte olabileceği koşulların belirlenmesinde aşağıda verilen yol izlenmiştir:

- ΔB olarak ilk aşamada 0.5 seçilmiştir.
- $\Delta B=0.5$ olmasını sağlayacak B_{YG} ve B_C değerleri araştırılmıştır. Bunun için, B_C ye 0.1, 0.2, 0.3 ... gibi gittikçe büyüyen değerler verilmiş, bu değerlere 0.5 eklenerek B_{YG} için 0.5, 0.7, 0.8 ... gibi gittikçe büyüyen değerler elde edilmiştir.

- Belirlenen B_{YG} ve $B_{\check{C}}$ parıltılarını doğuracak L_{YG} ve $L_{\check{C}}$ ışıklılıkları hesaplanmıştır. Bu amaçla önce B_{YG} aracılığı ile L_{YG} hesaplanmış, ardından B_{YG} , $B_{\check{C}}$ ve L_{YG} kullanılarak $L_{\check{C}}$ saptanmıştır.
- L_{YG} ve $L_{\check{C}}$ ışıklılıklarını sağlayacak aydınlık düzeyleri E_{YG} ve $E_{\check{C}}$ hesaplanmıştır. Hesaplama masa yüzeyi ışık yansıtma çarpanı 0.60 alınmıştır.
- $L_{YG}/L_{\check{C}}$ ve $B_{YG}/B_{\check{C}}$ oranları belirlenmiştir.
- B_{YG} ve $B_{\check{C}}$ için başlangıçta 0.1 aralıklarla ele alınan değerlerin alt sınırını belirleyebilmek için, çalışmada hedeflenen ortalama aydınlık düzeyi basamaklarından en düşüğü (300 lx) dikkate alınmıştır.
- Bir yüzey üzerindeki ortalama aydınlık düzeyinin 300 lx olduğu koşulda, bu yüzey üzerindeki maksimum aydınlık düzeyi ≥ 300 lx olur. Bu nedenle, E_{YG} nin de en az 300 lx olabileceği kabul edilmiştir. $E_{\check{C}}$ açısından da bir alt sınır değeri belirlenmesi gerekmiştir. Bunun için en koyu gölge tanımına uygun olarak 0 lx alınmıştır.
- $E_{YG}=300$ lx olması durumu için, $E_{\check{C}}$ niceliği 0 lx'e düşünceye kadar gittikçe büyüyen ΔB değerleri (0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, ...) ele alınarak yukarıdaki işlemler yinelenmiştir. $E_{\check{C}}=0$ lx olduğunda $\Delta B=3.719$ bulunmuştur.
- Gölgenin düştüğü yüzeye ilişkin yansıtma çarpanı değiştikçe ΔB üst sınırı da değişmektedir. Buna bağlı olarak, her yansıtma çarpanı için gölgenin açıklık koyuluk derecelendirmesinin ayrı ayrı yapılması gerektiği görülmüştür. Gölgenin düştüğü yüzeyin yansıtma çarpanı küçüldükçe, yarı gölge ile çekirdeği arasındaki ışıklılık oranı değişmemesine karşın, ΔB küçülme, yani gölge ile çevresi arasındaki karşıtlık daha az olmaktadır. Bir başka deyişle, gölgenin etkisi azalmakta, daha açık olarak algılanmaktadır. Yüzey yansıtma çarpanı düştükçe, aynı ΔB 'nin daha büyük parıltı ve ışıklılık oranları ile ortaya çıkacağı açıktır.
- Aydınlık düzeyi yükseldikçe, yarı gölge ile çekirdeği arasındaki ışıklılık oranı değişmemesine karşın, ΔB büyümekte, yani gölge ile çevresi arasındaki karşıtlık daha fazla olmaktadır. Bir başka deyişle, gölgeler daha koyu algılanmaktadır. Aydınlık düzeyi yükseldikçe, düşük aydınlık düzeyindeki ΔB ile eş büyüklükteki ΔB , daha küçük ışıklılık oranları ile elde edilebilmektedir.

- Çeşitli standartlarda bürolarda çalışma masalarının yansıtma çarpanları ile ilgili alt ve üst sınırlar 0.20-0.50 olarak belirlenmiştir. Ancak, kullanım halindeki bürolar incelendiğinde yansıtma çarpanının 0.50'den yüksek olduğu daha açık renkli masalara da rastlanmaktadır. Bu yüzden, 0.2-0.7 arasındaki farklı yansıtma çarpanı değerleri için ΔB sınır değerleri hesaplanarak Çizelge 8.5'de sunulmuştur.

Çizelge 8. 12 Farklı yüzey yansıtma çarpanları için ΔB sınır değerleri

Yansıtma çarpanı	ΔB sınır değerleri
0.2	0 – 2.59
0.3	0 – 2.96
0.4	0 – 3.25
0.5	0 – 3.50
0.6	0 – 3.72
0.7	0 – 3.91

8.3 Gölgenin Sertlik-Yumuşaklık ve Açıklık-Koyuluk Açısından Derecelendirilmesi

Bu bölümde, 8.1. ve 8.2. Bölümlerde ulaşılan sonuçlar göz önünde bulundurularak gölgenin sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk boyutlarının ayrı ayrı derecelendirilmesine ilişkin öneriler ve bu derecelendirmenin uygulanmasında izlenmesi gereken yol sunulmuştur.

a-) Sertlik-yumuşaklık açısından derecelendirme

Sertlik-yumuşaklık derecelendirmesinde toplam alan duyulanması ve sertlik-yumuşaklık izlenimine ilişkin bulgulardan yola çıkılmıştır. Toplam alan duyulanmasına ilişkin geliştirilen 8.1 ve 8.2 numaralı formüllerdeki x büyüklüğüne gölge çekirdeği alanının toplam gölge alanına oranı ($A_{gç}/A_t$) açısından olabilecek sınır değerler olan 0 ve 1 yerleştirilerek fiziksel uyarının duyulanma karşılığının sınır değerleri bulunmuştur.

Bu değerler,

- 300 lx durumunda, 0 için 0.03; 1 için 0.88;
- ≥ 500 lx durumunda, 0 için 0.10; 1 için 0.86

büyüklüğündedir.

On adımdan oluşan bir derecelendirme yapabilmek için, duyulanmanın saptanan sınır değerleri arasındaki fark on eşit adıma bölünmüştür $((0.88-0.03)/10; (0.86-0.10)/10)$ (izelge 8.6, kolon 2). Ardından, bu duyulanma adımlarının karşılıkları olan fiziksel uyartılar aynı formüller ile hesaplanmıştır. Bunun için, 8.1 ve 8.2 numaralı eşitliklerdeki y büyüklüğüne duyulanmanın eşit adımlarını gösteren izelge 1-2'nin 2 kolonundaki değerler yerleştirilmiştir (izelge 8.6-8.7, kolon 3). Çizelgenin ilk kolonuna derecelendirmenin 1-10 arasındaki adımları yerleştirilmiştir.

Çizelge 8. 13 300 lx için yapılan sertlik-yumuşaklık derecelendirmesi

Derece	Duyulanma	Duyulanmanın karşılığı olan fiziksel uyartı (Ag/At)	Sertlik-yumuşaklık tanımı
1	0,03 – $\leq$ 0,12	0,00 – $\leq$ 0,07	çok yumuşak gölge
2	0,12 – $\leq$ 0,20	0,07 – $\leq$ 0,13	Yumuşak gölge
3	0,20 – $\leq$ 0,29	0,13 – $\leq$ 0,21	Az yumuşak gölge
4	0,29 – $\leq$ 0,37	0,21 – $\leq$ 0,28	Orta yumuşaklıkta gölge
5	0,37 – $\leq$ 0,46	0,28 – $\leq$ 0,37	Orta sertlik-yumuşaklıkta gölge
6	0,46 – $\leq$ 0,54	0,37 – $\leq$ 0,46	Orta sertlik-yumuşaklıkta gölge
7	0,54 – $\leq$ 0,63	0,46 – $\leq$ 0,57	Orta sertlikte gölge
8	0,63 – $\leq$ 0,71	0,57 – $\leq$ 0,67	Az sert gölge
9	0,71 – $\leq$ 0,80	0,67 – $\leq$ 0,82	Sert gölge
10	0,80 – $\leq$ 0,88	0,82 – $\leq$ 1,00	çok sert gölge

Çizelge 8. 14 ≥ 500 lx için yapılan sertlik-yumuşaklık derecelendirmesi

Derece	Duyulanma	Duyulanmanın karşılığı olan fiziksel uyartı (A_g/A_t)	Sertlik-yumuşaklık tanımı
1	$0.1 - \leq 0.18$	$0.00 - \leq 0.08$	Çok yumuşak gölge
2	$0.18 - \leq 0.25$	$0.08 - \leq 0.16$	Yumuşak gölge
3	$0.25 - \leq 0.33$	$0.16 - \leq 0.26$	Az yumuşak gölge
4	$0.33 - \leq 0.40$	$0.26 - \leq 0.34$	Orta yumuşaklıkta gölge
5	$0.40 - \leq 0.48$	$0.34 - \leq 0.44$	Orta sertlik-yumuşaklıkta gölge
6	$0.48 - \leq 0.56$	$0.44 - \leq 0.54$	Orta sertlik-yumuşaklıkta gölge
7	$0.56 - \leq 0.63$	$0.54 - \leq 0.64$	Orta sertlikte gölge
8	$0.63 - \leq 0.71$	$0.64 - \leq 0.76$	Az sert gölge
9	$0.71 - \leq 0.78$	$0.76 - \leq 0.87$	Sert gölge
10	$0.78 - \leq 0.86$	$0.87 - \leq 1.00$	Çok sert gölge

8.1.3.2 Bölümü'nde ayrıntıları anlatılan deneysel çalışmada saptanmış olan deneklerin sertlik-yumuşaklık izlenimleri Çizelge 8.6 ve 8.7'de sunulan derecelendirmeye uygun olarak Çizelge 8.8 ve 8.9'a yerleştirilmiştir. Çizelge 8.8-8.9'da değerlendirmeye alınan gölgelerin hesaplama yolu ile bulunan gerçek A_g/A_t oranları (fiziksel uyartısı) da tabloların son kolonunda karşılaştırma amaçlı verilmiştir.

Çizelge 8. 15 300 lx için yapılan sertlik-yumuşaklık izlenimleri

Derece	Duyulanma	Duyulanmanın karşılığı olan fiziksel uyarı (Agç/At)	S-Y izlenimi		Değerlendirilen gölgenin fiziksel uyarısı (Agç/At)
			E: 300 lx $\rho: 0.5$	E: 300 lx $\rho: 0.8$	
1	0.03 – ≤ 0.12	0.00 – ≤ 0.07			
2	0.12 – ≤ 0.20	0.07 – ≤ 0.13			
3	0.20 – ≤ 0.29	0.13 – ≤ 0.21	5	4	0.19
4	0.85 – ≤ 0.37	0.21 – ≤ 0.28			
5	0.37 – ≤ 0.46	0.28 – ≤ 0.37			
6	0.46 – ≤ 0.54	0.37 – ≤ 0.46	6	5	0.4
7	0.54 – ≤ 0.63	0.46 – ≤ 0.57			
8	0.63 – ≤ 0.71	0.57 – ≤ 0.67	6	5	0.61
9	0.71 – ≤ 0.8	0.67 – ≤ 0.82	8	6	0.79
10	0.8 – ≤ 0.88	0.82 – ≤ 1.00			

Çizelge 8. 16 ≥500 lx için yapılan sertlik-yumuşaklık izlenimleri

Derece	Duyulanma	Duyulanmanın karşılığı olan fiziksel uyarı (Agç/At)	S-Y izlenimi				Değerlendirilen gölgenin fiziksel uyarısı (Agç/At)
			E: ≥500 lx $\rho: 0.5$	E: ≥500 lx $\rho: 0.8$	E: ≥750 lx $\rho: 0.5$	E: ≥750 lx $\rho: 0.8$	
1	0.1–≤0.18	0.00–≤0.08					
2	0.18–≤0.25	0.08–≤0.16					
3	0.25–≤0.33	0.16–≤0.26	5	4	4	3	0.19
4	0.33–≤0.40	0.2 –≤0.34					
5	0.40–≤0.48	0.34–≤0.44	5	5	5	5	0.4
6	0.48–≤0.56	0.44–≤0.54					
7	0.56–≤0.63	0.54–≤0.64	6	5	6	6	0.61
8	0.63–≤0.71	0.64–≤0.76					
9	0.71–≤0.78	0.76–≤0.87	7	6	7	6	0.79
10	0.78–≤0.86	0.87–≤1.00					

Çizelge 8.8 ve 8.9’da görüldüğü üzere, deneklerin izlenimleri S-Y derecelendirmesi ile uyum içindedir.

b) Açıklık-koyuluk açısından derecelendirme

Açıklık-koyuluk derecelendirmesinde 8.2.2. Bölümde açıklanmış olan parıltı farkının belirlenmesine yönelik yaklaşımdan hareket edilmiştir. Gölgenin düştüğü yüzeyin ışık

yansıtma çarpanının 0,6 olması durumu için ortaya çıkabilecek parıltı farkına (ΔB) ilişkin hesaplanmış olan sınır değerler ele alınmıştır. Bu sınır değerler, hiç gölgenin oluşmadığı duruma karşılık gelen '0' ile gölgenin üzerindeki aydınlık düzeyinin sıfır olduğu duruma karşılık gelen '3,72' dir ($\Delta B = 0-3,72$). On adımdan oluşan bir derecelendirme yapabilmek için, parıltının saptanan sınır değerleri arasındaki fark on eşit adıma bölünmüştür ($3,72-0=3,72/10$) (Çizelge 8.10, kolon 2). Çizelgenin ilk kolonuna derecelendirmenin 1-10 arasındaki adımları yerleştirilmiştir.

Çizelge 8. 17 Açıklık-koyuluk derecelendirmesi

Derece	Duyulanma ΔB	Açıklık-koyuluk tanımı
1	$> 0 - \leq 0.37$	Çok açık gölge
2	$0.37 - \leq 0.74$	Açık gölge
3	$0.74 - \leq 1.12$	Az açık gölge
4	$1.12 - \leq 1.49$	Orta açıklıkta gölge
5	$1.49 - \leq 1.86$	Orta açıklık-koyulukta gölge
6	$1.86 - \leq 2.23$	Orta açıklık-koyulukta gölge
7	$2.23 - \leq 2.60$	Orta koyulukta gölge
8	$2.60 - \leq 2.98$	Az koyu gölge
9	$2.98 - \leq 3.35$	Koyu gölge
10	$3.35 - \leq 3.72$	Çok koyu gölge

c-) Derecelendirmenin uygulanmasında izlenmesi gereken yol

Bir gölgenin sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluğunu bu çalışma içinde geliştirilen yaklaşım uyarınca belirleyebilmek için izlenmesi gereken yol sırasıyla verilmiştir. Ardından, S-Y ve A-K derecelendirmelerinin yorumlanmasında ve kullanılmasında dikkate alınması gereken konulara yer verilmiştir.

1. Bir hacim içinde gölge niteliğinin değerlendirileceği 'yüzey'in sınırları belirlenir (masa yüzeyi, tezgah vb.)
2. Bir aydınlatma bilgisayar programında (DIALux, Relux vb.) hacim modellenir. Modellemede, hacim (boyut, iç yüzey ışık yansıtma çarpanları, tefriş vb.) ve

aydınlatma düzeni (aygıt tipi, lamba türü, aygıt yerleşim düzeni vb.) özelliklerinin aslına uygun olması önemlidir.

3. Yüzey'in üzerinde aydınlatma programının izin verdiği sıklıkta bir hesap ağı (örneğin, 5mm×5mm aralıklı) oluşturulur ve yüzey üzerindeki aydınlık dağılımı, bu yüzey üzerine gölge atan nesnelerin bulunduğu ve yüzey üzerinde hiçbir nesnenin bulunmadığı durum için ayrı ayrı bulunur.
4. Hesap ağının içerdiği noktalardaki nesneli ve nesnesiz koşullar için hesaplanmış aydınlık düzeyi değerleri kopyalanarak Excell vb. hesap programına aktarılır.
5. Yüzey üzerindeki nesneli ve nesnesiz koşullar için hesaplanmış aydınlık düzeyi değerleri aracılığı ile tanımlanmış hesap ağındaki her noktaya ilişkin gölge faktörü hesaplanır. Böylece, yüzey üzerinde gölge faktörü dağılımı saptanır.
6. Gölge faktörü dağılımı incelenerek, toplam gölge içindeki gölge çekirdeği ve yarı gölgenin konumları gözlem yolu ile saptanır. Gölge faktörü, yüzey'in gölgesiz bölgelerinde sıfır olmakta, gölge çekirdeğinde çoğu zaman düzgün yayılmakta (aynı değerde ya da birbirine yakın değerlerde olmakta) , yarı gölgede ise çekirdekten uzaklaştıkça küçülmektedir.
7. Gölge çekirdeği ve toplam gölgenin alanı ayrı ayrı hesaplanır. Bunun için, gölge çekirdeği ve yarı gölgedeki Excell hesap hücrelerinin sayıları ayrı ayrı toplanıp, her hücreye karşılık gelen alan (5mm×5mm hesap ağı örneği için 0.25 cm²) ile çarpılır. Çekirdek ve yarı gölge alanın toplamı alınarak toplam gölge büyüklüğü saptanır.
8. Gölge çekirdeği alanı toplam gölge alanına bölünerek, sertlik-yumuşaklık fiziksel uyarı olarak bulunur. Fiziksel uyarı, yüzey'deki ortalama aydınlık düzeyi 300 lx ise 8.1 numaralı eşitlik, ≥ 500 lx ise 8.2 numaralı eşitliğe yerleştirilerek bu uyarıya karşılık gelen duyulanma elde edilir. Bulunan bu değer, gölgenin sertlik-yumuşaklığına ilişkin duyulanma değeridir. Bu değere karşılık gelen '**sertlik-yumuşaklık derecesi**', 300 lx için Çizelge 8.8, ≥ 500 lx için Çizelge 8.9'dan okunur.
9. Gölge çekirdeğindeki ortalama gölge faktörü (S) hesaplanır. 1 sayısından ortalama gölge faktörü çıkartılarak (1-S) gölge çekirdeğindeki ortalama aydınlık düzeyinin gölge sınırındaki aydınlık düzeyine oranı bulunur ($1-S=E_{GÇ}/E_{GS}$).

10. Nesnelerin olduğu koşul için hesaplanmış olan aydınlık düzeyi dağılımı içinde gölge çekirdeğinin bulunduğu bölge saptanır ve çekirdekdeki ortalama aydınlık düzeyi ($E_{GÇ}$) hesaplanır. Buna bağlı olarak, gölge sınırındaki ortalama aydınlık (E_{GS}) bulunur ($E_{GS}=E_{GÇ}/(1-S)$) .
11. Yüzey'in ışıık yansıtma çarpanına bağlı olarak gölge çekirdeği ve gölge sınırındaki ışııklılıklar (L_{GS} ve $L_{GÇ}$) ve bunların karşılıkları olan parıltılar (B_{GS} ve $B_{GÇ}$) 8.4 numaralı formül ile hesaplanır.
12. Parıltılar arasındaki fark ($\Delta B= B_{GS}-B_{GÇ}$), bir başka deyişle açıklık-koyuluğa ilişkin duyulanmanın büyüklüğü bulunur. Bu değere karşılık gelen 'ačíkılık-koyuluk derecesi', Çizelge 8.10'dan okunur.
 - Sertlik-yumuşaklıkla ilgili olarak gölge çekirdeğinin sıfır olması durumunda, tanım olarak en yumuşak gölge elde edilmekte, ancak gölgenin varlığı ortadan kalkmamaktadır. Gölge çekirdeğinin noktaya çok yaklaştığı ya da noktaya dönüştüğü sınır durumunda, bu bölge gölgesiz alan ile arasındaki ışııklılık (dolayısıyla parıltı) farkına bağlı olarak algılanabilmektedir. Nitekim sertlik-yumuşaklık değerlendirmesinde kullanılması önerilen formüller incelendiğinde, gölge çekirdeğinin sıfır olduğu koşulda S-Y duyulanmasının 300 lx aydınlık düzeyi için ~0.03, ≥ 500 lx aydınlık düzeyi için 0.10 olacağı anlaşılmaktadır. Bunun nedeni, gölge çekirdeğinin ortadan kalktığı, yani çekirdeğin noktaya dönüştüğü (ya da çok küçüldüğü) anda toplam gölgenin ışııklılığı tamamen düzgün yayılmış olmamakta, gölgenin çeperinden içeriye doğru gittikçe ışııklılık azalmakta gölge koyulaşmaktadır. Daha açık bir deyişle, gölge çekirdeğinin sıfır olduğu durumda çekirdeğin noktaya (ışıık kaynağının doğrusal olması durumunda çizgiye) dönüştüğü bölümü gölge içinde daha koyu algılanmaktadır. Bu olgu aydınlık düzeyinin yüksek olduğu durumda, gölge ile çevresi arasındaki parıltı farkı arttığından daha belirgin olmaktadır.
 - S-Y ile ilgili gölge çekirdeğinin noktaya dönüştüğü çok yumuşak gölge koşulunda, gölgenin A-K özelliği ile ilgili değerlendirme, bu noktadaki ışııklılık dikkate alınarak yapılmalıdır. Pratikte, çekirdeğin tek bir noktaya dönüştüğü durumun tespitinde de zorluklar vardır. Bunun nedeni, gölgenin özelliklerini belirlemeye yönelik bilgisayar

programları ile yapılan aydınlık düzeyleri hesaplarında atanan hesap ağının milimetrik adımlarla hesap yapmaya elverişli olmamasıdır. Ayrıca, bilgisayar programları birbirine bu denli yakın noktalardaki olası aydınlık düzeyi farkını gösterecek duyarlıkta hesap da yapmamaktadır. Bu zorluk, pratikte örneğin birbirinden 1 mm uzaklıkta bulunan noktalardaki aydınlık düzeyinin ölçülerek belirlenmesinde de ortaya çıkmaktadır. Bu nedenlerle, çoğu durumda çok küçük bir çekirdek alanın büyüklüğü, toplam gölge alanı içindeki en düşük aydınlık düzeyinin düzgün yayılmış olduğu çok küçük bölge saptanarak belirlenebilmektedir. A-K boyutu belirlemede de doğal olarak bu çok küçük çekirdek alanın ışıklılığı dikkate alınmaktadır.

- Aydınlatma aygıtı boyutu ve aygıt ile nesne arasındaki öteki geometrik ilişkilere bağlı olarak koşullara göre, gölge çekirdeğinin tümüyle ortadan kalkıp ters çekirdek (*antumbra*) oluşumu söz konusu olmaktadır. Gölgenin antumbra özelliğindeki bölgesi geniş bir alana yayılmış ise gölgenin varlığı hiç algılanmamaktadır. Ancak, ters çekirdek bölgesinin küçük olup sınırlarının algılanabildiği durumlar da oluşmaktadır. Aslında toplam gölge içindeki aydınlığın en düşük ve düzgün yayılı olduğu bölgenin gölge çekirdeği ya da ters çekirdek olduğunu ayırt etmek de pek olanaklı değildir. Bu fark, aygıt ve nesne boyutları ile konumlarına yönelik geometrik ilişkilere bağlı olarak AutoCAD ya da benzeri çizim programlarından yararlanılarak anlaşılabilir. Bununla birlikte, bu saptamanın yapılmasına ihtiyaç yoktur. Bu durumda, toplam gölge içindeki antumbra bölgesi gölge çekirdeği varsayılp S-Y boyutu belirlenmelidir. Gölgenin A-K boyutu saptandıktan sonra, S-Y belirlemede dikkate alınan alanın çekirdek mi yoksa antumbra olduğu anlaşılacaktır. Antumbra koşullarındaki gölge, gölge çekirdeği koşullarına göre çok daha açık olmaktadır.
- Doğrusal ışık kaynaklarının kullanıldığı durumda koşullara göre, kaynağın enine kesitine dayalı çekirdek gölge oluşurken kaynağın boyuna kesiti ters çekirdek yaratmaktadır. Bu gibi koşullarda, gölge çekirdeği olarak değerlendirmeye alınacak bölge kaynağın enine kesitinde kolayca belirlenebilirken boyuna kesitinde daha zahmetli olmaktadır. Ancak, kaynağın enine ve boyuna kesitine göre gölge alandaki

aydınlık dağılımını aydınlık düzeyi grafikleri ile görselleştirmek yol gösterici olmaktadır (Bölüm 8.1.3.1, Şekil 8.14).

- Nesnenin gölgenin düştüğü yüzeye oturması durumunda, koşullara göre gölge çekirdeği bütünüyle nesnenin altında kalmakta, yalnızca yarı gölge bölümü az ya da çok algılanmaktadır. Bunun da ötesinde, algılanan bu yarı gölgenin, çekirdeği olan bir yumuşak gölgeye mi yoksa bir ters çekirdek (*antumbra*) oluşumuna mı ait olduğu ayırt edilememektedir. Ancak, her durumda yapılacak işlem aynıdır. Gölgenin S-Y boyutu '0' dır. A-K belirlemesinde de nesnenin taban alanının sınırındaki ışıklılıkların ortalaması ile toplam gölge sınırındaki ışıklılıkların ortalaması göz önüne alınarak karşılıkları olan parıltılar hesaplanmalıdır. Gölgenin A-K derecesi, çekirdek gölge ya da ters çekirdek varlığı konusunda bilgi vermektedir. Antumbra söz konusu ise gölge çok daha açık algılanmaktadır. Çekirdeği olan bir gölgede, nesne, çekirdeğin yanı sıra yarı gölgenin de büyük bir bölümünü kaplıyorsa gölge açık algılanacak, yarı gölgenin küçük bir bölümünü kaplıyorsa gölge nispeten daha koyu görülecektir.
- Bir yüzeyde değerlendirmeye alınabilecek farklı ışıklılıkta bölgeler yok ise doğal olarak gölgenin varlığından söz edilemeyeceği için ($\Delta B=0$), S-Y belirlemesine de ihtiyaç kalmamaktadır.

DENEY HACMİNDEKİ GÖLGE ÖZELLİKLERİNİN ÖZNEL DEĞERLENDİRİLMESİ

7. Bölümde tanıtılan deney hacminde gölgelerin özelliklerini öznel olarak değerlendirebilmek amacıyla anket uygulanmıştır. Deney hacminde tek masanın kullanıldığı durum için 29, iki masanın birden kullanıldığı durum için 27 senaryo hazırlanmıştır. Dört temel grup altında toplanan bu senaryolarda,

- gölgenin aydınlatma aygıtı boyutuna bağlı sertlik-yumuşaklığını değerlendirmek ve bu değerlendirmede aydınlık düzeyinin etkisini saptamak (Grup I),
- gölgenin, gölgeyi yaratan kaynak dışındaki başka kaynaklardan gelen ışıklarla aydınlanmasına bağlı açıklık-koyuluk değişimini incelemek (Grup II),
- gölgenin açıklık-koyuluk değerlendirmesinde aydınlatma biçiminin etkisini belirlemek (Grup III),
- gölgenin açıklık-koyuluk değerlendirmesinde gölgeyi yaratan kaynak dışındaki başka kaynaklarla birlikte aydınlatma biçiminin etkisini incelemek (Grup IV)

hedeflenmiştir.

Anket uygulamasında elde edilen izlenim ve değerlendirmeleri çalışmanın 8. Bölümünde geliştirilen yaklaşım ile karşılaştırmak amacıyla, yatay ve düşey kitap için açıklık-koyuluk ve sertlik-yumuşaklık dereceleri, 8.3 bölümde açıklanan derecelendirmeye uygun olarak DIALux programı ile model hacim için hesaplanmıştır. Söz konusu hesaplar el için

yapılmamıştır. Çünkü, kitapları temsil etmek üzere hazırlanan iki adet ahşap, 29.7cm×21cm×5cm boyutlarındaki dikdörtgenler prizması bilgisayar ortamında modellenebilmiş ve masa üzerindeki konumları deney hacim ile aynı olacak biçimde ayarlanabilmiştir. El büyüklüğünün kişiden kişiye değişeceği açıktır. Elin masa üzerindeki konumu açısından da kişiden kişiye küçük farklar olması kaçınılmazdır. Hesaplama ve öznel değerlendirme sonuçlarına ilişkin karşılaştırmanın anlamlı olması için deney hacminde ve model hacimde aynı koşulların oluşturulması gereklidir. Belli bir kişiye ait elin bile aydınlatma programında bu el ile aynı biçim, büyüklük ve konumda olacak biçimde modellenmesi kolay değildir.

