

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

AYDINLATMADA GÖLGE NİTELİĞİNİN İRDELENMESİ

Mimar Esin EFE

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Yapı Fiziği Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Rengin ÜNVER

İSTANBUL, 2007

Çalışmamın şekillenmesinde ve tüm aşamalarında değerli düşünceleri, öneri, bilgi ve kaynakları ile her türlü olanağı sağlayan, özveri ve desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Rengin Ünver'e teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman beni destekleyen ve yanımda olan eşim Eylem Efe'ye, babam Gönen Elibüyük'e, annem Nermin Elibüyük'e, kardeşim Pınar Elibüyük'e ve dostlarıma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	i
KISALTIMA LİSTESİ.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
2. AYDINLIĞIN NİCELİĞİ ve NİTELİĞİ.....	2
2.1 Aydınlığın Niceliği	2
2.1 Aydınlığın Niteliği.....	3
2.2.1 Aydınlığı Oluşturan Işığın Renksel Özellikleri (Işığın Tayfsal Yapısı).....	4
2.2.2 Aydınlığı Oluşturan Işığın Doğrultusal Özellikleri	4
2.2.3 Aydınlık Düzeyi Dağılımları.....	7
2.2.4 Aydınlıkta Oluşan Gölgenin Özellikleri	7
3. GÖLGENİN SERTLİĞİ-YUMUŞAKLIĞI.....	9
3.1 Gölgenin Sertlik-Yumuşaklık Derecelendirmesi	10
3.2. Sertliği-Yumuşaklığı Etkileyen Değişkenlerin Geometrik İncelemesi	11
3.2.1 Değişkenlerin Sertlik-Yumuşaklık Üzerindeki Etkilerinin İrdelenmesi.....	13
3.2.2 Kaynak ve Engel Çaplarının Gölgeye Etkisi	17
3.2.2.1 Kaynak Çapının Engel Çapına Eşit Olması	17
3.2.2.2 Kaynak Çapının Engel Çapından Küçük Olması	20
3.2.2.3 Kaynak Çapının Engel Çapından Büyük Olması	29
3.3 Gölgenin Sertlik-Yumuşaklığını Etkileyen Dört Değişkenin Oranları İlişkisi	44
3.4 Gölgenin Sertlik-Yumuşaklığında Aydınlık Dağılımı.....	51
4. GÖLGE AÇIKLIĞI-KOYULUĞU	67
4.1 Gölgenin Açıklık-Koyuluk Derecelendirmesi	68
4.2 Gölgenin Açıklık-Koyuluğunda Aydınlık Dağılımı.....	74
5. GÖLGE NİTELİĞİNİN ÖRNEKLENMESİ.....	79
5.1 Gölgenin Sertlik-Yumuşaklık ve Açıklık-Koyuluk Örnekleri	79
5.2. Engel Çapının Küçülmesinin Gölgeye ve Gölgesiz Aydınlığa Etkisi	95
5.3 Birincil Işık Kaynağı Sayısının Artmasının Gölgeye Etkisi	106
5.4 Birincil Kaynak Çapının Büyümesi ve Işıklı Tavan Haline Gelmesi.....	120
6. GENEL DEĞERLENDİRME ve SONUÇLAR	126
KAYNAKLAR.....	136
EKLER.....	139

Ek 1	Aydınlatma Programında Kullanılan Işık Kaynağı Dosyası (Eulumdat).....	139
Ek 2	Eulumdat Örneği	142
	ÖZGEÇMİŞ.....	145

SİMGE LİSTESİ

a	Kaynak ile engel arası uzaklık
A	Alan
A.G.	Açık gölge
A.S.G.	Az sert gölge
A.Y.G.	Az yumuşak gölge
b	Engel ile aydınlanan yüzey arası uzaklık
B	Parıltı
B_{max}	Maksimum parıltı
C	Karşıtlık
Ç.A.G.	Çok açık gölge
Ç.K.G.	Çok koyu gölge
Ç.S.G.	Çok sert gölge
Ç.Y.G.	Çok yumuşak gölge
e	Engel çapı
E	Aydınlık düzeyi
Ed	Dolaysız ışığın oluşturduğu aydınlık düzeyi
E_{max}	Maksimum aydınlık düzeyi
E_{min}	Minimum aydınlık düzeyi
E_o	Gölgenin oluşmadığı alanın aydınlık düzeyi
E_{ort}	Ortalama aydınlık düzeyi
E_p	Noktada aydınlık düzeyi
E_s	Gölgenin aydınlık düzeyi
E_t	Toplam aydınlık düzeyi
E_y	Yansımış ışığın oluşturduğu aydınlık düzeyi
E_1	İki yüzeyden birincisi üzerinde oluşan aydınlık düzeyi
E_2	İki yüzeyden ikincisi üzerinde oluşan aydınlık düzeyi
f	Gölge çekirdeği yarıçapı
g	Yarı gölge genişliği
G_{AK}	Gölgenin açıklık-koyuluğu
G_{AKA}	Gölgenin açıklık-koyuluk aralığı
G_{AKD}	Gölgenin açıklık-koyuluk derecesi
GÇ	Görünürlük çarpanı
G_{SY}	Gölgenin sertlik-yumuşaklığı
G_{SYA}	Gölgenin sertlik-yumuşaklık aralığı
G_{SYD}	Gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesi
h	Toplam gölge yarıçapı
k	Kaynak çapı
K.G.	Koyu gölge
L	Işıklılık
L_b	Arka planın ışıklılığı
L_{max}	Maksimum ışıklılık
L_t	Hedef alanın ışıklılığı
L_1	İki yüzeyden birincisi üzerinde oluşan ışıklılık
L_2	İki yüzeyden ikincisi üzerinde oluşan ışıklılık
O.K.G.	Orta koyu gölge
r	Yansıtma çarpanı
r_{max}	Maksimum yansıtma çarpanı
r_1	İki yüzeyden birincisinin yansıtma çarpanı

r_2	İki yüzeyden ikincisinin yansıtma çarpanı
r_{\min}	Minimum yansıtma çarpanı
r_{ort}	Ortalama yansıtma çarpanı
S_g	Gölge çekirdeği alanı
S	Gölge çarpanı
S_t	Toplam gölge alanı
S.G.	Sert gölge
Y.G.	Yumuşak gölge
Φ	Işık akısı
Φ_0	Toplam ışık akısı
Φ_{rtop}	Yansımış toplam ışık akısı
α	Işık kaynağı sınırlarının herhangi bir 'P' noktasıyla yaptığı açı
∞	Sonsuz
\sim	Yaklaşık değer

KISALTIMA LİSTESİ

CIE Commission Internationale de L'eclairage
IESNA Illuminating Engineering Society of North America
TDK Türk Dil Kurumu

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	Doğrultulu ışık ve doğrultulu ışık alanı	5
Şekil 2.2	Yayınık ışık ve yayınık ışık alanı	5
Şekil 2.3	Baskın doğrultulu ışık ve baskın doğrultulu ışık alanı	6
Şekil 2.4	Işık kaynaklarının aydınlatma biçimleri	6
Şekil 3.1	Sert ve yumuşak gölgenin şematik gösterimi.....	9
Şekil 3.2	Gölge oluşumunda kaynak, engel ve yüzey ilişkilerinin şematik gösterimi.	12
Şekil 3.3	Kaynak çapının büyümesinin gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi	13
Şekil 3.4	Engel çapının büyümesinin gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi.	14
Şekil 3.5	Kaynak-engel uzaklığının artmasının gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi..	15
Şekil 3.6	Engel-yüzey uzaklığının artmasının gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi..	16
Şekil 3.7	Kaynak çapının, engel çapına eşit olması durumunda oluşan gölgelerin plan ve kesitleri.....	19
Şekil 3.8	Kaynak çapının, engel çapından küçük olması durumunda oluşan gölgelerin plan ve kesitleri.	28
Şekil 3.9	Gölge çekirdeğinin, kaynak-engel uzaklığı ve engel-yüzey uzaklığının üç farklı durumu için de oluşması	30
Şekil 3.10	Gölge çekirdeğinin, kaynak-engel uzaklığı ve engel-yüzey uzaklığının üç farklı durumu için de yok olması	31
Şekil 3.11	Gölge çekirdeğinin, kaynak-engel uzaklığı ve engel-yüzey uzaklığının üç farklı durumu için de yarı gölge alandan daha ışıklı olması	32
Şekil 3.12	Kaynak çapının, engel çapından büyük olması durumunda oluşan ve gölge çekirdeğine göre değişim gösteren gölgelerin planları	33
Şekil 3.13	Kaynak çapının engel çapına oranının gölgenin sertlik-yumuşaklığına etkisi. ..	46
Şekil 3.14	Kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranının gölgenin sertlik-yumuşaklığına etkisi	47
Şekil 3.15	Daire biçimindeki ışık kaynağı ve P noktasının konumu.	51
Şekil 3.16	Daire biçimindeki ışık kaynağı ve saydam olmayan bir engelle kaynaktan ışık alması engellenen P noktasının konumu.....	52
Şekil 3.17	Model odanın şematik gösterimi	53
Şekil 3.18	Çok yumuşak bir gölgenin aydınlık düzeyi grafiği.	56
Şekil 3.19	Çok yumuşak bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri	56
Şekil 3.20	Yumuşak bir gölgenin aydınlık düzeyi grafiği.	58
Şekil 3.21	Yumuşak bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve değer eğrileri.	58
Şekil 3.22	Az yumuşak bir gölgenin aydınlık düzeyi grafiği	60
Şekil 3.23	Az yumuşak bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve değer eğrileri.....	60
Şekil 3.24	Az sert bir gölgenin aydınlık düzeyi grafiği	62
Şekil 3.25	Az sert bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve değer eğrileri	62
Şekil 3.26	Sert bir gölgenin aydınlık düzeyi grafiği	64
Şekil 3.27	Sert bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve değer eğrileri.....	64
Şekil 4.1	Birincil ve ikincil kaynakların sert-koyu bir gölgeyi açıklığının şematik gösterimi.....	67
Şekil 4.2	Birincil ve ikincil kaynakların yumuşak-koyu bir gölgeyi açıklığının şematik gösterimi.....	68
Şekil 4.3	Gölgenin bölümlerinin şematik gösterimi	70
Şekil 4.4	Model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi.....	76
Şekil 4.5	Odanın ortalama yansıtma çarpanına göre değişim gösteren aydınlık dağılımı .	77
Şekil 5.1	Model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi.....	80

Şekil 5.2	Çok yumuşak bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının değişmesiyle farklılaşan aydınlık düzeyi dağılımları.	81
Şekil 5.3	Çok yumuşak bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri.	82-83
Şekil 5.4	Yumuşak bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının değişmesiyle farklılaşan aydınlık düzeyi dağılımları... ..	84
Şekil 5.5	Yumuşak bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri.	85-86
Şekil 5.6	Az yumuşak bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının değişmesiyle farklılaşan aydınlık düzeyi dağılımları	86
Şekil 5.7	Az yumuşak bir gölgenin üç boyutu, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri.	87-88
Şekil 5.8	Az sert bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının değişmesiyle farklılaşan aydınlık düzeyi dağılımları	89
Şekil 5.9	Az sert bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri	90-91
Şekil 5.10	Sert bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının değişmesiyle farklılaşan aydınlık düzeyi dağılımları.	91
Şekil 5.11	Sert bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri....	92-93
Şekil 5.12	Model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi.....	96
Şekil 5.13	Gölge çekirdeğinin engel çapının (e) küçülmesine bağlı olarak birincil kaynakla aydınlanması.....	97
Şekil 5.14	Engel çapının gölgeye etkisinin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri.	97-104
Şekil 5.15	Model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi.....	106
Şekil 5.16	Kullanılan ışık kaynaklarının model oda içindeki planı ve konumları.....	107-109
Şekil 5.17	Engel çapı 13cm olduğunda döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık dağılımı	109
Şekil 5.18	Kaynak sayısı değişiminin gölgeye etkisi.....	110-112
Şekil 5.19	Kullanılan ışık kaynaklarının model oda içindeki planı ve konumları	115
Şekil 5.20	Engel çapı 50cm olduğunda döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık dağılımı	115
Şekil 5.21	Kaynak sayısı değişiminin gölgeye etkisi.....	116-120
Şekil 5.22	Model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi.....	121
Şekil 5.23	Kaynak çapı değiştiğinde döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık dağılımı değişimleri.....	121
Şekil 5.24	Kaynak çapının büyümesinin gölgeye etkisi.	122-123
Şekil Ek 2.1	Işık kaynağının, DIALux programında verilen özellikleri.....	144

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Hacim işlevine göre sağlanması gereken minimum aydınlık düzeyleri	3
Çizelge 2.2	Aşağı doğru yayımlanan ışık akısı oranına bağlı aydınlatma biçimi	6
Çizelge 3.1	Duyulanma grubu bağlamında gölgenin sertlik-yumuşaklık dereceleri	10
Çizelge 3.2	Gölgenin sertliği-yumuşaklığı	11
Çizelge 3.3	Kaynak çapının büyümesinin gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi	13
Çizelge 3.4	Engel çapının büyümesinin gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi	14
Çizelge 3.5	Kaynak-engel uzaklığının (a) artmasının gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi	15
Çizelge 3.6	Engel-yüzey uzaklığının (b) artmasının gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi	16
Çizelge 3.7	Kaynak çapının, engel çapına eşit ve 1 birim olması	18
Çizelge 3.8	Kaynak çapının, engel çapına eşit ve 2 birim olması	20
Çizelge 3.9	Kaynak çapının, engel çapına eşit ve 3 birim olması	20
Çizelge 3.10	Kaynak çapının engel çapından küçük, kaynak-engel uzaklığının, engel yüzey uzaklığına eşit ve 1 birim olması	21
Çizelge 3.11	Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,01 olması	22
Çizelge 3.12	Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,1 olması	22
Çizelge 3.13	Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,2 olması	22
Çizelge 3.14	Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,25 olması	23
Çizelge 3.15	Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,3 olması	23
Çizelge 3.16	Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,4 olması	23
Çizelge 3.17	Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,5 olması	23
Çizelge 3.18	Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,6 olması	24
Çizelge 3.19	Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,7 olması	24
Çizelge 3.20	Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,75 olması	24
Çizelge 3.21	Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,8 olması	25
Çizelge 3.22	Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,9 olması	25
Çizelge 3.23	3.11-3.22 çizelgelerinin değerlendirmesi	27
Çizelge 3.24	Kaynak çapının, engel çapına oranının 1,5 olması	34
Çizelge 3.25	Kaynak çapının, engel çapına oranının 2 olması	34
Çizelge 3.26	Kaynak çapının, engel çapına oranının 2,5 olması	34
Çizelge 3.27	Kaynak çapının, engel çapına oranının 3 olması	35
Çizelge 3.28	Kaynak çapının, engel çapına oranının 3,5 olması	35
Çizelge 3.29	Kaynak çapının, engel çapına oranının 4 olması	35
Çizelge 3.30	Kaynak çapının, engel çapına oranının 4,5 olması	36
Çizelge 3.31	Kaynak çapının, engel çapına oranının 5 olması	36
Çizelge 3.32	3.24-3.31 çizelgelerinin değerlendirmesi	37
Çizelge 3.33	Kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına eşit ve 1 birim olması	40
Çizelge 3.34	Kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranının 0,25 olması	41
Çizelge 3.35	Kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranının 0,3 olması	42
Çizelge 3.36	Kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranının 0,5 olması	42
Çizelge 3.37	Kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranının 0,75 olması	42
Çizelge 3.38	3.34-3.37 çizelgelerinin değerlendirmesi	43
Çizelge 3.39	Kaynak çapının engel çapına ve kaynak engel uzaklığının engel yüzey uzaklığına oranları	45
Çizelge 3.40	Geometrik hesap sonucu gölgelerin sertlik yumuşaklığı	54
Çizelge 3.41	Çok yumuşak bir gölgenin aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programına göre aydınlık düzeyi sonuçları	55

Çizelge 3.42	Yumuşak bir gölgenin aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programına göre aydınlık düzeyi sonuçları	57
Çizelge 3.43	Az yumuşak bir gölgenin aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programına göre aydınlık düzeyi sonuçları.....	59
Çizelge 3.44	Az sert bir gölgenin aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programına göre aydınlık düzeyi sonuçları.....	61
Çizelge 3.45	Sert bir gölgenin aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programına göre aydınlık düzeyi sonuçları.....	63
Çizelge 3.46	Geometrik hesap, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programı sonuçlarının gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesi ve sertliği-yumuşaklığı bakımından karşılaştırılması	65
Çizelge 4.1	Gölgenin açıklık-koyuluk derecelendirmesi	72
Çizelge 4.2	Işıklılık, parıltı oranı ve parıltı karşıtlığı değerlerine bağlı gölgenin açıklık-koyuluk derecelendirmesi.....	73
Çizelge 4.3	Yansıtma çarpanına bağlı olarak değişim gösteren, yansıtmış toplam akının, ışık kaynağından gelen toplam ışık akısına oranları	74
Çizelge 4.4	Gölgeli alan ve aydınlık alana gelen yansıtmış ışık akısı.....	75
Çizelge 4.5	Odanın yansıtma çarpanına bağlı olarak gölgenin açıklık-koyuluğunun değişimi.	78
Çizelge 5.1	Gölgenin, kaynak çapına göre farklılık gösteren sertlik-yumuşaklık dereceleri... ..	80
Çizelge 5.2	Çok yumuşak bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının değişimine bağlı açıklık-koyuluk dereceleri.....	81
Çizelge 5.3	Yumuşak bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının değişimine bağlı açıklık-koyuluk dereceleri	84
Çizelge 5.4	Az yumuşak bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının değişimine bağlı açıklık-koyuluk dereceleri	87
Çizelge 5.5	Az sert bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının değişimine bağlı açıklık-koyuluk dereceleri	89
Çizelge 5.6	Sert bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının değişimine bağlı açıklık-koyuluk dereceleri	92
Çizelge 5.7	Gölgenin sertlik-yumuşaklığına bağlı olarak açıklık-koyuluk incelemesi	94
Çizelge 5.8	Engel çapının küçülmesinin gölgenin sertlik-yumuşaklık derecelerine etkisi. 96	
Çizelge 5.9	Engel çapı değişiminin gölge çekirdeğine etkisi.....	104
Çizelge 5.10	Engel çapı değişiminin gölgenin açıklık-koyuluğuna etkisi.....	105
Çizelge 5.11	Kaynak sayısının gölgenin sertlik-yumuşaklık, açıklık-koyuluğuna etkisi. ..	111
Çizelge 5.12	Gölgelerin sertlik-yumuşaklık dereceleri.....	124
Çizelge 5.13	Gölgelerin açıklık-koyuluk dereceleri	124
Çizelge Ek 1.1	Eulumdat dosyasının açılımı.....	139

ÖZET

Aydınlatma tasarımlarında görsel konfor gereksinimlerinin karşılanması, yaratılmak istenen estetik ve mimari özelliklerin vurgulanması bakımından, gölge niteliği konusu büyük önem taşır. Gölgenin iki ayrı niteliğinden biri olan ‘sertlik-yumuşaklık’, gölge alan sınırlarının net bir biçimde algılanıp algılanamaması ile ilgilidir. Gölgenin ikinci özelliği olan ‘açıklık-koyuluk’, gölgeli alan ile aydınlık alan arasındaki ışıklılık farkı ile ilgilidir.

Bu çalışmada, aydınlığın niteliği konularından biri olan gölgenin özellikleri sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk olarak iki grupta ele alınmış, bunları etkileyen değişkenler belirlenmiş ve örnekler aracılığıyla irdelemeler yapılmıştır. Altı bölümden oluşan bu çalışmada bölümlerin içerikleri aşağıdaki gibidir.

Bölüm 1’de, konuya giriş yapılarak çalışmanın amacı belirlenmiştir.

Bölüm 2’de, aydınlığın niceliği ve niteliği konuları ele alınmıştır.

Bölüm 3’te, gölge sınırları ile ilgili olan gölgenin sertliği-yumuşaklığı tanımlanmış, yüzey büyüklüklerinin algılanmasına yönelik duyulanma büyüklüğüne göre derecelendirilmiştir. Sertliği-yumuşaklığı etkileyen değişkenler belirlenmiş ve bunların gölgeye etkisi geometrik olarak incelenmiştir. Kapalı hacimlerde, belirli durumlar için oluşan değişik sertlik-yumuşaklıktaki gölgelerin aydınlık dağılımı özelliği araştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Bölüm 4’te, gölgeli alan ve aydınlık alanların ışıklılıkları ile ilgili olan gölgenin açıklığı-koyuluğu tanımlanmış, ışıklılık farklarına bağlı olarak derecelendirilmiştir. Kapalı hacimlerde, belirli durumlar için oluşan değişik açıklık-koyuluktaki gölgelerin aydınlık dağılımı özelliği araştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Bölüm 5’te, birincil ışık kaynağı boyutu ve sayısı, engel boyutu, ikincil kaynakların ışık yansıtma çarpanı gibi değişkenlerin gölge niteliğine etkisi çeşitli örnekler aracılığı ile incelenmiş, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir.

Bölüm 6’da, belirlenen amaç doğrultusunda yapılan çalışma ile ilgili genel bir değerlendirme yapılarak sonuçlar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gölgenin niteliği, gölge çekirdeği, yarı gölge, sertlik ve yumuşaklık, açıklık ve koyuluk.

ABSTRACT

In illumination designs, the shadow quality theme is very important because of to obtain the visual comfort requirements and the esthetic that hope to create and accent the architectural properties. 'Sharpness and softness' that one of the two different qualities of the shadow is concerned with perceiving or not perceiving the shadow area borders. 'Lightness and darkness' is the second properties of the shadow and concerned with the difference of luminance between the lightness area and the shaded area.

In this study one of the theme of illumination quality discussed in two groups as sharpness-softness and lightness-darkness and determined the factors which affected them and examined with the samples. In this study which formed by six chapters, the contents of the chapters are the same as given below.

In chapter I, the introduction to subject is made by determining the objective of this study.

In chapter II, quality and quantity of illumination themes are discussed.

In chapter III, sharpness and softness of the shadow that is concerned with the shadow borders is defined, graded by sensation size that aimed at perceiving the size of the surface. Determined the factors which affected sharpness and softness, affect to the shadow is determined by geometrically. In indoor spaces, illumination distribution property of the different sharpness and softness shadows that formed for certain situations is judged and searched.

In chapter IV, lightness and darkness of the shadow that is concerned with the lightness of the shaded area and the lightness area is defined, and graded by the difference of lightness between the shaded area and the lightness area. In indoor spaces, illumination distribution property of the different lightness and darkness shadows that formed for certain situations is judged and searched

In chapter V, the affect of factors like size and the number of the primary light source, size of the obstruction, reflectance of the secondary light source to the shadow quality examined by various samples and founded results are compared and judged.

In chapter VI, the results are given regarding this study by realizing evaluation generally.

Keywords: Shadow quality, umbra, penumbra, sharpness and softness, lightness and darkness.

1. GİRİŞ

Aydınlatılacak konuların çok çeşitli ve farklı özelliğe sahip olması, aydınlıkta oluşacak gölgelerin de konuya uygun niteliklerde olmasını gerekli kılar. Nesnelerin, aydınlanan yüzeyler üzerinde istenmeyen gölgelerinin oluşması ya da nesnenin birden fazla gölgesinin olması, görsel konfor açısından önemli bir sorun oluşturabilmektedir. Örneğin, ofis, derslik gibi masa yüzeyleri üzerinde oluşan aydınlığın önemli olduğu hacimlerde, çalışma düzleminde görsel konforu olumsuz yönde etkileyecek gölgeli alanların oluşması istenmemektedir. Buna karşılık vitrin, heykel, yapı yüzü, sahne v.b. aydınlatma konularında dikkat çekici, etkileyici ve/ ya da gerçekdışı görüntüler elde etmek amaçlı farklı gölge niteliklerine gereksinim duyulabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı, aydınlatma tekniği bakımından en önemli konulardan biri olan gölge niteliğinin özelliklerini sınıflamaya, etkileyen değişkenleri belirlemeye ve örneklemeye yönelik bir inceleme yapmaktır.

2. AYDINLIĞIN NİCELİĞİ ve NİTELİĞİ

Aydınlatma, nesnelere, bunların çevrelerine ya da bir bölgeye, bir kent bölgesine, görülebilmeleri için ışık uygulanmasıdır (Sirel, 1997). Aydınlatma tekniği, insan, nesne veya çevreye ilişkin çeşitli değişkenleri göz önüne alarak aydınlatmanın nasıl yapılması gerektiğini belirleyen tekniktir (Ünver, 2004-2005). Aydınlatma tasarımı, insanların çeşitli gereksinimlerini göz önüne alarak aydınlatma düzeni kurma çalışmasıdır. Bir mekanda aydınlatma düzeni kurulurken kullanıcı özellikleri bakımından görsel konfor koşullarının oluşturulmasının yanı sıra, mekanın mimari özellikleriyle uyumlu estetik görünümünün elde edilmesi ve ekonomik çözümlere ulaşılması hedeflenmelidir. Görsel konfor koşullarının oluşturulmasında,

- Aydınlığın niceliği ve
- Aydınlığın niteliği

önemli rol oynamaktadır.

2.1 Aydınlığın Niceliği

Günlük yaşamda aydınlığın azlığı ya da çokluğu olarak bilinen aydınlık niceliği (lm/m^2), belli büyüklükteki bir alana düşen ışık akısının (lm), bu alana (m^2) oranı olup, aydınlık düzeyi terimi ile tanımlanır. Belli bir alandaki aydınlık düzeyi belirtilirken, ışık akısının geldiği alanın,

- büyüklüğü (noktada aydınlık- E_p , ortalama aydınlık- E_{ort}),
- konumu (yüzeyin yatayla yaptığı açı),
- biçimi (düzlem, küresel ve silindirel aydınlık)

önemlidir.