İki farklı konumdaki kitap için DIALux programında yapılan sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk hesaplarının sonuçları Ek 3'te verilmiştir.

Hesaplama ve öznel değerlendirme sonuçlarını karşılaştırabilmek için model hacimde masalar üzerinde senaryolara göre değişen farklı ortalama aydınlık düzeylerinin deney hacminde de uygulanması gereklidir. Bu amaçla bilgisayar ortamında ele alınan farklı her senaryo için, masa yüzeyindeki beş ayrı noktadaki aydınlık düzeyi ve her aydınlatma aygıtına ilişkin dimmerleme oranı not edilmiştir. Bu veriler dikkate alınarak deney hacmindeki aydınlatma senaryoları düzenlenmiştir. Senaryolara ilişkin hazırlık çalışmalarında masalar üzerindeki aydınlık düzeyi kontrolleri Minolta T10 aydınlıkölçer ile yapılmıştır. Aydınlatma senaryolarının ayarlanması ve kaydı, deney hacmindeki DALI aydınlatma kontrol sistemi aracılığı ile gerçekleştirilmiştir.

9.1 Aydınlatma senaryolarındaki gölgelerin değerlendirilmesine yönelik anket uygulaması

a) Aydınlatma senaryolarının dizilişi

Tek masa ve iki masanın kullanıldığı koşullar için hazırlanmış ve iki ayrı koşul için dört farklı grup altında toplanmış senaryoların içerikleri ve gösteriliş sıraları Çizelge 9.1-9.2'de verilmiştir. Tek ve çift masa koşullarının her ikisinde de bazı senaryolar iki kez farklı senaryo grupları içinde yer almaktadır. Çizelgelerde bu senaryoların ikinci kez geçtiği yerlerde ilk kez

geçtikleri yerde anıldıkları numara verilmiştir. Örneğin, Çizelge 1’de IA grubundaki 3 numaralı senaryo ikinci kez IC grubunda yer almış, senaryonun buradaki numarası yine 3 ile belirtilmiştir.

Çizelge 9. 18 Tek masa için aydınlatma senaryolarının gösteriliş sırası

Senaryo grubu	Senaryo no	Aygıt no	Ė	Aydınlatma biçimi
IA	1	1	500	D
	2	6		
	3	11		
	4	11+12		
	5	11+12+13+14		
IB	6	15+dolaylı	750	
	7		1000	
IC	8	11	300	
	3		500	
	9		750	
	10		1000	
II	2	6	500	
	11	5+6		
	12	5+6+8+9		
III	13	1	300	D
	14	1		SD
	15	1		DI
	16	1		SI
	17	1		I
IVA	18	1+2		D
	19	1+2		SD
	20	1+2		DI
	21	1+2		SI
	22	1+2		I
IVB	23	1+2	500	D
	24	1+2		SD
	25	1+2		DI
	26	1+2		SI
	27	1+2		I

Çizelge 9. 19 İki masa için aydınlatma senaryolarının gösteriliş sırası

Senaryo grubu	Senaryo no	Aygıt no	Ė	Aydınlatma biçimi
IA	1	1+3	500	D
	2	6+9		
	3	11+13		
	4	11+12+13+14		
IB	5	15+16+dolaylı	1000	
IC	6	11+13	300	
	3		500	
	7		750	
	8		1000	
II	2	6+9	500	
	9	5+6+9+10		
	10	5+6+7+8+9+10		
III	1	1+3	500	D
	11	1+3		SD
	12	1+3		DI
	13	1+3		SI
	14	1+3		I
IVA	15	1+2+3+4		D
	16	1+2+3+4		SD
	17	1+2+3+4		DI
	18	1+2+3+4		SI
	19	1+2+3+4		I
IVB	20	1+2+3+4	750	D
	21	1+2+3+4		SD
	22	1+2+3+4		DI
	23	1+2+3+4		SI
	24	1+2+3+4		I

b) Deneklerin özellikleri

Anket uygulamasına 8 kadın, 3 erkek olmak üzere toplam 11 kişi katılmıştır. Deneklerin yaş ve eğitim gruplarına göre dağılımı Çizelge 9. 3'te gösterilmiştir. Anket çalışması Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş kampüsünde gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların % 73' ü Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü'nde Yüksek Lisans eğitimini süren öğrenciler, % 27' si aynı fakülte'deki öğretim elemanlarıdır.

Çizelge 9. 20 Anket çalışmasına katılan deneklerin özellikleri

Yaş	İlköğretim		Lise		Üniversite Ön Lisans		Üniversite Lisans		Yüksek Lisans		Doktora	
	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E	K	E
18-25							3					
26-30							2	2				
31-40												1
41-50									1		2	

K: Kadın, E: Erkek

c) Anket soruları

Gölge özelliklerinin değerlendirilmesine yönelik her bir farklı senaryo için aşağıda verilen sorular sorulmuştur. Anket soruları arasında A, B, C, D, E, F ve H soruları bir masalı senaryolarda; C, D, E ve G soruları iki masalı senaryolarda sorulmuştur. Bu çalışma kapsamında, masada oturan kişinin ağırlıklı olarak görme ve çalışma alanına giren yatay ve düşey kitap ile el'in gölgelerine yönelik katılımcıların değerlendirmelerine başvurulmuştur. Bilgisayarın gölgesi koşullara göre belli oranda klavyenin de üzerine düştüğünden, görsel değerlendirmenin sağlıklı yapılamayacağına karar verilmiştir. Çünkü koyu renkli klavyenin üzerinde gölgenin varlığını ayırt etmek de güçleşmektedir. Klavyeyi kullanan kişinin ağırlıklı olarak klavyeden çok bilgisayar ekranına baktığı göz önünde bulundurulduğunda, klavyenin masa üzerine attığı gölgeden etkilenmenin de çok az olabileceği düşünülmüştür. Anketi uygulama süresi kişi başına yaklaşık ortalama 2 saat olmuştur.

A. Masa üstündeki düşey kitap, yatay kitap ve el'in gölgelerinin açıklık-koyuluğunu 1 ile 10 arasında derecelendiriniz.

10: en koyu gölge 1: en açık gölge

B. Masa üstündeki düşey kitap, yatay kitap ve el'in gölgelerinin sertlik-yumuşaklığını 1 ile 10 arasında derecelendiriniz.

10: en sert gölge 1: en yumuşak gölge

C. Okuma-yazma-çizim yapma vb. eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir? Birden fazla seçeneği işaretleyebilirsiniz.

- a. dikkatimi dağıtıyor
- b. çalışmamı güçleştiriyor
- c. gözümü yoruyor
- d. etkilenmiyorum
- e. diğer, belirtiniz

D. Düşey kitap, yatay kitap ve el'in gölgelerinden duyduğunuz rahatsızlığın nedenleri nelerdir? Birden fazla seçeneği işaretleyebilirsiniz.

- a. büyük gölge
- b. koyu gölge
- c. sert gölge
- d. diğer, belirtiniz

E. Görüşme, müzakere vb. gibi görsel iletişime yönelik eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir? Birden fazla seçeneği işaretleyebilirsiniz.

- a. nesnelerin 3 boyutlu görünümünü vurguluyor, derinlik algısını güçlendiriyor
- b. nesneler daha çekici, estetik görünüyor
- c. gözümü dinlendiriyor
- d. etkilenmiyorum
- e. diğer, belirtiniz

F. Masa yüzeyindeki gölgeler ile ilgili genel izleniminizi 1 ile 10 arasında derecelendiriniz.

10: en olumsuz durum 1: en olumlu durum

G. Karşınızdaki masada oturan kişinin yüzündeki gölgeler ile ilgili genel izleniminizi 1 ile 10 arasında derecelendiriniz.

10: en olumsuz durum 1: en olumlu durum

H.Bir nesnenin birden fazla gölgesinin olduğu koşulda, bundan duyduğunuz rahatsızlık açısından 1 ile 10 arasında derecelendiriniz.

10: çok fazla rahatsız olma durumu 1: hiç rahatsız olmama durumu

9.2 Anket sonuçları

Deney hacminde gerçekleştirilen öznel değerlendirme sonuçları, standart sapma ve standardize değeri açısından kontrol edilmiş, alınan yanıtlardaki sapmaların kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu saptanmıştır.

Anket çalışması ile ulaşılan sonuçlar aşağıda belirtilen dört grup altında tablolastırılmıştır:

- a. Bir masa için A, B, F sorularına verilen yanıtlar ve iki kitaba ilişkin hesaplama sonuçları
- b. Bir masa için C, D, E, H sorularına verilen yanıtlar
- c. İki masa için C, D, E, G sorularına verilen yanıtlar
- d. Bir masa için el ile ilgili A, B sorularına verilen yanıtlar

Her grup için anket sonuçlarını içeren tabloların ardından sonuçların değerlendirmesi yapılmıştır. Anket sorularından D için (d), C ve E için (e) yanıt seçeneğine alınan yanıtlar, ilgili tablonun altında * işareti konularak verilmiştir.

a. Bir masa için A, B, F sorularına verilen yanıtlar ve iki kitaba ilişkin hesaplama sonuçları

Çizelge 9. 21 Senaryo grubu: IA, senaryo no: 1-5; aygıt boyutu değişimi

Aygıt no	Nesne	Ē (lx)	Açıklık-Koyuluk (A-K)				Sertlik-Yumuşaklık (S-Y)				Öznel değerlendirme		
			Uyartı Lgs/Lç	ΔB	A-K derecesi	A-K Duyulanma aralığı	Uyartı Agç/At	Duyulanma Agç/At	S-Y derecesi	S-Y Duyulanma aralığı	A-K derecesi	S-Y derecesi	Genel izlenim
1	Düşey kitap	500	20	2.66	8	2.60 -≤2.98	0.25	0.33	3	0.25 -≤0.33	6	5	6
	Yatay kitap	500	25	2.89	8	2.60 -≤2.98	0.41	0.45	5	0.40 -≤0.48	7	8	
6	Düşey kitap	500	14	2.07	6	1.86 -≤2.23	0.68	0.65	8	0.63 -≤0.71	7	7	6
	Yatay kitap	500	28	2.85	8	2.60 -≤2.98	0.64	0.63	7	0.56 -≤0.63	8	8	
11	Düşey kitap	500	2	1.02	3	0.74 -≤1.12	0.00	0.10	1	0.10 -≤0.18	1	1	4
	Yatay kitap	500	20	2.83	8	2.60 -≤2.98	0.25	0.32	3	0.25 -≤0.33	2	2	
11+12	Düşey kitap	500	2	0.94	3	0.74 -≤1.12	0.00	0.10	1	0.10 -≤0.18	1	1	3
	Yatay kitap	500	20	2.80	8	2.60 -≤2.98	0.19	0.27	3	0.25 -≤0.33	2	3	
11+12+ 13+14	Düşey kitap	500	2	0.92	3	0.74 -≤1.12	0.00	0.10	1	0.10 -≤0.18	2	2	3
	Yatay kitap	500	17	2.57	7	2.23-≤2.60	0.15	0.24	2	0.18 -≤0.25	2	2	

Çizelge 9. 22 Senaryo grubu: IB, senaryo no: 6-7; senaryo grubu: IC, senaryo no: 8-10; aydınlık düzeyi değişimi

Aygıt no	Nesne	Ē (lx)	Açıklık-Koyuluk (A-K)				Sertlik-Yumuşaklık (S-Y)				Öznel değerlendirme		
			Uyartı Lgs/Lç	ΔB	A-K derecesi	A-K Duyulanma aralığı	Uyartı Agç/At	Duyulanma Agç/At	S-Y derecesi	S-Y Duyulanma aralığı	A-K derecesi	S-Y derecesi	Genel izlenim
15	Düşey kitap	750	10	3.22	9	2.98 -≤ 3.35	0.82	0.75	9	0.71 -≤ 0.78	6	6	6
		1000	5	2.53	7	2.23 -≤ 2.60	0.82	0.75	9	0.71 -≤ 0.78	6	6	6
	Yatay kitap	750	10	2.84	8	2.60 -≤ 2.98	0.83	0.75	9	0.71 -≤ 0.78	7	8	6
		1000	6	2.54	7	2.23 -≤ 2.60	0.83	0.75	9	0.71 -≤ 0.78	7	8	6
11	Düşey kitap	300	2	0.86	3	0.74 -≤ 1.12	0	0.03	1	0.03 -≤ 0.12	2	1	4
		500	2	1.02	3	0.74 -≤ 1.12	0	0.10	1	0.10 -≤ 0.18	1	1	4
		750	2	1.17	4	1.12 -≤ 1.49	0	0.10	1	0.10 -≤ 0.18	2	1	3
		1000	2	1.29	4	1.12 -≤ 1.49	0	0.10	1	0.10 -≤ 0.18	3	2	3
	Yatay kitap	300	20	2.35	7	2.23 -≤ 2.60	0.25	0.33	4	0.29 -≤ 0.37	3	3	4
		500	20	2.83	8	2.60 -≤ 2.98	0.25	0.32	3	0.25 -≤ 0.33	2	2	4
		750	20	3.34	9	2.98 -≤ 3.35	0.25	0.32	3	0.25 -≤ 0.33	3	3	3
		1000	20	3.52	10	3.35 -≤ 3.72	0.25	0.32	3	0.25 -≤ 0.33	4	4	3

Çizelge 9. 23 Senaryo grubu: II, senaryo no: 11-12; aygıt sayısı değişimi

Aygıt no	Nesne	Ē (lx)	Açıklık-Koyuluk (A-K)				Sertlik-Yumuşaklık (S-Y)				Öznel değerlendirme		
			Uyartı Lgs/Lç	ΔB	A-K derecesi	A-K Duyulanma aralığı	Uyartı Ağç/At	Duyulanma Ağç/At	S-Y derecesi	S-Y Duyulanma aralığı	A-K derecesi	S-Y derecesi	Genel izlenim
6	Düşey kitap	500	14	2.07	6	1.86 -≤ 2.23	0.68	0.65	8	0.63 -≤ 0.71	7	7	6
	Yatay kitap	500	14	1.99	6	1.86 -≤ 2.23	0.64	0.63	7	0.56 -≤ 0.63	8	8	
5+6	Düşey kitap	500	4	1.64	5	1.49 -≤ 1.86	0.68	0.65	8	0.63 -≤ 0.71	6	5	6
	Yatay kitap	500	4	1.08	3	0.74 -≤ 1.12	0.64	0.63	7	0.56 -≤ 0.63	7	7	
5+6+8+9	Düşey kitap	500	2	0.75	3	0.74 -≤ 1.12	0.68	0.65	8	0.63 -≤ 0.71	4	4	7
	Yatay kitap	500	2	0.82	3	0.74 -≤ 1.12	0.64	0.63	7	0.56 -≤ 0.63	5	5	

Çizelge 9. 24 Senaryo grubu: III, senaryo no: 13-17; aydınlatma biçimi değişimi

Aygıt no	Nesne	Ė (lx)	Açıklık-Koyuluk (A-K)				Sertlik-Yumuşaklık (S-Y)				Öznel değerlendirme		
			Uyartı Lgs/Lç	ΔB	A-K derecesi	A-K Duyulanma aralığı	Uyartı Agç/At	Duyulanma Agç/At	S-Y derecesi	S-Y Duyulanma aralığı	A-K derecesi	S-Y derecesi	Genel izlenim
1-D	Düşey kitap	300	20	2.47	7	2.23 -≤ 2.60	0.25	0.34	4	0.29-≤ 0.37	6	5	6
	Yatay kitap	300	25	2.68	8	2.60 -≤ 2.98	0.41	0.49	6	0.46-≤ 0.54	7	8	
1-SD	Düşey kitap	300	8	2.01	6	1.86 -≤ 2.23	0.25	0.34	4	0.29-≤ 0.37	5	4	5
	Yatay kitap	300	8	2.23	6	1.86 -≤ 2.23	0.41	0.49	6	0.46-≤ 0.54	5	5	
1-DI	Düşey kitap	300	6	1.72	5	1.49 -≤ 1.86	0.25	0.34	4	0.29-≤ 0.37	5	4	5
	Yatay kitap	300	6	1.91	6	1.86 -≤ 2.23	0.41	0.49	6	0.46-≤ 0.54	5	5	
1-SI	Düşey kitap	300	5	1.71	5	1.49 -≤ 1.86	0.25	0.34	4	0.29-≤ 0.37	4	4	5
	Yatay kitap	300	5	1.67	5	1.49 -≤ 1.86	0.41	0.49	6	0.46-≤ 0.54	4	5	
1-I	Düşey kitap	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	Yatay kitap	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Çizelge 9. 25 Senaryo grubu: IV A, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (300 lx)

Aygıt no	Nesne	E (lx)	Açıklık-Koyuluk (A-K)				Sertlik-Yumuşaklık (S-Y)				Öznel değerlendirme		
			Uyarıcı Lgs/Lç	ΔB	A-K derecesi	A-K Duyulanma aralığı	Uyarıcı Agç/At	Duyulanma Agç/At	S-Y derecesi	S-Y Duyulanma aralığı	A-K derecesi	S-Y derecesi	Genel izlenim
1+2-D	Düşey kitap	300	4	1.34	4	1.12 -< 1.49	0.25	0.34	4	0.29-≤ 0.37	3	3	5
	Yatay kitap	300	4	1.47	4	1.12 -< 1.49	0.41	0.49	6	0.46-≤ 0.54	5	6	
1+2-SD	Düşey kitap	300	3	1.07	3	0.74 -< 1.12	0.25	0.34	4	0.29-≤ 0.37	2	1	4
	Yatay kitap	300	3	1.13	4	1.12-≤1.49	0.41	0.49	6	0.46-≤ 0.54	2	3	
1+2-DI	Düşey kitap	300	3	0.96	3	0.74 -< 1.12	0.25	0.34	4	0.29-≤ 0.37	2	2	3
	Yatay kitap	300	3	0.99	3	0.74 -< 1.12	0.41	0.49	6	0.46-≤ 0.54	2	3	
1+2-SI	Düşey kitap	300	2	0.88	3	0.74 -< 1.12	0.25	0.34	4	0.29-≤ 0.37	2	2	3
	Yatay kitap	300	3	1.02	3	0.74 -< 1.12	0.41	0.49	6	0.46-≤ 0.54	2	3	
1+2-I	Düşey kitap	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	Yatay kitap	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Çizelge 9. 26 Senaryo grubu: IV B, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (500 lx)

Aygıt no	Nesne	E (lx)	Açıklık-Koyuluk (A-K)				Sertlik-Yumuşaklık (S-Y)				Öznel değerlendirme		
			Uyartı Lgs/Lç	ΔB	A-K derecesi	A-K Duyulanma aralığı	Uyartı Agç/At	Duyulanma Agç/At	S-Y derecesi	S-Y Duyulanma aralığı	A-K derecesi	S-Y derecesi	Genel izlenim
1+2-D	Düşey kitap	500	4	1.54	5	1.49 ≤ 1.86	0.25	0.34	4	0.33 ≤ 0.40	4	4	5
	Yatay kitap	500	4	1.69	5	1.49 ≤ 1.86	0.41	0.49	6	0.48 ≤ 0.56	5	7	
1+2-SD	Düşey kitap	500	3	1.25	4	1.12 ≤ 1.49	0.25	0.34	4	0.33 ≤ 0.40	2	2	4
	Yatay kitap	500	3	1.34	4	1.12 ≤ 1.49	0.41	0.49	6	0.48 ≤ 0.56	3	4	
1+2-DI	Düşey kitap	500	3	1.13	4	1.12 ≤ 1.49	0.25	0.34	4	0.33 ≤ 0.40	2	3	4
	Yatay kitap	500	3	1.16	4	1.12 ≤ 1.49	0.41	0.49	6	0.48 ≤ 0.56	3	4	
1+2-SI	Düşey kitap	500	2	1.04	3	0.74 ≤ 1.12	0.25	0.34	4	0.33 ≤ 0.40	2	2	4
	Yatay kitap	500	3	1.21	4	1.12 ≤ 1.49	0.41	0.49	6	0.48 ≤ 0.56	3	4	
1+2-I	Düşey kitap	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3
	Yatay kitap	500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Aşağıda yapılan değerlendirmelerde sertlik-yumuşaklık, S-K; açıklık-koyuluk, A-K; bu çalışmada geliştirilen yaklaşıma uygun belirlenmiş derecelendirme, kısaca **derecelendirme**; deneklerin izlenimleri de kısaca **izlenimler** olarak belirtilmiştir.

Bir masa için A, B, F sorularına verilen yanıtlar ve iki kitaba ilişkin hesaplama sonuçlarının değerlendirmesi:

Aydınlatma aygıtı boyutuna göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- S-Y izlenimleri ile derecelendirme çok büyük bir uyum içindedir. Yalnızca doğrusal flüoresan lambalı aygıtın kullanıldığı senaryoda her iki kitap için iki kademe daha sert algılama söz konusu olmuştur. Bunun nedeni, hesaplamada aygıtın toplam gölgesinin hesaba katılması, görsel değerlendirmede ise çok büyük bir olasılıkla aygıtın enine kesitindeki daha dar, dolayısıyla daha sert olarak ortaya çıkan gölgenin göz önüne alınmasıdır.
- A-K izlenimleri ile derecelendirme de büyük bir uyum içindedir. Yalnızca kare aygıtın kullanıldığı durumda yatay kitabın gölgesi daha açık algılanmıştır. Yatay konumdaki kitabın gölgesinin çok küçük olan çekirdeği hesaplarda dikkate alınmıştır. Ancak, kitabın atılan gölgesinin deneğin oturduğu yöne zıt doğrultuda da olması nedeniyle bu küçük ayrıntının görsel değerlendirmede gözden kaçmış olabileceği düşünülmektedir.

Aydınlık düzeyine göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- S-Y izlenimleri ile derecelendirme genel olarak uyumlu çıkmıştır. Aydınlık düzeyi yükseldikçe, beklentilere uygun olarak çok yumuşak gölgeler daha sert (kare aygıt-düşey kitap); sert gölgeler biraz daha yumuşak (metal halide lambalı aygıt-her iki kitap) algılanmıştır.
- A-K izlenimleri de beklentilere uygun çıkmıştır. Aydınlık düzeyi yükseldikçe gölgeler genelde daha koyu algılanmıştır. Metal halide lambalı aygıtın ışığı dimmerlenememektedir. Bu nedenle, bu aygıtın kullanıldığı senaryoda aydınlık

düzeyindeki yükselme dolaylı aydınlatmanın katkısı artırılarak sağlanmıştır. Yayınık ışığın dolaysız ışığa oranının artmasından ötürü, gölgeler aydınlık düzeyi yükseldikçe daha açık algılanmaktadır. Bu saptama da denekler tarafından doğru yapılmıştır.

Aydınlatma aygıtı sayısına göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- S-Y izlenimleri ile derecelendirme tek bir aygıt kullanıldığı durumda birbirine çok yakındır. Ancak, aygıt sayısı arttıkça bazı farklılıklar gözlenmiştir. Çünkü, aygıt sayısı arttıkça aynı nesneye ait gölge sayısı da bununla paralel olarak artmakta, bu gölgeler yer yer üst üste de binmektedir. Bir nesneye ait birden çok gölge olduğu koşullarda katılımcılara hangi gölgeden daha çok etkilendikleri sorulmuş, en fazla etkilendiği belirtilen gölge hesaplamalarda dikkate alınmıştır. Bununla birlikte, deneklerin deneysel çalışma sırasındaki yorumlarından tek bir gölgeyi değil aynı nesneye ait tüm gölgeleri, ya da gölgelerin üst üste binen bölümlerini dikkate aldıkları düşünülmektedir. Bir nesnenin birden fazla olduğu durumdaki S-Y değerlendirmesinde güçlüklerin ve farklı yaklaşımların olduğu ortaya çıkmıştır.
- A-K izlenimleri ile derecelendirme çok büyük bir uyum içindedir. Aygıt sayısı arttıkça gölgelerin açıklaştığı kolayca belirlenebilmiştir.

Aydınlatma biçimine göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- S-Y izlenimleri ile derecelendirme oldukça uyumlu çıkmıştır, S-Y derecelendirmesi için yapılan ve 8. Bölümde anlatılan iki aşamalı deneysel çalışmadan ilki olan toplam gölge alanı duyulanmasına ilişkin değerlendirmede iç yüzey yansıtma çarpanlarının etkisinin göz ardı edilebilecek kadar küçük olduğu saptanmıştır. Belirtilen deneysel çalışmanın ikinci aşaması olan sertlik-yumuşaklık izlenimine ilişkin değerlendirmede ise iç yüzey yansıtma çarpanının etkisi gözlenmiştir. Deney hacminde gerçekleştirilen bu anket uygulamasında da elde edilen sonuçlar da aynı doğrultudadır. Aydınlatma biçimi dolaysızdan yarı dolaylıya doğru gittikçe (toplam ışık içinde yansımış ışık oranı arttıkça), yani gölgeler açıklaştıkça daha yumuşak algılanmıştır.

- A-K izlenimleri ile derecelendirme birbiri ile uyumludur. Aydınlatma biçimi dolaysızdan dolaylıya doğru gittikçe gölgelerin açıklaştığı rahatça saptanabilmektedir.

Aydınlatma biçimi ve aygıt sayısına göre yapılan değerlendirme sonuçları (300 lx):

- S-Y izlenimleri, aygıt sayısının iki adet olduğu bu senaryolarda derecelendirme ile her aydınlatma biçiminde uyumlu değildir. Ancak, aydınlatma biçimi dolaysızdan yarı dolaylıya doğru gittikçe gölgeler biraz daha yumuşak algılanmıştır. Aydınlatma biçiminin değiştiği iki aygıtlı senaryolarda, gölge, aydınlatma biçiminin değiştiği tek aygıtlı senaryolara göre daha da yumuşak algılanmıştır.
- A-K izlenimleri ile derecelendirme oldukça uyumlu çıkmıştır. Aydınlatma biçimi dolaysızdan yarı dolaylıya doğru gittikçe gölgelerin açıklaştığı algılanabilmektedir.

Aydınlatma biçimi ve aygıt sayısına göre yapılan değerlendirme sonuçları (500 lx):

- S-Y izlenimleri ile derecelendirmenin uyumlu olduğu söylenebilir. Aydınlatma biçimi dolaysızdan yarı dolaylıya doğru gittikçe gölgeler biraz daha yumuşak algılanmıştır. Aydınlik düzeyinin yüksek olduğu bu senaryodaki izlenimler, aydınlık düzeyinin düşük olduğu senaryolardaki izlenimler ile karşılaştırıldığında, gölgelerin daha sert algılandığı saptanmıştır.
- A-K izlenimleri ile derecelendirme oldukça uyumlu çıkmıştır. Aydınlatma biçimi dolaysızdan yarı dolaylıya doğru gittikçe gölgelerin açıklaştığı algılanabilmektedir. Aydınlik düzeyinin yüksek olduğu bu senaryodaki izlenimler, aydınlık düzeyinin düşük olduğu senaryolardaki izlenimler ile karşılaştırıldığında, gölgelerin daha koyu algılandığı saptanmıştır.

b.Bir masa için C, D, E, H sorularına verilen yanıtlar

Çizelge 9. 27 Senaryo grubu: IA, senaryo no: 1-5; aygıt boyutu değişimi

Senaryo	Grup	No	Okuma-yazma-çizim yapma vb. eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Gölgelerden duyduğunuz rahatsızlığın nedenleri nelerdir?								Görüşme, müzakere vb. gibi görsel iletişime yönelik eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?				
								Düşey kitap				Yatay kitap				EI				
			a	b	c	d	e	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	e
IA		1	3	5	5	3	-	8	2	-	-	7	5	-	-	2	5	1	-	7
		2	6	5	4	2	-	3	7	2	-	5	6	-	-	1	7	7	-	8
		3	-	-	1	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	2
		4	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	1	-	-	-
		5	2	-	-	8	-	1	1	-	-	1	1	-	3	2	-	-	-	-

Senaryo no: 2, e1*; dikkat dağıtıcı

Çizelge 9. 28 Senaryo grubu: IB, senaryo no: 6-7; senaryo grubu: IC, senaryo no: 8-10; aydınlık düzeyi değişimi

Senaryo		Okuma-yazma-çizim yapma vb. eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?										Gölgelerden duyduğunuz rahatsızlığın nedenleri nelerdir?										Görüşme, müzakere vb. gibi görsel iletişime yönelik eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?				
		Grup					No	Düşey kitap					Yatay kitap					EI								
		a	b	C	d	e	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	e			
IB	6	7	3	2	2	-	4	3	3	-	1	3	7	-	-	4	9	-	7	1	-	3	1*			
	7	5	3	3	3	-	5	1	1	-	1	1	5	-	2	3	7	-	6	1	-	3	2*			
IC	8	1	2	-	8	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	4	-	-	2	1	-	-	-			
	3	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	1	-	-	10	-			
	9	2	1	-	7	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2	3	1	-	1	-	-	10	-			
	10	3	-	-	8	-	1	1	1	-	-	2	2	-	1	2	3	-	1	1	1	8	-			

Senaryo no: 6, e1*; gözümlü yoruyor
Senaryo no: 7, e2*; gözümlü yoruyor, rahatsız edici

Çizelge 9. 29 Senaryo grubu: II, senaryo no: 11-12; aygıt sayısı değişimi

Senaryo		Okuma-yazma-çizim yapma vb. eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Gölgelerden duyduğunuz rahatsızlığın nedenleri nelerdir?										Görüşme, müzakere vb. gibi görsel iletişime yönelik eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Bir nesnenin birden fazla gölgesinin olduğu koşullarda, bundan duyduğunuz rahatsızlık açısından 1 ile 10 arasında derecelendiriniz.		
Grup	No	a	b	C	d	e	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	e					
II	2	6	5	4	2	-	3	7	2	-	-	5	6	-	1	7	7	-	8	3	-	1	1*	-
	11	8	6	3	-	-	5	4	3	2*	1	2	4	1	3	-	3	6*	5	2	-	2**	3*	7
	12	8	8	4	1	-	5	-	-	2*	2	-	2	3*	4	-	2	4*	1	1	1	4	6*	7

Senaryo no: 2, e1*; dikkat dağıtıcı

Senaryo no: 11, düşey kitap 2*; birden fazla gölge
yatay kitap 1*; birden fazla gölge
el 6*; birden fazla gölge

3*; dikkat dağıtıcı, rahatsız edici

Senaryo no: 12, düşey kitap 2*; birden fazla gölge
yatay kitap 3*; birden fazla gölge
el 4*; birden fazla gölge

6*; dikkat dağıtıyor, rahatsız ediyor, gözümü yoruyor

Çizelge 9. 30 Senaryo grubu: III, senaryo no: 13-17; aydınlatma biçimi değişimi

Senaryo		Okuma-yazma-çizim yapma vb. eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?										Gölgelerden duyduğunuz rahatsızlığın nedenleri nelerdir?										Görüşme, müzakere vb. gibi görsel iletişime yönelik eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?						
Grup	No	13	3	5	5	3	-	8	2	-	-	a	b	c	d	Yatay kitap				EI				a	b	c	d	e
III		14	4	1	5	4	-	6	1	5	-	2	-	4	-							2	-	1	-	2	-	
		15	4	3	3	4	-	6	-	-	-	2	-	4	-							4	-	-	-	8	-	
		16	2	2	3	6	-	4	-	-	-	1	-	2	-							1	-	1	-	8	-	
		17	2	1	2	8	-	1	-	-	-	1	-	-	-							1	1	-	2	7	-	

Çizelge 9. 31 Senaryo grubu: IV A, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (300 lx)

Senaryo		Okuma-yazma-çizim yapma vb. eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?										Gölgelerden duyduğunuz rahatsızlığın nedenleri nelerdir?										Görüşme, müzakere vb. gibi görsel iletişime yönelik eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Bir nesnenin birden fazla gölgesinin olduğu koşullarda, bundan duyduğunuz rahatsızlık açısından 1 ile 10 arasında derecelendiriniz.	
		Grup					No					Düşey kitap					Yatay kitap											EI
		a	b	C	d	e	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	e	
IV A		18	7	6	5	2	-	5	-	-	-	-	-	-	1	2	3	-	-	3	2	1	1*	2	-	7	-	4
		19	4	1	1	6	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-	1*	-	-	11	-	2
		20	1	-	-	10	-	1	-	-	-	-	1	1	1	-	-	1	-	-	1	1	-	1	-	9	-	2
		21	2	-	1	8	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-	1	1	-	-	1	1	-	-	-	10	-	2
		22	3	1	-	7	-	2	-	-	-	-	2	1	1	-	-	1	1	-	1*	-	1	1	-	8	-	1

Senaryo no:18, 1*el; birden fazla gölge

Senaryo no:19, 1*el; birden fazla gölge

Senaryo no:22, 1*el; birden fazla gölge

Çizelge 9. 32 Senaryo grubu: IV B, senaryo no: 23-27; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (500 lx)

Senaryo		Grup	No	Okuma-yazma-çizim yapma vb. eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Gölgelerden duyduğunuz rahatsızlığın nedenleri nelerdir?										Görüşme, müzakere vb. gibi görsel iletişime yönelik eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Bir nesnenin birden fazla gölgesinin olduğu koşullarda, bundan duyduğunuz rahatsızlık açısından 1 ile 10 arasında derecelendiriniz.		
				a	b	C	d	e	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	e					
IV B			23	9	4	5	1	-	7	2	-	-	1	5	7	-	7	3	1	1*	6	1	-	4	1	5
			24	7	1	1	1	-	2	-	-	-	-	2	2	-	3	1	1	-	3	1	2	7	-	4
			25	6	1	1	5	-	4	1	-	-	1	-	2	-	3	1	1	-	2	1	3	7	-	3
			26	4	2	1	6	-	3	1	-	-	-	1	3	-	1	1	1	-	2	1	2	6	-	3
			27	2	-	1	8	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	1	-	1	1	2	6	-	2

Senaryo no:23, 1* el; birden fazla gölge

Bir masa için C, D, E ve H sorularına verilen yanıtların değerlendirilmesi:

Çizelge 9.10-9.15'te her soru için verilen a, b, c, d, e seçeneklerinin frekans dağılımları incelenmiş ve yorumlanırken en çok işaretlenen seçenek dikkate alınmıştır.

Aydınlatma aygıtı boyutuna göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- 1 numaralı doğrusal flüoresan lambalı senaryoda, okuma-yazma eylemleri sırasında gölgelerin, deneklerin çalışmasını güçleştirdiği ve gözünü yorduğu yönünde yanıtlar alınmıştır. Düşey kitabın büyük gölgeli, yatay kitap ve elin koyu gölgeli olduğu işaretlenmiştir. Bu senaryoda, görüşme, müzakere vb. eylemler sırasındaki etki nesnelerin üç boyutlu görünümünü vurguladığı yönündedir. Genel izlenim olarak ise 6 düşünülmüştür.
- 6 numaralı kompakt flüoresan lambalı senaryoda, gölgelerin, okuma-yazma eylemleri sırasında deneklerin dikkatini dağıttığı yönünde yanıtlar alınmıştır. Düşey kitabın koyu gölgeli, yatay kitabın sert, elin koyu ve sert gölgeli olduğu işaretlenmiştir. Bu senaryoda, görüşme, müzakere vb. eylemler sırasındaki etkinin nesnelerin üç boyutlu görünümünü vurguladığı yönündedir. Genel izlenim ise 6 olarak düşünülmüştür.
- 11, 11+12 ve 11+12+13+14 numaralı doğrusal flüoresan lambalı kare aygıtlı senaryolarda okuma-yazma eylemleri sırasında gölgelerden etkilenilmediği söylenmiştir. Düşey ve yatay kitabın gölgesi ile ilgili rahatsız olunmadığı, el ile ilgili ise gölgenin büyük olduğu yönünde görüş bildirilmiştir. Görüşme, müzakere vb. eylemler sırasında herhangi bir olumsuz etkinin olmadığını, 'etkilenmiyorum' seçeneğini işaretleyerek belirtmişlerdir. Genel izlenim olarak ise, her üç aygıt için sırasıyla 4, 3, 3 vermişlerdir.

Aydınlık düzeyine göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- 15 numaralı metal halide lambalı senaryolarda, okuma-yazma eylemleri sırasında gölgelerin, deneklerin dikkatini dağıttığı yönünde yanıtlar alınmıştır. Düşey kitabın büyük gölgeli, yatay kitap ve elin sert gölgeli olduğu işaretlenmiştir. Görüşme, müzakere

vb. eylemler sırasındaki etkinin nesnelerin üç boyutlu görünümünü vurguladığı yönündedir. Genel izlenim olarak ise 6 (750 lx için) ve 5 (1000 lx için) puan verilmiştir.

- 11 numaralı doğrusal flüoresan lambalı kare aygıtlı senaryolarda, okuma-yazma eylemleri için etkilenmiyorum seçenekleri tercih edilmiştir. Düşey ve yatay kitabın gölgesi ile ilgili rahatsız olunmadığı, el ile ilgili ise gölgenin koyu, büyük ve sert olduğu ile ilgili görüş sunulmuştur. Katılımcılar, görüşme, müzakere vb. eylemler sırasında gölgelerden etkilenmediklerini belirtmişlerdir. Genel izlenim olarak ise, aydınlık düzeyi yükseldikçe 4, 4, 3, 3 yanıtları verilmiştir.

Aydınlatma aygıtı sayısına göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- Aygıt sayısı arttıkça, gölgelerin dikkati dağıttığı ve birden fazla gölgenin rahatsız edici olduğu belirtilmiştir. 5+6 ve 5+6+8+9 numaralı aygıtların bulunduğu senaryolarda, özellikle el için birden fazla gölgenin rahatsız edici olduğu yönünde çok sayıda yanıt verilmiştir. Görüşme, müzakere vb. eylemler sırasında, özellikle dört aygıtlı senaryo için, dikkati dağıttığı, gözü yorduğu ifade edilmiştir. Bu sorudaki yanıt seçenekleri arasındaki 'diğer' seçeneğine 'rahatsız edici' ifadesini yazmışlardır. İki ve dört aygıtın bulunduğu her iki senaryoda da birden fazla gölgeden rahatsız olma derecesini 7 olarak belirtmişlerdir. Genel izlenim olarak, iki aygıtlı durum için 6, dört aygıtlı durum için 7 derecesini vermişlerdir.

Aydınlatma biçimine göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- Dolaysız ve yarı dolaysız aydınlatma biçimlerinde, okuma-yazma eylemlerinde gölgenin gözü yorduğu ifade edilmiştir. Düşey kitabın büyük gölgeli, yatay kitap ve elin koyu gölgeli olduğu işaretlenmiştir. Görüşme, müzakere vb. eylemler sırasındaki etki nesnelerin üç boyutlu görünümünü vurguladığı yönündedir. Dolaylı-dolaysız aydınlatma biçiminde ise okuma ve yazma eylemleri için dikkatimi dağıtıyor ve etkilenmiyorum yanıtları eşit sayıdadır. Düşey kitabın büyük gölgeli, yatay kitap ve elin koyu gölgeli olduğu işaretlenmiştir. Yarı dolaylı ve dolaylı aydınlatma biçiminde ise gölgelerden etkilenilmediği ve rahatsız olunmadığı ifade edilmiştir. Görüşme, müzakere vb. eylemler

sırasında herhangi bir olumsuz etkilenmenin olmadığı belirtilmiştir. Genel izlenim olarak ise, dolaysızdan yarı dolaylıya doğru gidildikçe 6, 5, 5, 5 ve 4 yanıtları verilmiştir.

Aydınlatma biçimi ve aygıt sayısına göre yapılan değerlendirme sonuçları (300 lx):

- İki aygıtlı dolaysız aydınlatma biçiminde, okuma-yazma eylemlerinde gölgenin dikkati dağıttığı ifade edilmiştir. Düşey kitabın büyük gölgeli, yatay kitabın sert, elin büyük ve çok gölgeli olduğu işaretlenmiştir. Öteki aydınlatma biçimlerinde ise gölgelerden etkilenilmediği ve rahatsız olunmadığı ifade edilmiştir. Her beş aydınlatma biçiminde de görüşme, müzakere vb. eylemler sırasında gölgelerden 'etkilenmiyorum' seçeneğini işaretlemişlerdir. İki adet sarkıt doğrusal flüoresan lambalı aygıt ile oluşturulan beş farklı aydınlatma biçimi (dolaysız, yarı dolaysız, dolaysız-dolaylı, yarı, dolaylı, dolaylı) için birden fazla gölgeden rahatsız olma derecesini sırasıyla 4, 2, 2, 2 ve 1 olarak ifade etmişlerdir. Dolaylı aydınlatmada gölge de ortadan kalktığı için hiç rahatsız olmama durumu (1) işaretlenmiştir. Genel izlenim olarak ise, dolaysızdan yarı dolaylıya doğru gidildikçe 5, 4, 3, 3 ve 3 cevapları verilmiştir.

Aydınlatma biçimi ve aygıt sayısına göre yapılan değerlendirme sonuçları (500 lx):

- Dolaysız ve yarı dolaysız aydınlatma biçimlerinde, okuma-yazma eylemlerinde gölgenin dikkati dağıttığı ifade edilmiştir. Düşey kitabın büyük gölgeli, yatay kitabın koyu ve sert, elin büyük gölgeli olduğu işaretlenmiştir. Görüşme, müzakere vb. eylemler sırasındaki etkilenme nesnelerin üç boyutlu görünümünü vurguladığı yönündedir. Dolaylı-dolaysız aydınlatma biçiminde ise okuma ve yazma eylemleri için dikkatimi dağıtıyor ve etkilenmiyorum yanıtları birbirine çok yakındır. Düşey kitabın büyük gölgeli, yatay kitabın koyu ve sert, elin büyük gölgeli olduğu işaretlenmiştir. Yarı dolaylı ve dolaylı aydınlatma biçiminde ise gölgelerden etkilenilmediği ve rahatsız olunmadığı ifade edilmiştir. Görüşme, müzakere vb. eylemler sırasında herhangi bir olumsuz etkilenme olmadığını belirtmişlerdir. İki sarkıt flüoresan lambalı aygıt kullanılarak oluşturulan beş farklı aydınlatma biçimi için birden fazla gölgeden rahatsız olma derecesini sırasıyla 5, 4, 3, 3 ve 2 olarak ifade etmişlerdir. Genel izlenim olarak ise, dolaysızdan yarı dolaylıya doğru gidildikçe 5, 5, 5, 5 ve 3 cevapları verilmiştir.

c.iki masa için C, D, E ve G sorularına verilen yanıtlar

Çizelge 9. 33 Senaryo grubu: IA, senaryo no: 1-4; aygıt boyutu değişimi

Senaryo		Okuma-yazma-çizim yapma vb. eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Gölgelerden duyduğunuz rahatsızlığın nedenleri nelerdir?										Görüşme, müzakere vb. gibi görsel iletişime yönelik eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Genel izlenim (insan yüzü)						
Grup		No		a	b	c	d	e	Düşey kitap			Yatay kitap			EI				a	b	c	d	e					
IA		1		7	7	7	1	-		9	4	2	1*	1	6	7	2		3	4	2	1**	4	1	-	2	-	5
		2		7	5	8	1	-		8	3	1	-	1	5	4	-		5	4	3	1*	4	2	3	4	-	5
		3		4	3	1	6	-		-	-	-	-	1	1	-	-		5	1	-	1*	-	-	1	10	-	4
		4		-	-	-	10	-		-	-	-	-	-	-	-	-		5	1	-		-	-	1	10	-	4

Senaryo no:1, düşey kitap d1*; birden fazla gölge
 el d1**; birden fazla gölge
 Senaryo no:2, el d1*; birden fazla gölge
 Senaryo no:3, el d1*; birden fazla gölge

Çizelge 9. 34 Senaryo grubu: IB, senaryo no: 5; senaryo grubu: IC, senaryo no: 6-8; aydınlık düzeyi değişimi

Senaryo		Okuma-yazma-çizim yapma vb. eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Gölgelerden duyduğunuz rahatsızlığın nedenleri nelerdir?												Görüşme, müzakere vb. gibi görsel iletişime yönelik eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Genel izlenim (İnsan yüzü)
							Düşey kitap						Yatay kitap											
Grup	No	a	b	C	d	e	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	e	
IB	5	5	6	4	3	-	5	3	2	-	1	2	6	-	3	2	2	-	2	1	-	4	4*	
	6	4	5	3	3	-	3	3	3	-	1	2	2	-	4	4	1	-	4	1	1	4	-	
IC	3	4	3	1	6	-	-	-	-	-	1	1	-	-	5	1	-	1*	-	-	1	10	-	
	7	3	3	3	3	-	1	-	-	-	1	-	1	-	5	-	1	-	-	-	1	10	-	
	8	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	5	1	-	-	-	-	1	10	-	

Senaryo no:5, e4*; gözümü yoruyor, rahatsız edici

Çizelge 9. 35 Senaryo grubu: II, senaryo no: 11-12; aygıt sayısı değişimi

Senaryo		Okuma-yazma-çizim yapma vb. eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Gölgelerden duyduğunuz rahatsızlığın nedenleri nelerdir?										Görüşme, müzakere vb. gibi görsel iletişime yönelik eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Genel izlenim (insan yüzü)					
							Düşey kitap					Yatay kitap											El				
Grup	No	a	b	C	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e	a	b	c	d	e						
		2	6	5	4	2	-	3	7	2	-	5	6	-	1	7	7	8	3	-	1	1*	4				
		9	4	7	7	2	-	5	2	1	3*	2	4	-	2*	4	4	1	5*	2	-	4	-	5			
	10	8	7	6	-	-	5	2	1	5*	2	3	5	2*	5	3	2	5*	1	-	3	-	6				

Senaryo no:2, e1*; dikkat dağıtıcı
 Senaryo no:9, düşey kitap 3*; birden fazla gölge
 yatay kitap 2*; birden fazla gölge
 el 5*; birden fazla gölge
 Senaryo no:10, düşey kitap 5*; birden fazla gölge
 yatay kitap 2*; birden fazla gölge
 el 5*; birden fazla gölge

Çizelge 9. 36 Senaryo grubu: III, senaryo no: 13-17; aydınlatma biçimi değişimi

Senaryo		Okuma-yazma-çizim yapma vb. eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Gölgelerden duyduğunuz rahatsızlığın nedenleri nelerdir?										Görüşme, müzakere vb. gibi görsel iletişime yönelik eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Genel izlenim (insan yüzü)		
							Düşey kitap				Yatay kitap				EI									
Grup	No	a	b	C	d	e	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	e					
III	1	3	5	5	3	-	8	2	-	-	-	7	5	-	2	5	1	-	7	3	-	3	-	1
	11	6	6	1	2	-	6	1	-	-	1	5	-	4	-	-	-	-	2	-	-	7	-	3
	12	5	-	4	4	-	6	-	-	-	1	-	6	-	3	-	-	-	2	-	1	7	-	3
	13	5	4	-	5	6	-	-	1	-	1	5	-	2	-	-	-	-	2	-	-	8	-	3
	14	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1

Çizelge 9. 37 Senaryo grubu: IV A, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (300 lx)

Senaryo		Okuma-yazma-çizim yapma vb. eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Gölgelerden duyduğunuz rahatsızlığın nedenleri nelerdir?								Görüşme, müzakere vb. gibi görsel iletişime yönelik eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Genel izlenim (İnsan yüzü)				
							Düşey kitap				Yatay kitap										EI			
Grup	No	a	b	C	d	e	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	e					
IV A	15	5	6	4	1	-	5	-	-	-	-	1	3	5	-	8	2	-	-	2	-	8	-	5
	16	1	-	1	9	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	11	-	2
	17	1	-	1	9	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	11	-	2
	18	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	11	-	3
	19	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	11	-	2

Çizelge 9. 38 Senaryo grubu: IV B, senaryo no: 23-27; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (500 lx)

Senaryo		Okuma-yazma-çizim yapma vb. eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Gölgelerden duyduğunuz rahatsızlığın nedenleri nelerdir?										Görüşme, müzakere vb. gibi görsel iletişime yönelik eylemler sırasında gölgelerin üzerinizdeki etkileri nelerdir?					Genel izlenim (İnsan yüzü)		
							Düşey kitap					Yatay kitap											EI	
Grup	No	a	b	C	d	e	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	e					
IV B	20	6	5	3	2	-	6	-	-	-	1	5	6	-	6	3	1	-	2	-	7	-		
	21	2	-	2	7	-	-	-	-	1*	1	-	1	-	2	-	-	1**	-	-	1	9	-	
	22	1	-	2	8	-	-	-	-	-	-	1	2	-	2	-	-	-	1	-	1	8	-	
	23	1	-	1	8	-	-	-	-	-	1	-	2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	2
	24	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3	9	-	1

Senaryo no:21, düşey kitap d1*; birden fazla gölge el d1**; birden fazla gölge

İki masa için C, D, E ve G sorularına verilen yanıtların değerlendirmesi:

Çizelge 9.16 - 9.21 incelenerek her soru için verilen a, b, c, d, e seçeneklerinin frekans dağılımları incelenmiş ve yorumlanırken en çok işaretlenen seçenek dikkate alınmıştır.

Aydınlatma aygıtı boyutuna göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- 1+3 numaralı doğrusal flüoresan lambalı senaryoda, okuma-yazma eylemleri sırasında gölgelerin, deneklerin dikkatini dağıttığı, çalışmasını güçleştirdiği ve gözünü yorduğu yönünde yanıtlar alınmıştır. Düşey kitabın büyük gölgeli, yatay kitabın koyu ve sert, elin koyu gölgeli olduğu işaretlenmiştir. Görüşme, müzakere vb. eylemler sırasındaki izlenim nesnelerin üç boyutlu görünümünü vurguladığı yönündedir. Çalışan kişinin karşısındaki masada oturan insanın yüzü ile ilgili görünüme 5 yanıt verilmiştir.
- 6+9 numaralı kompakt flüoresan lambalı senaryoda okuma-yazma eylemleri sırasında gölgelerin, deneklerin gözünü yorduğu doğrultusunda yanıtlar alınmıştır. Düşey kitabın koyu gölgeli, yatay kitap ve elin, koyu ve sert gölgeli olduğu belirtilmiştir. Bu senaryoda, görüşme, müzakere vb. eylemler sırasındaki izlenim nesnelerin üç boyutlu görünümünü vurguladığı yönündedir. Çalışma masasının karşısında bulunan insanın yüzüne ilişkin genel görünüme 5 yanıt verilmiştir.
- 11+13 ve 11+12+13+14 numaralı doğrusal flüoresan lambalı kare aygıtlı senaryolarda okuma-yazma eylemleri sırasında gölgelerden etkilenilmediği söylenmiştir. Düşey ve yatay kitabın gölgesi ile ilgili rahatsız olunmadığı, el ile ilgili ise gölgenin büyük olduğu ile ilgili görüş sunulmuştur. Görüşme, müzakere vb eylemler sırasında herhangi bir olumsuz etkinin olmadığını 'etkilenmiyorum' seçeneği ile belirtmişlerdir. Karşı masada çalışan insanın yüzü ile genel görünüm için her iki durumda da 4 yanıt alınmıştır.

Aydınlık düzeyine göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- 15+16 numaralı metal halide lambalı senaryoda, okuma-yazma eylemleri sırasında gölgelerin, deneklerin çalışmasını güçleştirdiği yönünde yanıtlar alınmıştır. Düşey kitabın

büyük gölgeli, yatay kitap ve elin sert gölgeli olduğu işaretlenmiştir. Görüşme, müzakere vb. eylemler sırasındaki izlenim için etkilenmiyorum ve rahatsız edicidir yanıtlarının sayısı eşittir. Karşı masada oturan insanın genel görünümü ile ilgili ise her iki durum için de 4 yanıt verilmiştir.

- 11+13 numaralı doğrusal flüoresan lambalı kare aygıtlı senaryolarda, okuma-yazma eylemlerine ilişkin, 300 lx için çalışmamı güçleştiriyor; 500 ve 750 lx için etkilenmiyorum; 1000 lx için dikkatimi dağıtıyor yanıtı tercih edilmiştir. Düşey ve yatay kitabın gölgesi ile ilgili rahatsız olunmadığı, el ile ilgili ise gölgenin büyük olduğu ile ilgili fikir belirtilmiştir. Görüşme, müzakere vb. eylemler sırasında herhangi bir olumsuz etkilenmenin olmadığı ifade edilmiştir. Karşı masadaki insanın genel görünümü ile ilgili ise her dört durum için de 4 yanıt verilmiştir.

Aydınlatma aygıtı sayısına göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- Aygıt sayısı arttıkça, gölgelerin çalışmayı güçleştirdiği ve gözü yorduğu ve birden fazla gölgenin rahatsız edici olduğu belirtilmiştir. Düşey kitabın büyük, yatay kitabın ise koyu ve sert gölgeli olduğu ifade edilmiştir. Özellikle el için birden fazla gölgenin rahatsız edici olduğu ve büyük gölgeli olduğu yönünde çok sayıda yanıt verilmiştir. Görüşme, müzakere vb. eylemler sırasında gölgelerden etkilenmediklerini belirtmişlerdir. Karşı masada oturan insanın genel görünümü ile ilgili ise aygıt sayısı arttıkça 4, 5 ve 5 yanıtları verilmiştir.

Aydınlatma biçimine göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- Dolaysız, yarı dolaysız ve dolaylı-dolaysız aydınlatma biçimlerinde, okuma-yazma eylemlerinde gölgenin dikkat dağıttığı ve çalışmayı güçleştirdiği ifade edilmiştir. Düşey kitabın büyük gölgeli, yatay kitap ve elin dolaysızda sert ve koyu, yarı dolaysız ve dolaylı-dolaysızda sert gölgeli olduğu işaretlenmiştir. Görüşme, müzakere vb. eylemler sırasındaki izlenimler ise, dolaysızda gölgenin nesnelerin üç boyutlu görünümünü vurguladığı, yarı dolaysız ve dolaylı-dolaysızda gölgelerden etkilenilmediği yönündedir. Yarı dolaylı ve dolaylı aydınlatma biçiminde ise gölgelerden etkilenilmediği ve rahatsız

olunmadığı ifade edilmiştir. Karşılarında oturan insanın genel görünümü ile ilgili ise dolaysızdan dolaylıya doğru 3, 3, 3, 3 ve 1 yanıtları verilmiştir.

Aydınlatma biçimi ve aygıt sayısına göre yapılan değerlendirme sonuçları (300 lx):

- Dört aygıtlı dolaysız aydınlatma biçiminde, okuma-yazma eylemlerinde gölgenin çalışmayı güçleştirdiği ifade edilmiştir. Düşey kitabın büyük gölgeli, yatay kitabın sert, elin büyük gölgeli olduğu işaretlenmiştir. Diğer aydınlatma biçimlerinde ise gölgelerden etkilenilmediği ve rahatsız olunmadığı ifade edilmiştir. Her beş aydınlatma biçiminde de görüşme, müzakere vb. eylemler sırasındaki izlenim için etkilenmiyorum seçeneğini işaretlemişlerdir. Karşılarında oturan insanın genel görünümü ile ilgili ise dolaysızdan dolaylıya doğru 5, 2, 2, 3 ve 2 yanıtları verilmiştir.