Aydınlanan alanın açıklık koyuluğu, rengi, ve ışık yansıtma biçimi o alan üzerindeki aydınlık düzeyini etkilemez. Aydınlığın niceliği, çevrenin ve nesnelerin görünürlülüğünün sağlanmasında önemlidir. Her eylem için aydınlık niceliği gereksinimi değişir. Kimi hacim ve eylem türleri için sağlanması gereken minimum aydınlık düzeyi değerlerine ilişkin örnekler Çizelge 2.1’de verilmektedir.

Çizelge 2.1 Hacim işlevine göre sağlanması gereken minimum aydınlık düzeyleri (CIE, 2001)

Hacim, işlev, eylem	E _{ort} (lm/m ²)	
	Genel	Bölgelik
Giriş holü, dolaşım alanı ve koridor	100	
Merdiven, yürüyen merdiven ve yürüyen bant	150	
Kantin, verstiyer, banyo, tuvalet ve arşiv	200	
Konut	50-100	500-1000
Mutfak	500	
Okul, derslik ve bilgisayar odası	500	
Okul, spor salonu	300	
Büro ve Banka-yazma, okuma	500	
Tiyatro, konser salonu	200-300	
Toplantı salonu	200-300	500
Kütüphane, okuma salonu ve danışma	500	
Hastane-tanı ve bakım odası	1000	
Müze ışığa çok duyarlı nesnelere		30-50
Müze ışığa duyarlı nesnelere		150
Müze ışığa duyarsız nesnelere		300
Kuaför	500	
İyi aydınlatılmış meydan	25	
Trafik yolu	5-10	

2.2 Aydınlığın Niteliği

Aydınlığın niceliği ile aydınlığın niteliği birbirinden bağımsız kavramlardır. Oluşturulan aydınlığın, niceliği dışında, değiştirilebilen diğer özellikleri, aydınlığın niteliği konusu içine girer. Görme konusu için gerekli aydınlığın nicelik bakımından sağlanmış olmasına karşın, uygun niteliklerin yaratılmamış olması yanlış görsel algılamalara, yetersiz ya da olumsuz görünümlere yol açabilir. Örneğin, bir büst aydınlatıldığında yüz hatları belirgin olmalı, mimik ve ifadesi seçilebilmelidir. Büst üzerinde gerekli aydınlık düzeyinin sağlanmış olması, yüze ait belirgin niteliklerin ortaya çıkarılmasında yeterli olmayabilir.

Aydınlık niceliğinin gereğinden az ya da çok olduğu durumlarda görme organı, uyma ile çevresini algılar hale gelmektedir. Bu durum, aydınlığın niteliği konusu için geçerli değildir. Aydınlığın niteliği uygun değilse, aydınlık düzeyinin değiştirilmesi uygun görme koşullarının oluşmasına katkıda bulunamaz. Niteliği doğru oluşturulamamış bir aydınlıkta gözü uyma ile bu kusuru giderebilme yeteneği yoktur. Bu nedenle, aydınlığın niteliği konusu üzerinde

önemle durulmalıdır. Bu sayede, hem iyi bir görüntünün oluşması hem de görüntünün gereği gibi olması sağlanabilir. Aydınlığın niteliği ile ilgili belirlemeler,

- Aydınlığı oluşturan ışığın renksel özellikleri (Işığın tayfsal yapısı)
- Aydınlığı oluşturan ışığın doğrultusal özellikleri
- Aydınlık düzeyi dağılımları (Aydınlık düzeyi değişimleri)
- Aydınlıkta oluşan gölgelerin özellikleri (Gölge niteliği)

gibi dört ana grupta toplanabilir (Sirel, 1983; Ünver vd., 1985).

2.2.1 Aydınlığı Oluşturan Işığın Renksel Özellikleri (Işığın Tayfsal Yapısı)

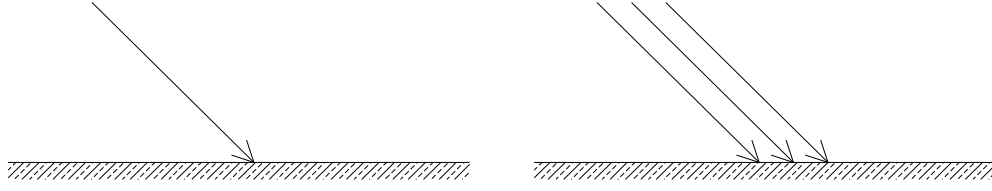
Aydınlığı oluşturan ışığın renksel özellikleri (ışığın tayfsal yapısı), nesnelere yansıyan ışığı, dolayısıyla, nesnenin renksel özelliklerinin belirleyicisidir. Aydınlatan ışığın, tüm renkleri aynı oranda içeren türsüz (beyaz) ışık olması durumunda, nesnenin algılanan-görünen rengiyle, gerçek-öz rengi arasında bir fark olmayabilir. Ancak, aydınlatan ışığın renkli olması durumunda, nesne gerçek-öz renginden farklı algılanabilir ve renk dönmeleri ortaya çıkabilir. Nesnenin algılanan rengi ile gerçek rengi arasındaki ayrım, aydınlatan ışığın renksel özelliklerine göre çok büyük boyutlara ulaşabilir.

2.2.2 Aydınlığı Oluşturan Işığın Doğrultusal Özellikleri

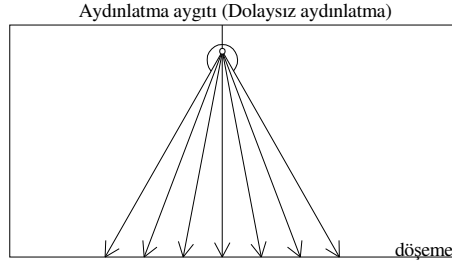
Bir yüzey üzerine gelen ışık akısı, tek bir doğrultudan ya da birbiri ile ufak açı yapan bir doğrultu demetinden, birçok ya da sonsuz doğrultudan, ikişerli üçerli değişik oranlarda karışımlarla gelebilir. Bu özellik, ışığın doğrultusal yapısı olarak adlandırılır. Işığın doğrultusal yapısı aydınlığın niceliğiyle ilişkili değildir. Işığın doğrultusunu değiştirmeden, aydınlık düzeyini değiştirmek ya da aydınlık düzeyini değiştirmeden doğrultusunu değiştirmek mümkündür. Aydınlığı oluşturan ışığın doğrultusal özellikleri, doğrultulu ışık, yayınık ışık ya da baskın doğrultulu ışık olarak üç grupta toplanabilir.

- **Doğrultulu Işık Alanı**

Bir yüzey/nesne üzerine gelen ışık akısının, tek bir doğrultudan ya da birbiri ile ufak açı yapan bir doğrultu demetinden gelmesiyle, doğrultulu ışık alanı oluşur (Şekil 2.1).



a. Doğrultulu ışık.

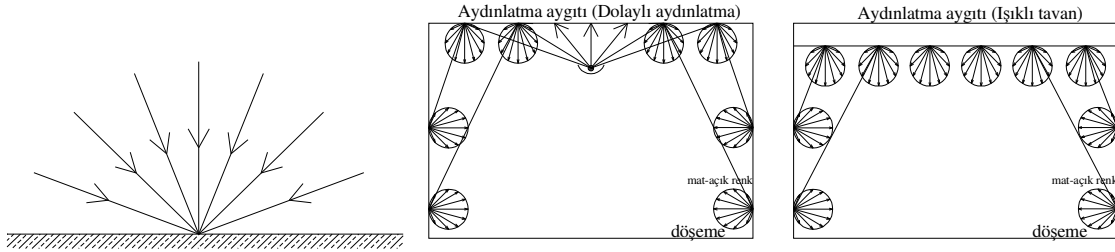


b. Kapalı hacimlerde doğrultulu ışık alanı oluşumuna örnek.

Şekil 2.1 Doğrultulu ışık ve doğrultulu ışık alanı.

- **Yayınık Işık Alanı**

Bir yüzey/nesne üzerine gelen ışık akısı, yüzeye/nesneye birçok ya da sonsuz doğrultudan gelmesiyle yayınık ışık alanı oluşur (Şekil 2.2).



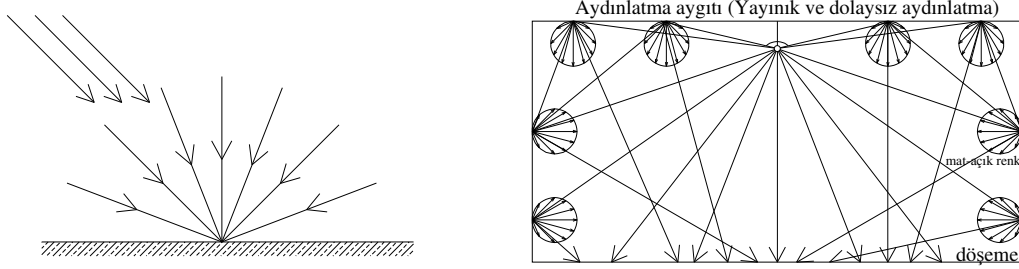
a. Yayınık ışık

b. Kapalı hacimlerde yayınık ışık alanı oluşumuna örnek.

Şekil 2.2 Yayınık ışık ve yayınık ışık alanı.

- **Baskın Doğrultulu Işık Alanı**

Bir yüzey/nesne üzerine gelen ışık akısı, yüzeye/nesneye hem sonsuz doğrultudan hem de belli bir baskın doğrultudan gelmesiyle baskın doğrultulu ışık alanı oluşur (Şekil 2.3).



a. Baskın doğrultulu ışık

b. Kapalı hacimlerde baskın doğrultulu ışık alanı oluşumuna örnek.

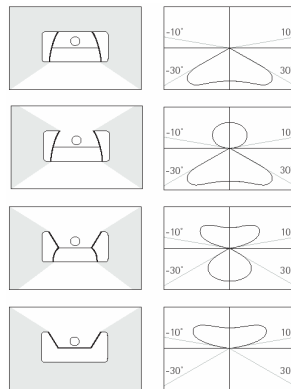
Şekil 2.3 Baskın doğrultulu ışık ve baskın doğrultulu ışık alanı

Söz konusu ışık alanlarının oluşumunda, iç mekan yüzeylerinin yansıtma çarpanları, aydınlatma aygıtının sayısı, konum ve ışık yeğnlik diyagramları gibi etkenler rol oynar.

Örneğin aygıtlar, ışık yeğnlik diyagramı bağlamında değişik aydınlatma biçimlerine sahip olabilir, dolayısıyla ortamda değişik ışık alanları oluşturabilirler. Çizelge 2.2’de aydınlatma biçimi ve Şekil 2.4’te aygıt ışık yeğnlik dağılımlarına ilişkin örnekler verilmiştir.

Çizelge 2.2 Aşağı doğru yayımlanan ışık akısı oranına bağlı aydınlatma biçimi (Ünver, 1991).

Aşağı doğru yayımlanan ışık akısı oranı	Aydınlatma biçimi
%100-90	Dolaysız aydınlatma
%90-60	Yarı dolaysız aydınlatma
%60-40	Yayınık aydınlatma
%40-10	Yarı dolaylı aydınlatma
%10-0	Dolaylı aydınlatma



Dolaysız aydınlatma

Yarı dolaysız aydınlatma

Yayınık aydınlatma

Dolaylı aydınlatma

Şekil 2.4 Işık kaynaklarının aydınlatma biçimleri (Ganslandt R. ve Hofmann H., 1992) [3].

2.2.3 Aydınlık düzeyi dağılımları (Aydınlik düzeyi değişimleri)

Bir düzlem üzerinde aydınlık düzeyinin dağılımı bakımından, genel aydınlatma ve bölgesik aydınlatma olarak adlandırılan iki durum söz konusudur. Genel aydınlatma, düzgün yayılmış ve düzgün yayılmamış olabilir. Bir iç mekanda yararlı düzlem üzerindeki aydınlık düzeyi belirgin bir değişim göstermiyorsa ($E_{min}/E_{ort}>0.80$) düzgün yayılmış genel aydınlatma, gösteriyorsa değişken yayılmış genel aydınlatma olarak adlandırılır.

Bölgesik aydınlatma, bir iç mekanın belli bir bölgesinde, tümüne oranla çok daha fazla (3–4 kat) aydınlık düzeyi gereksinimi olması durumunda genel aydınlatmaya ek olarak yapılır. Bölgesik aydınlatma, çevresine göre daha yüksek aydınlık düzeyi gerektiren, işlevsel açıdan farklılıklara sahip ve dikkat çekmek, insanları yönlendirmek istenen yerlerde kullanılmaktadır.

2.2.4 Aydınlikta Oluşan Gölgelelerin Özellikleri

Işık, yayılma doğrultusu üzerinde herhangi bir saydam olmayan engelle karşılaştığında, engelin altında aydınlanmamış (karanlık) bir alan, yani gölge oluşur.

Türk Dil Kurumu Türkçe sözlüğüne göre gölge, saydam olmayan bir cisim tarafından ışığın engellenmesiyle ışıklı yerde oluşan karanlıktır. Yarı gölge ise, bir ışık kaynağı önüne konulan saydam olmayan bir cismin, gerisindeki ekran üzerine vuran gölgesinin çevresinde görülen, çok koyu karanlık olmayan bölümü olarak tanımlanmıştır (TDK, 2005).

Özkaya'ya göre (2004), gölge sözcüğü engelleme suretiyle kararmaya işaret eder. Bu şekilde kararmış bölgelere gölgeli bölgeler denir (Özkaya, 2004). Sirel'e göre (2001) gölge, aydınlığın tamamlayıcısıdır.

Işık kaynağı ile aydınlanan yüzey arasında bulunan opak bir nesnenin oluşturduğu ve genellikle oldukça keskin sınırlara sahip bir gölge, aydınlığı azalmış bir alan olarak tanımlanabilir. Gölgeyi oluşturan aydınlığın, gerçek nicel değişiminin bilinmesine ihtiyaç duyulurken; gölgenin, sadece konumunu ve biçimini bilmek yeterli görülebilir (Moon, 1961).

Aydınlığın niteliği konularından biri olan gölge özelliği,

- Sert - yumuşak,
- Açık - koyu

gibi iki ana grupta tanımlanır (Sirel, 1983, 1992; Ünver vd., 2001; Öztürk vd., 2004-2005, 2005).

Gölgenin iki ayrı niteliğinden biri olan ‘sertlik-yumuşaklık’, gölge alan sınırlarının net bir biçimde algılanıp algılanamaması ile ilgilidir. Gölgenin sertliği-yumuşaklığı, oluşan gölgenin sınırlarının kesinliğini tanımlar. Gölgenin ikinci özelliği olan ‘açıklık-koyuluk’, gölgeli alan ile aydınlık alan arasındaki aydınlık düzeyi farkı ile ilgilidir. Gölgenin açıklığı-koyuluğu, oluşan gölgenin aydınlık düzeyini tanımlar. Bu iki özellik dışında, gölgeli alan-aydınlık (gölgesiz) alan arasındaki aydınlık düzeyi farkının çok az olduğu ya da hiç olmadığı koşullarda gölgesiz aydınlık durumu oluşmaktadır. Gölgesiz aydınlık, aydınlık-karanlık ayırımının belirgin bir biçimde yapılamadığı, gölgelerin etkili olmadığı bir aydınlık biçimidir.

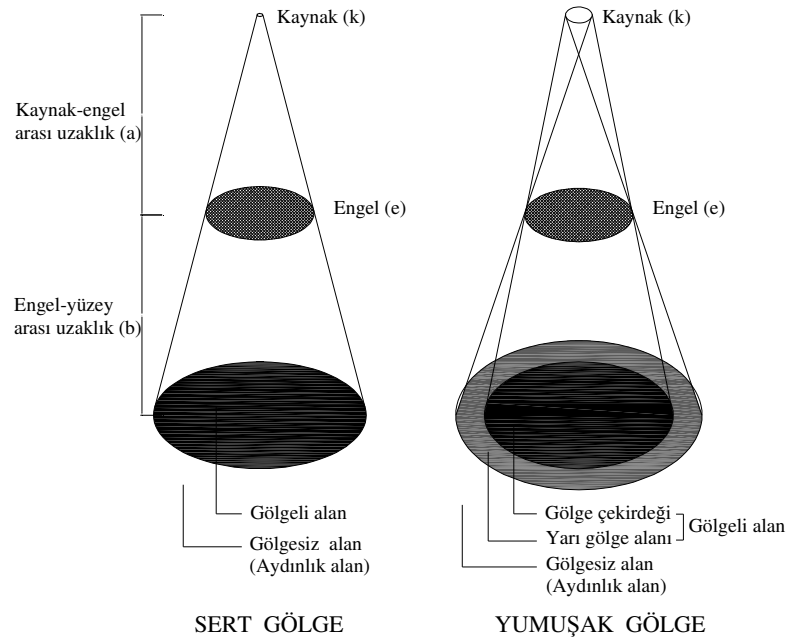
3. ve 4. bölümde gölgenin sertliği-yumuşaklığı ve açıklığı-koyuluğu ile ilgili tanımlamalar ve derecelendirmeler yapılmış, bu nitelikleri etkileyen değişkenler irdelenerek aydınlık dağılımları incelenmiştir.

3. GÖLGENİN SERTLİĞİ-YUMUŞAKLIĞI

Sert gölge, sınırları kesin olarak algılanan, saydamsız bir engelin biçiminin net olarak görülebildiği bir gölge biçimidir. Bu tür gölgede, gölgeli alandan aydınlık (gölgesiz) alana birdenbire geçilir. Yumuşak gölge, sınırları kesin olmayan, engel biçiminin kolayca algılanmadığı, net olmayan gölgedir. Bu tür gölgede, gölgeli alandan aydınlık alana doğru gölge, giderek yok olur.

Gölge çekirdeği, gölge içinde aydınlık düzeyi en düşük olan bölümdür. Aydınlık alan, hiçbir biçimde gölgelenmemiş bölümdür. Yarı gölge alanı ise, gölge çekirdeği ile aydınlık alan arasında kalan bir geçiş bölümüdür. Yarı gölge alanındaki aydınlık, gölge çekirdeğinden aydınlık alana doğru gittikçe artar. Yarı gölge alanının toplam gölge alan içindeki oranı küçüldükçe, gölge biçimi ve sınırları net olarak algılanmaya başlar. Bu durum gölgenin sertlik kazanması anlamına gelir.

Işık kaynağı, engel, gölge çekirdeği, yarı gölge ve aydınlık alan, sert-yumuşak gölge örnekleri üzerinden Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Sert ve yumuşak gölgenin şematik gösterimi.

Aşağıdaki bölümlerde gölgenin sertlik-yumuşaklık derecelendirmesi, sertliğini-yumuşaklığını etkileyen değişkenlerin geometrik incelemesi ve aydınlık dağılımı irdelemesi yapılmıştır.

3.1 Gölgenin Sertlik-Yumuşaklık Derecelendirmesi

Gölgenin sertliği-yumuşaklığı, toplam gölge içindeki gölge çekirdeği ve yarı gölgenin (gölgeli alan) kapladıkları alan büyüklükleri ve bu alanların birbirine oranları bağlamında derecelendirilebilir.

Weber-Fechner yasası uyarınca, genelde algılama uyarının logaritması ile değişir. Yüzey büyüklüklerinin algılanmasına yönelik duyulanmanın büyüklüğü için (3.1) numaralı eşitlik kullanılabilir (Erhardt, 1977; Ünver ve Öztürk vd., 2002; Ünver ve Öztürk vd., 2004; Ünver vd., 2006).

$$\text{Duyulanma} = \text{Uyartı}^{0.7} \quad (3.1)$$

Konu gölgenin sertliği-yumuşaklığı açısından ele alındığında, gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesi (G_{SYD}), bir uyartı büyüklüğü olarak (3.2) eşitliği ile belirlenebilir.

$$G_{\text{SYD}} = \text{Duyulanma}^{(1/0.7)} = \text{Uyartı} \quad (3.2)$$

Örneğin, duyulanma büyüklüğü 0,7 ise (3.2) eşitliği bağlamında $G_{\text{SYD}} = 0,7^{(1/0.7)} = 0,60$ olur (Çizelge 3.1). Duyulanmanın sayısal büyüklüğüne bağlı olarak oluşturulan değişik duyulanma grupları bağlamında, gölgenin sertlik-yumuşaklık dereceleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Duyulanma grubu bağlamında gölgenin sertlik-yumuşaklık dereceleri.

Duyulanma grubu	Duyulanmanın büyüklüğü	Gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesi (G_{SYD})
Çok büyük	1.0 - >0.8	1,00
		0,90
Büyük	0.8 - >0.6	0,80
		0,70
Orta	0.6 - >0.4	0,60
		0,50
Küçük	0.4 - >0.2	0,40
		0,25
Çok küçük	0.2 - >0.0	0,20
		0,00

Çizelge 3.1’deki belirlemeler bağlamında, duyulanma grubu ve duyulanma büyüklüğü dikkate alınarak, gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesine ilişkin aralıklar belirlenmiş ve bu aralıklara bağlı olarak sertlik-yumuşaklık tanımları yapılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Gölgenin sertliği-yumuşaklığı.

Gölgenin sertlik-yumuşaklık aralığı (G_{SYA})	Gölgenin sertliği-yumuşaklığı (G_{SY})
1,00	Çok sert gölge (Ç.S.G.)
$>0,73-<1,00$	Sert gölge (S.G.)
$>0,48-\leq 0,73$	Az sert gölge (A.S.G.)
$>0,27-\leq 0,48$	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
$>0,10-\leq 0,27$	Yumuşak gölge (A.Y.G.)
$>0,00-\leq 0,10$	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)

Gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesi (G_{SYD}), gölge çekirdeği alanının (S_g), toplam gölge alana (S_t) oranı (3.3) eşitliği ile belirlenebilir.

$$G_{SYD} = S_g / S_t \quad (3.3)$$

3.2 Sertliği-Yumuşaklığı Etkileyen Değişkenlerin Geometrik İncelemesi

Çalışmanın bu bölümünde,

- kaynak, engel ve aydınlanan yüzeyin birbirine paralel,
 - kaynağın, daire biçiminde izotrop dağıtımli,
 - engelin, saydam olmayan daire biçiminde ve kaynak merkezi ile aynı eksende olması
- koşulunda, gölgenin sertlik-yumuşaklık değişimi geometrik olarak incelenmiştir.

Yukarıda verilen kabuller doğrultusunda gölgenin sertlik-yumuşaklık incelemesi,

- değişkenlerin gölgenin sertliği-yumuşaklığı üzerindeki etkilerinin irdelenmesi,
- kaynak ve engel çaplarının gölgeye etkisi,
- gölgenin sertliğini-yumuşaklığını etkileyen dört değişkenin oranları ilişkisi,
- gölgenin sertlik-yumuşaklığında aydınlık dağılımı

olmak üzere dört ana başlıkta ele alınmıştır.

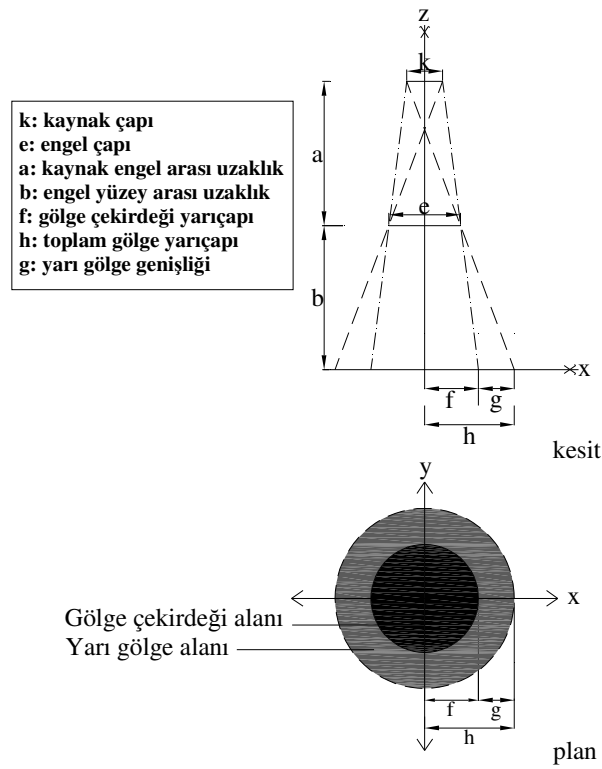
Belirtilen koşullarda gölgenin sertliğini-yumuşaklığını, bir başka deyişle gölge sınırı kesinliğini geometrik olarak,

- kaynak çapı (k),
- engel çapı (e),

- kaynak ile engel arası uzaklık (a),
- engel ile aydınlanan yüzey arasındaki uzaklık (b)

olmak üzere dört değişken belirler. Bu dört değişkenin özelliklerine bağlı olarak, gölge çekirdeği alanının (S_g), toplam gölge alanı (S_t) içindeki büyüklüğü, dolayısıyla gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesi de değişecektir.

Kaynak çapı (k), engel çapı (e), kaynak ile engel arası uzaklık (a), engel ile aydınlanan yüzey arası uzaklık (b), gölge çekirdeği yarıçapı (f), toplam gölge yarıçapı (h) ve yarı gölge genişliği (g) Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Gölge oluşumunda kaynak, engel ve yüzey ilişkilerinin şematik gösterimi.

Gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesi (G_{SYD}), (3.3) eşitliğine ilişkin olarak f^2/h^2 oranına eşittir. Gölge çekirdeği yarıçapı (f) (3.4), toplam gölge yarıçapı (g) (3.5), gölge çekirdeği alanı (S_g) (3.6) ve toplam gölge alanı (S_t) (3.7) numaralı eşitlik aracılığıyla hesaplanabilir.

$$f = [(e \times a) + (e \times b) - (k \times b)] / 2a \quad (3.4)$$

$$h = [(e \times a) + (e \times b) + (k \times b)] / 2a \quad (3.5)$$

$$S_g = \pi \times f^2 \quad (3.6)$$

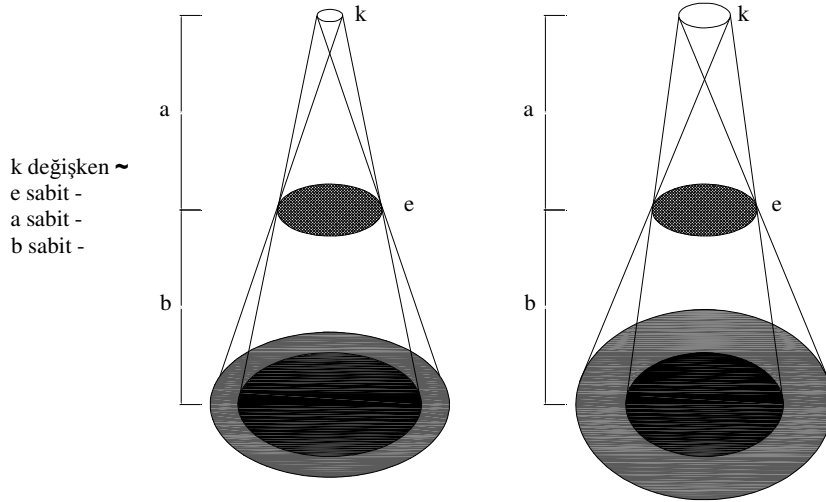
$$S_t = \pi \times h^2 \quad (3.7)$$

3.2.1 Değişkenlerin Sertlik-Yumuşaklık Üzerindeki Etkilerinin İrdelenmesi

Bir gölgenin sertliğini-yumuşaklığını belirleyen dört değişkenden (k, e, a, b) üçünün sabit kalıp, birinin değişmesinin gölgeye etkisi sayısal örneklerle aşağıda verilmiştir.

a) Kaynak Çapının (k) Büyümesinin Gölgenin Sertliğine-Yumuşaklığına Etkisi

Engel çapı (e), kaynak-engel uzaklığı (a) ve engel-yüzey uzaklığı (b) sabit olduğunda, kaynak çapı (k) büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f) küçülmekte, toplam gölge yarıçapı (h) ve yarı gölge genişliği (g) büyümekte ve gölge gittikçe yumuşaklık kazanmaktadır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Kaynak çapının (k) büyümesinin gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi.

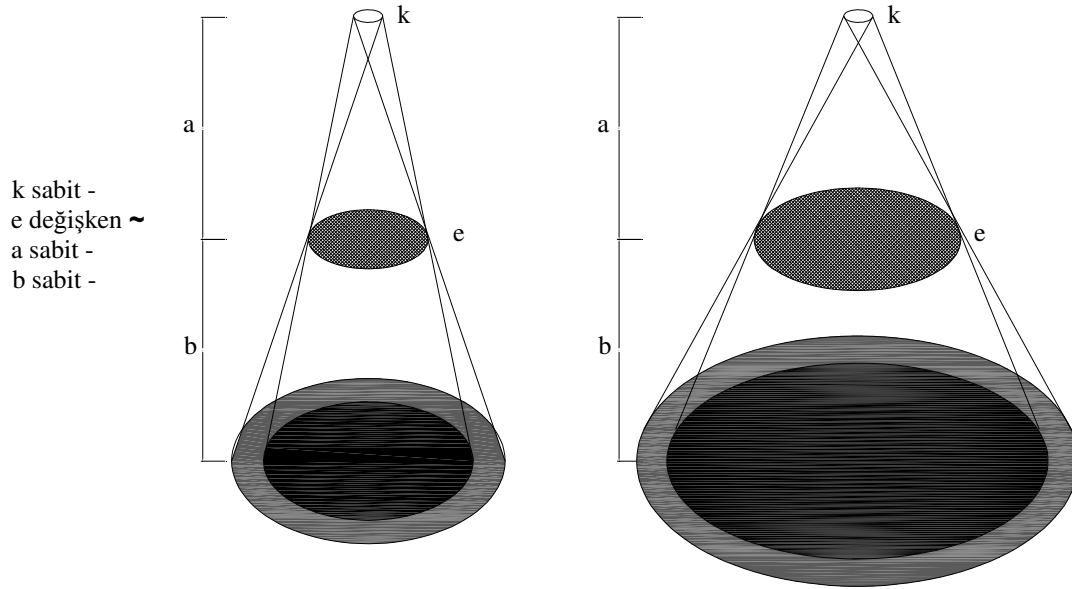
Bu durum Çizelge 3.3'te, engel çapı (e), kaynak-engel uzaklığı (a) ve engel-yüzey uzaklığının (b) birbirine eşit ve 1 birim, kaynak çapının (k) 0.001- 0.1- 0.3- 0.5- 1.0- 1.5 birim olması koşulları için örneklenmiş ve sırasıyla çok sert, sert, az sert, az yumuşak, yumuşak, çok yumuşak gölgeler elde edilmiştir.

Çizelge 3.3 Kaynak çapının (k) büyümesinin gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi.

Engel çapı (e), kaynak engel uzaklığı (a), engel yüzey uzaklığı (b) sabit kalıp, kaynak çapının (k) büyümesi (f: gölge çekirdeği yarıçapı, h: toplam gölge yarıçapı, g: yarı gölge genişliği)												
	k	e	k/e	a	b	a/b	f	h	g	G _{SYD}	G _{SYA}	G _{SY}
k<e	0,001	1	0,001	1	1	1	1,00	1,00	0,001	1,00	f ² /h ² ~1	Ç.S.G.
	0,1	1	0,1	1	1	1	0,95	1,05	0,100	0,82	0,73<f ² /h ² <1	S.G.
	0,3	1	0,3	1	1	1	0,85	1,15	0,300	0,55	0,48<f ² /h ² ≤0,73	A.S.G.
	0,5	1	0,5	1	1	1	0,75	1,25	0,500	0,36	0,27<f ² /h ² ≤0,48	A.Y.G.
k=e	1,0	1	1,0	1	1	1	0,50	1,50	1,000	0,11	0,10<f ² /h ² ≤0,28	Y.G.
k>e	1,5	1	1,5	1	1	1	0,25	1,75	1,500	0,02	0,00<f ² /h ² ≤0,10	Ç.Y.G.

b) Engel Çapının (e) Büyümesinin Gölgenin Sertliğine-Yumuşaklığına Etkisi

Kaynak çapı (k), kaynak-engel uzaklığı (a), engel-yüzey uzaklığı (b) sabit olduğunda, engel çapı (e) büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f) ve toplam gölge yarıçapı (h) büyümekte, yarı gölge genişliği sabit kalmakta ve gölge gittikçe sertlik kazanmaktadır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Engel çapının (e) büyümesinin gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi.

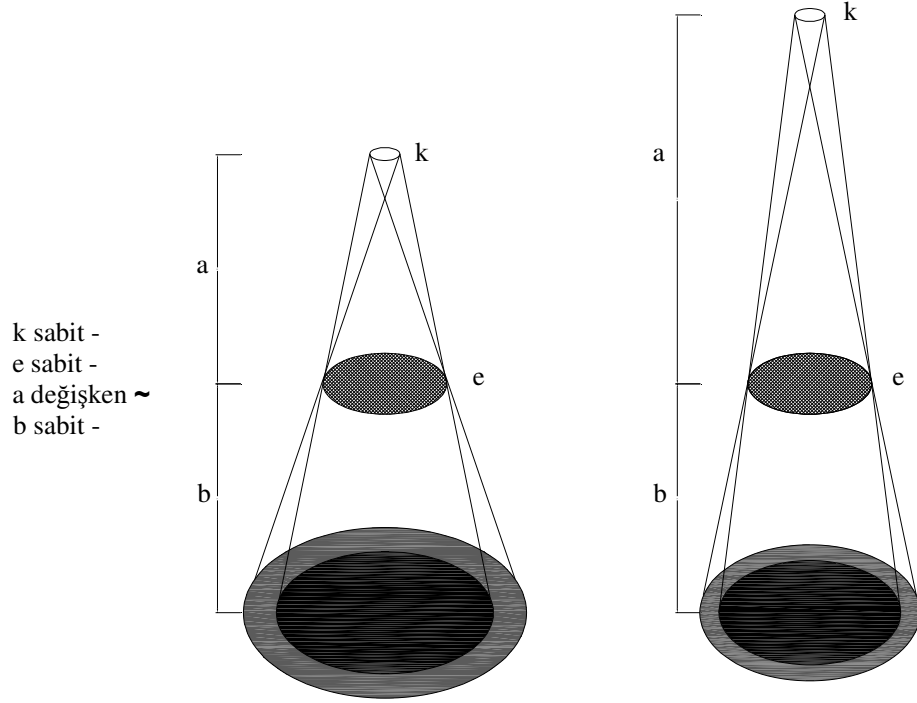
Bu durum Çizelge 3.4'te, kaynak çapı (k), kaynak-engel uzaklığı (a) ve engel-yüzey uzaklığının (b) birbirine eşit ve 1 birim, engel çapının (e) 0.5- 1- 2- 3- 9- 400 birim olması koşulları için örneklenmiş ve sırasıyla çok yumuşak, yumuşak, az yumuşak, az sert, sert, çok sert gölgeler elde edilmiştir.

Çizelge 3.4 Engel çapının (e) büyümesinin gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi.

Kaynak çapı (k), kaynak engel uzaklığı (a), engel yüzey uzaklığı (b) sabit kalıp, engel çapının (e) büyümesi (f: gölge çekirdeği yarıçapı, h: toplam gölge yarıçapı, g: yarı gölge genişliği)												
	k	e	k/e	a	b	a/b	f	h	g	G _{SYD}	G _{SYA}	G _{SY}
k>e	1	0,5	2,000	1	1	1	0,0	1,0	1	0,00	0,00<f ² /h ² ≤0,10	Ç.Y.G.
k=e	1	1,0	1,000	1	1	1	0,5	1,5	1	0,11	0,10<f ² /h ² ≤0,27	Y.G.
k<e	1	2,0	0,500	1	1	1	1,5	2,5	1	0,36	0,27<f ² /h ² ≤0,48	A.Y.G.
	1	3,0	0,333	1	1	1	2,5	3,5	1	0,51	0,48<f ² /h ² ≤0,73	A.S.G.
	1	9,0	0,111	1	1	1	8,5	9,5	1	0,80	0,73<f ² /h ² <1	S.G.
	1	400	0,003	1	1	1	399,5	400,5	1	1,00	f ² /h ² ~1	Ç.S.G.

c) **Kaynak-Engel Uzaklığının (a) Artmasının Gölgenin Sertliğine-Yumuşaklığına Etkisi**

Kaynak çapı (k), engel çapı (e) ve engel-yüzey uzaklığı (b) sabit olduğunda, kaynak-engel uzaklığı (a) büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f) sabit kalmakta, toplam gölge yarıçapı (h) ve yarı gölge genişliği (g) küçülmekte ve gölge gittikçe sertlik kazanmaktadır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Kaynak-engel uzaklığının (a) artmasının gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi.

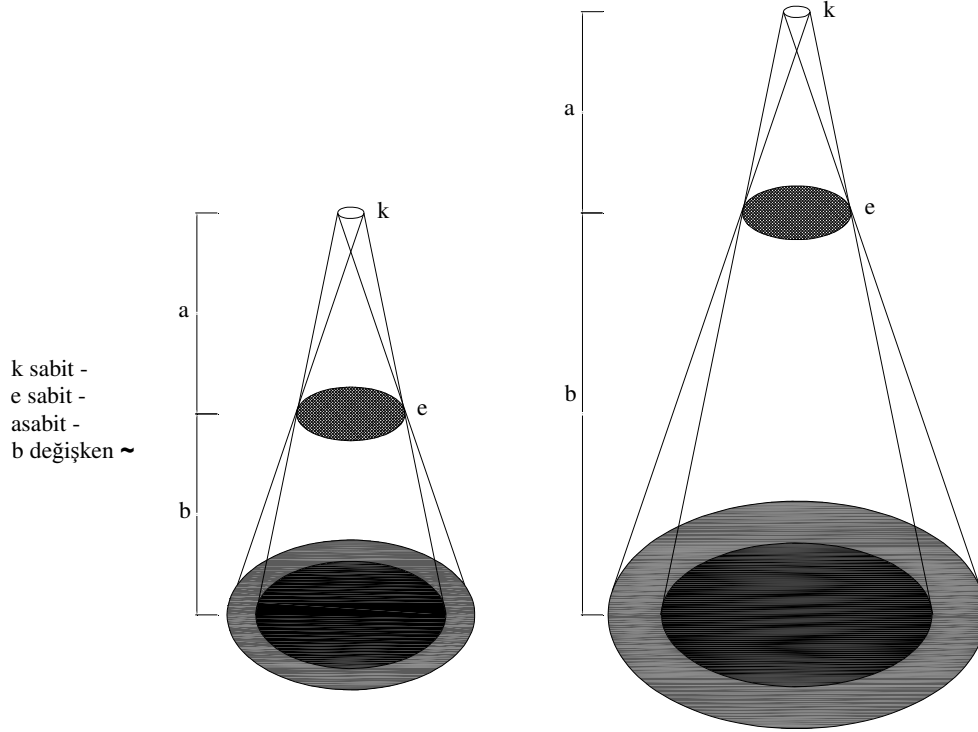
Bu durum Çizelge 3.5'te, kaynak çapı (k), engel çapı (e) ve engel-yüzey uzaklığının (b) birbirine eşit ve 1 birim, kaynak-engel uzaklığının (a) 0.5- 1- 3- 9- 50- 1000 birim olması koşulları için örneklenmiş ve sırasıyla çok yumuşak, yumuşak, az yumuşak, az sert, sert, çok sert gölgeler elde edilmiştir.

Çizelge 3.5 Kaynak-engel uzaklığının (a) artmasının gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi.

Kaynak çapı (k), engel çapı (e), engel yüzey uzaklığı (b) sabit kalıp, kaynak engel uzaklığının (a) büyümesi (f: gölge çekirdeği yarıçapı, h: toplam gölge yarıçapı, g: yarı gölge genişliği)												
	k	e	k/e	a	b	a/b	f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a<b	1	1	1	0,5	1	0,5	0,5	2,50	2,000	0,04	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
a=b	1	1	1	1,0	1	1,0	0,5	1,50	1,000	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
a>b	1	1	1	3,0	1	3,0	0,5	0,83	0,333	0,36	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	1	1	1	9,0	1	9,0	0,5	0,61	0,111	0,67	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	1	1	1	50,0	1	50,0	0,5	0,52	0,020	0,92	$0,73 < f^2/h^2 < 3$	S.G.
	1	1	1	1000	1	1000	0,5	0,50	0,001	1,00	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.

d) Engel-Yüzey Uzaklığının (b) Artmasının Gölgenin Sertliğine-Yumuşaklığına Etkisi

Kaynak çapı (k), engel çapı (e) ve kaynak-engel uzaklığı (a) sabit olduğunda, engel-yüzey uzaklığı (b) büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapı sabit kalmakta, yarı gölge genişliği ve toplam gölge yarıçapı (h) büyümekte, gölge gittikçe yumuşaklık kazanmaktadır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Engel-yüzey uzaklığının (b) artmasının gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi.

Bu durum Çizelge 3.6'da, kaynak çapı (k), engel çapı (e) ve kaynak-engel uzaklığının (a) birbirine eşit ve 1 birim, engel-yüzey uzaklığının (b) 0.001- 0.05- 0.1- 0.3- 1- 3 birim olması koşulları için örneklenmiş ve sırasıyla çok sert, sert, az sert, az yumuşak, yumuşak, çok yumuşak gölgeler elde edilmiştir.

Çizelge 3.6 Engel-yüzey uzaklığının (b) artmasının gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisi.

Kaynak çapı (k), engel çapı (e) ve engel yüzey uzaklığının (b) sabit kalıp, kaynak engel uzaklığının (a) büyümesi (f: gölge çekirdeği yarıçapı, h: toplam gölge yarıçapı, g: yarı gölge genişliği)												
	k	e	k/e	a	b	a/b	f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a>b	1	1	1	1	0,001	1000	0,5	0,50	0,00	1,00	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.
	1	1	1	1	0,05	20,00	0,5	0,55	0,05	0,83	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	1	1	1	1	0,10	10,00	0,5	0,60	0,10	0,69	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	1	1	1	1	0,30	3,33	0,5	0,80	0,30	0,39	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
a=b	1	1	1	1	1,00	1,00	0,5	1,50	1,00	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
a<b	1	1	1	1	3,00	0,33	0,5	3,50	3,00	0,02	$0,00 < f^2/h^2 < 0,10$	Ç.Y.G.

3.2.2 Kaynak ve Engel aplarının Gölgeye Etkisi

Işık kaynağı (k) ve gölgeyi oluşturan engel çapının (e) birbiriyle ilişkisinin, gölgenin sertlik-yumuşaklığına etkisi, kaynak çapının,

- engel çapına eşit ($k=e$),
- engel çapından küçük ($k<e$),
- engel çapından büyük ($k>e$)

olması gibi üç ayrı durum için aşağıdaki bölümlerde ele alınmıştır.

3.2.2.1 Kaynak apının Engel apına Eşit Olması ($k=e$)

Gölgenin sertliği-yumuşaklığı bakımından, kaynak çapı ve engel çapının birbirine eşit ($k=e$) olması koşulunda, kaynak-engel uzaklığının,

- engel-yüzey uzaklığından küçük ($a<b$),
- engel-yüzey uzaklığına eşit ($a=b$),
- engel-yüzey uzaklığından büyük ($a>b$)

olması gibi üç ayrı durum söz konusudur.

Kaynak-engel uzaklığına (a) ilişkin yukarıda verilen üç farklı durumun sayısal örnekleme, kaynak çapının (k), engel çapına (e) eşit olması ($k=e$) durumu ve çapların 1, 2, 3 birim olması koşulları için ele alınmıştır.

a) Kaynak apının Engel apına Eşit ve 1 birim olması ($k=e=1$)

Kaynak apı, engel çapına eşit ve 1 birim olarak alınmıştır ($k=e=1$). Engel-yüzey uzaklığı (b) 1 birim alınmıştır. Kaynak-engel uzaklığının (a) ve kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranının (a/b) 0,01'den 797'ye kadar büyümesi durumu için gölgenin sertlik-yumuşaklık derecelendirmesi Çizelge 3.7'de örneklendirilmiştir.

Çizelge 3.7 Kaynak çapının, engel çapına eşit ve 1 birim olması ($k=e=1$, $k/e=1$).

k=e, a<b, a=b, a>b, $G_{SYD}=f^2/h^2$												
	k	e	k/e	a	b	a/b	f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a<b	1	1	1	0,01	1	0,01	0,5	100,500	100,00	0,00	0,00< f^2/h^2 ≤0,10	Ç.Y.G.
	1	1	1	0,20	1	0,20	0,5	5,500	5,00	0,01		
	1	1	1	0,40	1	0,40	0,5	3,000	2,50	0,03		
	1	1	1	0,60	1	0,60	0,5	2,167	1,67	0,05		
	1	1	1	0,80	1	0,80	0,5	1,750	1,25	0,08		
	1	1	1	0,95	1	0,95	0,5	1,553	1,05	0,10		
a=b	1	1	1	0,96	1	0,96	0,5	1,542	1,04	0,11	0,10< f^2/h^2 ≤0,27	Y.G.
	1	1	1	1,00	1	1,00	0,5	1,500	1,00	0,11		
	1	1	1	2,00	1	2,00	0,5	1,000	0,50	0,25		
a>b	1	1	1	2,20	1	2,20	0,5	0,955	0,45	0,27	0,27< f^2/h^2 ≤0,48	A.Y.G.
	1	1	1	2,21	1	2,21	0,5	0,952	0,45	0,28		
	1	1	1	3,00	1	3,00	0,5	0,833	0,33	0,36		
	1	1	1	4,00	1	4,00	0,5	0,750	0,25	0,44		
	1	1	1	4,58	1	4,58	0,5	0,718	0,22	0,48		
	1	1	1	4,59	1	4,59	0,5	0,718	0,22	0,49		
	1	1	1	5,00	1	5,00	0,5	0,700	0,20	0,51		
	1	1	1	6,00	1	6,00	0,5	0,667	0,17	0,56		
	1	1	1	7,00	1	7,00	0,5	0,643	0,14	0,60		
	1	1	1	8,00	1	8,00	0,5	0,625	0,13	0,64		
	1	1	1	9,00	1	9,00	0,5	0,611	0,11	0,67		
	1	1	1	10,00	1	10,00	0,5	0,600	0,10	0,69		
	1	1	1	11,00	1	11,00	0,5	0,591	0,09	0,72		
	1	1	1	12,00	1	12,00	0,5	0,583	0,08	0,73		
	1	1	1	12,01	1	12,01	0,5	0,583	0,08	0,73		
	1	1	1	12,02	1	12,02	0,5	0,583	0,08	0,74		
	1	1	1	13,00	1	13,00	0,5	0,577	0,08	0,75		
	1	1	1	14,00	1	14,00	0,5	0,571	0,07	0,77		
	1	1	1	15,00	1	15,00	0,5	0,567	0,07	0,78		
	1	1	1	16,00	1	16,00	0,5	0,563	0,06	0,79		
	1	1	1	17,00	1	17,00	0,5	0,559	0,06	0,80		
1	1	1	18,00	1	18,00	0,5	0,556	0,06	0,81			
1	1	1	19,00	1	19,00	0,5	0,553	0,05	0,82			
1	1	1	20,00	1	20,00	0,5	0,550	0,05	0,83			
1	1	1	60,00	1	60,00	0,5	0,517	0,02	0,94			
1	1	1	100,00	1	100,00	0,5	0,510	0,01	0,96			
1	1	1	200,00	1	200,00	0,5	0,505	0,01	0,98			
1	1	1	796,00	1	796,00	0,5	0,501	0,00	0,99			
1	1	1	797,00	1	797,00	0,5	0,501	0,00	1,00	$f^2/h^2=1$	Ç.S.G.	

Çizelge 3.7'den elde edilen sonuçlara göre, kaynak-engel uzaklığının engel yüzey uzaklığına oranı $a/b \leq 0,95$ ise çok yumuşak, $0,96 \leq a/b \leq 2,20$ ise yumuşak, $2,21 \leq a/b \leq 4,58$ ise az yumuşak, $4,59 \leq a/b \leq 12,01$ ise az sert, $12,02 \leq a/b \leq 796$ ise sert, $797 \leq a/b$ ise çok sert gölgeler

Çizelge 3.8 Kaynak çapının, engel çapına eşit ve 2 birim olması ($k=e=2$, $k/e=1$).

k=e, a<b, a=b, a>b, $G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a<b	2	2	1	0,001	1	0,001	0,00<a/b<0,97	1	2001	2000	0,00	0,00<f ² /h ² ≤0,10	Ç.Y.G.
	2	2	1	0,950	1	0,950		1	3,105263	2,105263	0,10		
a=b	2	2	1	0,960	1	0,960	0,97≤a/b<2,21	1	3,083333	2,083333	0,11	0,10<f ² /h ² ≤0,27	Y.G.
	2	2	1	1,000	1	1,000		1	3,000000	2,000000	0,11		
a>b	2	2	1	2,200	1	2,200	2,21≤a/b<4,59	1	1,904977	0,904977	0,28	0,27<f ² /h ² ≤0,48	A.Y.G.
	2	2	1	4,580	1	4,580		1	1,436681	0,436681	0,48		
	2	2	1	4,590	1	4,590	4,59≤a/b<12,02	1	1,435730	0,435730	0,49	0,48<f ² /h ² ≤0,73	A.S.G.
	2	2	1	12,01	1	12,01		1	1,166528	0,166528	0,73		
	2	2	1	12,02	1	12,02	12,02≤a/b<797	1	1,166389	0,166389	0,74	0,73<f ² /h ² <1	S.G.
	2	2	1	796	1	796		1	1,002513	0,002513	0,99		
	2	2	1	797	1	797	797≤a/b<∞	1	1,002509	0,002509	1,00	f ² /h ² ~1	Ç.S.G.

Çizelge 3.9 Kaynak çapının, engel çapına eşit ve 3 birim olması ($k=e=3$, $k/e=1$).

k=e, a<b, a=b, a>b, $G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a<b	3	3	1	0,001	1	0,001	0,00<a/b<0,97	1,5	3001,5	3000	0,00	0,00<f ² /h ² ≤0,10	Ç.Y.G.
	3	3	1	0,950	1	0,950		1,5	4,65789	3,15789	0,10		
a=b	3	3	1	0,960	1	0,960	0,97≤a/b<2,21	1,5	4,62500	3,12500	0,11	0,10<f ² /h ² ≤0,27	Y.G.
	3	3	1	1,000	1	1,000		1,5	4,50000	3,00000	0,11		
a>b	3	3	1	2,200	1	2,200	2,21≤a/b<4,59	1,5	2,86364	1,36364	0,27	0,27<f ² /h ² ≤0,48	A.Y.G.
	3	3	1	2,210	1	2,210		1,5	2,85747	1,35747	0,28		
	3	3	1	4,580	1	4,580	4,59≤a/b<12,02	1,5	2,15502	0,65502	0,48	0,48<f ² /h ² ≤0,73	A.S.G.
	3	3	1	4,590	1	4,590		1,5	2,15359	0,65359	0,49		
	3	3	1	12,01	1	12,01	12,02≤a/b<797	1,5	1,74979	0,24979	0,73	0,73<f ² /h ² <1	S.G.
	3	3	1	12,02	1	12,02		1,5	1,74958	0,24958	0,74		
	3	3	1	796	1	796	797≤a/b<∞	1,5	1,50377	0,00377	0,99	f ² /h ² ~1	Ç.S.G.
	3	3	1	797	1	797		1,5	1,50376	0,00376	1,00		

Kaynak ve engel çapının büyümesi durumunda, gölge çekirdeği genişliği (f), toplam gölge genişliği (h) ve yarı gölge genişliği (g) aynı oranda büyümektedir. Ancak bu durum, gölgenin sertlik-yumuşaklığını değiştirmemektedir.