Aydınlatma biçimi ve aygıt sayısına göre yapılan değerlendirme sonuçları (500 lx):

- Dört aygıtlı dolaysız aydınlatma biçiminde, okuma-yazma eylemlerinde gölgenin dikkati dağıttığı ifade edilmiştir. Düşey kitabın büyük gölgeli, yatay kitabın sert, elin büyük gölgeli olduğu işaretlenmiştir. Diğer aydınlatma biçimlerinde ise gölgelerden etkilenilmediği ve rahatsız olunmadığı ifade edilmiştir. Her beş aydınlatma biçiminde de görüşme, müzakere vb. eylemler sırasında herhangi bir etkinin olmadığını belirtmişlerdir. Karşı masada oturan insanın genel görünümü ile ilgili ise dolaysızdan dolaylıya doğru 4, 3, 2, 2 ve 1 yanıtları verilmiştir.

d.Bir masa için el ile ilgili A, B sorularına verilen yanıtlar

Çizelge 9. 39 Senaryo grubu: IA, senaryo no: 1-5; aygıt boyutu değişimi

Aygıt no	Nesne	Ē (lx)	Öznel değerlendirme	
			A-K derecesi	S-Y derecesi
1	El	500	6	5
6	El	500	8	7
11	El	500	5	1
11+12	El	500	4	1
11+12+13+14	El	500	4	2

Çizelge 9. 40 Senaryo grubu: IB, senaryo no: 6-7; senaryo grubu: IC, senaryo no: 8-10; aydınlık düzeyi değişimi

Aygıt no	Nesne	Ē (lx)	Öznel değerlendirme	
			A-K derecesi	S-Y derecesi
15	El	750	7	6
		1000	7	6
11	El	300	6	1
		500	5	1
		750	6	1
		1000	6	2

Çizelge 9. 41 Senaryo grubu: II, senaryo no: 11-12; aygıt sayısı değişimi

Aygıt no	Nesne	Ē (lx)	Öznel değerlendirme	
			A-K derecesi	S-Y derecesi
6	El	500	8	7
5+6	El	500	7	5
5+6+8+9	El	500	5	4

Çizelge 9. 42 Senaryo grubu: III, senaryo no: 13-17; aydınlatma biçimi değişimi

Aygıt no	Nesne	$\bar{E}$ (lx)	Öznel değerlendirme	
			A-K derecesi	S-Y derecesi
1-D	El	300	6	5
1-SD	El	300	4	4
1-DI	El	300	4	4
1-SI	El	300	4	4
1-I	El	300	3	3

Çizelge 9. 43 Senaryo grubu: IV A, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (300 lx)

Aygıt no	Nesne	$\bar{E}$ (lx)	Öznel değerlendirme	
			A-K derecesi	S-Y derecesi
1+2-D	El	300	4	3
1+2-SD	El	300	3	1
1+2-DI	El	300	3	2
1+2-SI	El	300	3	2
1+2-I	El	300	3	2

Çizelge 9. 44 Senaryo grubu: IV B, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (500 lx)

Aygıt no	Nesne	$\bar{E}$ (lx)	Öznel değerlendirme	
			A-K derecesi	S-Y derecesi
1+2-D	El	500	5	4
1+2-SD	El	500	4	2
1+2-DI	El	500	3	3
1+2-SI	El	500	3	2
1+2-I	El	500	3	2

Bir masa için el ile ilgili A ve B sorularına verilen yanıtların değerlendirmesi:

9.22-9.27 numaralı çizelgelerde A ve B sorularının el ile ilgili yanıtları incelenmiş ve yorumlanırken en çok işaretlenen seçenek dikkate alınmıştır.

Aydınlatma aygıtı boyutuna göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- Aygıt boyutu büyüdükçe, el gölgesinin sertlik-yumuşaklık izlenimi için daha küçük sayılar verilmiş, yani gölgeler daha yumuşak algılanmıştır. Açıklık-koyuluk bakımından ise gölgeler denekler tarafından daha açık olarak algılanmıştır.

Aydınlık düzeyine göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- 15 numaralı metal halide lambalı senaryolarda, aydınlık düzeyi arttıkça hem açıklık-koyuluk hem de sertlik-yumuşaklık bakımından bir değişiklik gözlenmemiştir.
- 11 numaralı doğrusal flüoresan lambalı kare aygıtlı senaryolarda da, aydınlık düzeyi arttıkça açıklık-koyuluk ve sertlik-yumuşaklık bakımından kayda değer bir değişiklik gözlenmemiştir.

Aydınlatma aygıtı sayısına göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- Aygıt sayısı arttıkça, el gölgesinin hem açıklaştığı hem de yumuşadığı gözlenmiştir.

Aydınlatma biçimine göre yapılan değerlendirme sonuçları:

- Dolaysız aydınlatma biçiminden dolayı aydınlatma biçimine doğru geçildikçe, el gölgesinin açıklaştığı ve yumuşadığı yönünde değerlendirmeler yapılmıştır.

Aydınlatma biçimi ve aygıt sayısına göre yapılan değerlendirme sonuçları (300 lx):

- İki aygıtlı dolaysız aydınlatma biçiminden dolayı aydınlatma biçimine doğru geçildikçe, el gölgesinin açıklaştığı ve yumuşadığı yönünde değerlendirmeler yapılmıştır. Gölgede algılanan açıklasma ve yumuşama, tek aygıtlı durumda dolaysız aydınlatmadan dolayı aydınlatmaya doğru gidildikçe algılanana göre daha fazla olmuştur. İki aygıtlı seçenekte gölgelerin daha açık algılanması beklenen bir sonuçtur. Ancak, tek aygıt ve

iki aygıt koşullarında sertlik-yumuşaklık hesaplama sonuçlarına göre değişmemesine karşın, iki aygıt koşulunda denekler gölgeyi tek aygıt koşuluna göre daha yumuşak algılamışlardır.

Aydınlatma biçimi ve aygıt sayısına göre yapılan değerlendirme sonuçları (500 lx):

- İki aygıt ile daha yüksek aydınlık düzeyinin sağlandığı koşulda gölgeler, iki aygıt ve düşük aydınlık düzeyi koşuluna göre daha koyu ve sert algılanmıştır.

9.3 Genel değerlendirilme

9.2 Bölümü’nde Çizelge 9.4 - 9.27’de verilen anket sonuçlarının genel değerlendirmesi aşağıdaki gibi yapılabilir:

- **Bir masa için A, B, F sorularına verilen yanıtlar ve iki kitaba ilişkin hesaplama sonuçları**

Genel olarak, aygıt boyutu, aydınlık düzeyi ve aydınlatma biçiminin değişik koşullarında sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk derecelendirmeleri ile deneklerin izlenimleri birbirleriyle uyum içindedir. Ancak, aygıt sayısının arttığı durumda gölge sayısının da artması ve gölgelerin üst üste binmesi ve bir nesne için deneklerin dikkate aldığı gölgenin farklı olması gibi nedenler yüzünden gölgenin sertlik-yumuşaklık özelliği ile ilgili farklı izlenimler sunulmuştur. Böylece, bir nesne için birden fazla gölgenin olduğu koşulda S-Y değerlendirmesinde güçlüklerin olduğu ortaya çıkmıştır. Bir nesnenin birden fazla gölgesinin olması, açıklık-koyuluk izleniminde yanılgılara yol açmamış, aygıt sayısındaki artışa bağlı olarak gölgenin açıklaştığı tespit edilebilmiştir. Tek aygıt koşulunda, aydınlatma biçimi dolaysızdan dolaylıya doğru gittikçe açılan gölgeler daha yumuşak algılanmıştır. Bu sonuç, toplam gölge alanı duyulanmasına ilişkin yapılan deneysel çalışmanın sonucu ile uyumlu değildir, ancak aynı çalışmanın ikinci aşamasında elde edilmiş olan sertlik-yumuşaklık izlenimleri ile paralellik göstermektedir. İki aygıt koşulunda, aydınlatma biçimi dolaysızdan dolaylıya doğru gittikçe, tek aygıt koşuluna göre gölgeler daha yumuşak algılanmıştır. İki aygıtlı aydınlatma biçiminin değiştiği senaryolarda, aydınlık yüksek iken

algılanan gölgeler, aydınlığın düşük olduğu duruma göre, genelde daha koyu ve sert olmuştur.

▪ **Bir masa için C, D, E, H sorularına verilen yanıtlar**

Genel olarak bakıldığında, genel izlenim derecesinin 5'den yüksek olduğu durumlarda rahatsızlık boyutunun da yüksek olduğu görülmektedir. Gölgesinin boyutu küçük olan yatay kitapla ilgili genel olarak, yumuşak gölgeler (≤ 3) koyu olsalar da (≥ 7) bundan rahatsızlık duyulmamakta, ancak koyu (≥ 6) gölgeler aynı zamanda sert olduğunda (≥ 7) bunu rahatsız edici olarak algılamaktadırlar. Gölgesinin boyutu büyük olan düşey kitapla ilgili genel olarak, S-Y ve A-K bakımından ≤ 5 olan koşullar rahatsız edici olarak algılanmamakta S-Y açısından >5 olan durumlar açık da (≥ 7) olsa büyük gölge olarak nitelendirilmektedir. Tek bir aygıtın kullanıldığı koşullarda, görüşme, müzakere gibi eylemler sırasında gölgelerden olumsuz etkilenilmemekte, bunun tersine ağırlıklı olarak nesnelerin üç boyutlu görünümünü vurguladıkları düşünülmektedir. Ancak, aygıt sayısının birden fazla olduğu koşullarda dikkatin dağıldığını ve gözün yorulduğunu belirtmişlerdir. Aygıt sayısının birden fazla olduğu koşullarda bir nesneye ait artan gölge sayısı ile ilgili olarak, nesnenin hangi gölgesinden daha fazla rahatsız oldukları sorulduğunda, nesnenin toplam gölgesi içinde en çok gölgelerin üst üste bindiği ve dolayısıyla en koyu algılanan bölgeyi işaret etmişlerdir.

▪ **İki masa için C, D, E, G sorularına verilen yanıtlar**

Genel olarak bakıldığında, genel izlenim derecesinin 5'den yüksek olduğu durumlarda rahatsızlık boyutunun da yüksek olduğu görülmektedir. Metal halide, doğrusal flüoresan ve kompakt flüoresan lambalı aygıtlarla yapılan dolaysız aydınlatmalarda gölgelerin dikkat dağıttığı, çalışmayı güçleştirdiği ve gözü yorduğu yönünde yanıtlar alınmıştır. Kare aygıtlı senaryolarda, okuma-yazma eylemlerine ilişkin, 300 lx için çalışmamı güçleştiriyor; 500 ve 750 lx için etkilenmiyorum; 1000 lx için dikkatimi dağıtıyor görüşü bildirilmiştir. Görüşme, müzakere vb. eylemler sırasında gölgelerden etkilenmediklerini ya da gölgelerin nesnelerin üç boyutlu görünümünü vurguladığını belirtmişlerdir. Aydınlatma biçimi dolaylıdan dolaysıza doğru gittikçe, aygıt sayısı arttıkça ve aygıt boyutu küçüldükçe, karşı masada oturan kişinin yüzü ile ilgili izlenim de gittikçe daha olumsuz olmuştur. Bu izlenim, aydınlık düzeyine göre değişim göstermemiştir.

▪ Bir masa için el ile ilgili A, B sorularına verilen yanıtlar

Genel olarak, algılanan el gölgesinin aygıt boyutu büyüdükçe, aygıt sayısı arttıkça ve aydınlatma biçimi dolaysızdan dolaylıya doğru gittikçe yumuşadığı ve açıklaştığı görülmektedir. Aydınlık düzeyi arttıkça algılanan gölgede çok büyük değişiklikler görülmemektedir. İki aygıtlı aydınlatma biçiminin değiştiği senaryolarda, aydınlık düşük iken algılanan gölgeler, aydınlığın yüksek olduğu duruma göre, genelde daha açık ve yumuşak olmuştur.

Tek masada çalışıldığı durum için, katılımcıların genel izlenimleri aşağıdaki tabloda toplu olarak gösterilmeye çalışılmıştır. Yatay kitaba ilişkin küçük gölgenin görme alanında daha küçük yer kaplamasından ötürü, genel izlenim açısından yapılan puanlamada katılımcılar tarafından gölgesi daha büyük olan düşey kitabın ağırlıklı olarak göz önüne alındığı düşünülmüştür. Bu nedenle, düşey kitap için Çizelge 9.28’de yatayda açıklık-koyuluklar, düşeyde sertlik-yumuşaklıklara ilişkin çalışmada geliştirilen 1-10 arasındaki derecelendirmeler gösterilmiştir. Bir senaryo için saptanmış genel izlenimin numarası, o senaryo için hesaplanarak saptanmış A-K ve S-Y derecelerinin tabloda kesiştikleri hücreye yazılmıştır. Böylece, aydınlatma aygıtı boyutu, sayısı, aydınlatma biçimi gibi değişkenlere bağlı olarak ortaya çıkan farklı gölge özelliklerine ilişkin genel izlenimin dağılımı belirlenmeye çalışılmıştır.

Çizelge 9. 45 Tek masa ve düşey kitap için genel izlenimin gölge özelliklerine göre dağılımı

A-K S-Y	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1			4,3,2,4,4	3,3						
2										
3								6		
4			4,3,3,4	5,4,4	5,5,5	5	6			
5										
6										
7										
8			7		6	6,6				
9							5		6	
10										

Gölge boyutu büyük olan düşey kitapla ilgili deney hacminde çeşitli sertlik ve yumuşaklıkta gölgeler oluşturulabilmiştir. S-Y ve A-K derecesi ≤ 5 için genel izlenim de genel olarak ≤ 5 olmuştur.

Çizelge 9.28’de belirtilmiş genel izlenimleri daha duyarlı yorumlayabilmek ve bu izlenimler doğrultusunda aydınlatma tasarımında yol gösterici veriler ortaya koyabilmek için, tek masaya yönelik tüm senaryolara ilişkin,

- çalışma kapsamında geliştirilen yaklaşım uyarınca A-K ve S-Y derecelendirmeleri,
- katılımcıların A-K ve S-Y açısından öznel değerlendirmeleri,
- katılımcıların genel izlenimleri

karşılaştırılmıştır (Çizelge 9.29). Çizelge 9.29’da, derecelendirmenin, katılımcıların A-K ve S-Y izlenimlerinin ve genel izlenimlerinin ≤ 5 olduğu koşullar, ilgili hücreler koyulaştırılarak belirtilmiştir.

Çizelge 9. 46 Tek masa için, derecelendirmenin ve genel izlenimin ≤ 5 olduğu senaryolar

Senaryo grubu	Aygıt no	Ē	Ayd. biçimi	Düşey kitap		Yatay kitap		Genel izlenim	Öznel Değerlendirme			
				A-K	S-Y	A-K	S-Y		Düşey kitap		Yatay kitap	
									A-K	S-Y	A-K	S-Y
IA	1	500	D	8	3	8	5	6	6	5	7	8
	6			6	8	8	7	6	7	7	8	8
	11			3	1	8	3	4	1	1	2	2
	11+12			3	1	8	3	3	1	1	2	3
	11+12 + 13+14			3	1	7	2	3	2	2	2	2
IB	15+dol aylı	750		9	9	8	9	6	6	6	7	8
		1000		7	9	7	9	6	6	6	7	8
IC	11	300		3	1	7	4	4	2	1	3	3
		500		3	1	8	3	4	1	1	2	2
		750		4	1	9	3	3	2	1	3	3
		1000		4	1	10	3	3	3	2	4	4
II	6	500		6	8	6	7	6	7	7	8	8
	5+6			5	8	3	7	6	6	5	7	7
	5+6+8 +9			3	8	3	7	7	4	4	5	5
III	1	300	D	7	4	8	6	6	6	5	7	8
	1		SD	6	4	6	6	5	5	4	5	5
	1		DI	5	4	6	6	5	5	4	5	5
	1		SI	5	4	5	6	5	4	4	4	5
	1		I	-	-	-	-	4	-	-	-	-
IVA	1+2		D	4	4	4	6	5	3	3	5	6
	1+2		SD	3	4	4	6	4	2	1	2	3
	1+2		DI	3	4	3	6	3	2	2	2	3
	1+2		SI	3	4	3	6	3	2	2	2	3
	1+2		I	-	-	-	-	3	-	-	-	-
IVB	1+2	500	D	5	4	5	6	5	4	4	5	7
	1+2		SD	4	4	4	6	4	2	2	3	4
	1+2		DI	4	4	4	6	4	2	3	3	4
	1+2		SI	3	4	4	6	4	2	2	3	4
	1+2		I	-	-	-	-	3	-	-	-	-

Çizelge 9.29'daki veriler karşılaştırılarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Yatay kitaba ilişkin küçük gölgenin görme alanında daha küçük yer kaplamasından ötürü, genel izlenim açısından yapılan puanlamada gölgesi daha büyük olan düşey kitabın göz önüne alındığı düşünülebilir. Düşey kitap ile ilgili hem A-K hem S-Y derecelendirmesinin ≤ 5 olduğu koşullarda genel izlenim de hemen hepsinde ≤ 5 olmuştur. Belirtilen koşulları gösteren hücreler koyu renkle çerçevelenmiştir.
- Koyu renkle çerçevelenen ve deneklerce olumlu bulunduğu kabul edilen aydınlatma senaryoları aşağıdaki gibidir:
 - 1 adet kare planlı aydınlatma aygıtı, $\bar{E}$: 500 lx
 - 2 adet kare planlı aydınlatma aygıtı, $\bar{E}$: 500 lx
 - 4 adet kare planlı aydınlatma aygıtı, $\bar{E}$: 500 lx
 - 1 adet kare planlı aydınlatma aygıtı, $\bar{E}$: 300 lx
 - 1 adet kare planlı aydınlatma aygıtı, $\bar{E}$: 750 lx
 - 1 adet kare planlı aydınlatma aygıtı, $\bar{E}$: 1000 lx
 - 1 adet sarkıt aygıt, yarı dolaysız aydınlatma, $\bar{E}$: 300 lx
 - 1 adet sarkıt aygıt, dolaylı-dolaysız aydınlatma, $\bar{E}$: 300 lx
 - 1 adet sarkıt aygıt, yarı dolaylı aydınlatma, $\bar{E}$: 300 lx
 - 1 adet sarkıt aygıt, dolaylı aydınlatma, $\bar{E}$: 300 lx
 - 2 adet sarkıt aygıt, dolaysız aydınlatma, $\bar{E}$: 300 lx
 - 2 adet sarkıt aygıt, yarı dolaysız aydınlatma, $\bar{E}$: 300 lx
 - 2 adet sarkıt aygıt, dolaylı-dolaysız aydınlatma, $\bar{E}$: 300 lx
 - 2 adet sarkıt aygıt, yarı dolaylı aydınlatma, $\bar{E}$: 300 lx
 - 2 adet sarkıt aygıt, dolaylı aydınlatma, $\bar{E}$: 300 lx
 - 2 adet sarkıt aygıt, dolaysız aydınlatma, $\bar{E}$: 500 lx
 - 2 adet sarkıt aygıt, yarı dolaysız aydınlatma, $\bar{E}$: 500 lx
 - 2 adet sarkıt aygıt, dolaylı-dolaysız aydınlatma, $\bar{E}$: 500 lx
 - 2 adet sarkıt aygıt, yarı dolaylı aydınlatma, $\bar{E}$: 500 lx
 - 2 adet sarkıt aygıt, dolaylı aydınlatma, $\bar{E}$: 500 lx

- Deneklerce olumlu bulunmadığı kabul edilen aydınlatma senaryoları aşağıda sıralanmıştır:
 - 1 adet sarkıt aygıt, dolaysız aydınlatma, Ē: 500 lx
 - 1 adet kompakt flüoresan lambalı aygıt, Ē: 500 lx
 - 1 adet metal halide lambalı aygıt + 4 adet sarkıt aygıt ile dolaylı aydınlatma, Ē: 750 lx
 - 1 adet metal halide lambalı aygıt + 4 adet sarkıt aygıt ile dolaylı aydınlatma, Ē:1000lx
 - 2 adet kompakt flüoresan lambalı aygıt, Ē: 500 lx
 - 4 adet kompakt flüoresan lambalı aygıt, Ē: 500 lx
- Genel olarak, 'kompakt flüoresan lambalı ya da metal halide lambalı küçük boyutlu aydınlatma aygıtları' ile 'bir adet kullanılan ve dolaysız aydınlatma yapan doğrusal flüoresan lambalı aygıt' katılımcılar tarafından tercih edilmemiştir.
- Dolaysız aydınlatma biçimi dışındaki aydınlatma biçimleri için, bir adet doğrusal flüoresan lambalı aygıt kabul edilebilir bulunmuştur.
- Dolaysız aydınlatma biçimi için, iki adet (birden fazla sayıda) doğrusal flüoresan lambalı aygıt kabul edilebilir bulunmuştur.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bir hacimdeki nesnelerin biçimsel ve üç boyutlu dokusal özelliklerinin rahat ve eksiksiz algılanmasında hacimdeki gölgelerin varlığı önem taşır. Yumuşak ve aydınlanarak açılmış gölgeler birçok işlev için görsel konforun oluşmasına katkıda bulunur. Gölge niteliğinin bir aydınlatma tasarım ölçütü olarak değerlendirmeye alınabilmesi için gerek sertlik-yumuşaklık gerekse açıklık-koyuluk açısından belirlenebilmesi ve değerlendirilebilmesi gereklidir.

Bu tez çalışmasında, bir yüzeyde oluşan gölgenin sertlik-yumuşaklık boyutunun gölge çekirdeği ile toplam gölge arasındaki algılanan orana; açıklık-koyuluk boyutunun gölge çekirdeği parlaltısı ile toplam gölge sınırındaki parlaltı arasındaki farka bağlı olarak tanımlanmasına karar verilmiştir. Gölgenin sertlik-yumuşaklığı ile ilgili 'çekirdek alan/toplam alan' oranının; açıklık-koyuluğu ile ilgili çekirdek ve toplam gölge sınırı ışıklıklarının fiziksel uyartılar olduğu, gölgenin görsel algısında bu fiziksel uyartılara karşı duyulanmanın rol oynadığı düşünülmüştür.

Sertlik-yumuşaklık tanımında yararlanmak amacıyla, çeşitli gölge örneklerinin bilgisayar ekranında değerlendirilmesini kapsayan, iki aşamalı bir deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışma, bir çalışma masası üzerindeki ortalama aydınlık düzeyinin 300 lx, 500 lx, 750 lx; masa yüzeyi ışık yansıtma çarpanının 0.60; hacim duvar yansıtma çarpanının 0.50, 0.80; gölgesi düşen nesnenin çeşitli boyutlarda ve aydınlatma

aygıtında kullanılan lamba türünün kompakt flüoresan, doğrusal flüoresan lamba olması koşulları için yapılmıştır. İlk aşaması, çekirdeği gösterilen gölgenin toplam büyüklüğünün tahminine, ikinci aşaması gölgenin sertlik-yumuşaklık izleniminin sayısal ifadesine dayanan deneysel çalışma sonucunda 300 lx ve ≥ 500 lx koşulları için ayrı ayrı uygulanmak üzere iki formül geliştirilmiştir. Açıklık-koyuluk tanımında, gölge ve çevresinin ışıklılıklarının karşılığı olan parıltılar arasındaki farka dayanan bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu çalışmada ele alınan en düşük ortalama aydınlık düzeyi (300 lx) ve masa yüzeyi ışık yansıtma çarpanı (0.6) koşulları için, gölge çekirdeği ile gölge çevresi arasında olabilecek parıltı farkına (ΔB) ilişkin sınır değerler '0-3.72' olarak belirlenmiştir. Gölgenin her iki boyutu 1-10 arasında derecelendirilmiştir. En açık gölgeler ve en yumuşak gölgeler '1' ile ifade edilmiştir. Bu derecelendirmeler, duyulanma esaslı yapılmıştır.

Bir büro hacminde tek masada ve çift masada çalışma koşulları için farklı aydınlatma senaryoları tasarlanmış, bu senaryolar hem 1/1 ölçekli bir deney hacminde hem de bu hacmin DIALUX aydınlatma programında oluşturulan modelinde uygulanmıştır. Aydınlatma senaryoları önce bilgisayar programında oluşturulmuş, çalışma içinde geliştirilen yaklaşım uyarınca masa üzerindeki nesnelere ait gölgelerin özellikleri hesaplanarak saptanmıştır. Ardından, deney hacminde katılımcıların masa üzerindeki nesnelerin gölgesine ilişkin sertlik-yumuşaklık ve açıklık koyuluk izlenimlerine başvurulmuştur. Öznel değerlendirme sonuçları hesaplanarak elde edilmiş olan gölge özellikleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında ulaşılan sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Toplam gölge alanı duyulanmasına ilişkin bilgisayar ekranında yapılan çalışmanın sonuçlarına göre;

- Genel olarak, yumuşak gölgeler daha sert algılanmakta, gölgeler sertleştikçe duyulanma uyarıya yaklaşmakta, sert gölgeler ise daha yumuşak algılanmaktadır.
- Aydınlık düzeyi yükseldikçe, gölgeler daha yumuşak algılanmakta, yani duyulanma uyarıya daha yakın olmaktadır.

- Sertlik-yumuşaklık duyulanmasının iç yüzey ışık yansıtma çarpanına göre gösterdiği değişim, göz ardı edilebilecek kadar küçüktür.
- Sertlik-yumuşaklık duyulanmasının nesne boyutuna göre değişim göstermediği söylenebilir.

Sertlik-yumuşaklık izlenimine ilişkin bilgisayar ekranında yapılan çalışmanın sonuçlarına göre;

- Yumuşak gölgelerin daha sert, sert gölgelerin daha yumuşak algılanması durumu, toplam gölge duyulanması deneyine göre daha belirgindir.
- Sertlik-yumuşaklık izleniminin nesne boyutuna göre gösterdiği değişim, toplam gölge duyulanması deneyinde olduğu gibi, göz ardı edilebilecek kadar küçüktür.
- Toplam gölge duyulanması deneyinde ulaşılan sonuçtan farklı olarak, hacim iç yüzey yansıtma çarpanı büyüdükçe gölgeler daha yumuşak algılanmaktadır.

Gölgede açıklık-koyuluk değerlendirmesi yapmak üzere geliştirilen yaklaşıma göre;

- Aydınlık düzeyi yükseldikçe gölgeler daha koyu algılanmaktadır.
- Gölgenin düştüğü yüzeyin yansıtma çarpanı küçüldükçe, gölgenin etkisi azalmakta ve daha açık olarak algılanmaktadır.

Deney hacmindeki aydınlatma senaryolarında, masa yüzeyinde değerlendirmeye alınan yatay ve düşey konumdaki iki kitabın gölgesine ilişkin deneklerin 1-10 arasındaki sayılarla belirttikleri izlenimler, aynı koşullar için hesaplama dayalı 1-10 arasındaki derecelendirmeler ile oldukça uyumlu çıkmıştır. Aydınlatma senaryolarına ilişkin genel izlenim açısından yapılan puanlamada, katılımcılar tarafından gölgesi daha büyük olan düşey kitabın ağırlıklı olarak göz önüne alındığı düşünülmüştür. Tek masada çalışıldığı durum için katılımcıların tüm senaryolara ilişkin 'Genel İzlenim' leri karşılaştırılmıştır. Çalışma içinde geliştirilen yaklaşım uyarınca düşey kitap için belirlenmiş olan derecenin hem sertlik-yumuşaklık hem açıklık-koyuluk açısından ≤ 5 olduğu koşullarda genel izlenim de genel olarak ≤ 5 olmuştur. Buna bağlı olarak, hem sertlik-yumuşaklık hem açıklık-koyuluk

açısından, bu çalışmanın ele alındığı koşullar için genel olarak ≤ 5 derecesinin gölge niteliği açısından konfor koşullarını sağladığı kabul edilmiştir.

Gölge niteliği bakımından konfor koşullarının sağlandığı kabul edilen aydınlatma senaryolarında kullanılan aydınlatma aygıtlarının özellik, sayı ve aydınlatma biçimleri aşağıdaki gibidir:

- bir adet ya da daha fazla sayıda kare planlı (60 cm × 60 cm) aydınlatma aygıtı ile dolaysız aydınlatma ($\bar{E}$: 300 lx, 500 lx, 750 lx, 1000 lx)
- bir ya da iki adet doğrusal flüoresan lambalı aygıt ile yarı dolaysız, dolaylı-dolaysız, yarı dolaylı ya da dolaylı aydınlatma ($\bar{E}$: 300 lx, 500 lx)
- iki adet doğrusal flüoresan lambalı aygıt ile dolaysız aydınlatma ($\bar{E}$: 300 lx, 500 lx)

Gölge niteliği açısından olumlu bulunmayan aydınlatma senaryolarına ait bilgiler aşağıda sunulmuştur:

- bir adet doğrusal flüoresan lambalı aygıt ile dolaysız aydınlatma ($\bar{E}$: 500 lx)
- bir adet ya da daha fazla sayıda kompakt flüoresan lambalı aygıt ile dolaysız aydınlatma ($\bar{E}$: 500 lx)
- bir adet metal halide lambalı aygıt ile dolaysız aydınlatma + 4 adet doğrusal flüoresan lambalı aygıt ile dolaylı aydınlatma (750 lx, 1000 lx)

Genel olarak, 'kompakt flüoresan lambalı ya da metal halide lambalı küçük boyutlu aydınlatma aygıtları' ve 'bir adet dolaysız aydınlatma yapan doğrusal flüoresan lambalı aygıt' katılımcılar tarafından tercih edilmemiştir. Dolaysız aydınlatma biçimi dışındaki aydınlatma biçimleri için, bir adet doğrusal flüoresan lambalı aygıt kabul edilebilir bulunmuştur. Dolaysız aydınlatma biçimi için, iki adet (birden fazla sayıda) doğrusal flüoresan lambalı aygıt olumlu olarak kabul edilmiştir. Bu çalışma kapsamında ele alınan koşullar için ortaya konan bu sonuçlar, bürolarda yapılacak aydınlatma tasarımında, gölge kriteri açısından gereksinimlerin sağlanmasında yol gösterici veriler oluşturmaktadır.