3.2.2.2 Kaynak Çapının Engel Çapından Küçük Olması ($k<e$)

Gölgenin sertlik-yumuşaklığı bakımından 3.2.2 bölümünde belirtilen, kaynak çapının engel çapından küçük ($k<e$) olması koşulunda kaynak-engel uzaklığının (a),

- engel-yüzey uzaklığından küçük ($a<b$),
- engel-yüzey uzaklığına eşit ($a=b$),
- engel-yüzey uzaklığından büyük ($a>b$)

olması gibi üç ayrı durum söz konusudur. Yukarıda sözü edilen üç farklı durumun sayısal örnekleme aşağıda verilmiştir.

a) Kaynak çapının engel çapından küçük olması durumunda ($k < e$), kaynak-engel uzaklığının (a), engel-yüzey uzaklığına (b) eşit ve 1 birim olması ($a=b=1$)

Kaynak-engel uzaklığı engel-yüzey uzaklığına eşit ve 1 birim olarak alınmıştır ($a=b=1$). Engel çapı (e) 1 birim olarak alınmıştır. Kaynak çapının ve kaynak çapının engel çapına oranının (k/e) 0,99'dan 0,002'ye doğru küçülmesi durumu için gölgenin sertlik-yumuşaklık derecelendirmesi Çizelge 3.10'da sayısal olarak örneklenmiştir.

Çizelge 3.10 Kaynak çapının engel çapından küçük, kaynak-engel uzaklığının, engel yüzey uzaklığına eşit ve 1 birim olması ($k < e$, $a=b=1$, $a/b=1$).

k < e, a=b, $G_{SYD}=f^2/h^2$											
k	e	k/e	a	b	a/b	f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
0,990	1	0,990	1	1	1	0,51	1,50	0,99	0,11	0,10 < f^2/h^2 ≤ 0,27	Y.G.
0,950	1	0,950	1	1	1	0,53	1,48	0,95	0,13		
0,900	1	0,900	1	1	1	0,55	1,45	0,90	0,14		
0,850	1	0,850	1	1	1	0,58	1,43	0,85	0,16		
0,800	1	0,800	1	1	1	0,60	1,40	0,80	0,18		
0,750	1	0,750	1	1	1	0,63	1,38	0,75	0,21		
0,700	1	0,700	1	1	1	0,65	1,35	0,70	0,23		
0,650	1	0,650	1	1	1	0,68	1,33	0,65	0,26		
0,630	1	0,630	1	1	1	0,69	1,32	0,63	0,27		
0,620	1	0,620	1	1	1	0,69	1,31	0,62	0,28	0,27 < f^2/h^2 ≤ 0,48	A.Y.G.
0,600	1	0,600	1	1	1	0,70	1,30	0,60	0,29		
0,550	1	0,550	1	1	1	0,73	1,28	0,55	0,32		
0,500	1	0,500	1	1	1	0,75	1,25	0,50	0,36		
0,450	1	0,450	1	1	1	0,78	1,23	0,45	0,40		
0,400	1	0,400	1	1	1	0,80	1,20	0,40	0,44		
0,360	1	0,360	1	1	1	0,82	1,18	0,36	0,48		
0,350	1	0,350	1	1	1	0,83	1,18	0,35	0,49	0,48 < f^2/h^2 ≤ 0,73	A.S.G.
0,300	1	0,300	1	1	1	0,85	1,15	0,30	0,55		
0,250	1	0,250	1	1	1	0,88	1,13	0,25	0,60		
0,200	1	0,200	1	1	1	0,90	1,10	0,20	0,67		
0,150	1	0,150	1	1	1	0,93	1,08	0,15	0,74		
0,154	1	0,154	1	1	1	0,92	1,08	0,15	0,73	0,73 < f^2/h^2 < 1	S.G.
0,153	1	0,153	1	1	1	0,92	1,08	0,15	0,74		
0,100	1	0,100	1	1	1	0,95	1,05	0,10	0,82		
0,090	1	0,090	1	1	1	0,96	1,05	0,09	0,84		
0,080	1	0,080	1	1	1	0,96	1,04	0,08	0,85		
0,070	1	0,070	1	1	1	0,97	1,04	0,07	0,87		
0,060	1	0,060	1	1	1	0,97	1,03	0,06	0,89		
0,050	1	0,050	1	1	1	0,98	1,03	0,05	0,90		
0,040	1	0,040	1	1	1	0,98	1,02	0,04	0,92		
0,030	1	0,030	1	1	1	0,99	1,02	0,03	0,94		
0,020	1	0,020	1	1	1	0,99	1,01	0,02	0,96		
0,010	1	0,010	1	1	1	1,00	1,01	0,01	0,98		
0,003	1	0,003	1	1	1	1,00	1,00	0,00	0,99		
0,002	1	0,002	1	1	1	1,00	1,00	0,00	1,00	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.

Çizelge 3.6'dan elde edilen sonuçların değerlendirilmesi aşağıdaki gibi yapılabilir.

- Çok yumuşak gölge oluşmamaktadır. Kaynak çapının engel çapına oranı $1.00 > k/e \geq 0.63$

ise yumuşak, $0.62 \geq k/e \geq 0.36$ ise az yumuşak, $0.35 \geq k/e \geq 0.154$ ise az sert, $0.153 \geq k/e \geq 0.003$ ise sert, $0.002 \geq k/e$ çok sert gölgeler oluşmaktadır.

- Kaynak-engel uzaklığının engel yüzey uzaklığına oranı (a/b) sabit olması durumunda, kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) küçüldükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f) büyümekte, toplam gölge yarıçapı (h) ve yarı gölge genişliği (g) küçülmekte ve gölge gittikçe sertlik kazanmaktadır.

b) Kaynak çapının engel çapından küçük olması durumunda ($k < e$), kaynak çapının engel çapına oranının (k/e) gölgenin sertlik-yumuşaklığına etkisi

Kaynak çapı (k) ve kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 0,01- 0,1- 0,2- 0,25- 0,3- 0,4- 0,5- 0,6- 0,7- 0,75- 0,8- 0,9 birim olarak alınmıştır. Engel çapı (e) ve engel-yüzey uzaklığı (b) 1 birim olarak alınmıştır. Kaynak-engel uzaklığının engel yüzey uzaklığına oranının (a/b) değişiminin gölgenin sertlik-yumuşaklığına etkisi Çizelge 3.11-3.22 arasında verilmiştir.

Çizelge 3.11 Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,01 olması ($k < e$, $k/e=0,01$).

k < e, a < b, a = b, a > b, $G_{SYD} = f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a < b	0,01	1	0,01	0,001	1	0,001	$0,001 \leq a/b < 7$	496	506	10	0,96	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
a = b	0,01	1	0,01	1	1	0,995		1,005	0,0100	0,98			
a > b	0,01	1	0,01	6	1	6		0,583	0,584	0,0017	0,99		
	0,01	1	0,01	7	1	7	$7 \leq a/b < \infty$	0,571	0,572	0,0014	1,00	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.

Çizelge 3.12 Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,1 olması ($k < e$, $k/e=0,1$).

k < e, a < b, a = b, a > b, $G_{SYD} = f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a < b	0,1	1	0,1	0,001	1	0,001	$0,001 \leq a/b < 0,3$	451	551	100	0,67	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	0,1	1	0,1	0,300	1	0,300		2,000	2,333	0,3333	0,73		
a = b	0,1	1	0,1	0,310	1	0,310	$0,3 \leq a/b < 79$	1,952	2,274	0,3226	0,74	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	0,1	1	0,1	1,000	1	1,000		0,950	1,050	0,1000	0,82		
a > b	0,1	1	0,1	78	1	78	$79 \leq a/b < \infty$	0,506	0,507	0,0013	0,99	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.
	0,1	1	0,1	79	1	79		0,506	0,507	0,0013	1,00		

Çizelge 3.13 Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,2 olması ($k < e$, $k/e=0,2$).

k < e, a < b, a = b, a > b, $G_{SYD} = f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a < b	0,2	1	0,2	0,001	1	0,001	$0,001 \leq a/b < 0,12$	400,5	600,5	200	0,44	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	0,2	1	0,2	0,11	1	0,11		4,136	5,955	1,8182	0,48		
a = b	0,2	1	0,2	0,12	1	0,12	$0,12 \leq a/b < 1,7$	3,833	5,500	1,6667	0,49	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	0,2	1	0,2	1,00	1	1,00		0,900	1,100	0,2000	0,67		
a > b	0,2	1	0,2	1,60	1	1,60	$1,7 \leq a/b < 159$	0,750	0,875	0,1250	0,73	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	0,2	1	0,2	1,70	1	1,70		0,735	0,853	0,1176	0,74		
	0,2	1	0,2	158	1	158	$159 \leq a/b < \infty$	0,503	0,504	0,0013	0,99	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.
	0,2	1	0,2	159	1	159		0,503	0,504	0,0013	1,00		

Çizelge 3.14 Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,25 olması ($k < e$, $k/e=0,25$).

$k < e$, $a < b$, $a=b$, $a > b$, $G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a < b	0,25	1	0,25	0,001	1	0,001	$0,001 \leq a/b < 0,4$	375,5	625,5	250	0,36	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	0,25	1	0,25	0,39	1	0,39		1,462	2,103	0,6410	0,48		
a = b	0,25	1	0,25	0,40	1	0,40	$0,4 \leq a/b < 2,26$	1,438	2,063	0,6250	0,49	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	0,25	1	0,25	1,00	1	1,00		0,875	1,125	0,2500	0,60		
a > b	0,25	1	0,25	2,25	1	2,25	$2,26 \leq a/b < 199$	0,667	0,778	0,1111	0,73	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	0,25	1	0,25	2,26	1	2,26		0,666	0,777	0,1106	0,74		
	0,25	1	0,25	3,00	1	3,00		0,625	0,708	0,0833	0,78		
	0,25	1	0,25	198	1	198		0,502	0,503	0,0013	0,99		
	0,25	1	0,25	199	1	199		$199 \leq a/b < \infty$	0,502	0,503	0,0013		

Çizelge 3.15 Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,3 olması ($k < e$, $k/e=0,3$).

$k < e$, $a < b$, $a=b$, $a > b$, $G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a < b	0,3	1	0,3	0,001	1	0,001	$0,001 \leq a/b < 0,68$	350,5	650,5	300	0,29	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	0,3	1	0,3	0,67	1	0,67		1,022	1,470	0,4478	0,48		
a = b	0,3	1	0,3	0,68	1	0,68	$0,68 \leq a/b < 3$	1,015	1,456	0,4412	0,49	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	0,3	1	0,3	1,00	1	1,00		0,850	1,150	0,3000	0,55		
a > b	0,3	1	0,3	2,90	1	2,90	$3 \leq a/b < 239$	0,621	0,724	0,1034	0,73	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	0,3	1	0,3	3,00	1	3,00		0,617	0,717	0,1000	0,74		
	0,3	1	0,3	238	1	238		0,501	0,503	0,0013	0,99		
	0,3	1	0,3	239	1	239		$239 \leq a/b < \infty$	0,501	0,503	0,0013		

Çizelge 3.16 Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,4 olması ($k < e$, $k/e=0,4$).

$k < e$, $a < b$, $a=b$, $a > b$, $G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a < b	0,4	1	0,4	0,001	1	0,001	$0,001 \leq a/b < 0,29$	300,5	700,5	400	0,18	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
	0,4	1	0,4	0,28	1	0,28		1,571	3,000	1,4286	0,27		
a = b	0,4	1	0,4	0,29	1	0,29	$0,29 \leq a/b < 1,24$	1,534	2,914	1,3793	0,28	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	0,4	1	0,4	1,00	1	1,00		0,800	1,200	0,4000	0,44		
a > b	0,4	1	0,4	1,23	1	1,23	$1,24 \leq a/b < 4,21$	0,744	1,069	0,3252	0,48	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	0,4	1	0,4	1,24	1	1,24		0,742	1,065	0,3226	0,49		
	0,4	1	0,4	4,20	1	4,20		0,571	0,667	0,0952	0,73		
	0,4	1	0,4	4,21	1	4,21		0,571	0,666	0,0950	0,74		
	0,4	1	0,4	318	1	318		0,501	0,502	0,0013	0,99		
	0,4	1	0,4	319	1	319		$319 \leq a/b < \infty$	0,501	0,502	0,0013		

Çizelge 3.17 Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,5 olması ($k < e$, $k/e=0,5$).

$k < e$, $a < b$, $a=b$, $a > b$, $G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a < b	0,5	1	0,5	0,001	1	0,001	$0,00 < a/b < 0,61$	251	751	500	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
	0,5	1	0,5	0,60	1	0,60		0,917	1,750	0,8333	0,27		
a = b	0,5	1	0,5	0,61	1	0,61	$0,61 \leq a/b < 1,80$	0,910	1,730	0,8197	0,28	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	0,5	1	0,5	1,00	1	1,00		0,750	1,250	0,5000	0,36		
a > b	0,5	1	0,5	1,79	1	1,79	$1,80 \leq a/b < 5,51$	0,640	0,919	0,2793	0,48	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	0,5	1	0,5	1,80	1	1,80		0,639	0,917	0,2778	0,49		
	0,5	1	0,5	3,00	1	3,00		0,583	0,750	0,1667	0,60		
	0,5	1	0,5	5,50	1	5,50		0,545	0,636	0,0909	0,73		
	0,5	1	0,5	5,51	1	5,51		0,545	0,636	0,0907	0,74		
	0,5	1	0,5	397	1	397		$5,51 \leq a/b < 398$	0,501	0,502	0,0013		
0,5	1	0,5	398	1	398	$398 \leq a/b < \infty$	0,501	0,502	0,0013	1,00	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.	

Çizelge 3.18 Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,6 olması ($k < e$, $k/e=0,6$).

$k < e$, $a < b$, $a=b$, $a > b$, $G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a < b	0,6	1	0,6	0,001	1	0,001	$0,001 \leq a/b < 0,18$	200,5	800,5	600	0,06	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
	0,6	1	0,6	0,17	1	0,17		1,676	5,206	3,5294	0,10		
	0,6	1	0,6	0,18	1	0,18	$0,18 \leq a/b < 0,93$	1,611	4,944	3,3333	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
	0,6	1	0,6	0,92	1	0,92		0,717	1,370	0,6522	0,27		
a = b	0,6	1	0,6	0,93	1	0,93	$0,93 \leq a/b < 2,4$	0,715	1,360	0,6452	0,28	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	0,6	1	0,6	1,00	1	1,00		0,700	1,300	0,6000	0,29		
a > b	0,6	1	0,6	2,30	1	2,30	$2,4 \leq a/b < 6,9$	0,587	0,848	0,2609	0,48	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	0,6	1	0,6	2,40	1	2,40		0,583	0,833	0,2500	0,49		
	0,6	1	0,6	6,80	1	6,80	$6,9 \leq a/b < 478$	0,529	0,618	0,0882	0,73	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	0,6	1	0,6	6,90	1	6,90		0,529	0,616	0,0870	0,74		
	0,6	1	0,6	477	1	477	$478 \leq a/b < \infty$	0,500	0,502	0,0013	0,99	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.
	0,6	1	0,6	478	1	478		0,500	0,502	0,0013	1,00		

Çizelge 3.19 Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,7 olması ($k < e$, $k/e=0,7$).

$k < e$, $a < b$, $a=b$, $a > b$, $G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a < b	0,7	1	0,7	0,001	1	0,001	$0,001 \leq a/b < 0,38$	150,5	850,5	700	0,03	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
	0,7	1	0,7	0,37	1	0,37		0,905	2,797	1,8919	0,10		
	a = b	0,7	1	0,7	0,38	1	0,38	$0,38 \leq a/b < 1,3$	0,895	2,737	1,8421	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$
0,7		1	0,7	1,00	1	1,00	0,650		1,350	0,7000	0,23		
a > b	0,7	1	0,7	1,20	1	1,20	$1,3 \leq a/b < 3$	0,625	1,208	0,5833	0,27	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	0,7	1	0,7	1,30	1	1,30		0,615	1,154	0,5385	0,28		
	0,7	1	0,7	2,90	1	2,90	$3 \leq a/b < 8,2$	0,552	0,793	0,2414	0,48	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	0,7	1	0,7	3,00	1	3,00		0,550	0,783	0,2333	0,49		
	0,7	1	0,7	8,10	1	8,10	$8,2 \leq a/b < 558$	0,519	0,605	0,0864	0,73	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	0,7	1	0,7	8,20	1	8,20		0,518	0,604	0,0854	0,74		
	0,7	1	0,7	557	1	557	$558 \leq a/b < \infty$	0,500	0,502	0,0013	0,99	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.
	0,7	1	0,7	558	1	558		0,500	0,502	0,0013	1,00		

Çizelge 3.20 Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,75 olması ($k < e$, $k/e=0,75$).

$k < e$, $a < b$, $a=b$, $a > b$, $G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a < b	0,75	1	0,75	0,001	1	0,001	$0,001 \leq a/b < 0,47$	125,5	875,5	750	0,02	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
	0,75	1	0,75	0,46	1	0,46		0,772	2,402	1,6304	0,10		
a = b	0,75	1	0,75	0,47	1	0,47	$0,47 \leq a/b < 1,41$	0,766	2,362	1,5957	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
	0,75	1	0,75	1,00	1	1,00		0,625	1,375	0,7500	0,21		
a > b	0,75	1	0,75	1,40	1	1,40	$1,41 \leq a/b < 3,2$	0,589	1,125	0,5357	0,27	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	0,75	1	0,75	1,41	1	1,41		0,589	1,121	0,5319	0,28		
	0,75	1	0,75	3,10	1	3,10	$3,2 \leq a/b < 8,8$	0,540	0,782	0,2419	0,48	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	0,75	1	0,75	3,20	1	3,20		0,539	0,773	0,2344	0,49		
	0,75	1	0,75	8,70	1	8,70	$8,8 \leq a/b < 598$	0,514	0,601	0,0862	0,73	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	0,75	1	0,75	8,80	1	8,80		0,514	0,599	0,0852	0,74		
	0,75	1	0,75	597	1	597	$598 \leq a/b < \infty$	0,500	0,501	0,0013	0,99	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.
	0,75	1	0,75	598	1	598		0,500	0,501	0,0013	1,00		

Çizelge 3.21 Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,8 olması ($k < e$, $k/e=0,8$).

$k < e$, $a < b$, $a = b$, $a > b$, $G_{SYD} = f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a < b	0,8	1	0,8	0,001	1	0,001	$0,001 \leq a/b < 0,57$	100,5	900,5	800	0,01	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
	0,8	1	0,8	0,56	1	0,56		0,679	2,107	1,4286	0,10		
a = b	0,8	1	0,8	0,57	1	0,57	$0,57 \leq a/b < 1,60$	0,675	2,079	1,4035	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
	0,8	1	0,8	1,00	1	1,00		0,600	1,400	0,8000	0,18		
a > b	0,8	1	0,8	1,56	1	1,56	$1,60 \leq a/b < 3,5$	0,564	1,077	0,5128	0,27	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	0,8	1	0,8	1,57	1	1,57		0,564	1,073	0,5096	0,28		
	0,8	1	0,8	3,40	1	3,40	$3,5 \leq a/b < 9,5$	0,529	0,765	0,2353	0,48	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	0,8	1	0,8	3,50	1	3,50		0,529	0,757	0,2286	0,49		
	0,8	1	0,8	9,40	1	9,40	$9,5 \leq a/b < 638$	0,511	0,596	0,0851	0,73	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	0,8	1	0,8	9,50	1	9,50		0,511	0,595	0,0842	0,74		
	0,8	1	0,8	637	1	637	$638 \leq a/b < \infty$	0,500	0,501	0,0013	0,99	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.
	0,8	1	0,8	638	1	638		0,500	0,501	0,0013	1,00		

Çizelge 3.22 Kaynak çapının, engel çapına oranının 0,9 olması ($k < e$, $k/e=0,9$).

$k < e$, $a < b$, $a = b$, $a > b$, $G_{SYD} = f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
a < b	0,9	1	0,9	0,001	1	0,001	$0,001 \leq a/b < 0,77$	50,5	950,5	900	0,00	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
	0,9	1	0,9	0,76	1	0,76		0,566	1,750	1,1842	0,10		
a = b	0,9	1	0,9	0,77	1	0,77	$0,77 \leq a/b < 1,89$	0,565	1,734	1,1688	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
	0,9	1	0,9	1,00	1	1,00		0,550	1,450	0,9000	0,14		
a > b	0,9	1	0,9	1,88	1	1,88	$1,89 \leq a/b < 4,1$	0,527	1,005	0,4787	0,27	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	0,9	1	0,9	1,89	1	1,89		0,526	1,003	0,4762	0,28		
	0,9	1	0,9	4,00	1	4,00	$4,1 \leq a/b < 10,8$	0,513	0,738	0,2250	0,48	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	0,9	1	0,9	4,10	1	4,10		0,512	0,732	0,2195	0,49		
	0,9	1	0,9	10,70	1	10,70	$10,8 \leq a/b < 718$	0,505	0,589	0,0841	0,73	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	0,9	1	0,9	10,80	1	10,80		0,505	0,588	0,0833	0,74		
	0,9	1	0,9	717	1	717	$718 \leq a/b < \infty$	0,500	0,501	0,0013	0,99	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.
	0,9	1	0,9	718	1	718		0,500	0,501	0,0013	1,00		

Çizelge 3.11-3.22 arasındaki belirlemelerde, kaynak çapının engel çapından küçük ($k < e$) olması koşulunda, kaynak çapının engel çapına oranının (k/e) gölgeye etkisi aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- $k/e=0,01$ ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $0,001 \leq a/b \leq 6$ olursa sert, $7 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=0,1$ ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $0,001 \leq a/b \leq 0,30$ olursa az sert, $0,31 \leq a/b \leq 78$ olursa sert, $797 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=0,2$ ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $0,001 \leq a/b \leq 0,11$ olursa az yumuşak, $0,12 \leq a/b \leq 1,6$ olursa az sert 1,7- 158 olursa sert, $159 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.

- $k/e=0,25$ ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $0,001 \leq a/b \leq 0,39$ olursa az yumuşak, $0,4 \leq a/b \leq 2,25$ olursa az sert, $2,26 \leq a/b \leq 198$ olursa sert, $199 \leq a/b$ değerlerini alırsa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=0,3$ ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $0,001 \leq a/b \leq 0,67$ olursa az yumuşak, $0,68 \leq a/b \leq 2,9$ olursa az sert, $3 \leq a/b \leq 238$ olursa sert, $239 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=0,4$ ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $0,001 \leq a/b \leq 0,28$ olursa yumuşak, $0,29 \leq a/b \leq 1,23$ olursa az yumuşak, $1,24 \leq a/b \leq 4,2$ olursa az sert, $4,21 \leq a/b \leq 318$ olursa sert, $319 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=0,5$ ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $0,001 \leq a/b \leq 0,60$ olursa yumuşak, $0,61 \leq a/b \leq 1,79$ olursa az yumuşak, $1,8 \leq a/b \leq 5,5$ olursa az sert, $5,51 \leq a/b \leq 397$ olursa sert, $398 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=0,6$ ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $0,001 \leq a/b \leq 0,17$ olursa çok yumuşak, $0,18 \leq a/b \leq 0,92$ olursa yumuşak, $0,93 \leq a/b \leq 2,3$ olursa az yumuşak, $2,4 \leq a/b \leq 6,8$ olursa az sert, $6,9 \leq a/b \leq 477$ olursa sert, $478 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=0,7$ ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $0,001 \leq a/b \leq 0,37$ olursa çok yumuşak, $0,38 \leq a/b \leq 1,2$ olursa yumuşak, $1,3 \leq a/b \leq 2,9$ olursa az yumuşak, $3 \leq a/b \leq 8,1$ olursa az sert, $8,2 \leq a/b \leq 557$ olursa sert, $558 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=0,75$ ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $0,001 \leq a/b \leq 0,46$ olursa çok yumuşak, $0,47 \leq a/b \leq 1,4$ olursa yumuşak, $1,41 \leq a/b \leq 3,1$ olursa az yumuşak, $3,2 \leq a/b \leq 8,7$ olursa az sert, $8,8 \leq a/b \leq 597$ olursa sert, $598 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=0,8$ ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $0,001 \leq a/b \leq 0,56$ olursa çok yumuşak, $0,57 \leq a/b \leq 1,55$ olursa yumuşak, $1,6 \leq a/b \leq 3,4$ olursa az yumuşak, $3,5 \leq a/b \leq 9,4$ olursa az sert, $9,5 \leq a/b \leq 637$ olursa sert, $638 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=0,9$ ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $0,001 \leq a/b \leq 0,76$ olursa çok yumuşak, $0,77 \leq a/b \leq 1,88$ olursa yumuşak, $1,89 \leq a/b \leq 4$ olursa az yumuşak, $4,1 \leq a/b \leq 10,7$ olursa az sert, $10,8 \leq a/b \leq 717$ olursa sert, $718 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.

Çizelge 3.11-3.22 arasında elde edilen değerler aracılığı ile, kaynak çapının, engel çapına oranı (k/e) ve kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranının (a/b) farklı değerler almasının gölgenin sertlik-yumuşaklığına etkisi Çizelge 3.23'te gösterilmektedir.

Çizelge 3.23 3.11-3.22 çizelgelerinin değerlendirilmesi.

k/e	a/b	Sonuç (G _{SY})
0,01	0,001	Sert gölge (S.G.)
	1	
	6	Çok sert gölge (Ç.S.G.)
	7	
0,1	0,001	Az sert gölge (A.S.G.)
	0,3	Sert gölge (S.G.)
	0,31	
	1	
	78	Çok sert gölge (Ç.S.G.)
	79	
0,2	0,001	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
	0,11	Az sert gölge (A.S.G.)
	0,12	
	1	
	1,6	Sert gölge (S.G.)
	1,7	
	158	Çok sert gölge (Ç.S.G.)
0,25	0,001	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
	0,39	Az sert gölge (A.S.G.)
	0,4	
	1	
	2,25	Sert gölge (S.G.)
	2,26	
	198	Çok sert gölge (Ç.S.G.)
0,3	0,001	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
	0,67	Az sert gölge (A.S.G.)
	0,68	
	1	
	2,9	Sert gölge (S.G.)
	3	
	238	Çok sert gölge (Ç.S.G.)
	239	
0,4	0,001	Yumuşak gölge (Y.G.)
	0,28	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
	0,29	
	1	
	1,23	Az sert gölge (A.S.G.)
	1,24	
	4,2	Sert gölge (S.G.)
	4,21	
318	Çok sert gölge (Ç.S.G.)	
319		
0,5	0,001	Yumuşak gölge (Y.G.)
	0,6	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
	0,61	
	1	
	0,79	Az sert gölge (A.S.G.)
	0,8	
	5,5	Sert gölge (S.G.)
	5,51	
397	Çok sert gölge (Ç.S.G.)	
398		

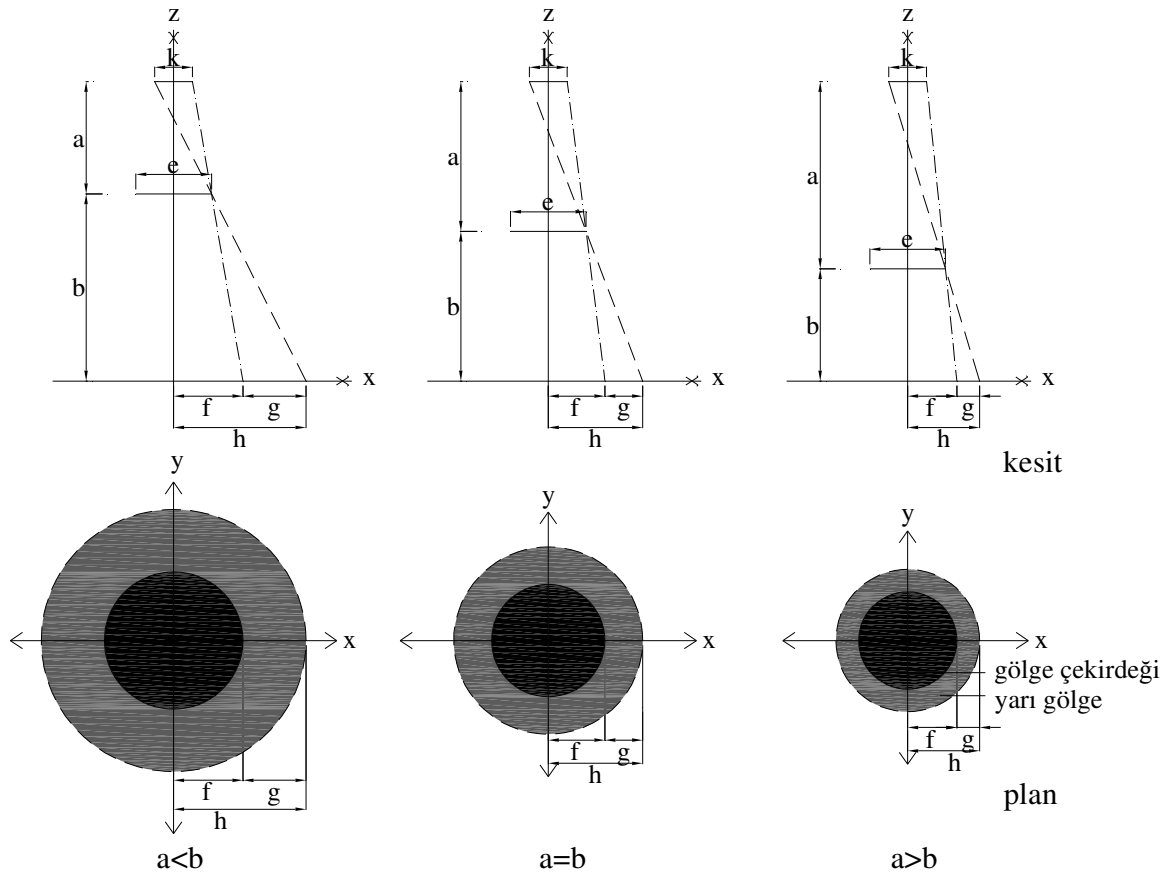
k/e	a/b	Sonuç (G _{SY})
0,6	0,001	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)
	0,17	
	0,18	Yumuşak gölge (Y.G.)
	0,92	
	0,93	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
	1	
	2,3	
	2,4	Az sert gölge (A.S.G.)
	6,8	
	6,9	Sert gölge (S.G.)
477		
478	Çok sert gölge (Ç.S.G.)	
0,7	0,001	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)
	0,37	
	0,38	Yumuşak gölge (Y.G.)
	1	
	1,2	
	1,3	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
	2,9	
	3	Az sert gölge (A.S.G.)
	8,1	
	8,2	Sert gölge (S.G.)
557		
558	Çok sert gölge (Ç.S.G.)	
0,75	0,001	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)
	0,46	
	0,47	Yumuşak gölge (Y.G.)
	1	
	1,4	
	1,41	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
	3,1	
	3,2	Az sert gölge (A.S.G.)
	8,7	
	8,8	Sert gölge (S.G.)
597		
598	Çok sert gölge (Ç.S.G.)	
0,8	0,001	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)
	0,56	
	0,57	Yumuşak gölge (Y.G.)
	1	
	1,56	
	1,57	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
	3,4	
	3,5	Az sert gölge (A.S.G.)
	9,4	
	9,5	Sert gölge (S.G.)
637		
638	Çok sert gölge (Ç.S.G.)	
0,9	0,001	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)
	0,76	
	0,77	Yumuşak gölge (Y.G.)
	1	
	1,88	
	1,89	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
	4	
	4,1	Az sert gölge (A.S.G.)
	10,7	
	10,8	Sert gölge (S.G.)
717		
718	Çok sert gölge (Ç.S.G.)	

Çizelge 3.23'e göre, kaynak çapının engel çapına oranı (k/e),

- 0.01 ise sert ve çok sert gölge olmak üzere iki farklı,
- 0.1 ise az sert, sert ve çok sert gölge olmak üzere üç farklı,
- 0.2, 0.25 ve 0.3 ise az yumuşak, az sert, sert ve çok sert gölge olmak üzere dört farklı,
- 0.4 ve 0.5 ise yumuşak, az yumuşak, az sert, sert ve çok sert gölge olmak üzere beş farklı,
- 0.6, 0.7, 0.75, 0.8 ve 0.9 ise çok yumuşak, yumuşak, az yumuşak, az sert, sert ve çok sert gölge olmak üzere beş farklı

özelliğe gölgeler oluşmaktadır.

Kaynak çapının engel çapından küçük ($k < e$) ve k/e oranının sabit olması durumunda, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı değişiminin gölgeye etkisi Şekil 3.8'de örneklenmiştir.



Şekil 3.8 Kaynak çapının, engel çapından küçük ($k < e$) olması durumunda oluşan gölgelerin kesit ve planları ($a < b$, $a = b$, $a > b$).

Kaynak çapının engel çapından küçük olması ($k < e$) durumuna ilişkin Çizelge 3.11-3.22'de verilen değerlerin irdelemesi aşağıda verilmiştir.

- Gölge çekirdeği yarıçapı, her zaman kaynak ve engel yarıçapından büyük olmaktadır ($f > k/2$, $f > e/2$).
- Kaynak çapının engel çapına oranının (k/e) sabit olması durumunda, kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f), toplam gölge yarıçapı (h) ve yarı gölge genişliği (g) küçülmekte, gölge gittikçe sertlik kazanmaktadır (Şekil 3.8).

3.2.2.3 Kaynak Çapının Engel Çapından Büyük Olması ($k > e$)

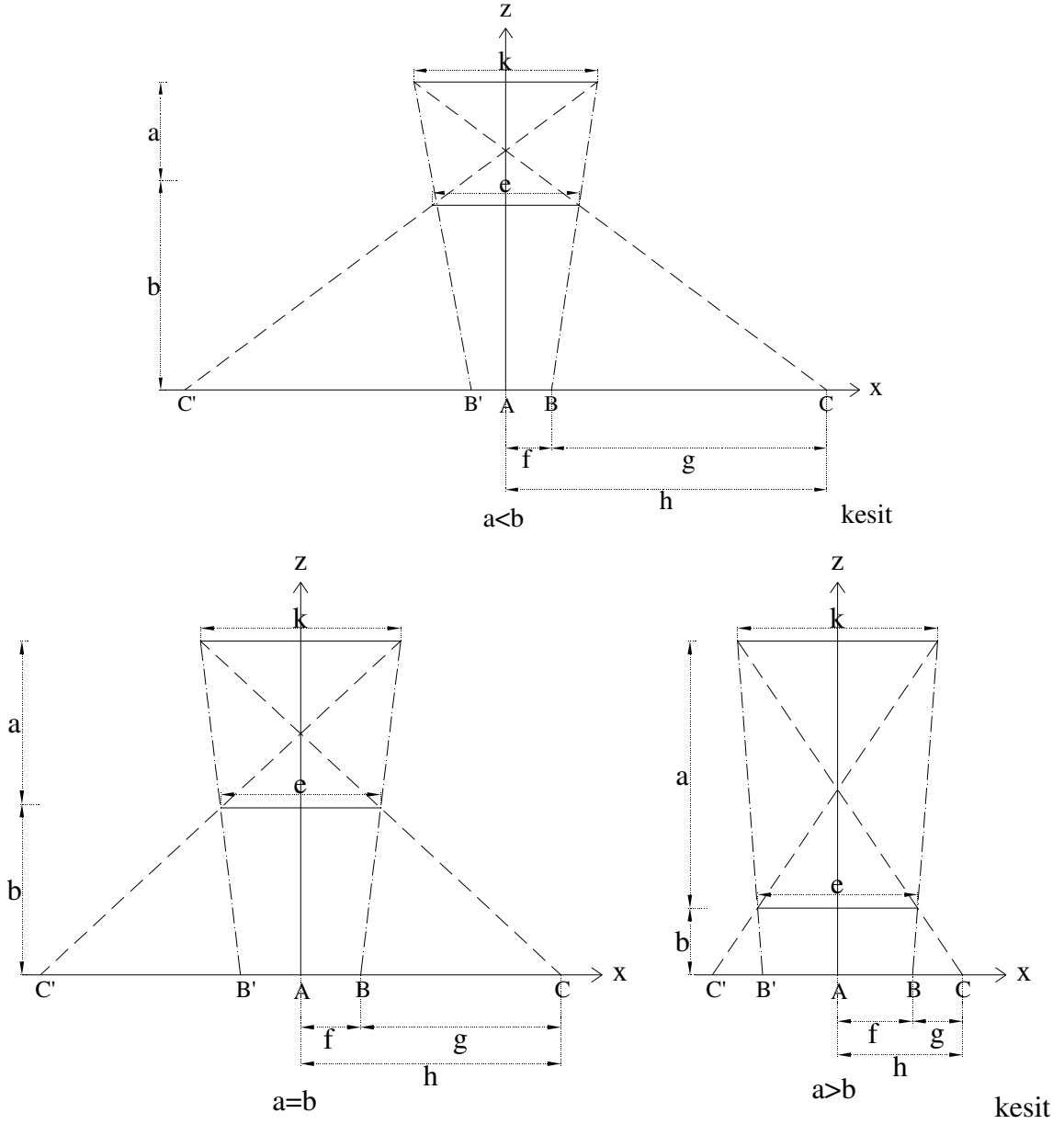
Kaynak çapının engel çapından büyük ($k > e$) ve kaynak-engel uzaklığı (a) ile engel-yüzey uzaklığının (b) belli büyüklüklerde olması durumunda (3.3) numaralı eşitlikle yapılan hesaplamalara göre gölge çekirdeği yarıçapının (f),

- sıfırdan büyük ($f > 0$),
- sıfıra eşit ($f = 0$),
- sıfırdan küçük ($f < 0$)

değerler alması gibi üç ayrı durum söz konusudur. Gölgenin sertlik-yumuşaklığını belirleyen dört değişkene bağlı olarak (k , e , a , b) değişim gösteren gölge çekirdeği (f) için belirtilen üç durum aşağıdaki gibi açıklanabilir.

1) Gölge çekirdeğinin oluşması ($f > 0$)

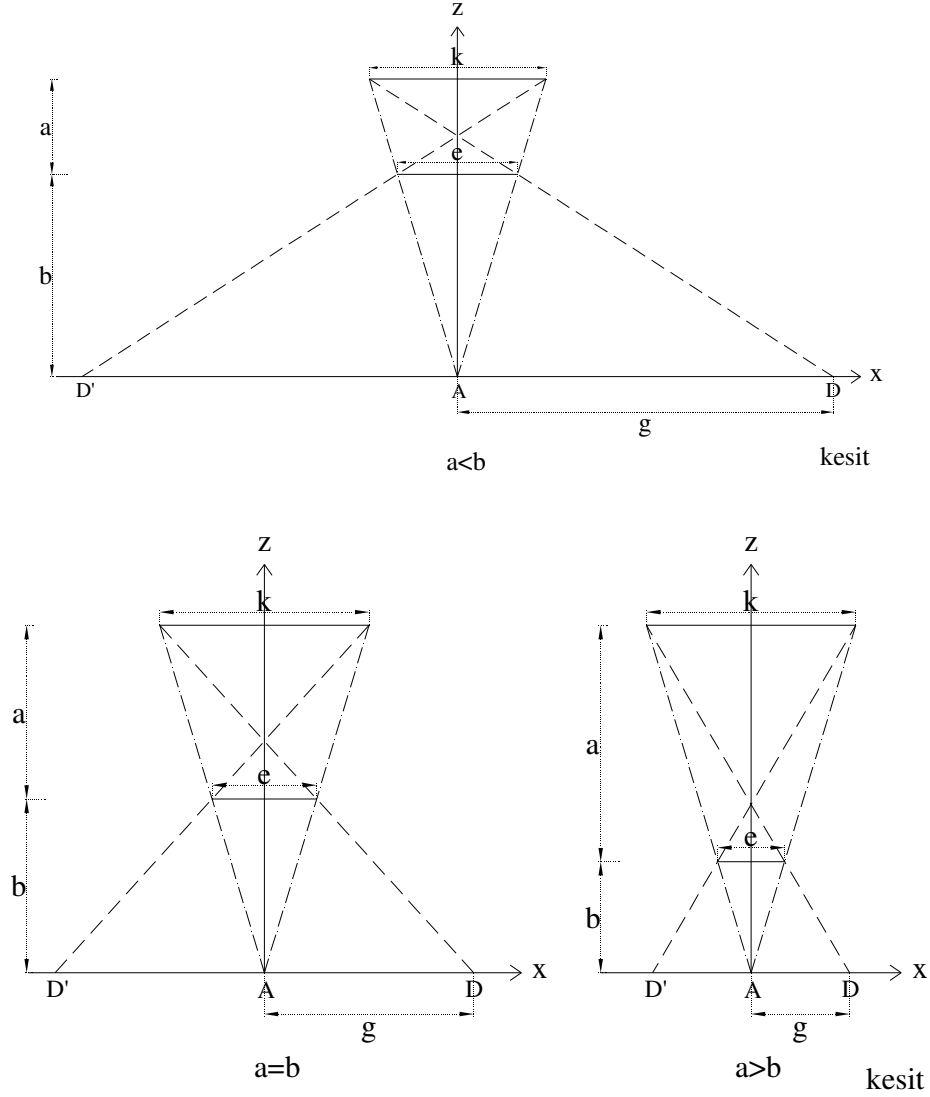
Şekil 3.9'da görüldüğü gibi, aydınlanan yüzey ile z ekseninin kesiştiği A noktası çevresindeki alan (B-B' noktaları arasındaki alan) kaynaktan ışık alamaz. B-B' noktaları arasındaki bu alan, yüzey üzerinde aydınlık düzeyi en düşük olan, gölge çekirdeği alanıdır. Gölge çekirdeği yarıçapı (f), (3.3) numaralı eşitlikle elde edilen geometrik hesap sonucunda '0'dan büyük, pozitif değerler alır. BC ve B'C' noktalarının belirlediği alan ise, gölge çekirdeğine göre aydınlık düzeyi daha yüksek olan (aydınlanan yüzeye göre aydınlık düzeyi daha düşük) yarı gölge alanıdır.



Şekil 3.9 Gölge çekirdeğinin, kaynak-engel uzaklığı (a) ve engel yüzey uzaklığının (b) üç farklı durumu için de oluşması.

2) Gölge çekirdeğinin yok olması ($f=0$)

Şekil 3.10'da görüldüğü gibi, kaynak ve engel çapının belli büyüklüklerde olması sonucu, gölge çekirdeği ortadan kalkar. Gölge çekirdeği yarıçapı (f), (3.3) numaralı eşitlikle elde edilen geometrik hesap sonucunda '0' değerini alır. Aydınlanan yüzey ile z ekseninin kesiştiği A noktası çevresindeki DD' noktaları arasındaki bölümde, aydınlanan yüzeye göre daha düşük aydınlıkta bir yarı gölge alan oluşur.

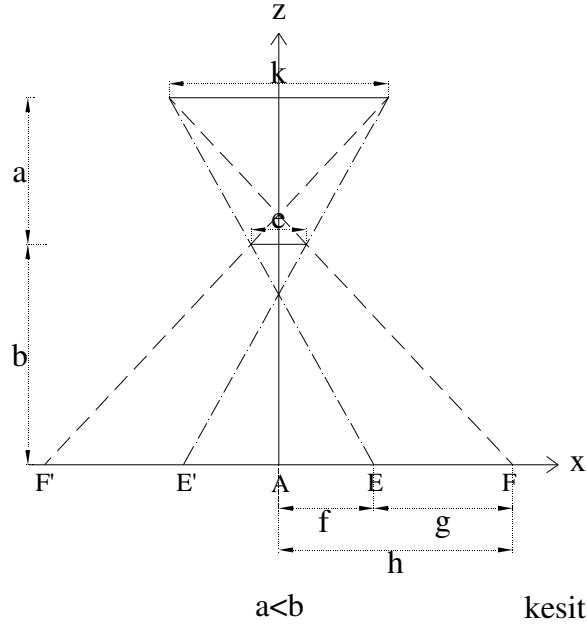
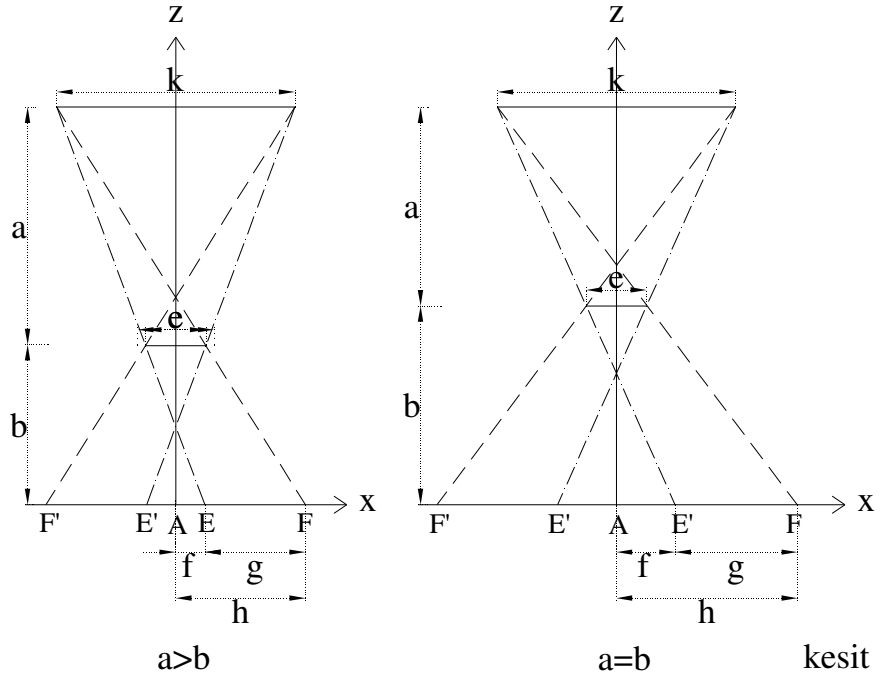


Şekil 3.10 Gölge çekirdeğinin, kaynak-engel uzaklığı (a) ve engel yüzey uzaklığının (b) üç farklı durumu için de yok olması.

3) Gölge çekirdeğinin ışıklı hale gelmesi ($f < 0$)

Şekil 3.11'de görüldüğü gibi, kaynak ve engel çapının belli büyüklüklerde olması sonucu, aydınlanan yüzey ile z ekseninin kesiştiği A noktası çevresindeki alan ($E-E'$ noktaları arasındaki alan) kaynaktan ışık alır. Bu alandaki aydınlık, $EF-E'F'$ noktalarının belirlediği yarı gölge alana göre, kaynak çapı (k), engel çapı (e), kaynak-engel uzaklığı (a) ve engel-yüzey uzaklığının (b) belli büyüklüklerde olması sonucu gittikçe artmaya başlar. Bu durumda, çevresindeki alana göre daha ışıklı olan gölge çekirdeği alanının (EE' noktaları arasındaki alan) yarıçapı (f), (3.3) numaralı eşitlikle elde edilen geometrik hesap sonucunda '0'dan küçük, negatif değerler alır. EF ve $E'F'$ noktalarının belirlediği alanda ise, gölge çekirdeğine

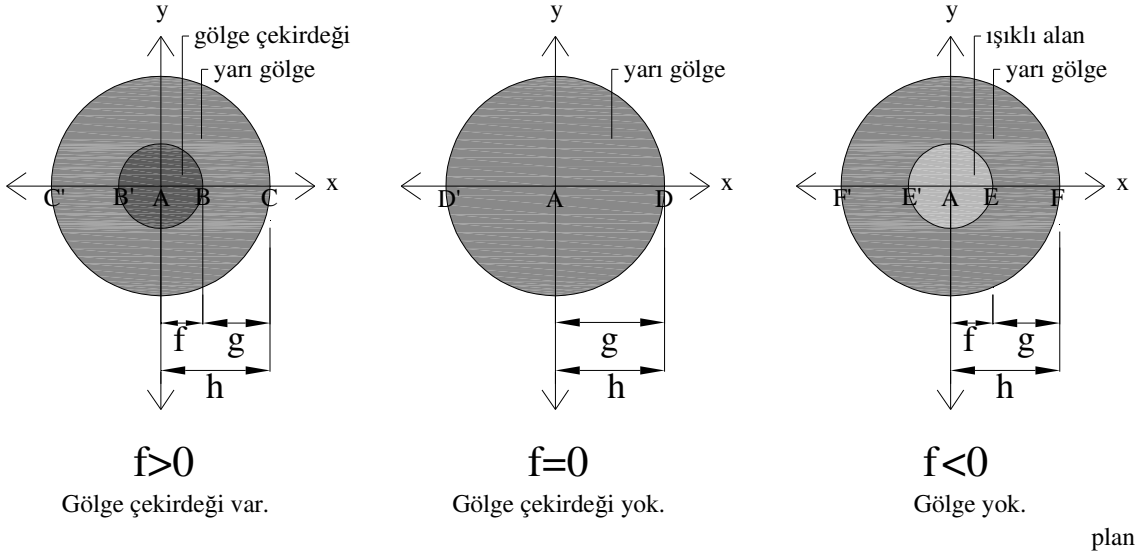
göre aydınlık düzeyi daha düşük olan (aydınlanan yüzeye göre aydınlık düzeyi daha yüksek) yarı gölge alanı oluşur.



Şekil 3.11 Gölge çekirdeğinin, kaynak-engel uzaklığı (a) ve engel-yüzey uzaklığının (b) üç farklı durumu için de yarı gölge alandan daha ışıklı olması.

Yukarıda yapılan açıklamaların sonucu olarak, gölge çekirdeğine bağlı olarak değişim gösteren gölgenin üç farklı durumu Şekil 3.12'de gösterilmiştir.

$\overline{AB}=\overline{A'B'}=f$ (gölge çekirdeği yarıçapı)
 $\overline{BC}=\overline{B'C'}=g$ (yarı gölge genişliği)
 $\overline{AC}=h$ (toplam gölge yarıçapı)



Şekil 3.12 Kaynak çapının, engel çapından büyük olması ($k > e$) durumunda oluşan ve gölge çekirdeğine göre değişim gösteren gölgelerin planları.

Gölgenin sertlik yumuşaklığına etkisi bakımından 3.2 bölümünde belirtilen, kaynak çapının engel çapından büyük ($k > e$) olması koşulunda kaynak-engel uzaklığının (a),

- engel-yüzey uzaklığından büyük ($a > b$),
- engel-yüzey uzaklığına eşit ($a = b$),
- engel-yüzey uzaklığından küçük ($a < b$)

olması gibi üç ayrı durum söz konusudur. Bu durumlar üç bölüm halinde aşağıda verilmiştir.

a) Kaynak-Engel Uzaklığının, Engel-Yüzey Uzaklığından Büyük Olması ($a > b$)

Kaynak çapının engel çapından büyük ($k > e$), kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığından büyük ($a > b$) olmasının, gölgenin sertliği-yumuşaklığı bakımından sayısal örnekleme Çizelge 3.24- 3.31 arasında verilmiştir. Kaynak çapının (k) ve kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 1,5- 2- 2,5- 3- 3,5- 4- 4,5- 5 birim, engel çapı (e) ve engel-yüzey uzaklığı (b) 1 birim alınmıştır.

Çizelge 3.24 Kaynak çapının, engel çapına oranının 1,5 olması ($a>b$, $k>e$, $k/e=1,5$).

$a>b, k>e, G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
f>0	1,5	1	1,5	1,0001	1	1,0001	$1 \leq a/b < 2$	0,250	1,750	1,500	0,02	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
	1,5	1	1,5	1,9	1	1,9		0,368	1,158	0,789	0,10		
	1,5	1	1,5	2,0	1	2,0	$2 \leq a/b < 3,9$	0,375	1,125	0,750	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
	1,5	1	1,5	3,8	1	3,8		0,434	0,829	0,395	0,27		
	1,5	1	1,5	3,9	1	3,9	$3,9 \leq a/b < 7,4$	0,436	0,821	0,385	0,28	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	1,5	1	1,5	7,3	1	7,3		0,466	0,671	0,205	0,48		
	1,5	1	1,5	7,4	1	7,4	$7,4 \leq a/b < 19$	0,466	0,669	0,203	0,49	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	1,5	1	1,5	18	1	18		0,486	0,569	0,083	0,73		
	1,5	1	1,5	19	1	19	$19 \leq a/b < 1196$	0,487	0,566	0,079	0,74	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	1,5	1	1,5	1195	1	1195		0,500	0,501	0,001	0,99		
	1,5	1	1,5	1196	1	1196	$1196 \leq a/b < \infty$	0,500	0,501	0,001	1,00	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.

Çizelge 3.25 Kaynak çapının, engel çapına oranının 2 olması ($a>b$, $k>e$, $k/e=2$).