Genel olarak her işlevli hacimde yumuşak ve aydınlanmış, açık gölgeli aydınlıklar önerilmekle birlikte, hacim işlevi, içindeki nesnelerin özellikleri ve görsel algılama konusu

her koşulda çok yumuşak ve çok açık gölgeler gerektirmemektedir. Bu nedenle, farklı işlevler için de kabul edilebilir gölge derecelerinin belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada geliştirilen yaklaşımın başka işlevli hacimlerde de gölge özelliklerini saptamak üzere uygulanması, saptanan gölge derecelerinin bu hacimlerdeki kullanıcı tercihlerini ortaya koyan anket uygulamalarıyla değerlendirilmesi sonucunda farklı işlevler için de veri oluşturulmuş olacaktır. İşleve göre kabul edilebilir gölge derecelerinin belirlenmesi, gölge niteliğinin mimari aydınlatmada yaygın bir biçimde aydınlatma tasarım kriteri olarak dikkate alınmasını sağlayacaktır.

- [1] Sirel, Ş., (1992), Aydınlığın Niteliği, YFU Yayınları, Yayın no: 4, İstanbul.
- [2] Sirel, Ş., (1984), Mimarlık Öğretiminde Aydınlatma Dersleri, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İstanbul.
- [3] prEN 12464-1 (2010), Light and Lighting-Lighting of Work Places - Part 1: Indoor Work Places, CEN/TC 169.
- [4] E DIN 5035-7, (2004) Beleuchtung mit künstlichem Licht-Teil 7: Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen.
- [5] SP 2.4 (BGI 856), (2003) Beleuchtung im Büro, Hilfen für die Planung von Beleuchtungsanlagen von Räumen mit Bildschirm-und Büroarbeitsplätzen, www.bgdb.de/pages/service/download/BGI-856-S00024.pdf, 2011.
- [6] Philips, (1993) Lighting Manuel, Eindhoven, Netherlands.
- [7] CIE, (2000) Guide to the Lighting of Urban Areas, CIE no: 136.
- [8] Cuttle, C., (1971) "Lighting patterns and the flow of light", Lighting Research and Technology, 3 (3):171-189.
- [9] Cuttle, C., (2003) "An integrated system of photometry, predictive calculation and visualisation of the shading patterns generated by three-dimensional objects in a light field", 25th Session of the CIE, 25 June-2 July 2003, Proceedings 2:D2-34.
- [10] İnanıcı, M., (2007) "Computational approach for determining the directionality of light: directional-to-diffuse ratio", Proceedings: Building Simulation 2007:1182-1188 (www.ibpsa.org/proceedings/BS2007/p408_final.pdf), 2011.
- [11] İnanıcı, M., (2007) "An image-based metric for determining the directionality of light", CIE 26th Session, Beijing 2007, D3-273.
- [12] Madsen M., Donn M., (2006) Experiments with a digital 'Light-flow-meter' in daylight art museum e-buildings, 5th International Radiance Scientific Workshop, De Montfort University, Leicester, UK. (http://www.radiance-online.org/radiance-workshop5/2006_Radiance_Workshop/index.html), 2010.
- [13] Reisinger, M., (2008) "Charakterisierung von Lichtsituationen in Innenräumen mittels Beschreibung des räumlichen Lichtfeldes", Licht 2008, 10-13 September 2008, 456-463.
- [14] Ohtani, Y., (1979) "Shadow characteristics under various light sources - in the case of a horizontal disk as a shadow caster-", Journal of Light & Visual Environment, 3(1): 42-51.
- [15] Ohtani, Y., Ohta, K., Takubo, A. ve Yamaya, T., (1993) "Shadow characteristics of a column in an infinite length room", Journal of Light & Visual Environment, 17(1):5-13.

- [16] Ohtani, Y., Uchida, A., ve Yamaya, T., (1999) "Illuminance characteristics within a shadow in a rectangular parallelepiped room", 24th Session of the CIE, 24-30 June 1999, 1(2):65-67.
- [17] Uchida, A., ve Ohtani, Y., (1999), "Prediction of the shadow characteristics under the task ambient lighting -in the case of varied positions of light sources-", 24th Session of the CIE, 24-30 June 1999, Proceedings 1(2):84-86.
- [18] Uchida, A., ve Ohtani, Y., (2000), "Fundamental Study of Shadow Characteristics under Task Ambient Lighting", Journal of Light & Visual Environment, 24(1):50-58.
- [19] Ohtani, Y., Uchida, A., ve Yamaya, T., (2003), "On the shadow characteristics in a rectangular parallelepiped room – In the case of the varied positions, numbers and sizes of the light source", 25th Session of the CIE, 25 June-2 July 2003, Proceedings 2:D3-24.
- [20] Uchida, A., ve Ohtani, Y., (2003), "Study on the shadow characteristics under the task ambient lighting -About the setting of partition-", 25th Session of the CIE, 25 June-2 July 2003, Proceedings 1:D3-196.
- [21] Haeger, F., (1977), "Untersuchung zur Schattigkeit als Gütekriterium der Innenraumbeleuchtung", Lichttechnik, Nr. 5-6.
- [22] Öztürk, L. D., (2008) "Determination of energy losses in lighting in terms of good vision efficiency", Architectural Science Review, 51.1:39-47.
- [23] Öztürk, L. D., (2005) "İyi Görme Veriminin Belirlenmesi", 3. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi, Ankara, 85-93.
- [24] CIE S 008/E-2001, (2001), Lighting of Indoor Work Places.
- [25] IAPA, (2008) Industrial Accident Prevention Association, A Health and Safety Guideline for Your Workplace, Lighting at Work, <http://www.iapa.ca/Main/documents/pdf/lightin.pdf>, Kasım 2011.
- [26] Ganslandt, R., Hofmann, H., (1992), Handbuch der Lichtplanung, Druckhaus Maack, Lüdenscheid.
- [27] Öztürk, L. D., (2011), Aydınlık Düzenleme 2 Dersi Ders Notları.
- [28] Sirel, Ş., Aydınlatma Tekniği ve Mimari Mekanlar, Tasarım Dergisi.
- [29] Yağmur, Ş. A., Öztürk, L. D., (2010), "Lamba Işığı İle Aydınlatmada Gölge Özelliklerini Belirlemeye Yönelik Yaklaşımların İncelenmesi ve Değerlendirilmesi", Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi, 347-356.
- [30] Elibüyük, E., (2007) Aydınlatmada Gölge Niteliğinin İrdelenmesi, Yapı Fiziği Programı Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [31] http://en.wikipedia.org/wiki/File:solar_eclipse_types.svg, Kasım 2010.
- [32] Stevens, S. S., (1975) Psychophysics: introduction to its perceptual, neural and social prospects, John Wiley & Sons, USA.
- [33] Hubert, E. G., (1989), Physics Experiments and Projects for Students, Edited by C. Isenberg & S. Chomet.

- [34] IESNA, (2011), The IESNA Lighting Handbook, New York.
- [35] Marsden, A. M., (1970), "Brightness-Luminance Relationships in an Interior", Lighting Research and Technology, 2 (1).
- [36] Ngai, P. Y., (2000), "The Relationship Between Luminance Uniformity and Brightness Perception", Journal of the Illuminating Society, 29(1).
- [37] Bodmann, H. W., La Toison, M., (1994), "Predicted brightness luminance phenomena", Lighting Research and Technology, 26 (3):135-143.

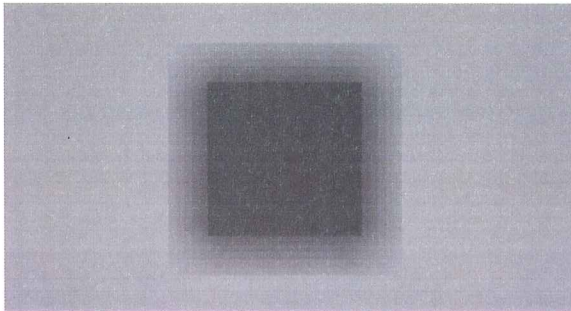
TOPLAM GÖLGE ALANI DUYULANMASINA İLİŞKİN DENEYSEL ÇALIŞMA

Değerlendirilen Gölge Örnekleri

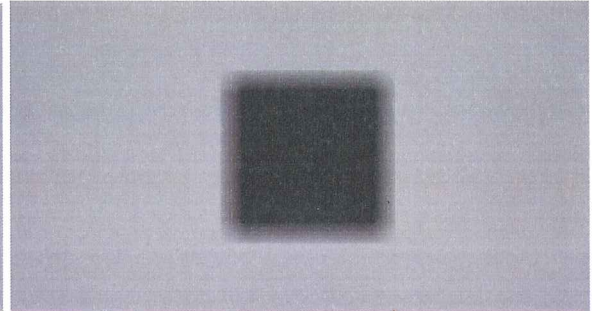
Deneysel çalışmada kullanılan 137 farklı durumla ilgili gölge görselleri aşağıda verilmiştir.

Masa yüzeyine oturmayan kare planlı nesne gölgeleri

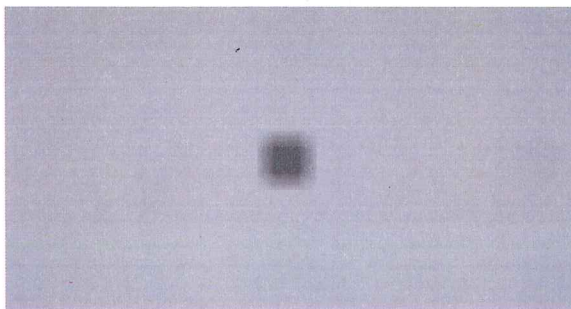
Lamba türü: Kompakt flüoresan lamba, $\bar{E}$: 300 lx



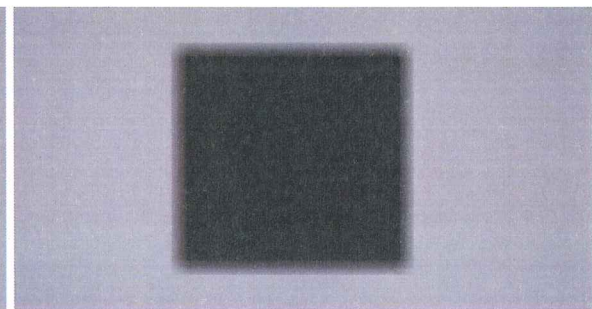
1) 2bc, ρ_{duvar} : 0.80



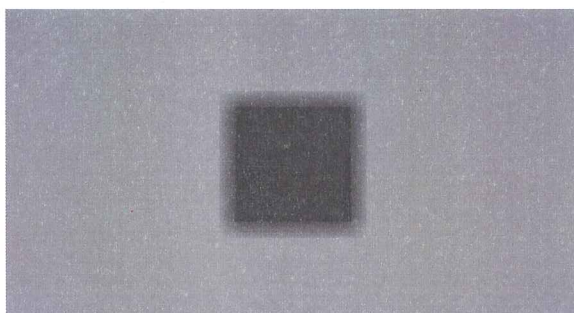
2) 1c, ρ_{duvar} : 0.50



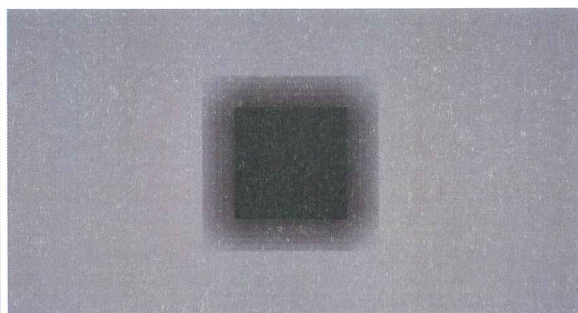
3) 3d, ρ_{duvar} : 0.80



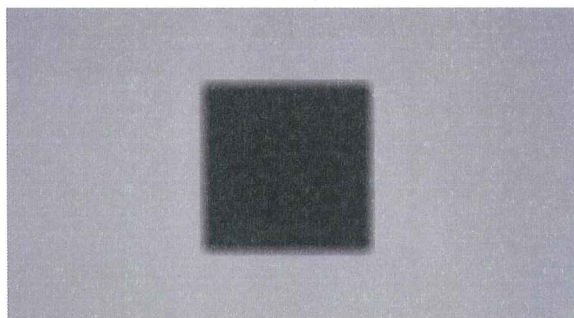
4) 2ba, ρ_{duvar} : 0.50



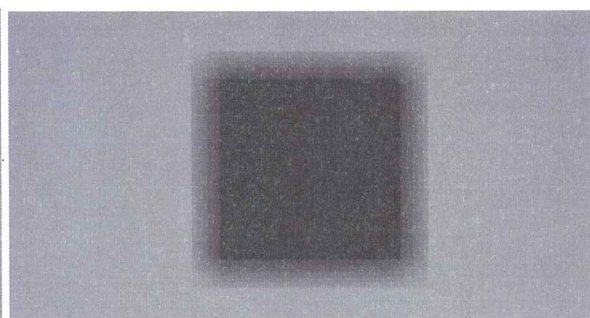
5) 3b, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



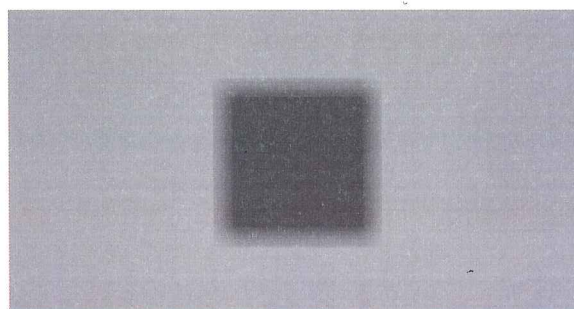
6) 2cc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



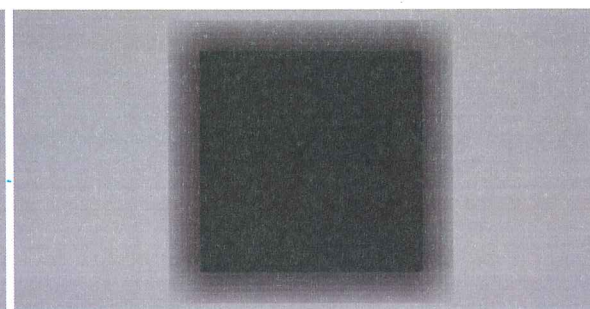
7) 2ca, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



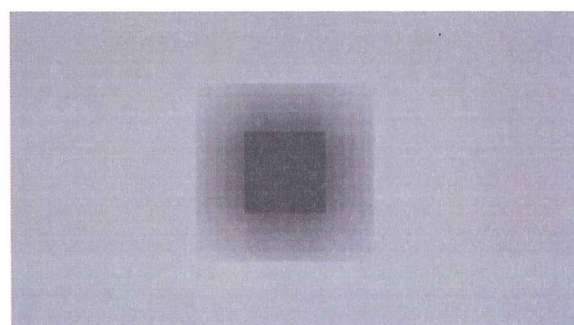
8) 1b, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



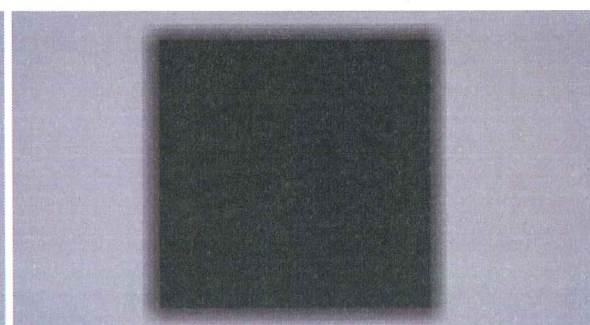
9) 1c, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



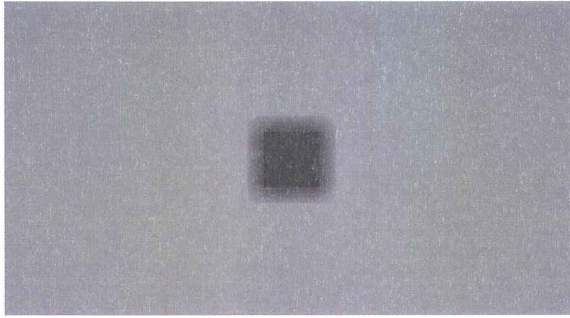
10) 1a, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



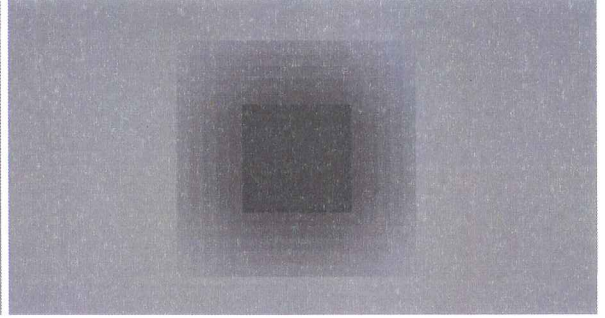
11) 2cd, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



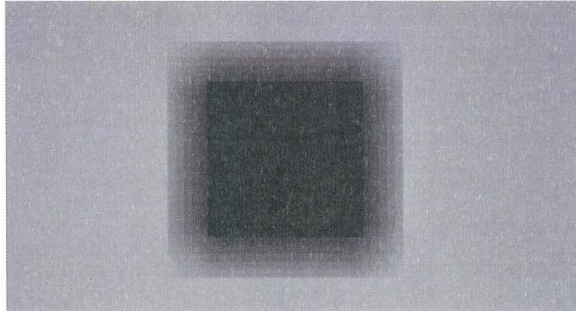
12) 2aa, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



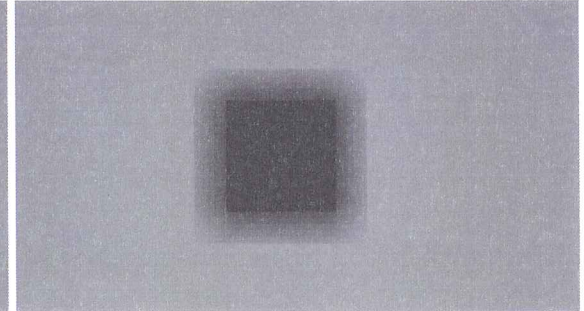
13) 3c, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



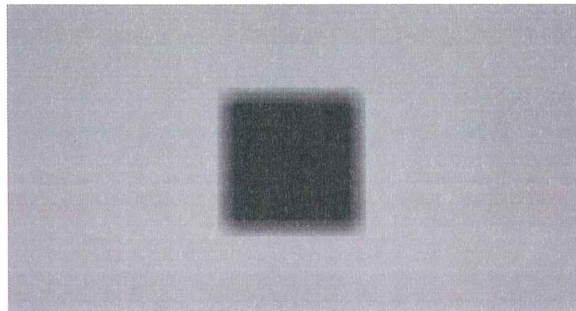
14) 2bd, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



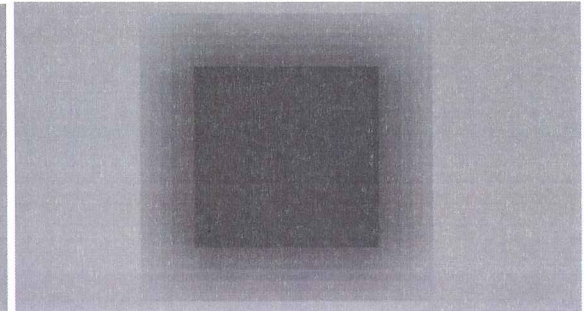
15) 2bc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



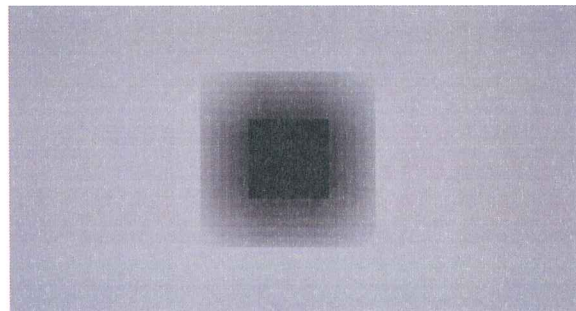
16) 2cc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



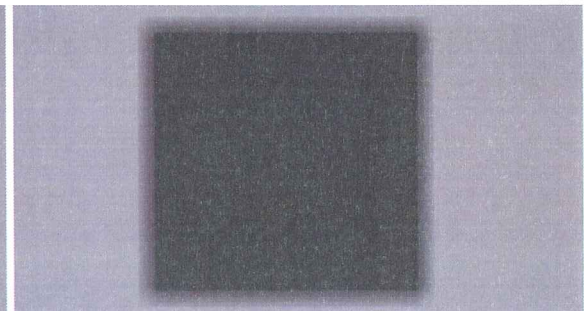
17) 3b, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



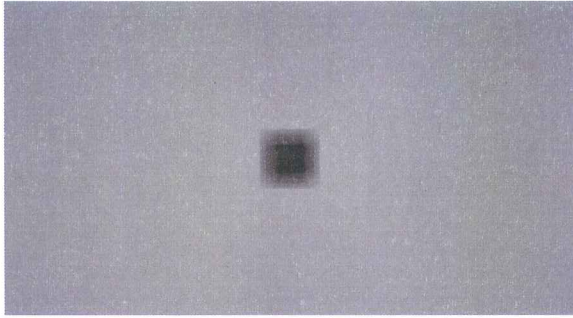
18) 2ac, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



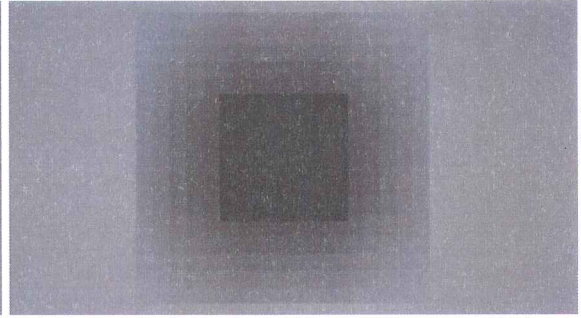
19) 2cd, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



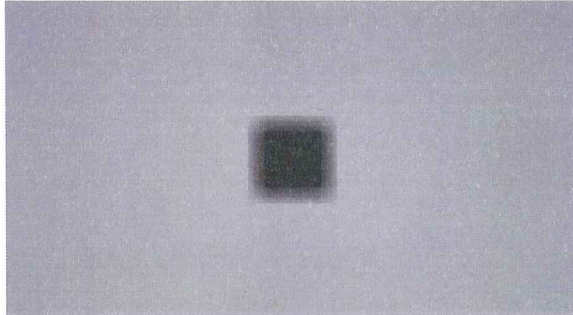
20) 2aa, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



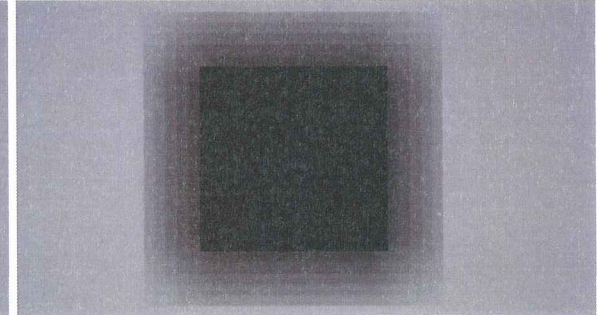
21) 3d, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



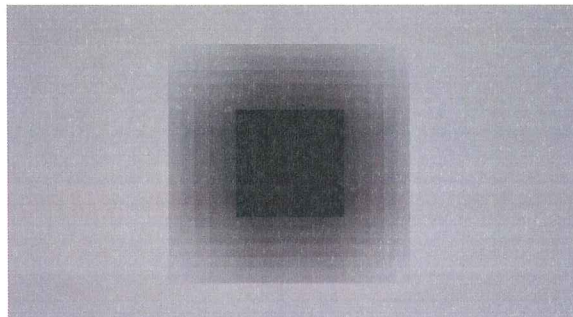
22) 2ad, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



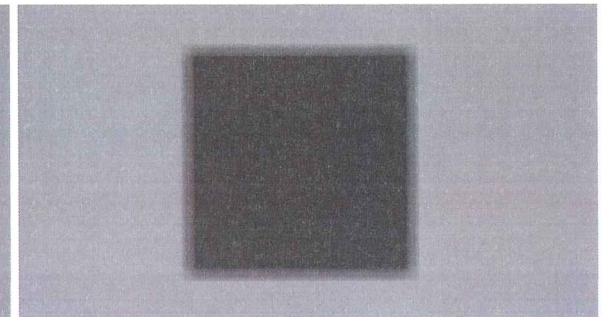
23) 3c, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



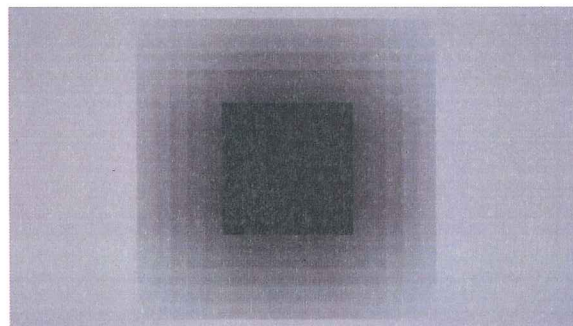
24) 2ac, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



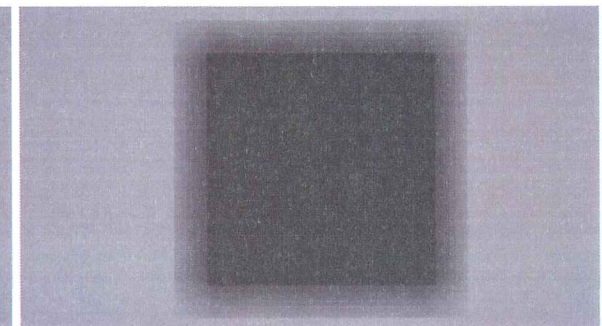
25) 2bd, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



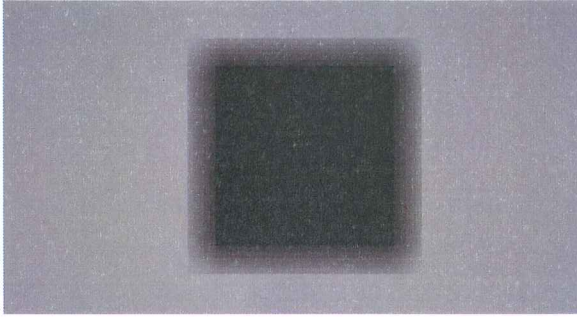
26) 2ba, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



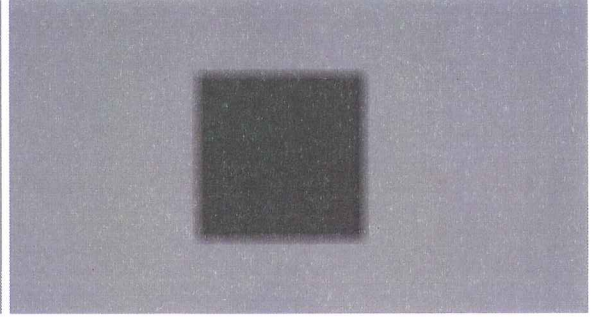
27) 2ad, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