$a>b, k>e, G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
f>0	2	1	2	1,0001	1	1,0	$1 \leq a/b < 3$	0,000	2,000	2,000	0,00	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
	2	1	2	2,9	1	2,9		0,328	1,017	0,690	0,10		
	2	1	2	3,0	1	3,0	$3 \leq a/b < 5,5$	0,333	1,000	0,667	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
	2	1	2	5,4	1	5,4		0,407	0,778	0,370	0,27		
	2	1	2	5,5	1	5,5	$5,5 \leq a/b < 10,2$	0,409	0,773	0,364	0,28	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	2	1	2	10,1	1	10,1		0,450	0,649	0,198	0,48		
	2	1	2	10,2	1	10,2	$10,2 \leq a/b < 26$	0,451	0,647	0,196	0,49	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	2	1	2	25	1	25		0,480	0,560	0,080	0,73		
	2	1	2	26	1	26	$26 \leq a/b < 1595$	0,481	0,558	0,077	0,74	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	2	1	2	1594	1	1594		0,500	0,501	0,001	0,99		
	2	1	2	1595	1	1595	$1595 \leq a/b < \infty$	0,500	0,501	0,001	1,00	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.

Çizelge 3.26 Kaynak çapının, engel çapına oranının 2,5 olması ($a>b$, $k>e$, $k/e=2,5$).

$a>b, k>e, G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
f<0	2,5	1	2,5	1,0001	1	1,0001	$0,001 \leq a/b < 1,5$	-0,250	2,250	2,500	0,01	Gölge aydınlanmaya başlar.	
	2,5	1	2,5	1,49	1	1,49		-0,003	1,674	1,678	0,00		
f=0	2,5	1	2,5	1,50	1	1,50	$a/b=1,5$	0,000	1,667	1,667	0,00	Gölge çekirdeği yok olur	
f>0	2,5	1	2,5	3,80	1	3,80	$1,5 < a/b < 3,9$	0,303	0,961	0,658	0,10	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
	2,5	1	2,5	3,90	1	3,90	$3,9 \leq a/b < 7,1$	0,308	0,949	0,641	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
	2,5	1	2,5	7,00	1	7,00		0,393	0,750	0,357	0,27		
	2,5	1	2,5	7,10	1	7,10	$7,1 \leq a/b < 13$	0,394	0,746	0,352	0,28	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	2,5	1	2,5	12,90	1	12,90		0,442	0,636	0,194	0,48		
	2,5	1	2,5	13,00	1	13,00	$13 \leq a/b < 32$	0,442	0,635	0,192	0,49	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	2,5	1	2,5	31	1	31		0,476	0,556	0,081	0,73		
	2,5	1	2,5	32	1	32	$32 \leq a/b < 1994$	0,477	0,555	0,078	0,74	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	2,5	1	2,5	1993	1	1993		0,500	0,501	0,001	0,99		
	2,5	1	2,5	1994	1	1994	$1994 \leq a/b < \infty$	0,500	0,501	0,001	1,00	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.

Çizelge 3.27 Kaynak çapının, engel çapına oranının 3 olması ($a>b$, $k>e$, $k/e=3$).

$a>b, k>e, G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
f<0	3	1	3	1,0001	1	1,0001	$0,001 \leq a/b < 2$	-0,500	2,500	3,000	0,04	Gölge aydınlanmaya başlar.	
	3	1	3	1,99	1	1,99		-0,003	1,505	1,508	0,00		
f=0	3	1	3	2,00	1	2,00	a/b=2	0,000	1,500	1,500	0,00	Gölge çekirdeği yok olur	
f>0	3	1	3	3,00	1	3,00	$2 < a/b < 4,9$	0,167	1,167	1,000	0,02	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
	3	1	3	4,80	1	4,80		0,292	0,917	0,625	0,10		
	3	1	3	4,90	1	4,90	$4,9 \leq a/b < 8,7$	0,296	0,908	0,612	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
	3	1	3	8,60	1	8,60		0,384	0,733	0,349	0,27		
	3	1	3	8,70	1	8,70	$8,7 \leq a/b < 15,8$	0,385	0,730	0,345	0,28	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	3	1	3	15,70	1	15,70		0,436	0,627	0,191	0,48		
	3	1	3	15,80	1	15,80	$15,8 \leq a/b < 39$	0,437	0,627	0,190	0,49	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	3	1	3	38	1	38		0,474	0,553	0,079	0,73		
	3	1	3	39	1	39	$39 \leq a/b < 2393$	0,474	0,551	0,077	0,74	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	3	1	3	2392	1	2392		0,500	0,501	0,001	0,99		
3	1	3	2393	1	2393	$2393 \leq a/b < \infty$	0,500	0,501	0,001	1,00	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.	

Çizelge 3.28 Kaynak çapının, engel çapına oranının 3,5 olması ($a>b$, $k>e$, $k/e=3,5$).

$a>b, k>e, G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
f<0	3,5	1	3,5	1,0001	1	1,0001	$0,001 \leq a/b < 2,5$	-0,750	2,750	3,500	0,07	Gölge aydınlanmaya başlar.	
	3,5	1	3,5	2,49	1	2,49		-0,002	1,404	1,406	0,00		
f=0	3,5	1	3,5	2,50	1	2,50	a/b=2,5	0,000	1,400	1,400	0,00	Gölge çekirdeği yok olur	
f>0	3,5	1	3,5	5,80	1	5,80	$2,5 < a/b < 5,9$	0,284	0,888	0,603	0,10	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
	3,5	1	3,5	5,90	1	5,90		0,288	0,881	0,593	0,11		
	3,5	1	3,5	10,20	1	10,20	$5,9 \leq a/b < 10,3$	0,377	0,721	0,343	0,27	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
	3,5	1	3,5	10,30	1	10,30		0,379	0,718	0,340	0,28		
	3,5	1	3,5	18,50	1	18,50	$10,3 \leq a/b < 18,6$	0,432	0,622	0,189	0,48	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	3,5	1	3,5	18,60	1	18,60		0,433	0,621	0,188	0,49		
	3,5	1	3,5	44	1	44	$18,6 \leq a/b < 45$	0,472	0,551	0,080	0,73	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	3,5	1	3,5	45	1	45		0,472	0,550	0,078	0,74		
3,5	1	3,5	2791	1	2791	$45 \leq a/b < 2792$	0,500	0,501	0,001	0,99	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.	
3,5	1	3,5	2792	1	2792		0,500	0,501	0,001	1,00			
3,5	1	3,5	2792	1	2792	$2792 \leq a/b < \infty$	0,500	0,501	0,001	1,00	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.	

Çizelge 3.29 Kaynak çapının, engel çapına oranının 4 olması ($a>b$, $k>e$, $k/e=4$).

$a>b, k>e, G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
f<0	4	1	4	1,0001	1	1,0001	$0,001 \leq a/b < 3$	-1,000	3,000	4,000	0,11	Gölge aydınlanmaya başlar.	
	4	1	4	2,99	1	2,99		-0,002	1,336	1,338	0,00		
f=0	4	1	4	3,00	1	3,00	a/b=3	0,000	1,333	1,333	0,00	Gölge çekirdeği yok olur	
f>0	4	1	4	6,80	1	6,80	$3 < a/b < 6,9$	0,279	0,868	0,588	0,10	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
	4	1	4	6,90	1	6,90		0,283	0,862	0,580	0,11		
	4	1	4	11,80	1	11,80	$6,9 \leq a/b < 11,9$	0,373	0,712	0,339	0,27	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
	4	1	4	11,90	1	11,90		0,374	0,710	0,336	0,28		
	4	1	4	21,30	1	21,30	$11,9 \leq a/b < 21,4$	0,430	0,617	0,188	0,48	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	4	1	4	21,40	1	21,40		0,430	0,617	0,187	0,49		
	4	1	4	51	1	51	$21,4 \leq a/b < 52$	0,471	0,549	0,078	0,73	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	4	1	4	52	1	52		0,471	0,548	0,077	0,74		
	4	1	4	3190	1	3190	$52 \leq a/b < 3191$	0,500	0,501	0,001	0,99	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	4	1	4	3191	1	3191		0,500	0,501	0,001	1,00		
4	1	4	3191	1	3191	$2792 \leq a/b < \infty$	0,500	0,501	0,001	1,00	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.	

Çizelge 3.30 Kaynak çapının, engel çapına oranının 4,5 olması ($a>b$, $k>e$, $k/e=4,5$).

$a>b, k>e, G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
f<0	4,5	1	4,5	1,0001	1	1,0001	$0,001 \leq a/b < 3,5$	-1,250	3,250	4,500	0,15	Gölge aydınlanmaya başlar.	
	4,5	1	4,5	3,49	1	3,49		-0,001	1,288	1,289	0,00		
f=0	4,5	1	4,5	3,50	1	3,50	$a/b=3,5$	0,000	1,286	1,286	0,00	Gölge çekirdeği yok olur	
f>0	4,5	1	4,5	7,80	1	7,80	$3,5 < a/b < 7,9$	0,276	0,853	0,577	0,10	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
	4,5	1	4,5	7,90	1	7,90		$7,9 \leq a/b < 13,5$	0,278	0,848	0,570	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$
	4,5	1	4,5	13,40	1	13,40	0,369		0,705	0,336	0,27		
	4,5	1	4,5	13,50	1	13,50	$13,5 \leq a/b < 24,2$	0,370	0,704	0,333	0,28	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	4,5	1	4,5	24,10	1	24,10		0,427	0,614	0,187	0,48		
	4,5	1	4,5	24,20	1	24,20	$24,2 \leq a/b < 58$	0,428	0,614	0,186	0,49	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	4,5	1	4,5	57	1	57		0,469	0,548	0,079	0,73		
	4,5	1	4,5	58	1	58	$58 \leq a/b < 3590$	0,470	0,547	0,078	0,74	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	4,5	1	4,5	3589	1	3589		0,500	0,501	0,001	0,99		
	4,5	1	4,5	3590	1	3590	$3590 \leq a/b < \infty$	0,500	0,501	0,001	1,00	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.

Çizelge 3.31 Kaynak çapının, engel çapına oranının 5 olması ($a>b$, $k>e$, $k/e=5$).

$a>b, k>e, G_{SYD}=f^2/h^2$													
	k	e	k/e	a	b	a/b		f	h	g	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
f<0	5	1	5	1,0001	1	1,0001	$0,001 \leq a/b < 4$	-1,500	3,500	5,000	0,18	Gölge aydınlanmaya başlar.	
	5	1	5	3,99	1	3,99		-0,001	1,252	1,253	0,00		
f=0	5	1	5	4,00	1	4,00	$a/b=4$	0,000	1,250	1,250	0,00	Gölge çekirdeği yok olur	
f>0	5	1	5	8,70	1	8,70	$4 < a/b < 8,8$	0,270	0,845	0,575	0,10	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
	5	1	5	8,80	1	8,80	$8,8 \leq a/b < 15,1$	0,273	0,841	0,568	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
	5	1	5	15,00	1	15,00		0,367	0,700	0,333	0,27		
	5	1	5	15,10	1	15,10	$15,1 \leq a/b < 27$	0,368	0,699	0,331	0,28	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
	5	1	5	26,90	1	26,90		0,426	0,612	0,186	0,48		
	5	1	5	27	1	27	$27 \leq a/b < 65$	0,426	0,611	0,185	0,49	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
	5	1	5	64	1	64		0,469	0,547	0,078	0,73		
	5	1	5	65	1	65	$65 \leq a/b < 3989$	0,469	0,546	0,077	0,74	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.
	5	1	5	3988	1	3988		0,499	0,501	0,001	0,99		
	5	1	5	3989	1	3989	$3989 \leq a/b < \infty$	0,499	0,501	0,001	1,00	$f^2/h^2 \sim 1$	Ç.S.G.

Kaynak çapının, engel çapından büyük ($k>e$) ve kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığından büyük ($a>b$) olduğu duruma ilişkin Çizelge 3.24- 3.31’de verilen değerlere göre, kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) sabit kalmak koşuluyla, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f) büyümekte, toplam gölge yarıçapı (h) ve yarı gölge genişliği (g) küçülmekte, gölge gittikçe sertlik kazanmaktadır.

Çizelge 3.24- 3.31’deki değerler aracılığı ile, kaynak çapının, engel çapına oranı (k/e) ve kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranının (a/b) farklı değerler alması sonucu oluşan gölgenin sertlik yumuşaklık değerlendirmesi Çizelge 3.32’de gösterilmektedir.

Çizelge 3.32 3.24-3.31 çizelgelerinin değerlendirilmesi.

k/e	a/b	Sonuç (G _{SY})	k/e	a/b	Sonuç (G _{SY})
1,5	1,01	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)	3,5	1,01	f'nin negatif değer alması
	1,9			2,49	
	2	Yumuşak gölge (Y.G.)		2,5	f'nin '0' değerini alması
	3,8	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)		5,8	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)
	3,9			5,9	Yumuşak gölge (Y.G.)
	7,3	Az sert gölge (A.S.G.)		10,2	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
	7,4			10,3	
	18	Sert gölge (S.G.)		18,5	Az sert gölge (A.S.G.)
	19			18,6	
	1195	Çok sert gölge (Ç.S.G.)		44	Sert gölge (S.G.)
1196	45				
2	1,01	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)	2791	Çok sert gölge (Ç.S.G.)	
	2,9	Yumuşak gölge (Y.G.)	2792		
	3		Az yumuşak gölge (A.Y.G.)	4	1,01
	5,4	2,99			
	5,5	Az sert gölge (A.S.G.)	3		f'nin '0' değerini alması
	10,1		6,8		Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)
	10,2	Sert gölge (S.G.)	6,9		Yumuşak gölge (Y.G.)
	25		11,8		
	26	Çok sert gölge (Ç.S.G.)	11,9		Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
	1594		21,3		
1595	f'nin negatif değer alması	21,4	Az sert gölge (A.S.G.)		
1,01		51			
1,49	f'nin '0' değerini alması	52	Sert gölge (S.G.)		
1,5	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)	3190	Çok sert gölge (Ç.S.G.)		
3,8		3191			
3,9	Yumuşak gölge (Y.G.)	4,5	1,01	f'nin negatif değer alması	
7	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)		3,49	f'nin '0' değerini alması	
7,1			3,5		
12,9	Az sert gölge (A.S.G.)		7,8	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)	
13			7,9	Yumuşak gölge (Y.G.)	
31	Sert gölge (S.G.)		13,4	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)	
32			13,5		
1993	Çok sert gölge (Ç.S.G.)		24,1	Az sert gölge (A.S.G.)	
1994			24,2		
3	1,01		f'nin negatif değer alması	57	Sert gölge (S.G.)
	1,99	f'nin '0' değerini alması	58		
	2	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)	3589	Çok sert gölge (Ç.S.G.)	
	4,8		3590		
	4,9	Yumuşak gölge (Y.G.)	5	1,01	f'nin negatif değer alması
	8,6	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)		3,99	f'nin '0' değerini alması
	8,7			4	
	15,7	Az sert gölge (A.S.G.)		8,7	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)
	15,8			8,8	Yumuşak gölge (Y.G.)
	38	Sert gölge (S.G.)		15	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
39	15,1				
2392	Çok sert gölge (Ç.S.G.)	26,9		Az sert gölge (A.S.G.)	
2393		27			
		64		Sert gölge (S.G.)	
		65			
		3988	Çok sert gölge (Ç.S.G.)		
		3989			

Çizelge 3.32'deki belirlemelere göre, kaynak çapının engel çapından büyük ($k > e$) olması koşulunda kaynak çapının engel çapına oranının (k/e) gölgeye etkisi aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- Gölge çekirdeği yarıçapı (f) sıfırdan büyük, sıfıra eşit ve sıfırdan küçük değerler alabilmektedir. Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 1,5 ve 2 olduğunda, gölge çekirdeği yarıçapı (f) sadece sıfırdan büyük değerler almaktadır. k/e oranı 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 ve 5 olduğunda ise, gölge çekirdeği yarıçapı (f) sıfırdan küçük ve sıfıra eşit değerler alabilmektedir.
- $k/e=1,5$ olması durumunda, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $1,01 \leq a/b \leq 1,9$ olursa çok yumuşak, $2 \leq a/b \leq 3,8$ olursa yumuşak, $3,9 \leq a/b \leq 7,3$ olursa az yumuşak, $7,4 \leq a/b \leq 18$ olursa az sert, $19 \leq a/b \leq 1195$ olursa sert, $1196 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=2$ olması durumunda, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $1,01 \leq a/b \leq 2,9$ olursa çok yumuşak, $3 \leq a/b \leq 5,4$ olursa yumuşak, $5,5 \leq a/b \leq 10,1$ olursa az yumuşak, $10,2 \leq a/b \leq 25$ olursa az sert, $26 \leq a/b \leq 1594$ olursa sert, $1595 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=2,5$ olması durumunda, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $1,01 \leq a/b \leq 1,49$ olursa gölge kaynak tarafından aydınlanmaya başlar, $a/b=1,5$ olursa gölge çekirdeği yok olur, $1,5 < a/b \leq 3,8$ olursa çok yumuşak, $3,9 \leq a/b \leq 7$ olursa yumuşak, $7,1 \leq a/b \leq 12,9$ olursa az yumuşak, $13 \leq a/b \leq 31$ olursa az sert, $32 \leq a/b \leq 1993$ olursa sert, $1994 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=3$ olması durumunda, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $1,01 \leq a/b \leq 1,99$ olursa gölge kaynak tarafından aydınlanmaya başlar, $a/b=2$ olursa gölge çekirdeği yok olur, $2 < a/b \leq 4,8$ olursa çok yumuşak, $4,9 \leq a/b \leq 8,6$ olursa yumuşak, $8,7 \leq a/b \leq 15,7$ olursa az yumuşak, $15,8 \leq a/b \leq 38$ olursa az sert, $39 \leq a/b \leq 2392$ olursa sert, $2393 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=3,5$ olması durumunda, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı,

$1,01 \leq a/b \leq 2,49$ olursa gölge kaynak tarafından aydınlanmaya başlar, $a/b=2,5$ olursa gölge çekirdeği yok olur, $2,5 < a/b \leq 5,8$ olursa çok yumuşak, $5,9 \leq a/b \leq 10,2$ olursa yumuşak, $10,3 \leq a/b \leq 18,5$ olursa az yumuşak, $18,6 \leq a/b \leq 44$ olursa az sert, $45 \leq a/b \leq 2791$ olursa sert, $2792 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.

- $k/e=4$ olması durumunda, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $1,01 \leq a/b \leq 2,99$ olursa gölge kaynak tarafından aydınlanmaya başlar, $a/b=3$ olursa gölge çekirdeği yok olur, $3 < a/b \leq 6,8$ olursa çok yumuşak, $6,9 \leq a/b \leq 11,8$ olursa yumuşak, $11,9 \leq a/b \leq 21,3$ olursa az yumuşak, $21,4 \leq a/b \leq 51$ olursa az sert, $52 \leq a/b \leq 3190$ olursa sert, $3191 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=4,5$ olması durumunda, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $1,01 \leq a/b \leq 3,49$ olursa gölge kaynak tarafından aydınlanmaya başlar, $a/b=3,5$ olursa gölge çekirdeği yok olur, $3,5 < a/b \leq 7,8$ olursa çok yumuşak, $7,9 \leq a/b \leq 13,4$ olursa yumuşak, $13,5 \leq a/b \leq 24,1$ olursa az yumuşak, $24,2 \leq a/b \leq 57$ olursa az sert, $58 \leq a/b \leq 3589$ olursa sert, $3590 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- $k/e=5$ olması durumunda, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı, $1,01 \leq a/b \leq 3,99$ olursa gölge kaynak tarafından aydınlanmaya başlar, $a/b=4$ olursa gölge çekirdeği yok olur, $4 < a/b \leq 8,7$ olursa çok yumuşak, $8,8 \leq a/b \leq 15$ olursa yumuşak, $15,1 \leq a/b \leq 26,9$ olursa az yumuşak, $27 \leq a/b \leq 64$ olursa az sert, $65 \leq a/b \leq 3988$ olursa sert, $3989 \leq a/b$ olursa çok sert gölge oluşur.
- k/e oranının büyümesiyle gölgenin sertlik kazanabilmesi için gerekli a/b oranları gittikçe büyümektedir.

b) Kaynak-Engel Uzaklığının Engel-Yüzey Uzaklığına Eşit Olması ($a=b$)

Kaynak çapının engel çapından büyük ($k > e$), kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına eşit ($a=b$) olmasının, gölgenin sertliği-yumuşaklığı bakımından sayısal örnekleme Çizelge 3.33'te verilmiştir. Kaynak çapı (k) ve kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 1,5- 2- 2,5- 3- 3,5- 4- 4,5- 5 birim, engel çapı (e), kaynak-engel uzaklığı (a) ve engel-yüzey uzaklığı (b) 1 birim alınmıştır.

Çizelge 3.33 Kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına eşit ve 1 birim olması (a=b=1).

a=b, k>e, $G_{SYD}=f^2/h^2$												
	k	e	k/e	a	b	a/b	f	h	g	G_{SYD}	G_{SY}	G_{SYA}
f=0	2	1	2	1	1	1	0,000	2,00	2,00	0,00	Gölge çekirdeği yok olur.	
f>0	1,99	1	1,99	1	1	1	0,01	2,00	1,99	0,00	Ç.Y.G.	0,00<f ² /h ² ≤0,10
	1,8	1	1,8	1	1	1	0,10	1,90	1,80	0,00		
	1,6	1	1,6	1	1	1	0,20	1,80	1,60	0,01		
	1,5	1	1,5	1	1	1	0,25	1,75	1,50	0,02		
	1,4	1	1,4	1	1	1	0,30	1,70	1,40	0,03		
	1,3	1	1,3	1	1	1	0,35	1,65	1,30	0,04		
	1,25	1	1,25	1	1	1	0,38	1,63	1,25	0,05		
	1,2	1	1,2	1	1	1	0,40	1,60	1,20	0,06		
	1,15	1	1,15	1	1	1	0,43	1,58	1,15	0,07		
	1,1	1	1,1	1	1	1	0,45	1,55	1,10	0,08		
	1,03	1	1,03	1	1	1	0,49	1,52	1,03	0,10		
	1,02	1	1,02	1	1	1	0,49	1,51	1,02	0,11		
1,01	1	1,01	1	1	1	0,50	1,51	1,01	0,11			
f>0	2,01	1	2,01	1	1	1	-0,005	2,01	2,00	0,00	Gölge aydınlanmaya başlar ve yok olur.	
	2,5	1	2,5	1	1	1	-0,25	2,25	2,00	0,01		
	3	1	3	1	1	1	-0,50	2,50	2,00	0,04		
	3,5	1	3,5	1	1	1	-0,75	2,75	2,00	0,07		
	4	1	4	1	1	1	-1,00	3,00	2,00	0,11		
	4,5	1	4,5	1	1	1	-1,25	3,25	2,00	0,15		
	5	1	5	1	1	1	-1,50	3,50	2,00	0,18		
	5,5	1	5,5	1	1	1	-1,75	3,75	2,00	0,22		
	6	1	6	1	1	1	-2,00	4,00	2,00	0,25		
	6,5	1	6,5	1	1	1	-2,25	4,25	2,00	0,28		
	6,4	1	6,4	1	1	1	-2,20	4,20	2,00	0,27		
	7	1	7	1	1	1	-2,50	4,50	2,00	0,31		
	7,5	1	7,5	1	1	1	-2,75	4,75	2,00	0,34		
	8	1	8	1	1	1	-3,00	5,00	2,00	0,36		
	8,5	1	8,5	1	1	1	-3,25	5,25	2,00	0,38		
	9	1	9	1	1	1	-3,50	5,50	2,00	0,40		
	9,5	1	9,5	1	1	1	-3,75	5,75	2,00	0,43		
	10	1	10	1	1	1	-4,00	6,00	2,00	0,44		
	20	1	20	1	1	1	-9,00	11,00	2,00	0,67		
	30	1	30	1	1	1	-14,00	16,00	2,00	0,77		
40	1	40	1	1	1	-19,00	21,00	2,00	0,82			
50	1	50	1	1	1	-24,00	26,00	2,00	0,85			
100	1	100	1	1	1	-49,00	51,00	2,00	0,92			
200	1	200	1	1	1	-99,00	101,00	2,00	0,96			
300	1	300	1	1	1	-149,00	151,00	2,00	0,97			
400	1	400	1	1	1	-199,00	201,00	2,00	0,98			
1595	1	1595	1	1	1	-796,50	798,50	2,00	0,99			
1596	1	1596	1	1	1	-797,00	799,00	2,00	1,00			

Kaynak çapının engel çapından büyük ($k > e$) ve kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına eşit ($a = b$) olması durumunda Çizelge 3.31'teki belirlemeler aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- Kaynak çapının engel çapına oranı $k/e < 2$ ise, 3.3 numaralı eşitlik sonucu gölge çekirdeği yarıçapı sıfırdan büyük değerler alır ($f > 0$). Gölge çekirdeği ve gölge oluşmaktadır. $1,01 \leq k/e \leq 1,02$ ise yumuşak gölge, $1,03 \leq k/e < 2$ ise çok yumuşak gölge oluşur. k/e oranı küçüldükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f) büyümekte, toplam gölge yarıçapı (h), yarı gölge genişliği (g) küçülmekte, gölge gittikçe yumuşaklığını yitirmektedir.
- Kaynak çapının engel çapına oranı $k/e = 2$ ise, 3.3 numaralı eşitlik sonucu gölge çekirdeği yarıçapı sıfıra eşit olur ($f = 0$). Gölge çekirdeği yok olur. Gölge oluşmaktadır.
- Kaynak çapının engel çapına oranı $k/e > 2$ ise, 3.3 numaralı eşitlik sonucu gölge çekirdeği sıfırdan küçük değerler alır ($f < 0$). k/e oranının gittikçe büyümesiyle, yarı gölge alan ışıklı alana dönüşür. Gölge yok olmaya başlar ve gölgesiz aydınlık oluşur.

c) Kaynak-Engel Uzaklığının Engel-Yüzey Uzaklığından Küçük Olması ($a < b$)

Kaynak çapının engel çapından büyük ($k > e$), kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığından küçük ($a < b$) olmasının, gölgenin sertliği yumuşaklığı bakımından sayısal örnekleme Çizelge 3.34-3.37 arasında verilmiştir. Kaynak-engel uzaklığı (a) ve kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) 0,25- 0,5- 0,75 birim alınmıştır. Engel çapı (e) ve engel-yüzey uzaklığı (b) 1 birim alınmıştır.