28) 1a, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$

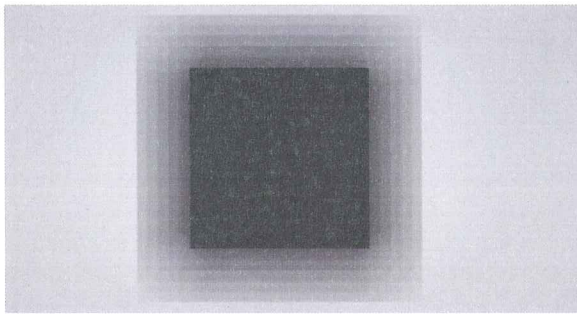


29) 1b, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$

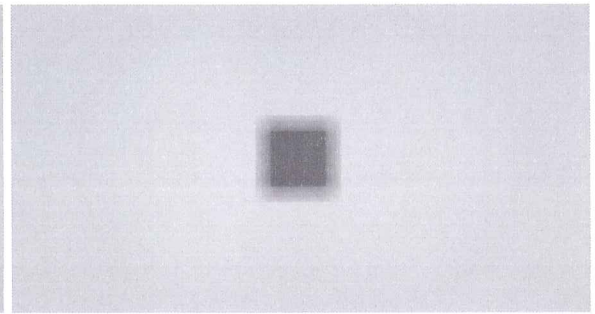


30) 2ca, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$

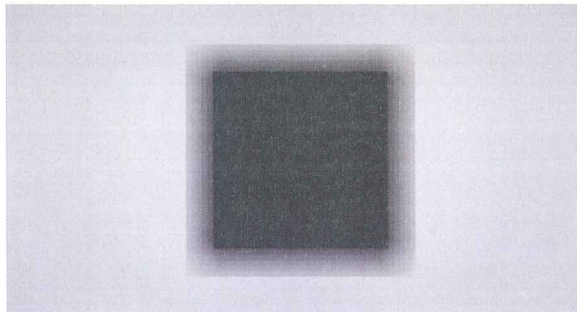
Lamba türü: Kompakt flüoresan lamba, $\bar{E}: 500 \text{ lx}$



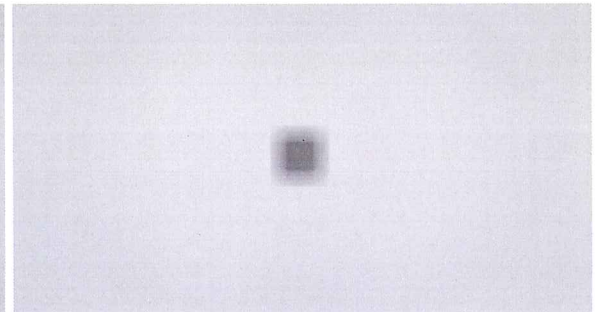
31) 2ac, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



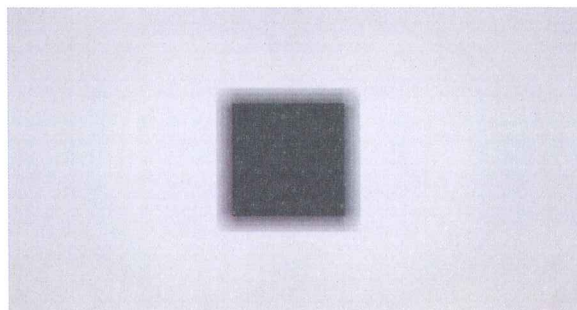
32) 3c, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



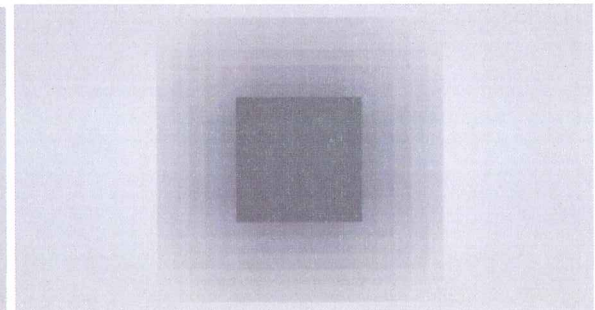
33) 1b, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



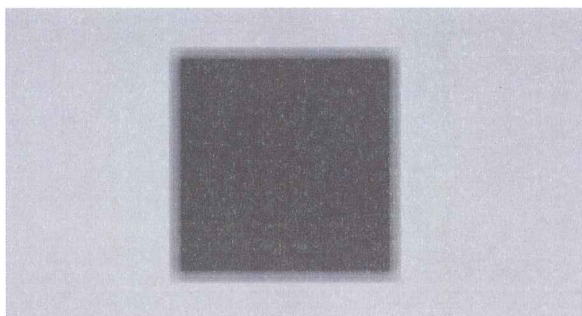
34) 3d, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



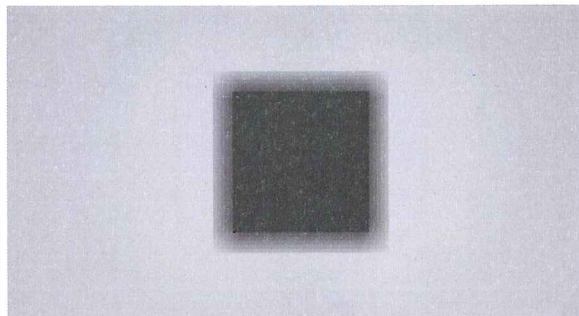
35) 3b, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



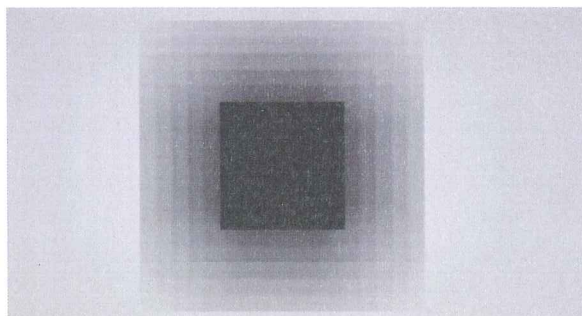
36) 2ad, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



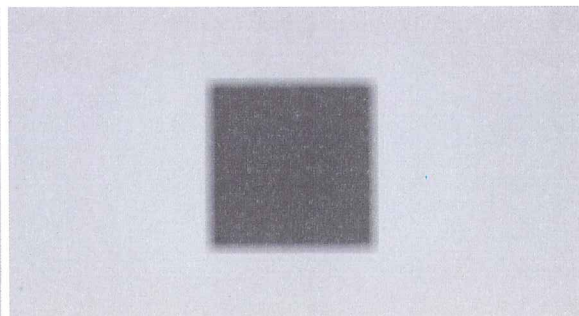
37) 2ba, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



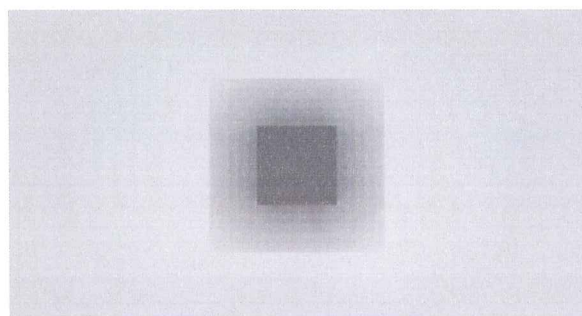
38) 1c, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



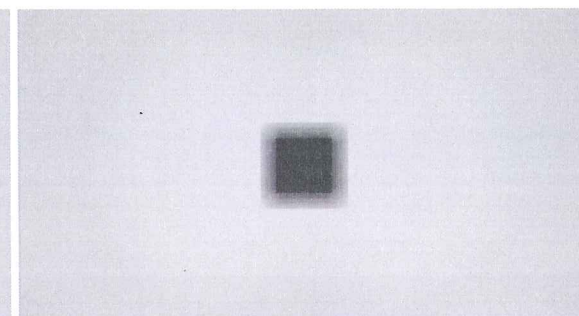
39) 2ad, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



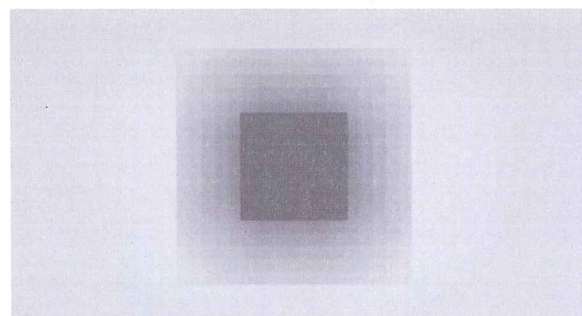
40) 2ca, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



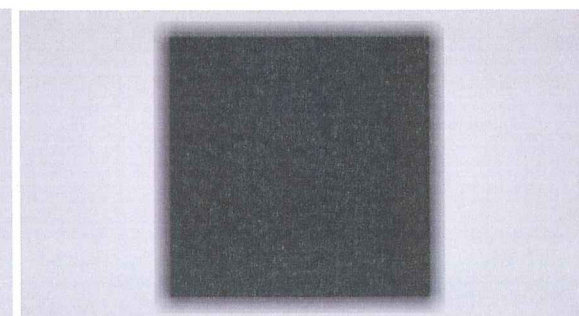
41) 2cd, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



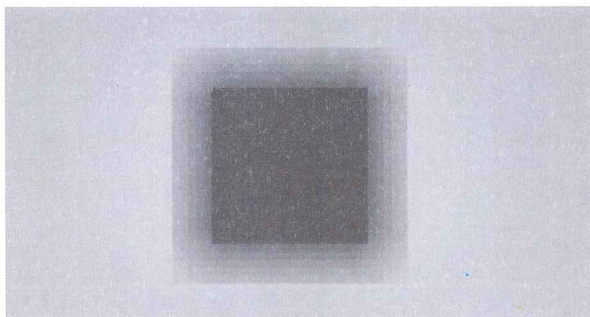
42) 3c, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



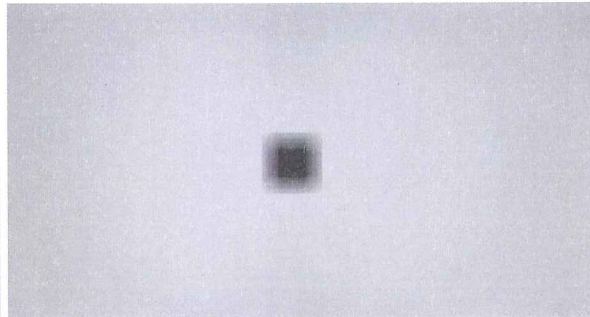
43) 2bd, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



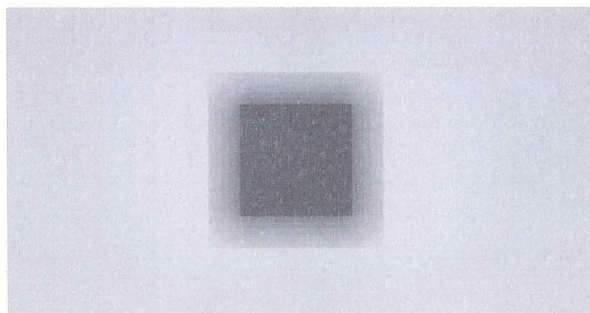
44) 2aa, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



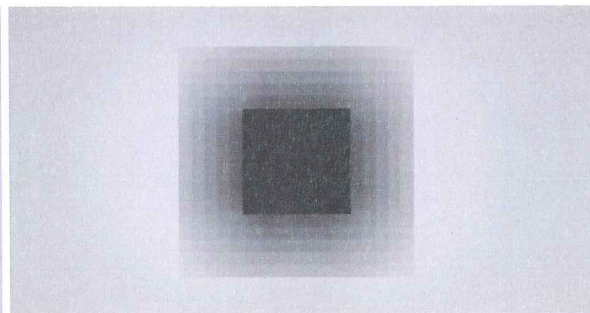
45) 2bc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



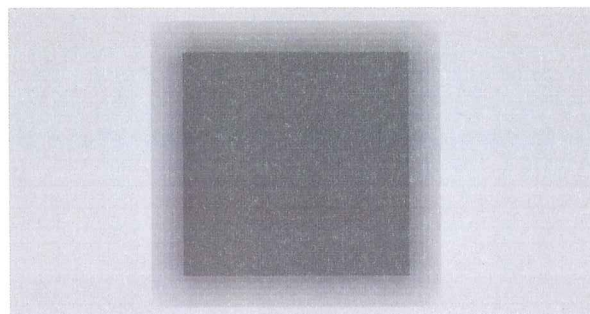
46) 3d, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



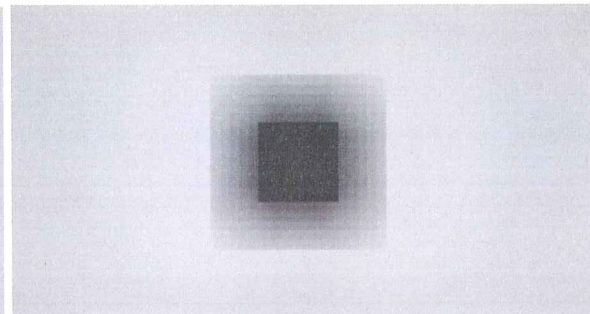
47) 2cc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



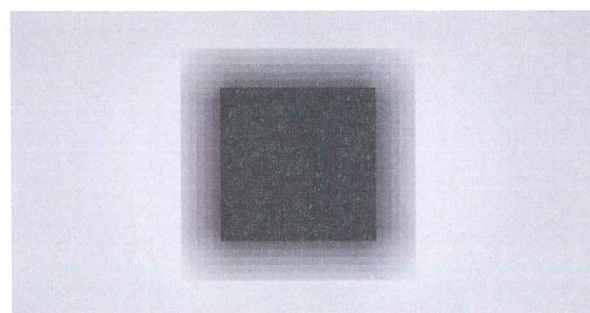
48) 2bd, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



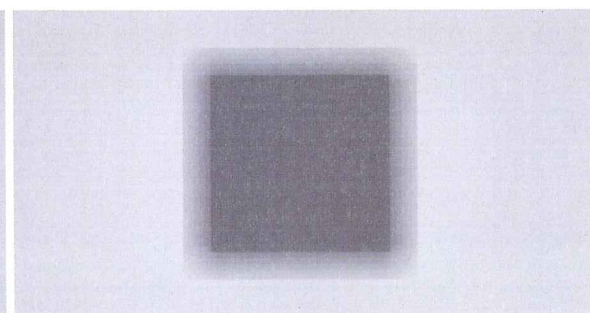
49) 1a, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



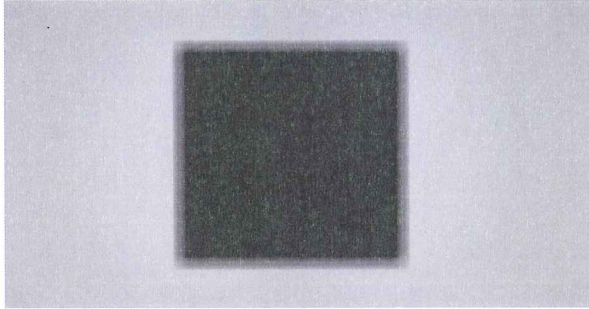
50) 2cd, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



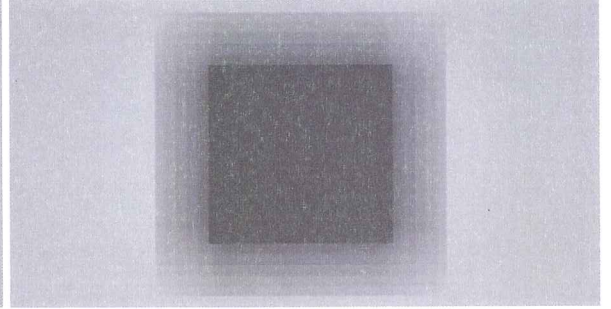
51) 2bc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



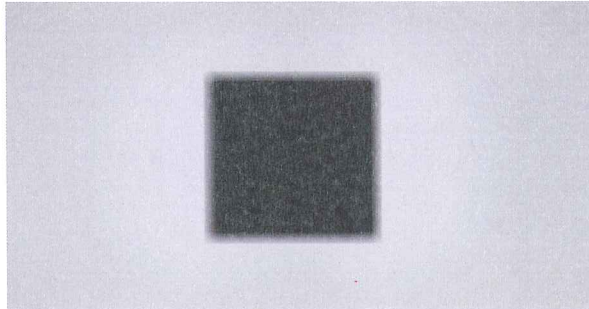
52) 1b, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



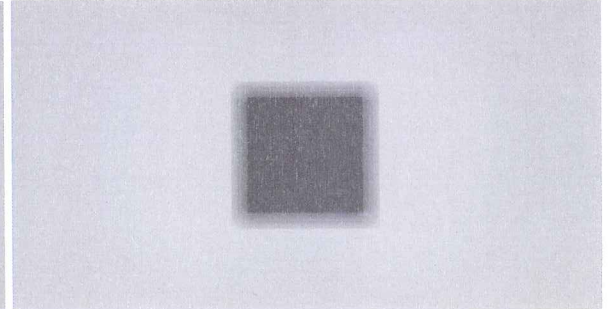
53) 2ba, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



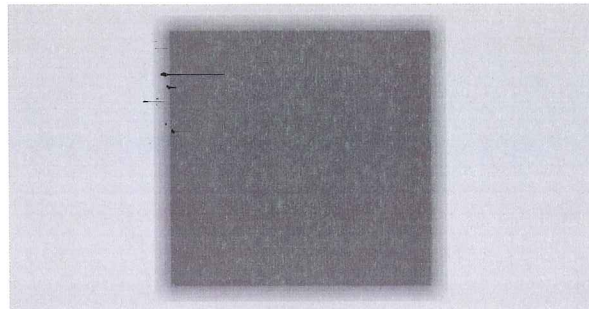
54) 2ac, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



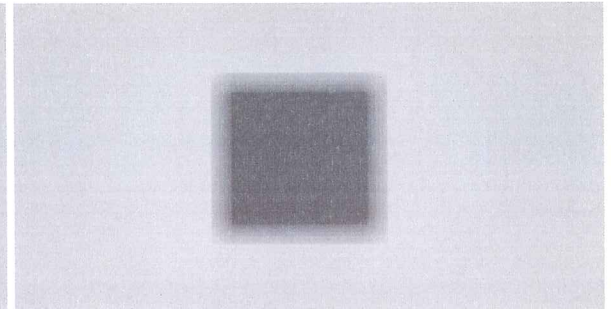
55) 2ca, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



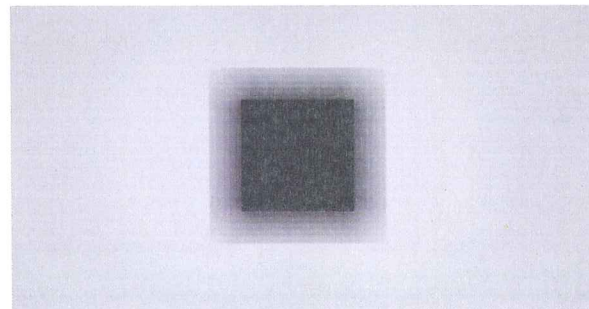
56) 3b, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



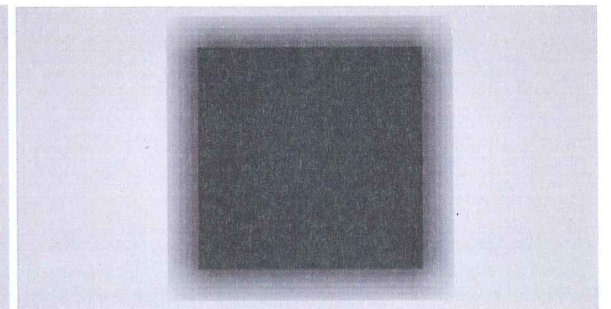
57) 2aa, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



58) 1c, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$

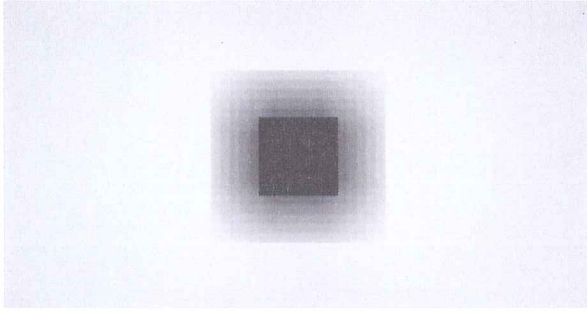


59) 2cc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$

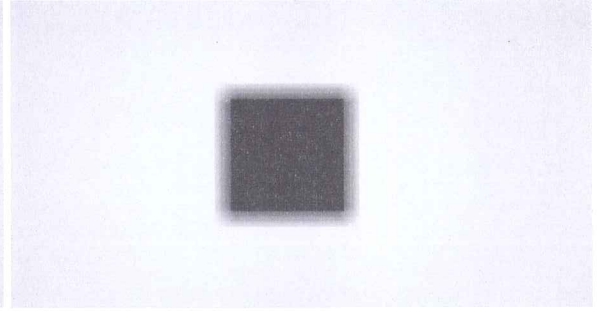


60) 1a, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$

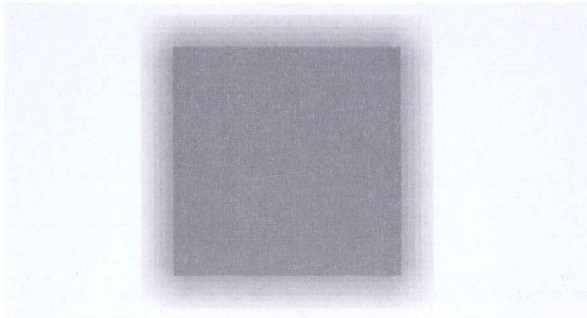
Lamba türü: Kompakt flüoresan lamba, $\bar{E}$: 750 lx



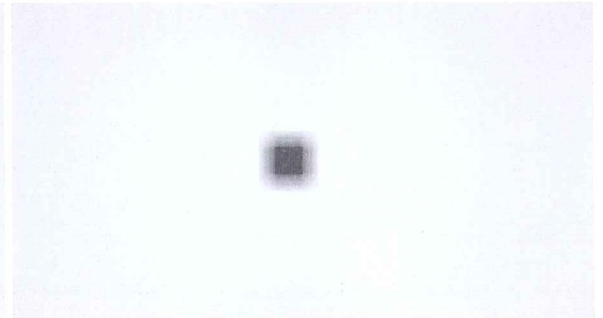
61) 2cd, ρ_{duvar} : 0.50



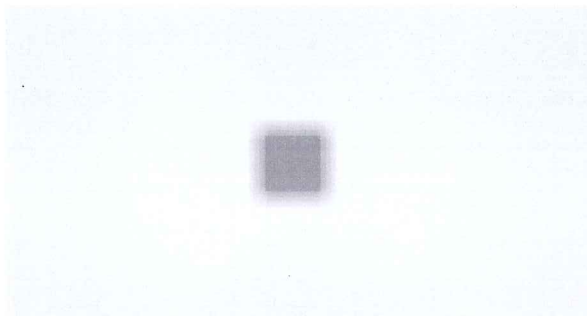
62) 3b, ρ_{duvar} : 0.50



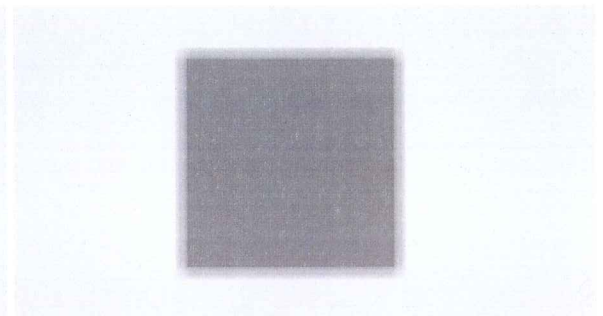
63) 1a, ρ_{duvar} : 0.80



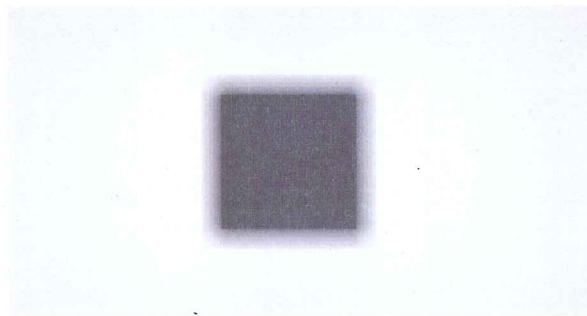
64) 3d, ρ_{duvar} : 0.50



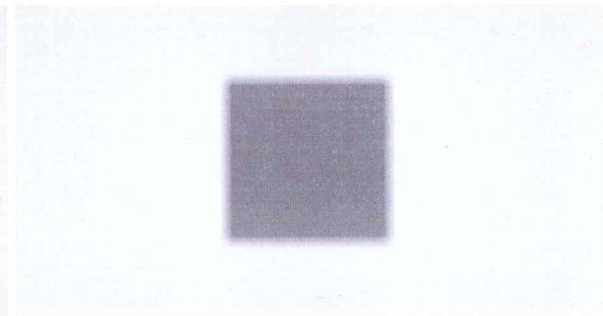
65) 3c, ρ_{duvar} : 0.80



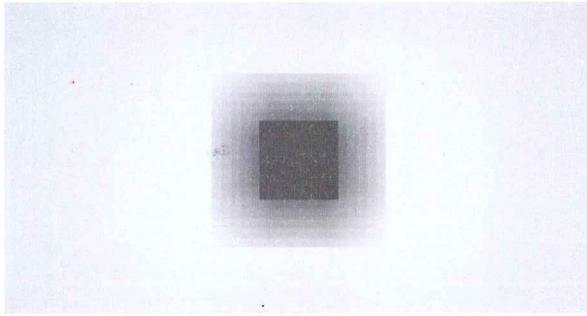
66) 2ba, ρ_{duvar} : 0.80



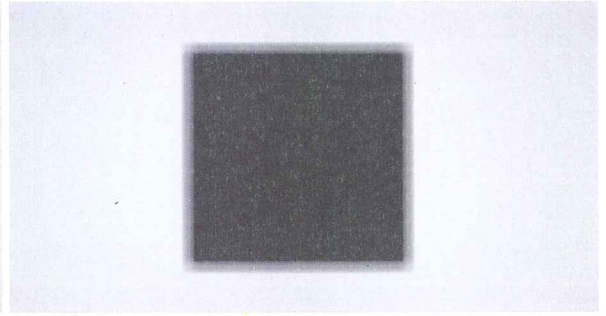
67) 1c, ρ_{duvar} : 0.50



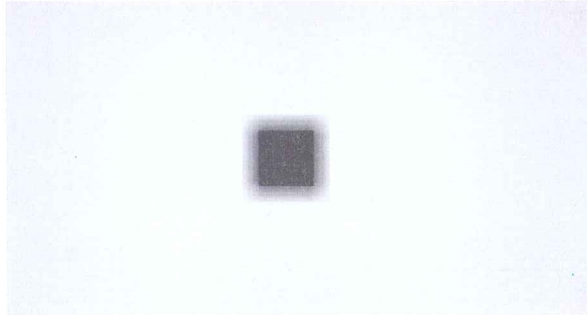
68) 2ca, ρ_{duvar} : 0.80



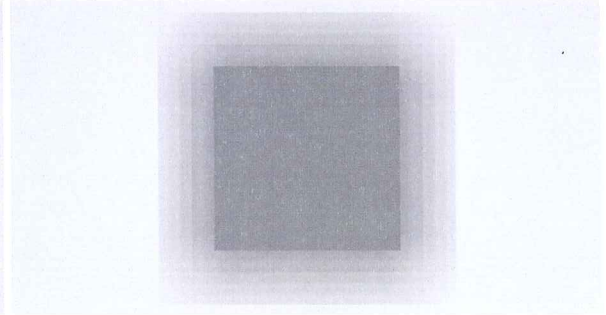
69) 2cd, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