Çizelge 3.34 Kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranının (a/b) 0,25 olması.

$a < b, k > e, G_{SYD} = f^2/h^2$													
	k	e	k/e		a	b	a/b	f	h	g	G_{SYD}	G_{SY}	G_{SYA}
f>0	1,001	1	1,001	$1,001 \leq k/e < 1,25$	0,25	1	0,25	0,50	4,50	5	0,01	0,00 < $f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G
	1,24	1	1,24		0,25	1	0,25	0,02	4,98	5	0,00		
f=0	1,25	1	1,25	$k/e = 1,25$	0,25	1	0,25	0,00	5,00	5	0,00	Gölge çekirdeği yok olur.	
f<0	1,26	1	1,26	$1,26 \leq k/e < 998$	0,25	1	0,25	-0,02	5,02	5	0,00	Gölge aydınlanmaya başlar.	
	2,5	1	2,5		0,25	1	0,25	-2,50	7,50	5	0,11		
	4,0	1	4,0		0,25	1	0,25	-5,50	10,50	5	0,27		
	4,1	1	4,1		0,25	1	0,25	-5,70	10,70	5	0,28		
	6,9	1	6,9		0,25	1	0,25	-11,30	16,30	5	0,48		
	7,0	1	7,0		0,25	1	0,25	-11,50	16,50	5	0,49		
	16	1	16		0,25	1	0,25	-29,50	34,50	5	0,73		
	17	1	17		0,25	1	0,25	-31,50	36,50	5	0,74		
	997	1	997		0,25	1	0,25	-1992	1997	5	0,99		
998	1	998	0,25	1	0,25	-1994	1999	5	1,00				

Çizelge 3.35 Kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranının (a/b) 0,3 olması.

$a < b, k > e, G_{SYD} = f^2/h^2$													
	k	e	k/e		a	b	a/b	f	h	g	G_{SYD}	G_{SY}	G_{SYA}
f>0	1,001	1	1,00	$1,001 \leq k/e < 1,3$	0,3	1	0,3	0,50	3,84	4,33	0,02	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G
	1,29	1	1,29		0,3	1	0,3	0,02	4,32	4,33	0,00		
f=0	1,30	1	1,30	k/e=1,3	0,3	1	0,3	0,00	4,33	4,33	0,00	Gölge çekirdeği yok olur.	
f<0	1,31	1	1,31	$1,31 \leq k/e < 1038$	0,3	1	0,3	-0,02	4,35	4,33	0,00	Gölge aydınlanmaya başlar.	
	2,6	1	2,6		0,3	1	0,3	-2,17	6,50	4,33	0,11		
	4,1	1	4,1		0,3	1	0,3	-4,67	9,00	4,33	0,27		
	4,2	1	4,2		0,3	1	0,3	-4,83	9,17	4,33	0,28		
	7,2	1	7,2		0,3	1	0,3	-9,83	14,17	4,33	0,48		
	7,3	1	7,3		0,3	1	0,3	-10,00	14,33	4,33	0,49		
	16,9	1	16,9		0,3	1	0,3	-26,00	30,33	4,33	0,73		
	17,0	1	17,0		0,3	1	0,3	-26,17	30,50	4,33	0,74		
	1037	1	1037		0,3	1	0,3	-1726	1731	4,33	0,99		
	1038	1	1038		0,3	1	0,3	-1728	1732	4,33	1,00		

Çizelge 3.36 Kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranının (a/b) 0,5 olması.

$a < b, k > e, G_{SYD} = f^2/h^2$													
	k	e	k/e		a	b	a/b	f	h	g	G_{SYD}	G_{SY}	G_{SYA}
f>0	1,001	1	1,001	$1,001 \leq k/e < 1,5$	0,5	1	0,5	0,50	2,50	3	0,04	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G
	1,4	1	1,40		0,5	1	0,5	0,10	2,90	3	0,00		
f=0	1,5	1	1,50	k/e=1,5	0,5	1	0,5	0,00	3,00	3	0,00	Gölge çekirdeği yok olur.	
f<0	1,6	1	1,6	$1,6 \leq k/e < 1197$	0,5	1	0,5	-0,10	3,10	3	0,00	Gölge aydınlanmaya başlar.	
	3	1	3,0		0,5	1	0,5	-1,50	4,50	3	0,11		
	4,8	1	4,8		0,5	1	0,5	-3,30	6,30	3	0,27		
	4,9	1	4,9		0,5	1	0,5	-3,40	6,40	3	0,28		
	8,3	1	8,3		0,5	1	0,5	-6,80	9,80	3	0,48		
	8,4	1	8,4		0,5	1	0,5	-6,90	9,90	3	0,49		
	19	1	19		0,5	1	0,5	-17,50	20,50	3	0,73		
	20	1	20		0,5	1	0,5	-18,50	21,50	3	0,74		
	1196	1	1196		0,5	1	0,5	-1195	1198	3	0,99		
	1197	1	1197		0,5	1	0,5	-1196	1199	3	1,00		

Çizelge 3.37 Kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranının (a/b) 0,75 olması.

$a < b, k > e, G_{SYD} = f^2/h^2$													
	k	e	k/e		a	b	a/b	f	h	g	G_{SYD}	G_{SY}	G_{SYA}
f>0	1,001	1	1,001	$1,001 \leq k/e < 1,8$	0,75	1	0,75	0,50	1,83	2,33	0,07	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G
	1,74	1	1,7		0,75	1	0,75	0,01	2,33	2,33	0,00		
f=0	1,75	1	1,8	k/e=1,8	0,75	1	0,75	0,00	2,33	2,33	0,00	Gölge çekirdeği yok olur.	
f<0	1,76	1	1,8	$1,6 \leq k/e < 1197$	0,75	1	0,75	-0,01	2,34	2,33	0,00	Gölge aydınlanmaya başlar.	
	3,5	1	3,5		0,75	1	0,75	-1,17	3,50	2,33	0,11		
	5,6	1	5,6		0,75	1	0,75	-2,57	4,90	2,33	0,27		
	5,7	1	5,7		0,75	1	0,75	-2,63	4,97	2,33	0,28		
	9,7	1	9,7		0,75	1	0,75	-5,30	7,63	2,33	0,48		
	9,8	1	9,8		0,75	1	0,75	-5,37	7,70	2,33	0,49		
	22	1	22		0,75	1	0,75	-13,50	15,83	2,33	0,73		
	23	1	23		0,75	1	0,75	-14,17	16,50	2,33	0,74		
	1396	1	1396		0,75	1	0,75	-930	932	2,33	0,99		
	1397	1	1397		$878 \leq k/e < \infty$	0,75	1	0,75	-930	933	2,33		

Kaynak çapının engel çapından büyük ($k > e$) ve kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığından küçük ($a < b$) olması durumunda Çizelge 3.34-3.37'deki belirlemeler aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- a/b sabit kalmak koşuluyla, k/e büyüdükçe, f sırasıyla sıfırdan büyük, sıfıra eşit ve sıfırdan küçük değerler alır, çok yumuşak gölgeden gölgesiz aydınlığa doğru bir geçiş söz konusudur.
- a/b büyüdükçe, f 'nin sıfır değerini alması için gerekli k/e değerleri büyümektedir.

Çizelge 3.34-3.37'deki değerler aracılığı ile, k/e ve a/b 'nin farklı değerler alması sonucu oluşan gölgenin sertlik-yumuşaklık değerlendirmesi Çizelge 3.38'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.38 3.34-3.37 çizelgelerinin değerlendirmesi.

k/e	a/b	Sonuç (G_{SY})	k/e	a/b	Sonuç (G_{SY})
1,001	0,25	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)	1,00	0,3	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)
1,24			1,29		
1,25		f'nin '0' değerini alması	1,30		f'nin '0' değerini alması
1,26		f'nin negatif değerler alması	1,31		f'nin negatif değerler alması
2,5			2,6		
4,0			4,1		
4,1			4,2		
6,9			7,2		
7,0			7,3		
16			16,9		
17			17,0		
997			1037		
998			1038		
1,001		0,5	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)		1,001
1,40	1,74				
1,50	f'nin '0' değerini alması		1,75	f'nin '0' değerini alması	
1,6	f'nin negatif değerler alması		1,8	f'nin negatif değerler alması	
3,0			3,5		
4,8			5,6		
4,9			5,7		
8,3			9,7		
8,4			9,8		
19			22		
20			23		
1196			1396		
1197			1397		

Çizelge 3.38'deki belirlemede kaynak çapının engel çapından büyük ($k > e$), kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığından küçük ($a < b$) olması koşulunda kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığı oranı (a/b) aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- $a/b=0,25$ olması durumunda, kaynak çapının engel çapına oranı, $1,01 \leq k/e < 1,25$ olursa, gölge çekirdeği pozitif değerler alır ve çok yumuşak gölge oluşur. $k/e=1,25$ ise gölge çekirdeği '0' değerini alır ve yok olur. $k/e > 1,25$ gölge çekirdeği negatif değerler alır.
- $a/b=0,3$ olması durumunda, kaynak çapının engel çapına oranı, $1,01 \leq k/e < 1,3$ olursa, gölge çekirdeği pozitif değerler alır ve çok yumuşak gölge oluşur. $k/e=1,3$ ise gölge çekirdeği '0' değerini alır ve yok olur. $k/e > 1,3$ gölge çekirdeği negatif değerler alır.
- $a/b=0,5$ olması durumunda, kaynak çapının engel çapına oranı, $1,01 \leq k/e < 1,5$ olursa, gölge çekirdeği pozitif değerler alır ve çok yumuşak gölge oluşur. $k/e=1,5$ ise gölge çekirdeği '0' değerini alır ve yok olur. $k/e > 1,5$ gölge çekirdeği negatif değerler alır.
- $a/b=0,75$ olması durumunda, kaynak çapının engel çapına oranı, $1,01 \leq k/e < 1,8$ olursa, gölge çekirdeği pozitif değerler alır ve çok yumuşak gölge oluşur. $k/e=1,8$ ise gölge çekirdeği '0' değerini alır ve yok olur. $k/e > 1,8$ gölge çekirdeği negatif değerler alır.
- Her birinde gölge çekirdeği, yarı gölge alana dönüşür ve ışıklı alan haline gelmeye başlar.

3.3 Gölgenin Sertlik-Yumuşaklığını Etkileyen Dört Değişkenin Oranları İlişkisi

Kaynak çapı (k), engel çapı (e), kaynak-engel uzaklığı (a) ve engel-yüzey uzaklığı (b) olan dört değişkenin belirli adımlarla birbirleriyle oranlanmasıyla, gölgenin sertliğini yumuşaklığını (gölge sınırı keskinliği) belirleyen ortak değerler elde edilebilmektedir. Bu dört değişkenin ikili oranlarına bağlı olarak oluşacak gölgenin sertlik yumuşaklık derecelendirmesine yol gösterici veri oluşturmak amacıyla, kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) ve kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) bağlamında sayısal olarak örneklenmiştir.

Kaynak çapının, engel çapına oranı (k/e) fonksiyonunda, kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranının (a/b) oluşturduğu sertlik yumuşaklık dereceleri,

- kaynak çapının, engel çapına oranı (k/e) 0,01- 0,1- 0,2- 0,25- 0,3- 0,4- 0,5- 0,6- 0,7- 0,75- 0,8- 0,9- 1- 1,5- 2- 2,5- 3- 3,5- 4- 4,5- 5,
- kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) 0,25'er adımla 0,25'ten 10'a kadar,

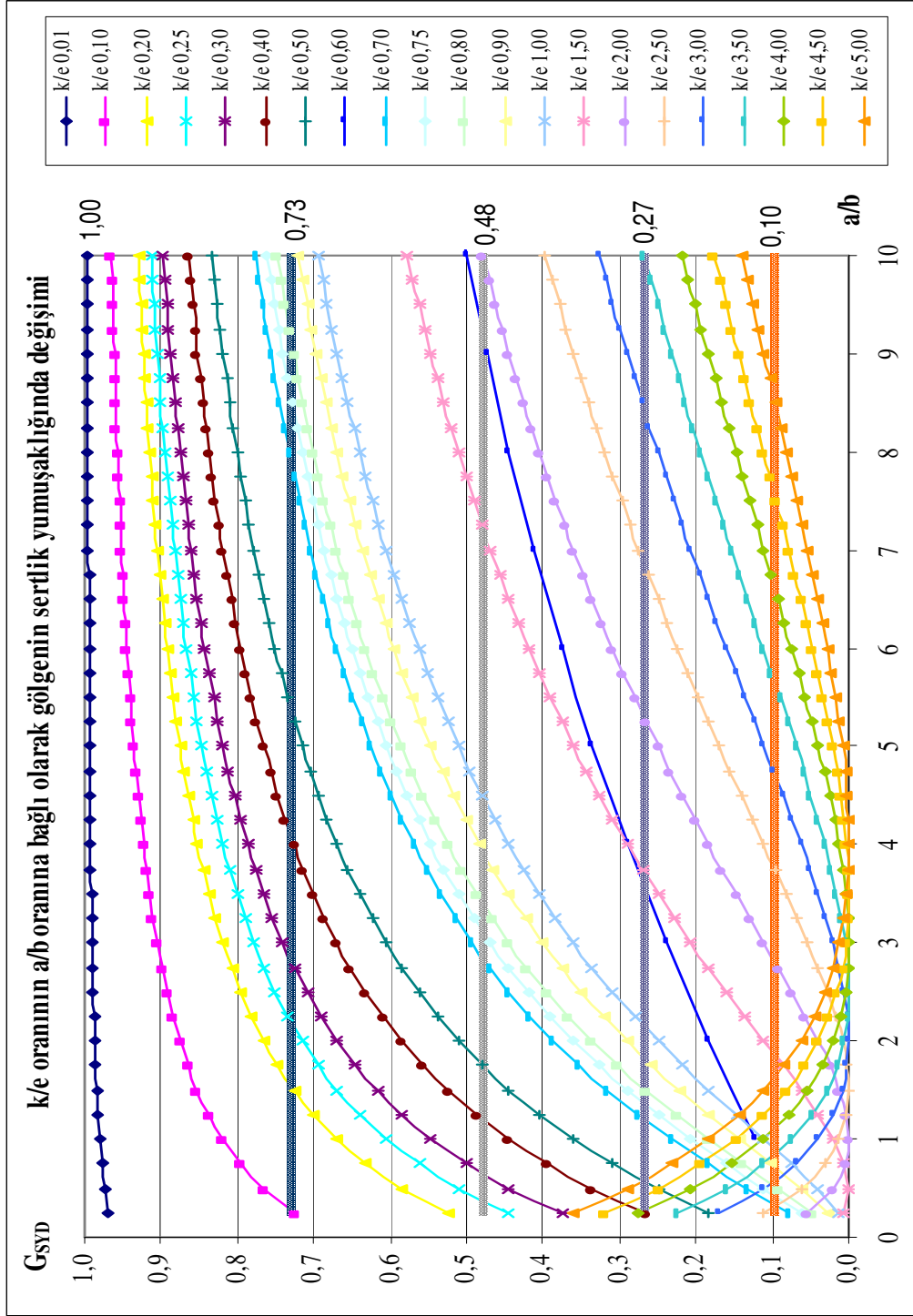
Çizelge 3.39'de sayısal olarak örneklenmiştir.

Çizelge 3.39 Kaynak çapının engel çapına (k/e) ve kaynak engel uzaklığının engel yüzey uzaklığına oranları (a/b).

a/b	k/e																				
	0,01	0,10	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,75	0,80	0,90	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
0,25	0,97	0,73	0,52	0,44	0,38	0,27	0,18	0,12	0,08	0,06	0,05	0,03	0,01	0,01	0,05	0,11	0,17	0,22	0,27	0,32	0,36
0,50	0,97	0,77	0,58	0,51	0,44	0,34	0,25	0,18	0,13	0,11	0,09	0,06	0,04	0,00	0,02	0,06	0,11	0,16	0,21	0,25	0,29
0,75	0,98	0,80	0,63	0,56	0,50	0,39	0,31	0,24	0,18	0,16	0,14	0,10	0,07	0,01	0,00	0,03	0,07	0,11	0,15	0,19	0,23
1,00	0,98	0,82	0,67	0,60	0,55	0,44	0,36	0,29	0,23	0,21	0,18	0,14	0,11	0,02	0,00	0,01	0,04	0,07	0,11	0,15	0,18
1,25	0,98	0,84	0,70	0,64	0,58	0,49	0,40	0,34	0,28	0,25	0,23	0,18	0,15	0,04	0,00	0,00	0,02	0,05	0,08	0,11	0,14
1,50	0,98	0,85	0,73	0,67	0,62	0,52	0,44	0,38	0,32	0,29	0,27	0,22	0,18	0,06	0,01	0,00	0,01	0,03	0,05	0,08	0,11
1,75	0,99	0,86	0,75	0,69	0,65	0,56	0,48	0,41	0,35	0,33	0,30	0,26	0,22	0,09	0,02	0,00	0,00	0,01	0,03	0,06	0,08
2,00	0,99	0,88	0,77	0,72	0,67	0,58	0,51	0,44	0,39	0,36	0,34	0,29	0,25	0,11	0,04	0,01	0,00	0,01	0,02	0,04	0,06
2,25	0,99	0,88	0,78	0,73	0,69	0,61	0,54	0,47	0,42	0,39	0,37	0,32	0,28	0,14	0,06	0,02	0,00	0,00	0,01	0,03	0,04
2,50	0,99	0,89	0,80	0,75	0,71	0,63	0,56	0,50	0,44	0,42	0,39	0,35	0,31	0,16	0,07	0,03	0,01	0,00	0,00	0,02	0,03
2,75	0,99	0,90	0,81	0,77	0,73	0,65	0,58	0,52	0,47	0,44	0,42	0,38	0,34	0,18	0,09	0,04	0,01	0,00	0,00	0,01	0,02
3,00	0,99	0,90	0,82	0,78	0,74	0,67	0,60	0,55	0,49	0,47	0,44	0,40	0,36	0,21	0,11	0,05	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01
3,25	0,99	0,91	0,83	0,79	0,75	0,69	0,62	0,57	0,51	0,49	0,47	0,42	0,38	0,23	0,13	0,07	0,03	0,01	0,00	0,00	0,01
3,50	0,99	0,91	0,84	0,80	0,77	0,70	0,64	0,58	0,53	0,51	0,49	0,44	0,40	0,25	0,15	0,08	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00
3,75	0,99	0,92	0,84	0,81	0,78	0,71	0,66	0,60	0,55	0,53	0,51	0,46	0,43	0,27	0,17	0,10	0,05	0,02	0,01	0,00	0,00
4,00	0,99	0,92	0,85	0,82	0,79	0,73	0,67	0,62	0,57	0,55	0,52	0,48	0,44	0,29	0,18	0,11	0,06	0,03	0,01	0,00	0,00
4,25	0,99	0,93	0,86	0,83	0,80	0,74	0,68	0,63	0,58	0,56	0,54	0,50	0,46	0,31	0,20	0,13	0,07	0,04	0,02	0,01	0,00
4,50	0,99	0,93	0,86	0,83	0,80	0,75	0,69	0,65	0,60	0,58	0,56	0,52	0,48	0,33	0,22	0,14	0,09	0,05	0,02	0,01	0,00
4,75	0,99	0,93	0,87	0,84	0,81	0,76	0,71	0,66	0,61	0,59	0,57	0,53	0,50	0,34	0,23	0,16	0,10	0,06	0,03	0,01	0,00
5,00	0,99	0,94	0,88	0,85	0,82	0,77	0,72	0,67	0,63	0,60	0,58	0,55	0,51	0,36	0,25	0,17	0,11	0,07	0,04	0,02	0,01
5,25	0,99	0,94	0,88	0,85	0,83	0,77	0,73	0,68	0,64	0,62	0,60	0,56	0,52	0,38	0,27	0,18	0,12	0,08	0,05	0,03	0,01
5,50	0,99	0,94	0,88	0,86	0,83	0,78	0,73	0,69	0,65	0,63	0,61	0,57	0,54	0,39	0,28	0,20	0,14	0,09	0,06	0,03	0,02
5,75	0,99	0,94	0,89	0,86	0,84	0,79	0,74	0,70	0,66	0,64	0,62	0,58	0,55	0,40	0,29	0,21	0,15	0,10	0,07	0,04	0,02
6,00	0,99	0,94	0,89	0,87	0,84	0,80	0,75	0,71	0,67	0,65	0,63	0,60	0,56	0,42	0,31	0,22	0,16	0,11	0,07	0,05	0,03
6,25	0,99	0,95	0,90	0,87	0,85	0,80	0,76	0,72	0,68	0,66	0,64	0,61	0,57	0,43	0,32	0,24	0,17	0,12	0,08	0,05	0,03
6,50	0,99	0,95	0,90	0,88	0,85	0,81	0,77	0,73	0,69	0,67	0,65	0,62	0,58	0,44	0,34	0,25	0,18	0,13	0,09	0,06	0,04
6,75	0,99	0,95	0,90	0,88	0,86	0,81	0,77	0,73	0,70	0,68	0,66	0,63	0,60	0,46	0,35	0,26	0,20	0,14	0,10	0,07	0,05
7,00	1,00	0,95	0,90	0,88	0,86	0,82	0,78	0,74	0,70	0,69	0,67	0,64	0,60	0,47	0,36	0,27	0,21	0,15	0,11	0,08	0,05
7,25	1,00	0,95	0,91	0,89	0,86	0,82	0,78	0,75	0,71	0,69	0,68	0,65	0,61	0,48	0,37	0,29	0,22	0,16	0,12	0,09	0,06
7,50	1,00	0,95	0,91	0,89	0,87	0,83	0,79	0,75	0,72	0,70	0,69	0,65	0,62	0,49	0,38	0,30	0,23	0,17	0,13	0,09	0,07
7,75	1,00	0,96	0,91	0,89	0,87	0,83	0,80	0,76	0,73	0,71	0,69	0,66	0,63	0,50	0,39	0,31	0,24	0,18	0,14	0,10	0,07
8,00	1,00	0,96	0,91	0,89	0,88	0,84	0,80	0,77	0,73	0,72	0,70	0,67	0,64	0,51	0,40	0,32	0,25	0,19	0,15	0,11	0,08
8,25	1,00	0,96	0,92	0,90	0,88	0,84	0,81	0,77	0,74	0,72	0,71	0,68	0,65	0,52	0,42	0,33	0,26	0,20	0,16	0,12	0,09
8,50	1,00	0,96	0,92	0,90	0,88	0,84	0,81	0,78	0,74	0,73	0,71	0,68	0,66	0,53	0,43	0,34	0,27	0,21	0,17	0,13	0,10
8,75	1,00	0,96	0,92	0,90	0,88	0,85	0,81	0,78	0,75	0,73	0,72	0,69	0,66	0,54	0,44	0,35	0,28	0,22	0,17	0,14	0,10
9,00	1,00	0,96	0,92	0,90	0,89	0,85	0,82	0,79	0,76	0,74	0,73	0,70	0,67	0,55	0,44	0,36	0,29	0,23	0,18	0,14	0,11
9,25	1,00	0,96	0,92	0,91	0,89	0,86	0,82	0,79	0,76	0,75	0,73	0,70	0,68	0,55	0,45	0,37	0,30	0,24	0,19	0,15	0,12
9,50	1,00	0,96	0,93	0,91	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77	0,75	0,74	0,71	0,68	0,56	0,46	0,38	0,31	0,25	0,20	0,16	0,13
9,75	1,00	0,96	0,93	0,91	0,89	0,86	0,83	0,80	0,77	0,76	0,74	0,71	0,69	0,57	0,47	0,39	0,32	0,26	0,21	0,17	0,13
10,00	1,00	0,96	0,93	0,91	0,90	0,86	0,83	0,80	0,78	0,76	0,75	0,72	0,69	0,58	0,48	0,40	0,33	0,27	0,22	0,18	0,14

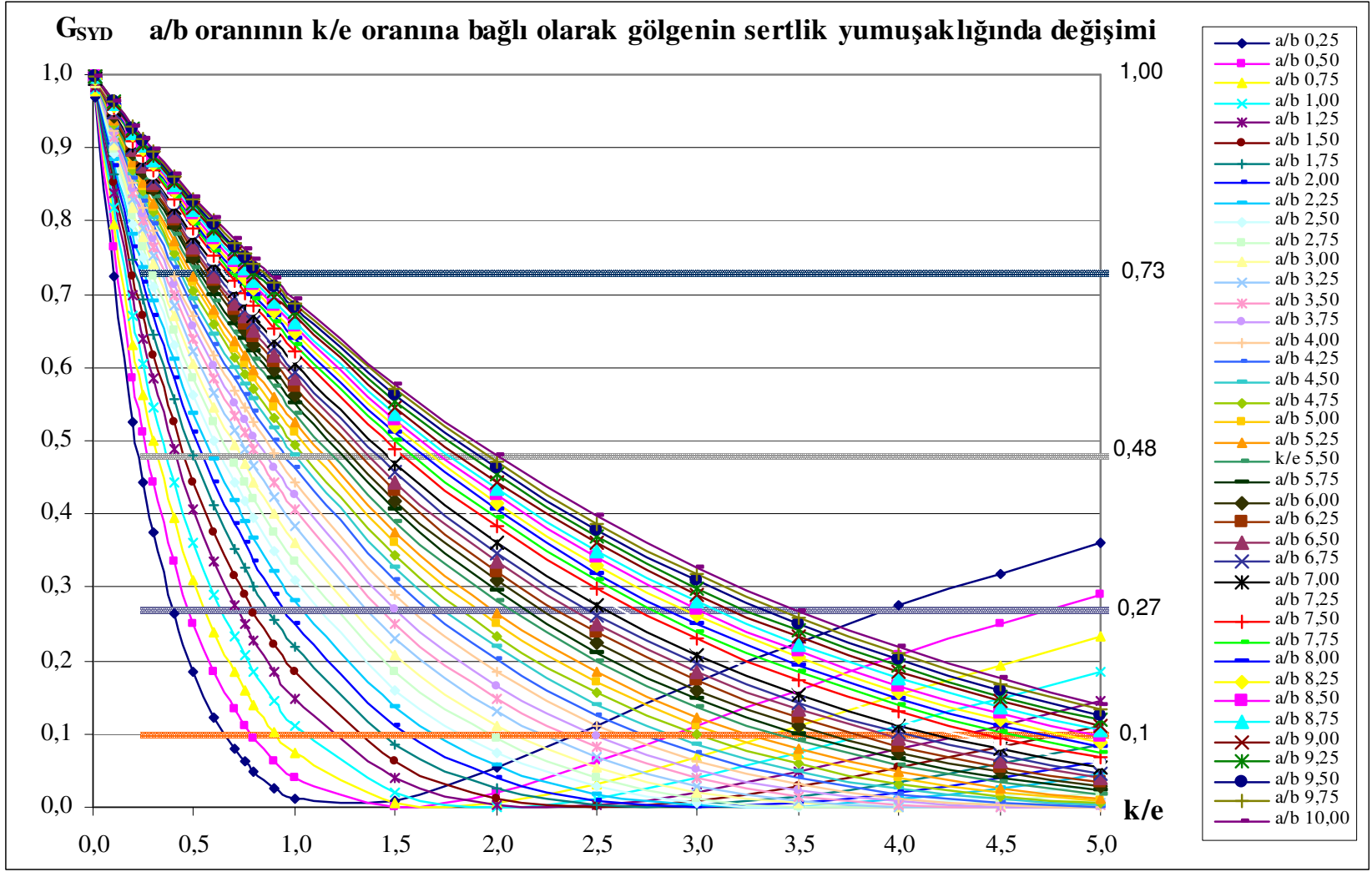
Renk	GSYA	GSY
	~1	Çok sert gölge (Ç.S.G.)
	<1->0,73	Sert gölge (S.G.)
	≤0,73->0,48	Az sert gölge (A.S.G.)
	≤0,48->0,27	Az yumuşak gölge (A.Y.G.)
	≤0,27->0,10	Yumuşak gölge (Y.G.)
	≤0,10->0,00	Çok yumuşak gölge (Ç.Y.G.)
	f=0	Gölge çekirdeğinin yok olması
	f<0	Gölgenin aydınlanması

Çizelge 3.39'daki bulgulardan yararlanılarak Şekil 3.13 ve 3.14 oluşturulmuştur. Şekil 3.13'te kaynak çapının engel çapı oranına (k/e) bağlı olarak, kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığı oranı (a/b) değişimi, Şekil 3.14'te kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığı oranına (a/b) bağlı olarak kaynak çapının engel çapı oranı (k/e) değişimi verilmiştir.