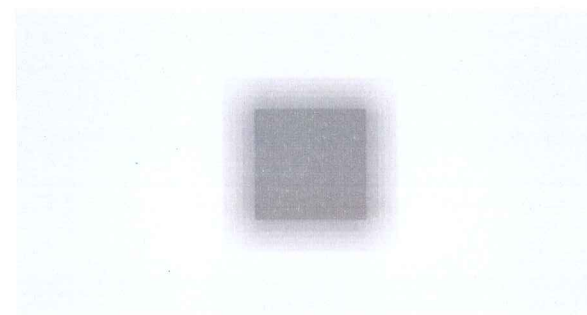
70) 2ba, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



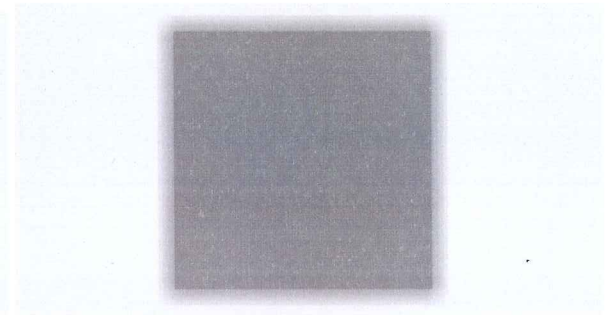
71) 3c, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



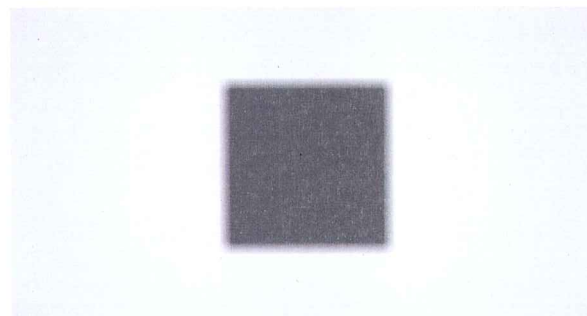
72) 2ac, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



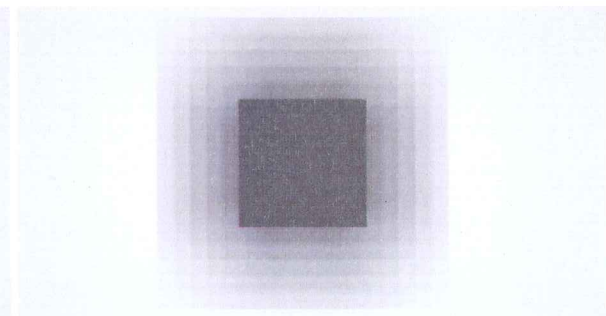
73) 2cc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



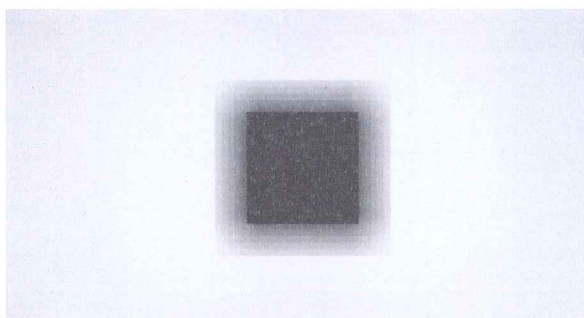
74) 2aa, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



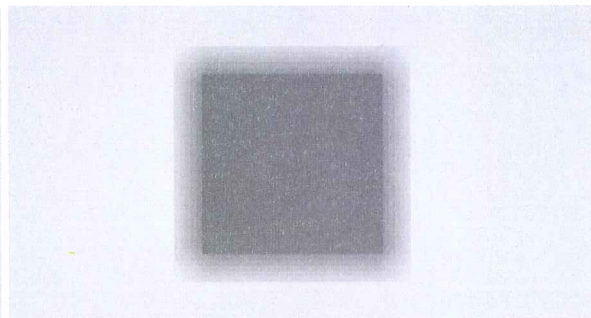
75) 2ca, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



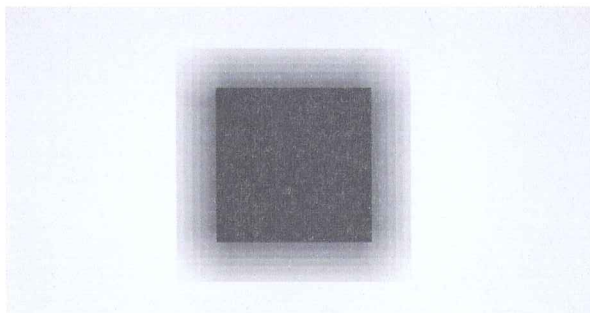
76) 2ad, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



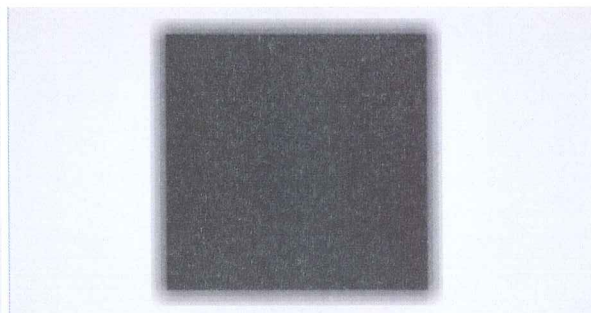
77) 2cc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



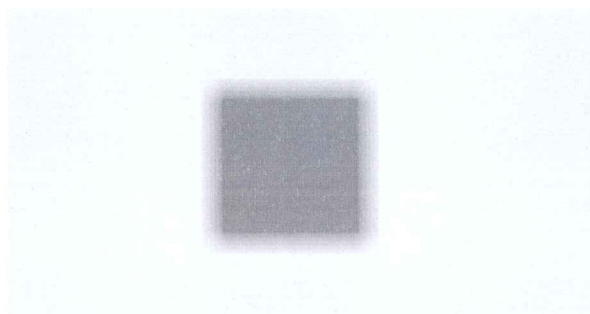
78) 1b, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



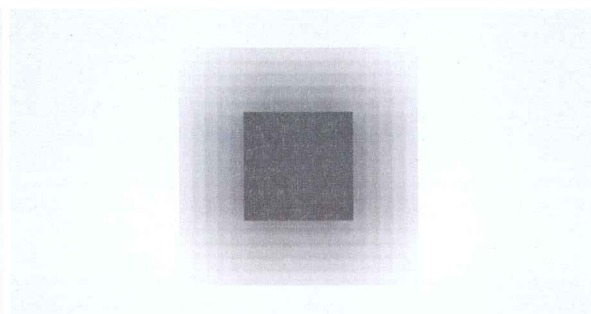
79) 2bc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



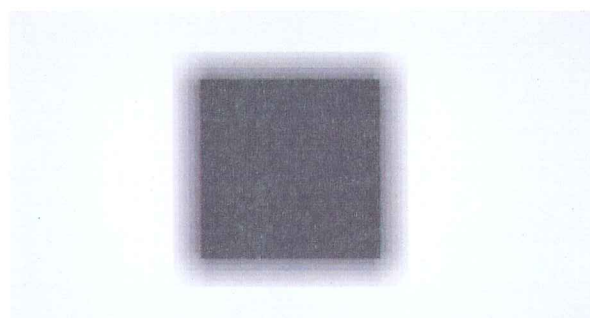
80) 2aa, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



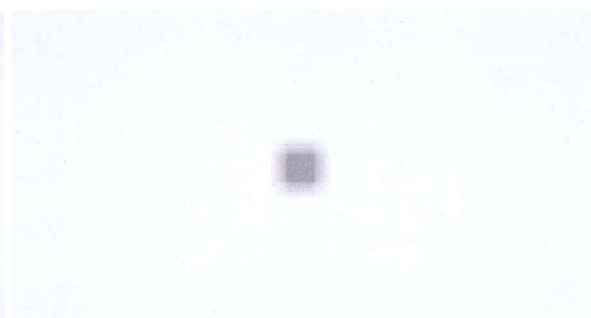
81) 1c, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



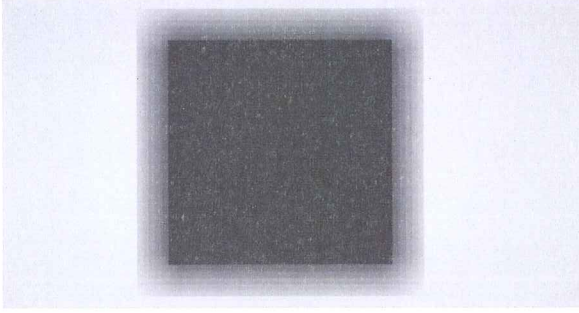
82) 2bd, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



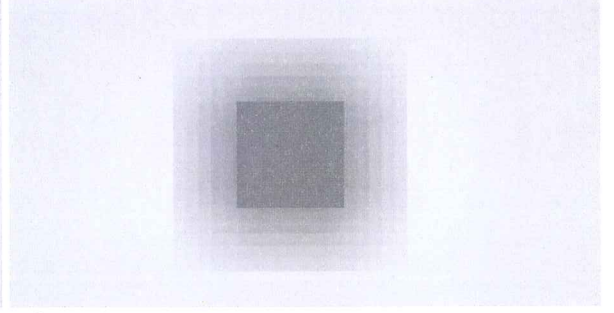
83) 1b, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



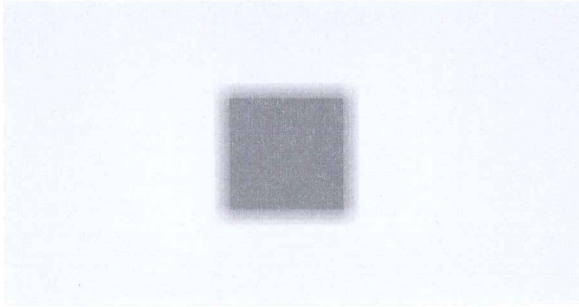
84) 3d, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



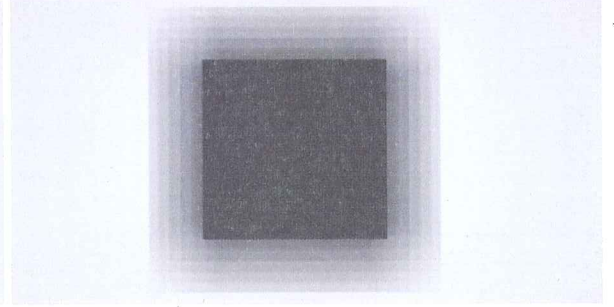
85) 1a, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



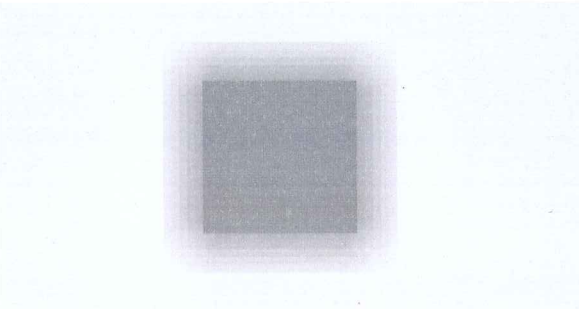
86) 2bd, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



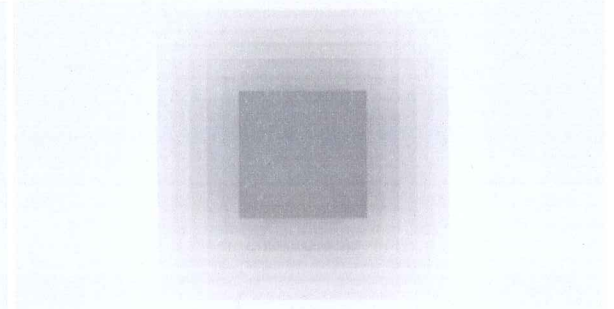
87) 3b, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



88) 2ac, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



89) 2bc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$

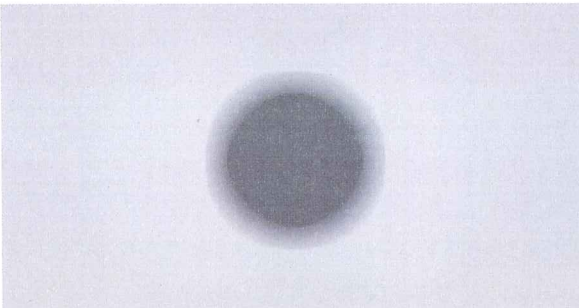


90) 2ad, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$

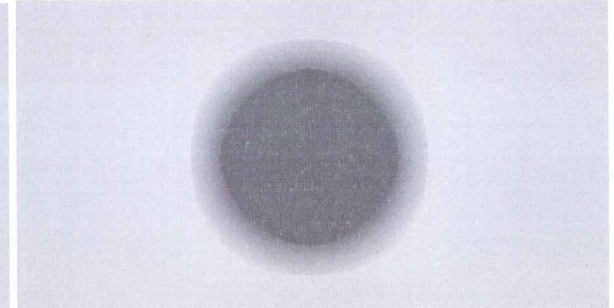
Masa yüzeyine oturmayan daire planlı nesne gölgeleri

Lamba türü: Kompakt flüoresan lamba

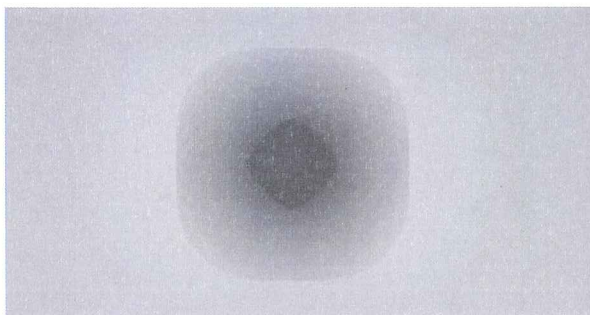
$\bar{E}: 500 \text{ lx}$, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



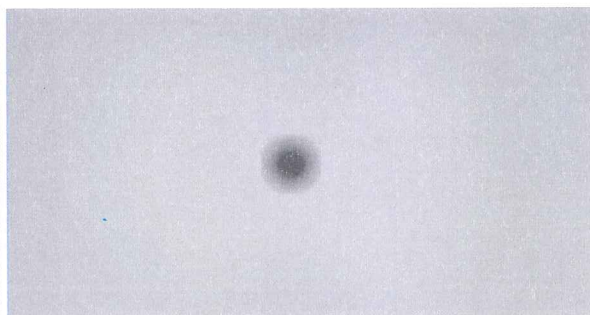
91) 1c



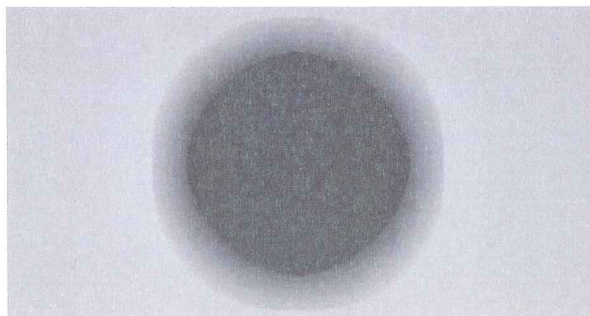
92) 1b



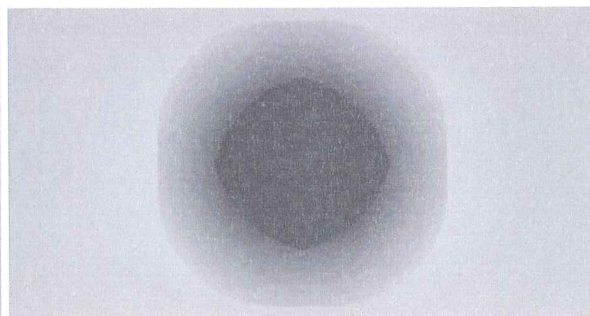
93) 2bd



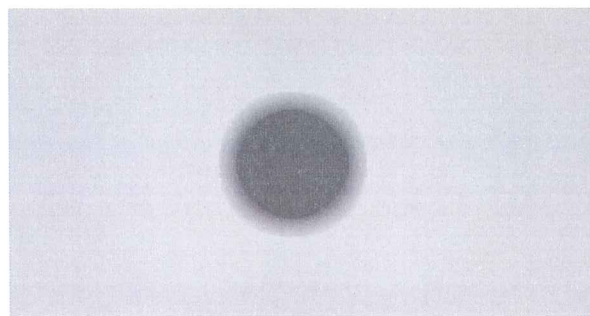
94) 3d



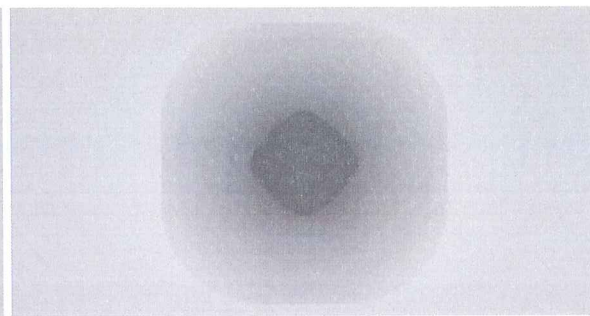
95) 1a



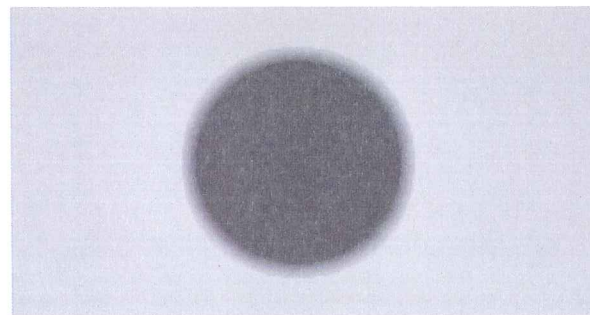
96) 2ac



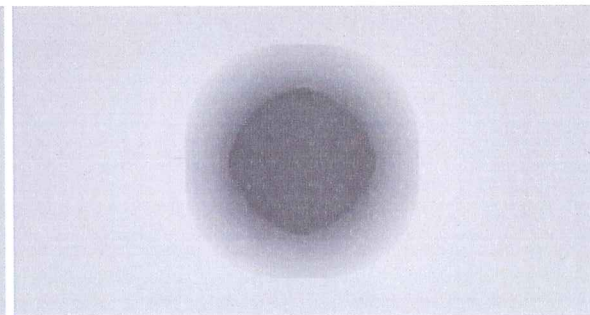
97) 3b



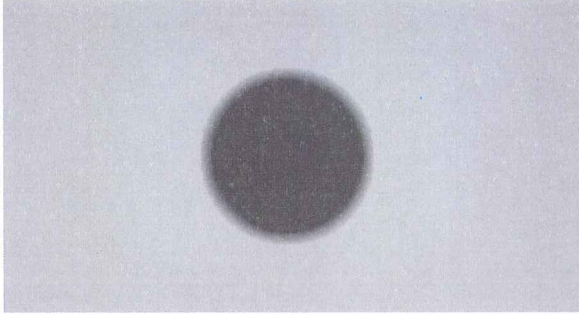
98) 2ad



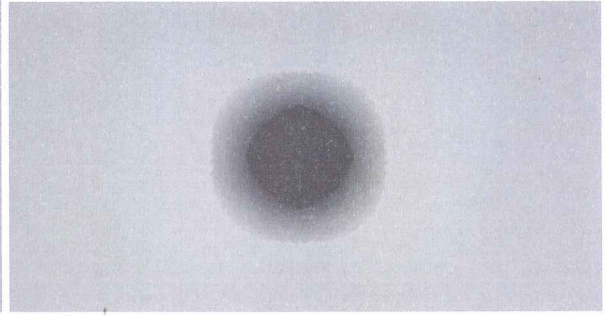
99) 2ba



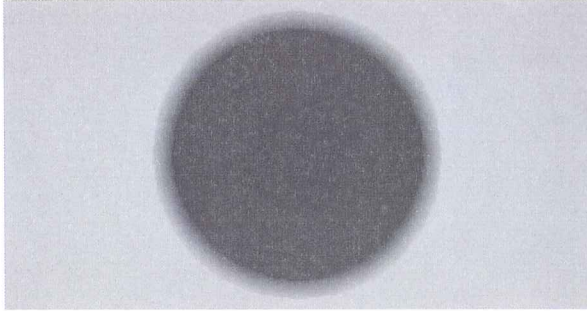
100) 2bc



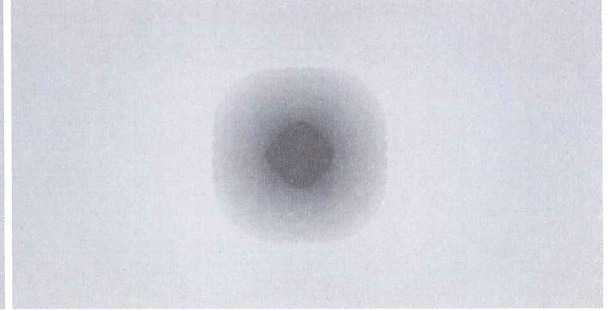
101) 2ca



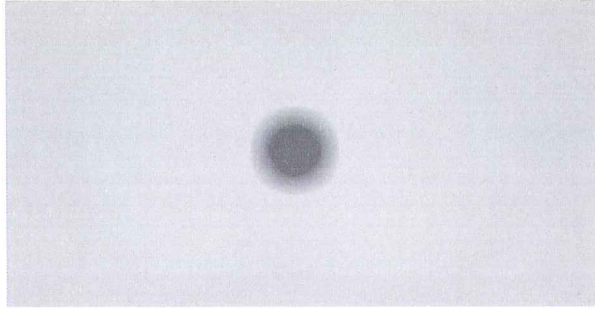
102) 2cc



103) 2aa



104) 2cd

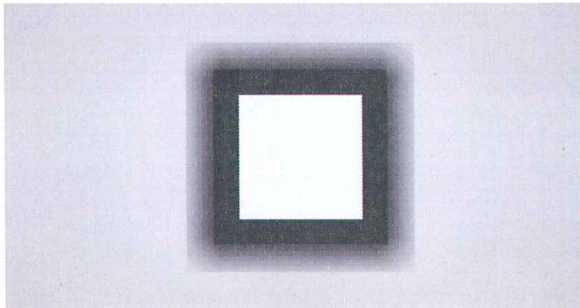


105) 3c

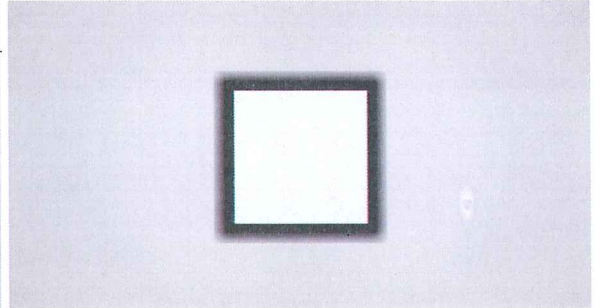
Masa yüzeyine oturan kare planlı nesne gölgeleri

Lamba türü: Kompakt flüoresan lamba

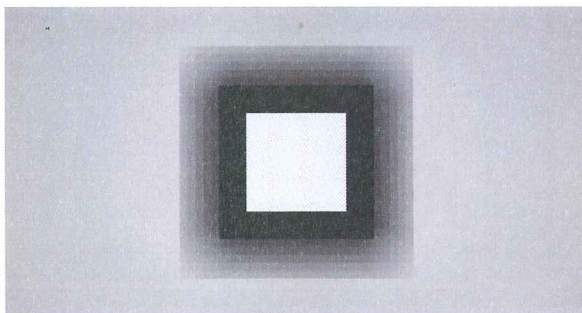
$\bar{E}$:500 lx



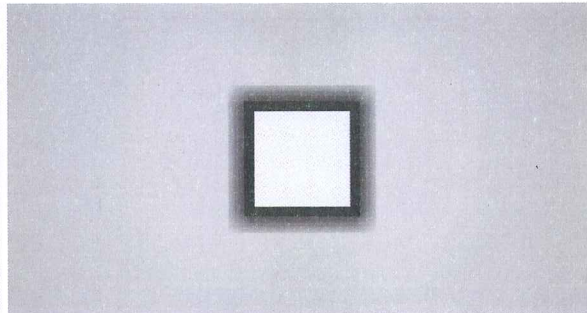
106) 1b, ρ_{duvar} : 0.50



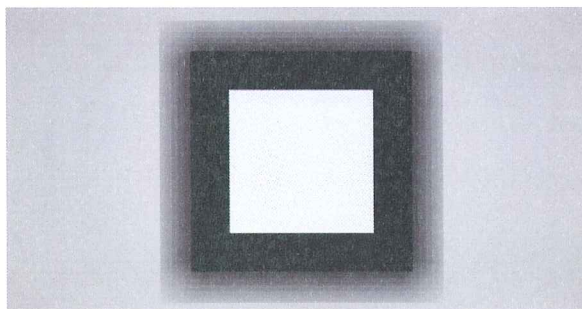
107) 2ca, ρ_{duvar} : 0.50



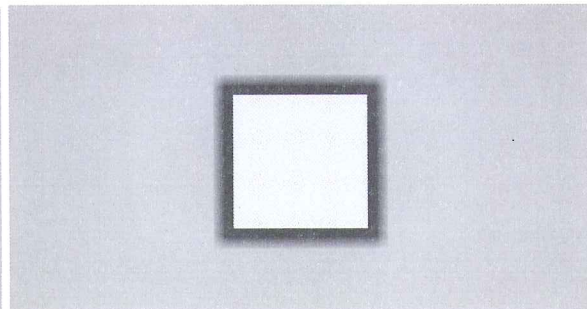
108) 2bc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



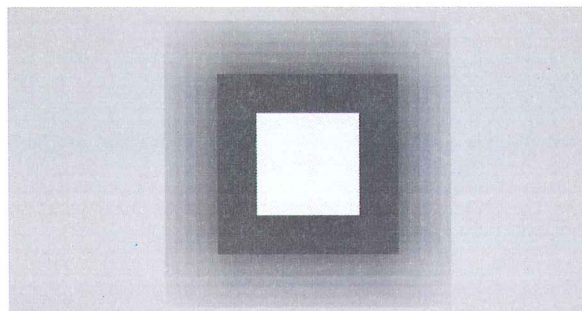
109) 3b, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



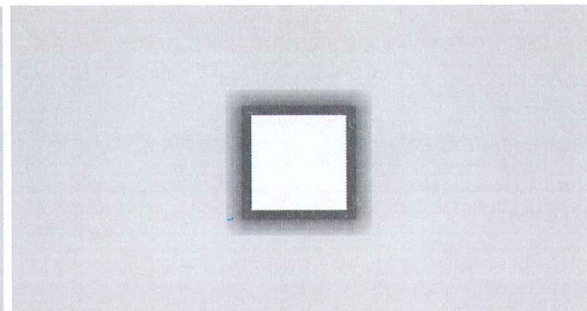
110) 1a, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



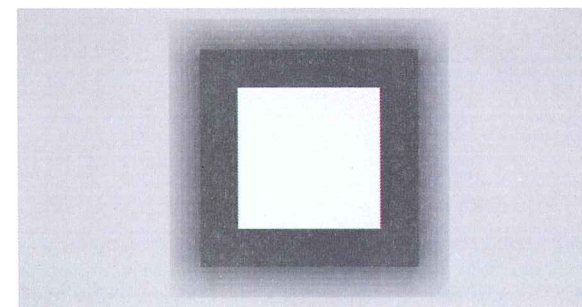
111) 2ca, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



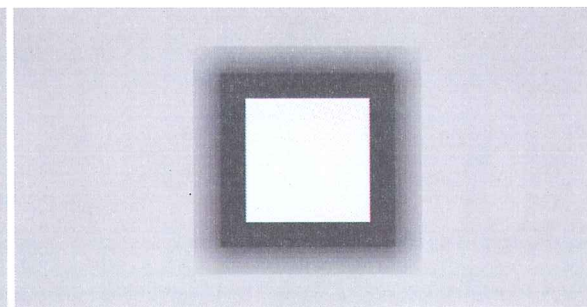
112) 2ac, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



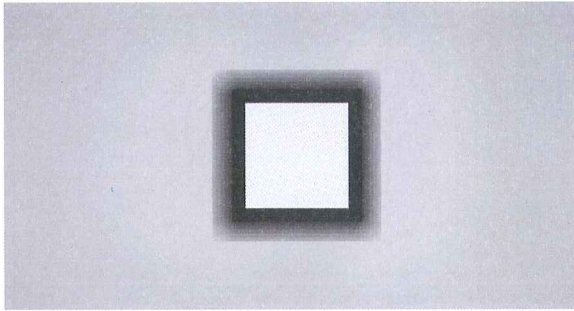
113) 3b, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



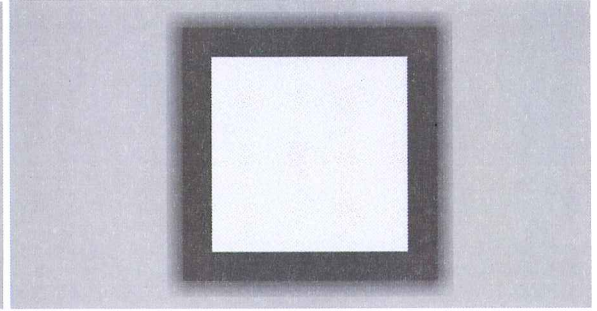
114) 1a, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



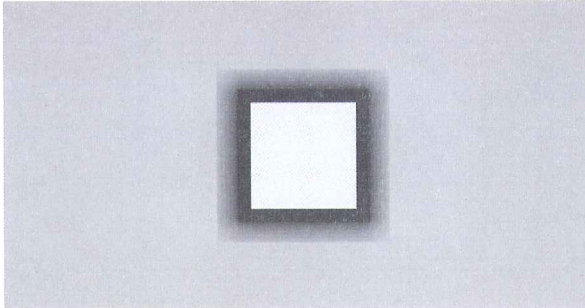
115) 1b, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



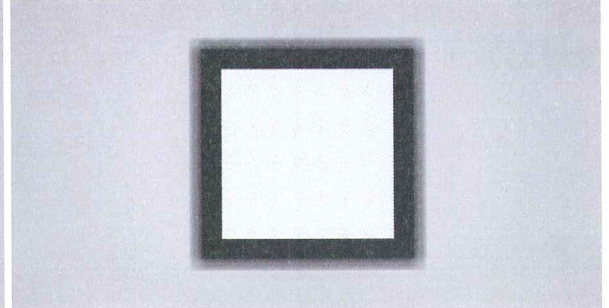
116) 1c, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



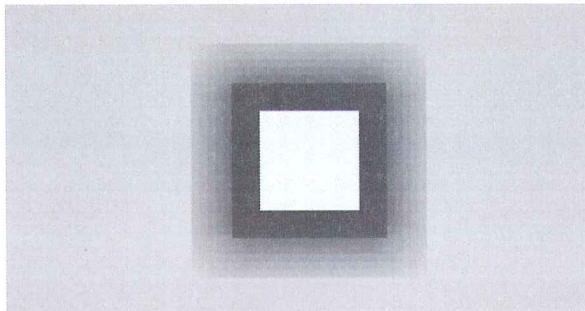
117) 2aa, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



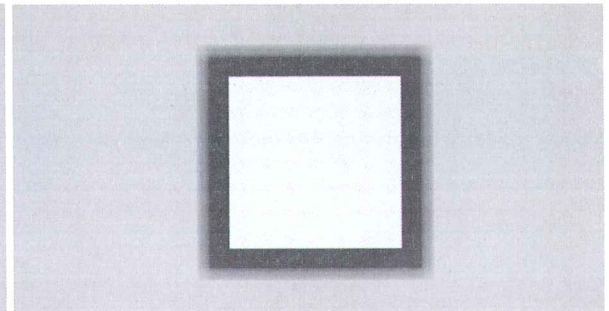
118) 1c, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



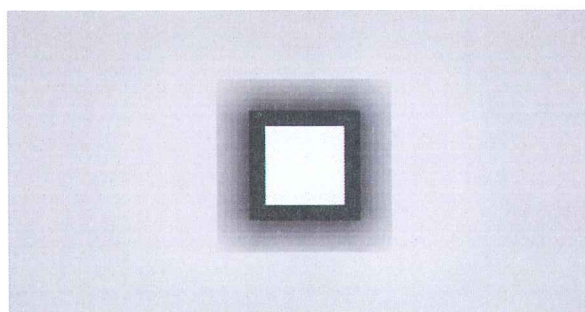
119) 2ba, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



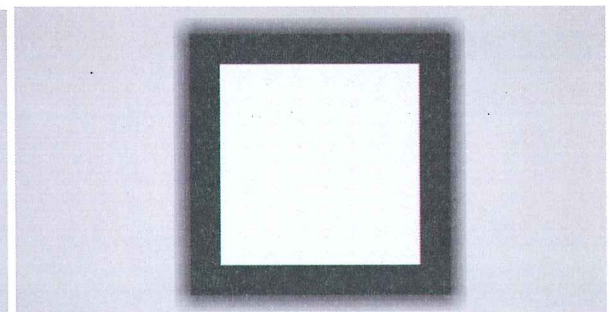
120) 2bc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



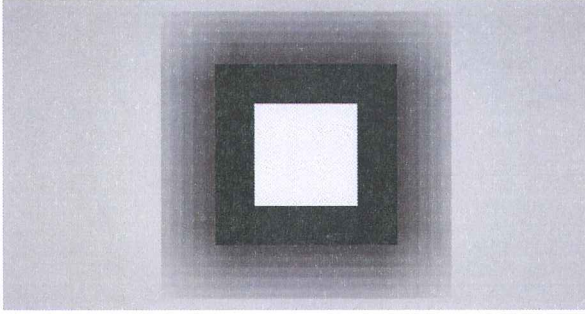
121) 2ba, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



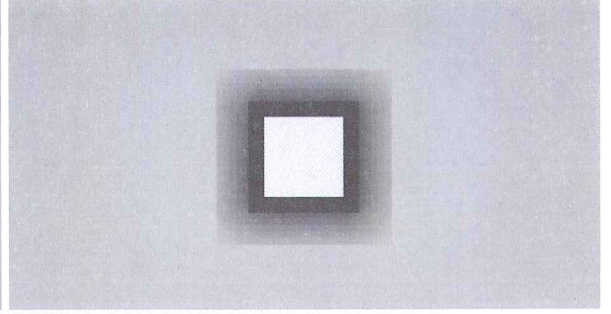
122) 2cc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



123) 2aa, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$



124) 2ac, $\rho_{\text{duvar}}: 0.50$

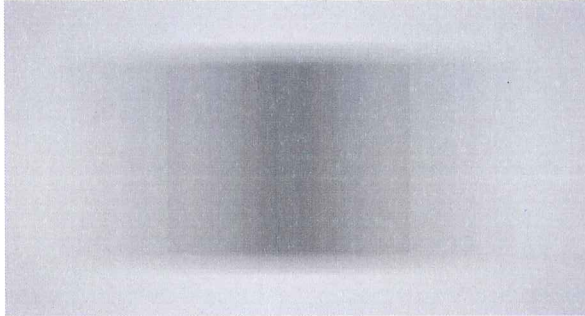


125) 2cc, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$

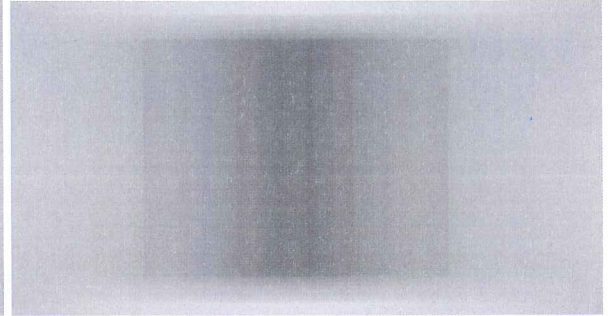
Masa yüzeyine oturmayan kare planlı nesne gölgeleri

Lamba türü: Doğrusal flüoresan lamba

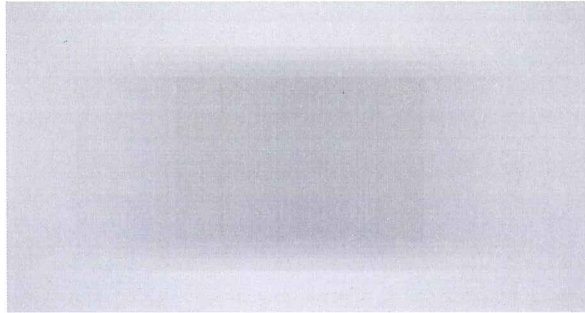
$\bar{E}: 500 \text{ lx}$, $\rho_{\text{duvar}}: 0.80$



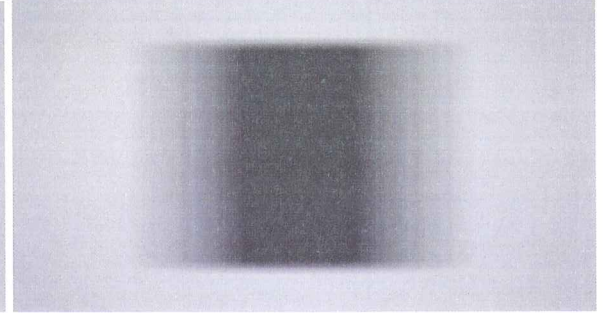
126) 1b



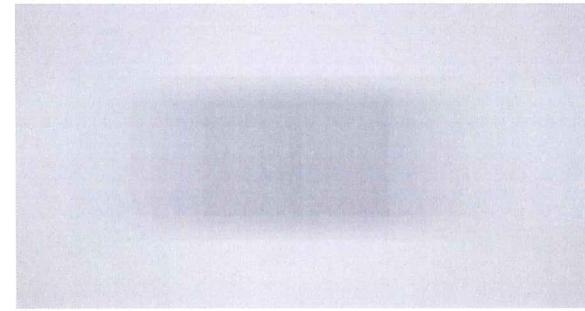
127) 1a



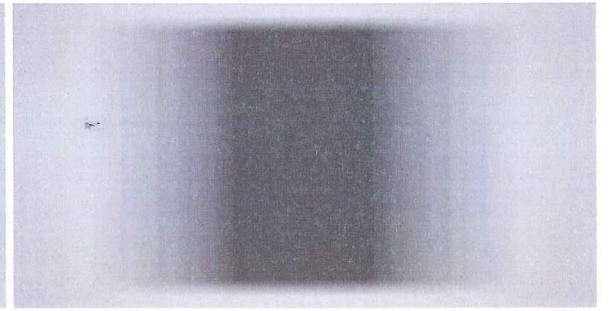
128) 2bc



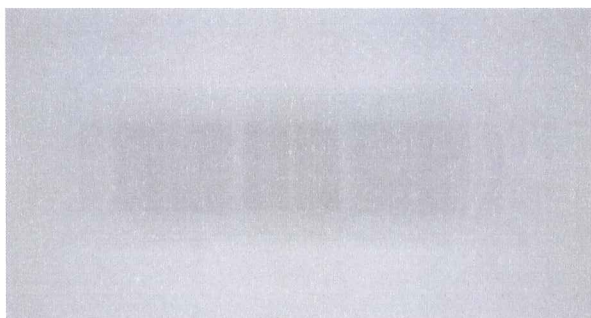
129) 2ba



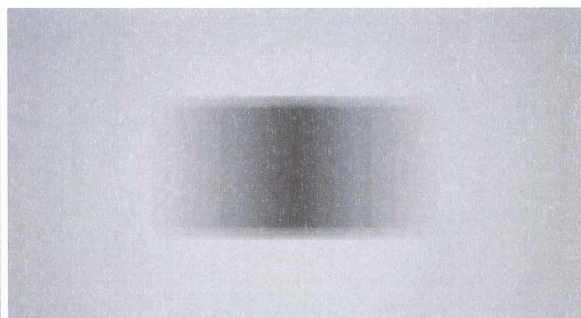
130) 2cc



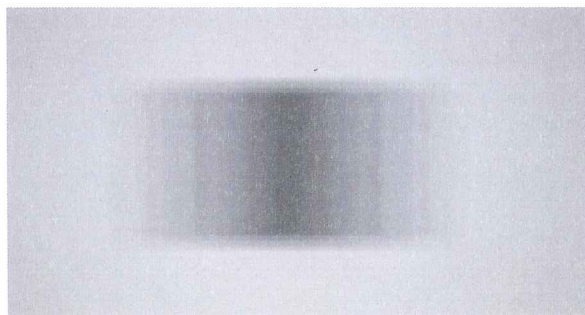
131) 2aa



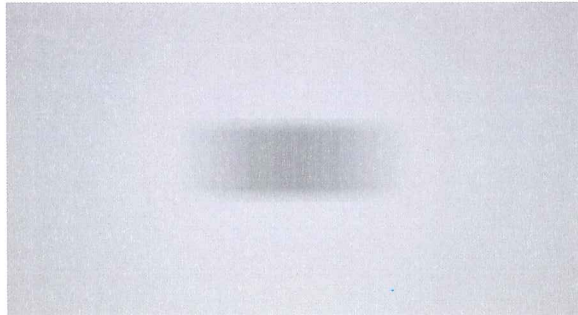
132) 2cd



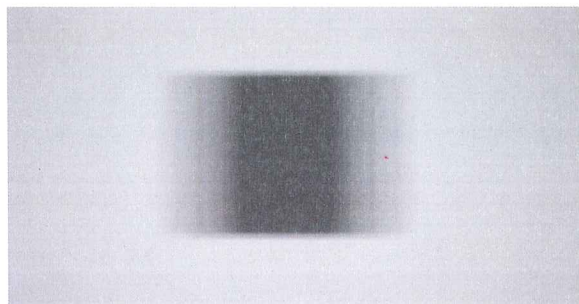
133) 3b



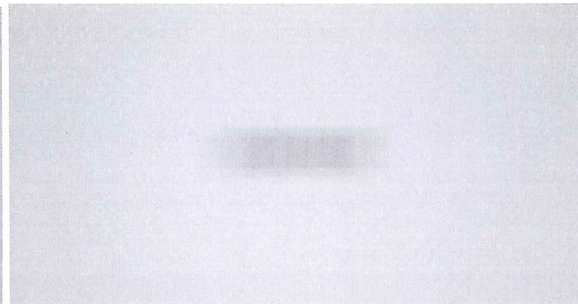
134) 1c



135) 3c



136) 2ca



137) 3d

**DENEY HACMİNDEKİ GÖLGE ÖZELLİKLERİNİ BELİRLEMeye YÖNELİK YAPILAN
HESAPLAMA SONUÇLARI**

İki farklı konumdaki kitap için DIALux programında yapılan sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk hesaplarının sonuçları aşağıdaki çizelgelerde verilmiştir.

Çizelge C. 47 Senaryo grubu: IA, senaryo no: 1-5; aygıt boyutu değişimi

Senaryo grubu-no	Aygıt no	$\bar{E}$ (lx)	Nesne	Gölge Faktörü	E_g (lx)	E_g (lx)	E_g (lx)	L_g (cd/m ²)	L_g/L_g	ΔB	A_g (cm ²)	At (cm ²)	Uyartı A_g/At	Duyulanma A_g/At
IA-1	1	500	düşey kitap	0.95	20.8	416	4	79	20	2.66	191	755	0.25	0.33
			yatay kitap	0.96	18.9	473	4	90	25	2.89	57	139	0.41	0.45
IA-2	6	500	düşey kitap	0.93	17	243	3	81	14	2.07	168	248	0.68	0.65
			yatay kitap	0.93	15	425	3	41	28	2.85	47	73	0.64	0.63
IA-3	11	500	düşey kitap	0.52	284.9	594	54	113	2	1.02	0	358	0.00	0.10
			yatay kitap	0.95	25	500	5	95	20	2.83	26	103	0.25	0.32
IA-4	11+12	500	düşey kitap	0.5	262.5	525	50	100	2	0.94	0	610	0.00	0.10
			yatay kitap	0.95	24.21	484	5	92	20	2.80	26	134	0.19	0.27
IA-5	11+12+ 13+14	500	düşey kitap	0.49	275.1	539	53	103	2	0.92	0	567	0.00	0.10
			yatay kitap	0.94	25.3	422	5	81	17	2.57	26	165	0.15	0.24

Çizelge C. 48 Senaryo grubu: IB, senaryo no: 6-7; senaryo grubu: IC, senaryo no: 8-10; aydınlık düzeyi değişimi

Senaryo grubu-no	Aygıt no	$\bar{E}$ (lx)	Nesne	Gölge Faktörü	Eğç (lx)	Egs (lx)	Lgç (cd/m ²)	Lgs (cd/m ²)	Lgs/Lgç	ΔB	Ağç (cm ²)	At (cm ²)	Uyartı Ağç/At	Duyulanma Ağç/At
IB-6	15+dolaylı	750	düşey kitap	0.9	121.86	1219	23	233	10	3.22	177	216	0.82	0.75
			yatay kitap	0.9	84.07	841	16	161	10	2.84	51	62	0.83	0.75
IB-7	15+dolaylı	1000	düşey kitap	0.8	255.7	1279	49	244	5	2.53	177	216	0.82	0.75
			yatay kitap	0.82	202	1122	39	214	6	2.54	51	62	0.83	0.75
IC/8	11	300	düşey kitap	0.52	168.9	352	32	67	2	0.86	0	358	0.00	0.03
			yatay kitap	0.95	14.2	284	3	54	20	2.35	26	103	0.25	0.33
IC/9	11	750	düşey kitap	0.52	429.4	895	82	171	2	1.17	0	358	0.00	0.10
			yatay kitap	0.95	41.6	832	8	159	20	3.34	26	103	0.25	0.32
IC/10	11	1000	düşey kitap	0.52	578.4	1205	110	230	2	1.29	0	358	0.00	0.10
			yatay kitap	0.95	48.6	972	9	186	20	3.52	26	103	0.25	0.32

Çizelge C. 49 Senaryo grubu: II, senaryo no: 11-12; aygıt sayısı değişimi

Senaryo grubu-no	Aygıt no	$\bar{E}$ (lx)	Nesne	Gölge Faktörü	Egç (lx)	Egs (lx)	Lgç (cd/m ²)	Lgs (cd/m ²)	Lgs/Lgç	ΔB	Agç (cm ²)	At (cm ²)	Uyartı Agç/At	Duyulanma Agç/At
II-11	5+6 (belirgin:6)	500	düşey kitap	0.74	135.5	521	26	100	4	1.64	168	248	0.68	0.65
			yatay kitap	0.95	27.6	552	5	105	20	2.92	47	73	0.64	0.63
II-12	5+6+8+9 (belirgin:6)	500	düşey kitap	0.42	304.1	524	58	100	2	0.75	168	248	0.68	0.65
			yatay kitap	0.454	277.7	509	53	97	2	0.82	47	73	0.64	0.63

Çizelge C. 50 Senaryo grubu: III, senaryo no: 13-17; aydınlatma biçimi değişimi

Senaryo grubu-no	Aygıt no	$\bar{E}$ (lx)	Nesne	Gölge Faktörü	Egç (lx)	Egs (lx)	Lgç (cd/m ²)	Lgs (cd/m ²)	Lgs/Lgç	ΔB	Agç (cm ²)	At (cm ²)	Uyartı Agç/At	Duyulanma Agç/At
III-13	1-D	300	düşey kitap	0.95	16.6	332	3	63	20	2.47	191	755	0.25	0.34
			yatay kitap	0.96	15.1	378	3	72	25	2.68	57	139	0.41	0.49
III-14	1-SD	300	düşey kitap	0.87	49.3	379	9	72	8	2.01	191	755	0.25	0.34
			yatay kitap	0.88	56.9	474	11	91	8	2.23	57	139	0.41	0.49
III-15	1-DI	300	düşey kitap	0.82	62.5	347	12	66	6	1.72	191	755	0.25	0.34
			yatay kitap	0.83	74.9	441	14	84	6	1.91	57	139	0.41	0.49
III-16	1-SI	300	düşey kitap	0.8	78.4	392	15	75	5	1.71	191	755	0.25	0.34
			yatay kitap	0.78	92.3	420	18	80	5	1.67	57	139	0.41	0.49

Çizelge C. 51 Senaryo grubu: IV A, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (300 lx)

Senaryo grubu-no	Aygıt no	$\bar{E}$ (lx)	Nesne	Gölge Faktörü	$E_{gç}$ (lx)	E_{gs} (lx)	$L_{gç}$ (cd/m ²)	L_{gs} (cd/m ²)	$L_{gs}/L_{gç}$	ΔB	$Agç$ (cm ²)	At (cm ²)	Uyartı $Agç/At$	Duyulanma $Agç/At$
IVA-18	1+2-D (belirgin: 1)	300	düşey kitap	0.75	65.9	264	13	50	4	1.34	191	755	0.25	0.34
			yatay kitap	0.77	69.7	303	13	58	4	1.47	57	139	0.41	0.49
IVA-19	1+2-SD (belirgin: 1)	300	düşey kitap	0.65	93.4	267	18	51	3	1.07	191	755	0.25	0.34
			yatay kitap	0.66	99	291	19	56	3	1.13	57	139	0.41	0.49
IVA-20	1+2-DI (belirgin: 1)	300	düşey kitap	0.6	108.9	272	21	52	3	0.96	191	755	0.25	0.34
			yatay kitap	0.6	117.7	294	22	56	3	0.99	57	139	0.41	0.49
IVA-21	1+2-SI (belirgin: 1)	300	düşey kitap	0.56	121.3	276	23	53	2	0.88	191	755	0.25	0.34
			yatay kitap	0.6	130.8	327	25	62	3	1.02	57	139	0.41	0.49

Çizelge C. 52 Senaryo grubu: IV B, senaryo no: 18-22; aydınlatma biçimi ve aygıt sayısı değişimi (500 lx)

Senaryo grubu-no	Aygıt no (belirgin: 1)	$\bar{E}$ (lx)	Nesne	Gölge Faktörü	Egç (lx)	Egs (lx)	Lgç (cd/m ²)	Lgs (cd/m ²)	Lgs/Lgç	ΔB	Agç (cm ²)	At (cm ²)	Uyartı Agç/At	Duyulanma Agç/At
IVB-23	1+2-D (belirgin: 1)	500	düşey kitap	0.75	100.5	402	19	77	4	1.54	191	755	0.25	0.33
			yatay kitap	0.77	106.6	463	20	89	4	1.69	57	139	0.41	0.45
IVB-24	1+2-SD (belirgin: 1)	500	düşey kitap	0.65	150.3	429	29	82	3	1.25	191	755	0.25	0.33
			yatay kitap	0.66	165.8	488	32	93	3	1.34	57	139	0.41	0.45
IVB-25	1+2-DI (belirgin: 1)	500	düşey kitap	0.6	179.4	449	34	86	3	1.13	191	755	0.25	0.33
			yatay kitap	0.6	194.9	487	37	93	3	1.16	57	139	0.41	0.45
IVB-26	1+2-SI (belirgin: 1)	500	düşey kitap	0.56	202.4	460	39	88	2	1.04	191	755	0.25	0.33
			yatay kitap	0.6	218.2	546	42	104	3	1.21	57	139	0.41	0.45

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Şensin AYDIN YAĞMUR
Doğum Tarihi ve Yeri :15.05.1979 - Kasımköyü
Yabancı Dili :İngilizce
E-posta :sensina15@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Mimarlık	Yıldız Teknik Üniversitesi	2005
Lisans	Mimarlık	Yıldız Teknik Üniversitesi	2002
Lise	Fen-Matematik	Hasan Polatkan Anadolu Lisesi	1998

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2005-	Yıldız Teknik Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2001-2002	Vural Mimarlık	Mimar
1999-2000	Ekinciler ve Ort. İnşaat Ve Ticaret Ltd. Şti	Mimar

YAYINLARI

Makale

1. **Şensin Aydın Yağmur**, L. Dokuzer Öztürk, "Hesaplama Yolu ile Genel Yansıtıcı Tasarımı", Megaron YTÜ Mim. Fak. E-Dergisi, Cilt 1, Sayı 2-3, 2006,
2. L. Dokuzer Öztürk, T. Tong, **Şensin Aydın Yağmur**, "Mimari Aydınlatmaya Yönelik Elipsoit Yansıtıcı Tasarımı", Megaron YTÜ Mim. Fak. E-Dergisi, Cilt 3, Sayı 1, 2008,
3. L. Dokuzer Öztürk, **Şensin Aydın Yağmur**, T. Tong, "Akkor ve Akkor Halojen Lambalar İçin Yapılan Yansıtıcı Tasarımları", 3e Electrotech Aylık Enerji, Elektrik Elektronik Teknolojileri Dergisi, Sayı 169, Temmuz 2008, sayfa 144-150,

Bildiri

1. L. D. Öztürk, T. Tong, **Şensin Aydın**, Entwurf von Symmetrischen Reflektoren für Uniforme Beleuchtungsstärkeverteilung, Licht 2006, Bern, Switzerland.
2. **Şensin Aydın Yağmur**, L. D. Öztürk, "Investigation of the Shadow Quality Occurred in Interiors Under Artificial Lighting", The 27th Sesssion Of The CIE, Sun City, South Africa, 10-15 July 2011,
3. **Şensin Aydın**, M. Şerefhanoglu Sözen, "Işık Kaynaklarının Tarihsel Gelişim Süreci ve Etkin Enerji Kullanımı", 5. Ulusal Aydınlatma Kongresi ve Fuarı, CNR, İstanbul, 2004,
4. **Şensin Aydın**, L. Dokuzer Öztürk, "İstenen Aydınlatma Aygıtı Işık Yeğirlik Eğrisini Sağlayacak Yansıtıcı Biçiminin Belirlenmesi", 3. Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi, Ankara, 2005,
5. L. Dokuzer Öztürk, T. Tong, **Şensin Aydın Yağmur**, "Düzgün Yayılmış Aydınlık İçin Yansıtıcı Tasarımı", 6. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İTÜ,

İstanbul, 2006,

6. **Şensin Aydın Yağmur**, “Grafik Bütünleşme ile Genel Yansıtıcı Tasarımı”, Kentsel Rehabilitasyon Sürecinde Yapı Fiziği ve Malzeme Sorunları 1. Bahar Semineri, MSGSÜ, 20 Haziran 2008,
7. L. Dokuzer Öztürk, T. Tong, **Şensin Aydın Yağmur**, “Yüksek Basıncılı Boşalmalı Lambalar İçin Yapılan Yansıtıcı Tasarımları”, 7. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İTÜ, İstanbul, Kasım 2008,
8. **Şensin Aydın Yağmur**, L. Dokuzer Öztürk, “Lamba Işığı İle Aydınlatmada Gölge Özelliklerini Belirlemeye Yönelik Yaklaşımların İncelenmesi ve Değerlendirilmesi”, Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi, YTÜ, İstanbul, Mart 2010,
9. **Şensin Aydın Yağmur**, E. Küçükkılıç Özcan, M. Şerefhanoglu Sözen, “Kent Aydınlatma ve Sürdürülebilirlik”, Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi, YTÜ, İstanbul, Mart 2010,
10. **Şensin Aydın Yağmur**, L. Dokuzer Öztürk, “Lamba Işığı İle Aydınlatmada Gölge Niteliğinin Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma”, 8. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İDTM Fuar Alanı İstanbul, Nisan 2011,
11. **Şensin Aydın Yağmur**, M. Şerefhanoglu Sözen, “Görsel Konfor Yönünden Çalışma Masaları”, 8. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İDTM Fuar Alanı İstanbul, Nisan 2011,
12. Sakınç E., **Şensin Aydın Yağmur**, Özcan, E. K., Özçevik, A., Şerefhanoglu Sözen, M., “Bahriye Üçok Yeşil Anaokulu Yapı Fiziği İncelemeleri”, Çevre-Tasarım Kongresi, YT, İstanbul, 8-9 Aralık 2011,

Proje

1. L. D. Öztürk, L., T. Tong, , **Şensin Aydın**, O. Yiğit, “Düzgün Yayılmış Aydınlık Sağlanmasına Yönelik Yansıtıcı Tasarımında Temel İlkeler ve

Öneriler”, **TÜBİTAK**, Proje Kodu: İÇTAG-İ119, 01 Temmuz 2004-12 Aralık 2007,

2. L. D. Öztürk, L., **Şensin Aydın Yağmur**, “Lamba Işığı ile Aydınlatmada Gölge Niteliğinin Belirlenmesi Ve Tasarım Kriteri Olarak Değerlendirilmesi İçin Bir Yaklaşım”, **YTÜ DOP** Projesi, devam ediyor,