Şekil 3.13 Kaynak çapının engel çapına oranının (k/e) gölgenin sertlik-yumuşaklığına etkisi.

Şekil 3.14 Kaynak-engel uzaklığının engeli yüzey uzaklığına oranının gölgenin sertlik yumuşaklığına etkisi.



Gölgelerin sertlik-yumuşaklığı, kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) ve kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranına (a/b) bağlı olarak Çizelge 3.37 ve Şekil 3.13-3.14'teki bulguların yardımıyla aşağıdaki gibi yapılabilir.

- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 0.01 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.97 \leq G_{SYD} \leq 1.00$ değerler alabilir. Sert gölgeler oluşur.
- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 0.1 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.73 \leq G_{SYD} \leq 0.96$ değerler alabilir. Sert gölgeler oluşur.
- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 0.2 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.52 \leq G_{SYD} \leq 0.93$ değerler alabilir. Sert ve az sert gölgeler oluşur.
- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 0.4 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.27 \leq G_{SYD} \leq 0.86$ değerler alabilir. Sert, az sert ve az yumuşak gölgeler oluşur.
- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 0.6 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.12 \leq G_{SYD} \leq 0.80$ değerler alabilir. Sert, az sert, az yumuşak ve yumuşak gölgeler oluşur.
- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 0.8 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.05 \leq G_{SYD} \leq 0.75$ değerler alabilir. Sert, az sert, az yumuşak ve yumuşak gölgeler oluşur.
- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 1 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.01 \leq G_{SYD} \leq 0.69$ değerler alabilir. Az sert, az yumuşak, yumuşak, çok yumuşak gölgeler oluşur.
- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 1.5 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.01 \leq G_{SYD} \leq 0.58$ değerler alabilir. Az sert, az yumuşak, yumuşak ve çok yumuşak gölgeler oluşur. Kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b), 0.25 ise gölge çekirdeği aydınlanmaya başlar, 0.5 ise gölge çekirdeği yok olur, $0.75 \leq a/b \leq 10$ ise gölge çekirdeği vardır.

- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 2 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.01 \leq G_{SYD} \leq 0.48$ değerler alabilir. Az yumuşak, yumuşak ve çok yumuşak gölgeler oluşur. Kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) $0.25 \leq a/b \leq 0.75$ ise gölge çekirdeği aydınlanmaya başlar, 1 ise gölge çekirdeği yok olur, $1.25 \leq a/b \leq 10$ arasında ise gölge çekirdeği vardır.

Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 2.5 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.01 \leq G_{SYD} \leq 0.40$ değerler alabilir. Az yumuşak, yumuşak ve çok yumuşak gölgeler oluşur. Kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) $0.25 \leq a/b \leq 1.25$ ise gölge çekirdeği aydınlanmaya başlar, 1.5 ise gölge çekirdeği yok olur, $1.75 \leq a/b \leq 10$ arasında ise gölge çekirdeği vardır.

- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 3 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.01 \leq G_{SYD} \leq 0.33$ değerler alabilir. Az yumuşak, yumuşak ve çok yumuşak gölgeler oluşur. Kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) $0.25 \leq a/b \leq 1.75$ ise gölge çekirdeği aydınlanmaya başlar, 2 ise gölge çekirdeği yok olur, $2.25 \leq a/b \leq 10$ arasında ise gölge çekirdeği vardır.
- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 3.5 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.01 \leq G_{SYD} \leq 0.27$ değerler alabilir. Yumuşak ve çok yumuşak gölgeler oluşur. Kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) $0.25 \leq a/b \leq 2.25$ ise gölge çekirdeği aydınlanmaya başlar, 2.5 ise gölge çekirdeği yok olur, $2.75 \leq a/b \leq 10$ arasında ise gölge çekirdeği vardır.
- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 4 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.01 \leq G_{SYD} \leq 0.22$ değerler alabilir. Yumuşak ve çok yumuşak gölgeler oluşur. Kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) $0.25 \leq a/b \leq 2.75$ ise gölge çekirdeği aydınlanmaya başlar, 3 ise gölge çekirdeği yok olur, $3.25 \leq a/b \leq 10$ arasında ise gölge çekirdeği vardır.

- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 4.5 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.01 \leq G_{SYD} \leq 0.18$ değerler alabilir. Yumuşak ve çok yumuşak gölgeler oluşur. Kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) $0.25 \leq a/b \leq 3.25$ ise gölge çekirdeği aydınlanmaya başlar, 3.5 ise gölge çekirdeği yok olur, $3.75 \leq a/b \leq 10$ arasında ise gölge çekirdeği vardır.
- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 5 ise, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) değişimine bağlı olarak gölgenin sertlik yumuşaklık dereceleri $0.01 \leq G_{SYD} \leq 0.14$ değerler alabilir. Yumuşak ve çok yumuşak gölgeler oluşur. Kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) $0.25 \leq a/b \leq 3.75$ ise gölge çekirdeği aydınlanmaya başlar, 4 ise gölge çekirdeği yok olur, $4.25 \leq a/b \leq 10$ arasında ise gölge çekirdeği vardır.

Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) büyüdükçe,

- gölge çok sertten çok yumuşağa doğru ilerler.
- kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranına (a/b) bağlı olarak bir noktada gölge çekirdeği yok olur ve gölge, yarı gölge alandan oluşur.
- yarı gölge alan da ışıklı alana dönüşür ve gölgesiz aydınlık elde edilir. Bu durum tüm değerler için geçerlidir.

Kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) küçüldükçe,

- gölge, sertten yumuşağa doğru ilerler.
- kaynak çapının engel çapına oranına (k/e) bağlı olarak bazı sınırlarda olanlar asla çok fazla yumuşayıp gölge çekirdeğinin yok olması durumuna ulaşamazlar. Bunlar, kaynak çapının engel çapına oranı $k/e \leq 1$ olanlardır.

Sonuç olarak, kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) sabit olduğunda daha yumuşak gölgeler elde edebilmek için, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranını (a/b) küçültmek; kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) sabit olduğunda ise, kaynak çapının engel çapına oranını (k/e) büyütmek gerekmektedir.

3.4 Gölgenin Sertlik-Yumuşaklığında Aydınlik Dağılımı

Aydınlanan yüzey üzerindeki aydınlık düzeyi değışimleri, gölgenin sertliği-yumuşaklığını belirlemede önemli rol oynar. Çalışmanın bu bölümünde döşeme yüzeyi üzerinde oluşan aydınlığın dağılımı,

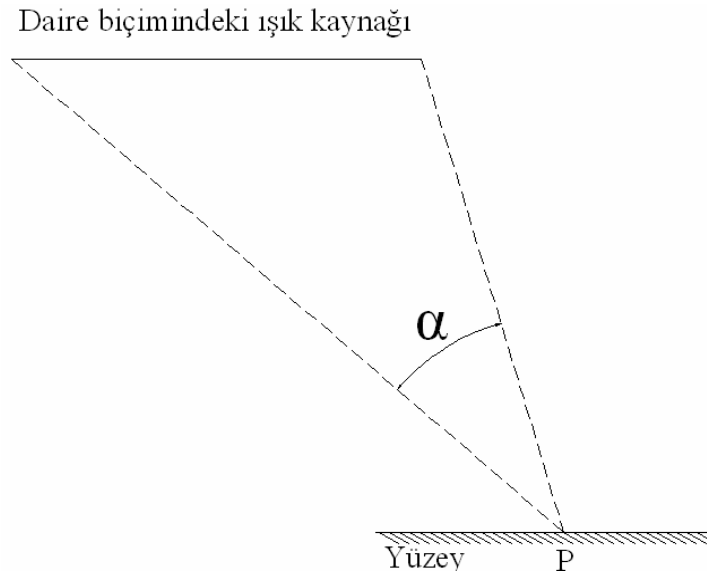
- aydınlık düzeyi hesabı (dolaysız aydınlatma) ve
- program kullanımı

ile belirlenmiş, kaynak çapının küçülmesinin gölgenin sertlik-yumuşaklığına etkisi incelenmiştir. Aydınlik düzeyi hesabı ve programdan elde edilen aydınlık düzeyi değeri karşılaştırılmıştır.

a) Aydınlik düzeyi hesabı

Aydınlik dağılımını inceleyebilmek için aydınlanan yüzey üzerindeki her bir noktanın aydınlık düzeyi değeri belirlenebilmesi önemlidir. Şekil 3.15'te görüldüğü gibi daire biçiminde izotrop bir ışık kaynağının, bu kaynağa paralel konumlanmış bir yüzey üzerindeki belirli bir P noktasındaki aydınlık düzeyi (3.8) eşitliği yardımıyla hesaplanabilir.

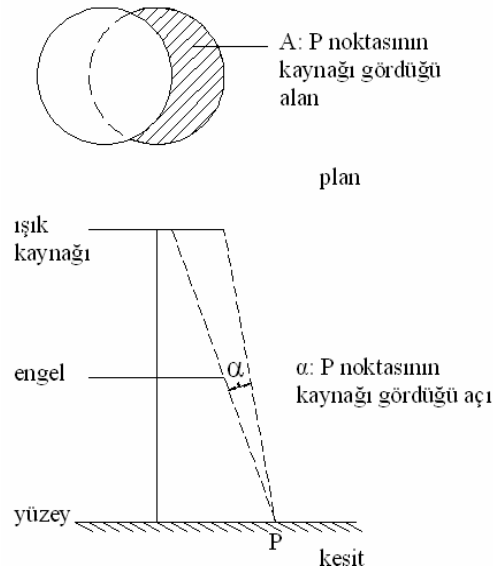
$$E=[(\pi \times L)/2] \times (1 - \cos \alpha) \quad (3.8)$$



Şekil 3.15 Daire biçimindeki ışık kaynağı ve P noktasının konumu (Stevens, 1951).

Işık kaynağının P noktasındaki aydınlık düzeyini hesaplayabilmek için gerekli olan o doğrultudaki ışıklılığı (L), ışık kaynağının yayımladığı toplam ışık akısının (Φ) ışık kaynağının ışıklı görünen yüzeyinin alanına oranı (3.9) eşitliği kullanılarak belirlenebilir (Erhardt, 1977).

$$L = \Phi/A \quad (3.9)$$



Şekil 3.16 Daire biçimindeki ışık kaynağı ve saydam olmayan bir engelle kaynaktan ışık alması engellenen P noktasının konumu.

Şekil 3.16'da görüldüğü gibi, ışık kaynağından P noktasına gelen ışınların bir bölümü engellendiğinde, P noktasındaki aydınlık düzeyi (E_P), o noktanın ışık kaynağının ışıklı yüzeyini gördüğü alanın (A) ve gördüğü açının (α) bilinmesi durumunda (3.8) ve (3.9) numaralı eşitlikler kullanılarak belirlenebilir.

b) Program kullanımı

Kaynak çapının, gölgenin sertliğine-yumuşaklığına etkisini örnekleyebilmek için, bir aydınlatma programında tasarlanan model odanın,

- eni, boyu ve yüksekliğinin birbirine eşit ve 3m,
- dolaysız ışık ile aydınlanmasını sağlayabilmek için kuramsal olarak iç yüzeylerinin ortalama yansıtma çarpanının (r_{ort}) %0

olması koşullarında döşeme yüzeyi üzerinde oluşan aydınlık dağılımı değişimleri incelenmiştir.

Model odada kullanılan ışık kaynağının özellikleri,

- daire biçiminde izotrop dağıtımlı,
- çapı 150cm, 100cm, 50cm, 25cm, 12.5cm
- tavanın orta noktasında (x, y, z: 1.5m, 1.5m, 3m),
- 10000 lm ışık akısında,

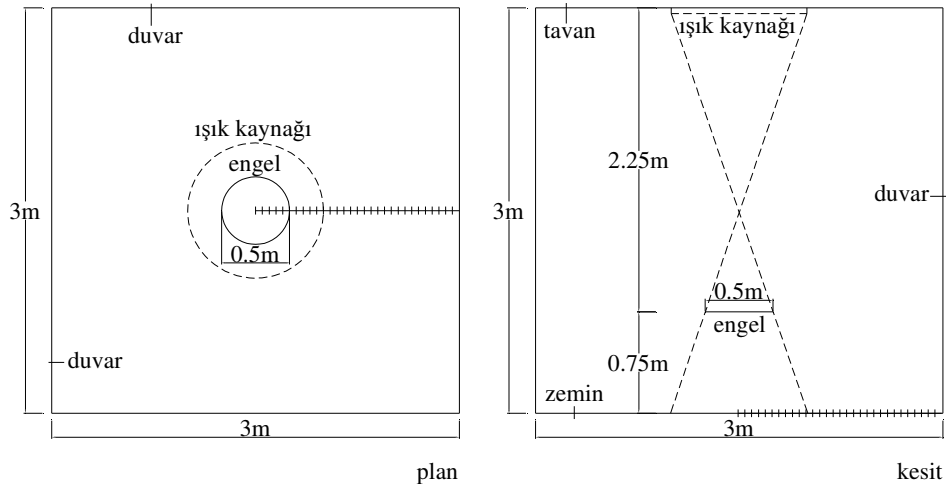
olarak varsayılmıştır. Söz konusu ışık kaynağı, bu çalışma için bir bilgisayar program dosyası (Eulumdat) aracılığıyla tasarlanmıştır. Kullanılan dosya ile ilgili bilgi Ek1'de verilmiştir.

Model odada kullanılan daire biçimindeki engelin özellikleri,

- saydamsız ve kuramsal olarak ortalama yansıtma çarpanı (r_{ort}) %0,
- çapı 50cm,
- döşeme yüzeyinin orta noktasından 75 cm yüksekte (x, y, z: 1.5m, 1.5m, 0,75m)

olarak varsayılmıştır.

Engel ve ışık kaynağı döşeme yüzeyine paralel olarak konumlandırılmıştır. Odanın merkezinde yer alan kaynak ve engel ekseninin, gölgenin oluştuğu yüzeyi kestiği bölümden bir kesit alınarak, 5cm aralıklarla belirlenen noktaların aydınlık düzeyleri belirlenmiştir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 Model odanın şematik gösterimi (plan ve kesit).

3.2.2 bölümündeki geometrik hesaplamalardan yararlanılarak, farklı sertlik-yumuşaklık derecesine sahip gölgeler belirlenmiştir. Buna bağlı olarak dört değişkenin değerleri Çizelge 3.40'da verilmiştir.

- Çizelge 3.27'da görüldüğü gibi, k/e oranı 3 ve a/b oranı 3 olduğunda, G_{SYD} 0,02 olmakta ve çok yumuşak gölge oluşmaktadır.
- Çizelge 3.25'te görüldüğü gibi, k/e oranı 2 ve a/b oranı 3 olduğunda, G_{SYD} 0,11 olmakta ve yumuşak gölge oluşmaktadır.
- Çizelge 3.7'da görüldüğü gibi, k/e oranı 1 ve a/b oranı 3 olduğunda, G_{SYD} 0,36 olmakta ve az yumuşak gölge oluşmaktadır.
- Çizelge 3.17'da görüldüğü gibi, k/e oranı 0.5 ve a/b oranı 3 olduğunda, G_{SYD} 0,60 olmakta ve az sert gölge oluşmaktadır.
- Çizelge 3.14'te görüldüğü gibi, k/e oranı 0.25 ve a/b oranı 3 olduğunda, G_{SYD} 0,78 olmakta ve sert gölge oluşmaktadır.

Çizelge 3.40 Geometrik hesap sonucu gölgelerin sertlik yumuşaklığı.

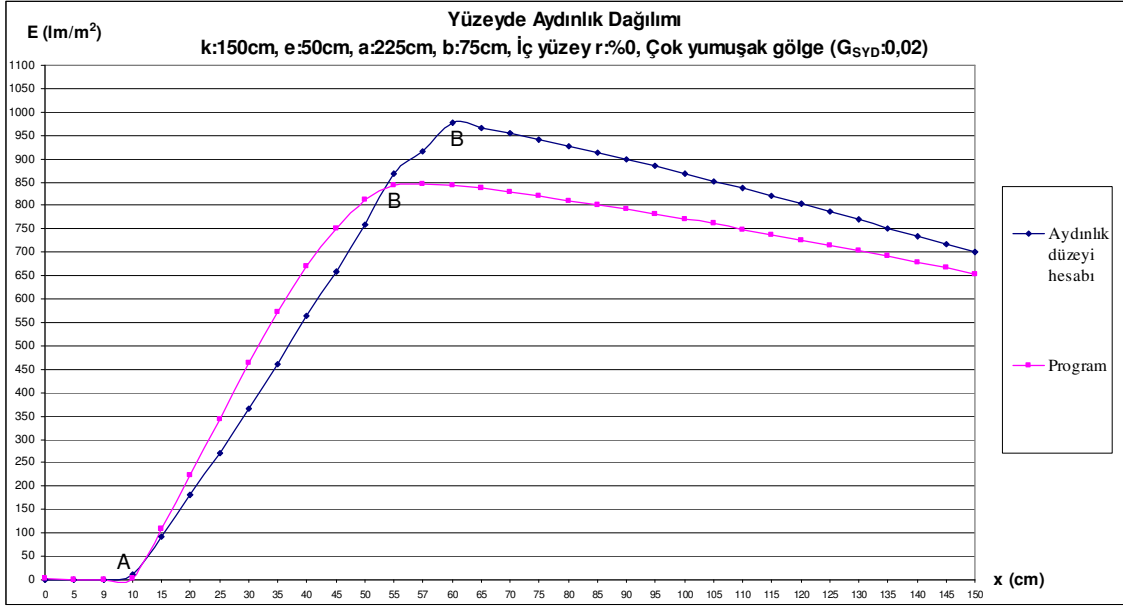
Durumlar	k (cm)	e (cm)	k/e	a (cm)	b (cm)	a/b	f (cm)	h (cm)	g(cm)	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
1)	150	50	3,00	225	75	3	8,33	58,33	50,00	0,02	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
2)	100	50	2,00	225	75	3	16,67	50,00	33,33	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
3)	50	50	1,00	225	75	3	25,00	41,67	16,67	0,36	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
4)	25	50	0,50	225	75	3	29,17	37,50	8,33	0,60	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
5)	12,5	50	0,25	225	75	3	31,25	35,42	4,17	0,78	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.

Çizelge 3.39'daki değerler için, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programı (DIALux) kullanılarak döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık düzeyi değerleri, aşağıda beş bölüm halinde incelenmiş ve karşılaştırılmıştır.

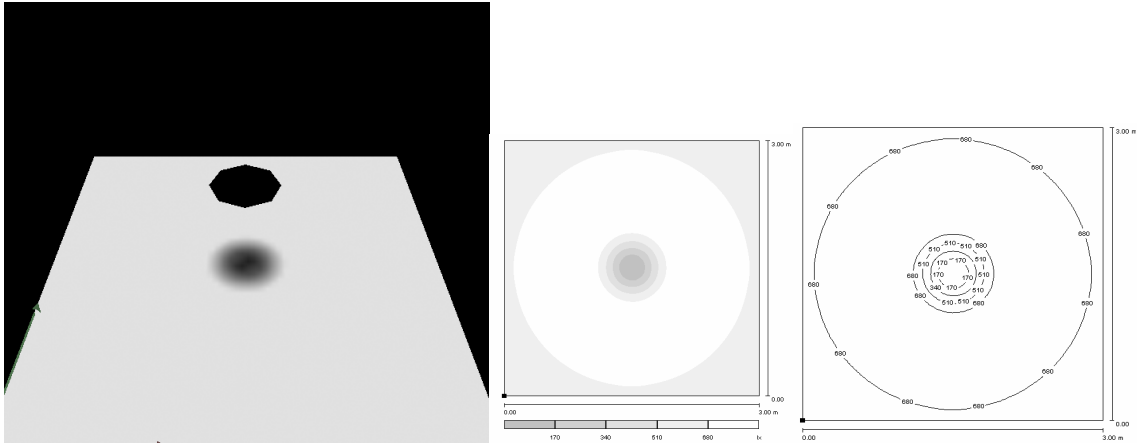
- 1) Sertlik yumuşaklık derecesi (G_{SYD}) 0.02 olan çok yumuşak bir gölgenin oluşabilmesi için gerekli k/e ve a/b oranları Çizelge 3.25'ten belirlenmiştir. Kaynak çapı (k) 150cm, engel çapı (e) 50, kaynak-engel uzaklığı (a) 225cm, engel-yüzey uzaklığı (b) 75cm alınmıştır. Oluşan aydınlığın, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programı sonuçları Çizelge 3.41'de, döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlığın dağılım grafiği Şekil 3.18'de, gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri Şekil 3.19'da verilmiştir.

Çizelge 3.41 Çok yumuşak bir gölgenin ($G_{SYD}:0,02$) aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programına göre aydınlık düzeyi sonuçları.

Çok yumuşak gölge ($G_{SYD}:0,02$)									
P noktası	Işık akısı (Φ , lm)	Alan (A , m ²)	Işıklılık $L=\Phi/A$	α	cosa	Aydınlık düzeyi hesabı (E , lm/m ²)	Program (E , lm/m ²)	Noktalar	
0	10000	0,0000	0	0,00	0,0000	0	4,14		
5	10000	0,0000	0	0,00	0,0000	0	0		
9	10000	0,0000	0	0,00	0,0000	0	0	A noktası	
10	10000	0,0299	334448	0,36	1,0000	10	2,43		
15	10000	0,2544	39308	3,15	0,9985	93	110		
20	10000	0,4763	20995	6,00	0,9945	181	223		
25	10000	0,6932	14426	8,88	0,9880	272	343		
30	10000	0,9027	11078	11,77	0,9790	366	463		
35	10000	1,1017	9077	14,62	0,9676	462	572		
40	10000	1,2877	7766	17,47	0,9539	563	669		
45	10000	1,4559	6869	20,12	0,9390	658	752		
50	10000	1,6009	6246	22,70	0,9225	760	813		
55	10000	1,7137	5835	25,14	0,9053	868	842		
57	10000	1,7459	5728	26,08	0,8982	916	847		B noktası
60	10000	1,7671	5659	27,12	0,8901	977	844		
65	10000	1,7671	5659	26,96	0,8913	966	837		
70	10000	1,7671	5659	26,79	0,8927	954	829		
75	10000	1,7671	5659	26,60	0,8942	941	820		
80	10000	1,7671	5659	26,41	0,8956	928	811		
85	10000	1,7671	5659	26,21	0,8972	914	802		
90	10000	1,7671	5659	25,99	0,8989	899	792		
95	10000	1,7671	5659	25,77	0,9005	884	782		
100	10000	1,7671	5659	25,54	0,9023	869	771		
105	10000	1,7671	5659	25,30	0,9041	853	761		
110	10000	1,7671	5659	25,06	0,9059	837	749		
115	10000	1,7671	5659	24,80	0,9078	820	738		
120	10000	1,7671	5659	24,55	0,9096	804	727		
125	10000	1,7671	5659	24,28	0,9115	786	715		
130	10000	1,7671	5659	24,01	0,9135	769	703		
135	10000	1,7671	5659	23,74	0,9154	752	691		
140	10000	1,7671	5659	23,46	0,9173	735	679		
145	10000	1,7671	5659	23,18	0,9193	718	667		
150	10000	1,7671	5659	22,89	0,9213	700	654		



Şekil 3.18 Çok yumuşak bir gölgenin ($G_{SYD}:0,02$) aydınlık düzeyi grafiği.

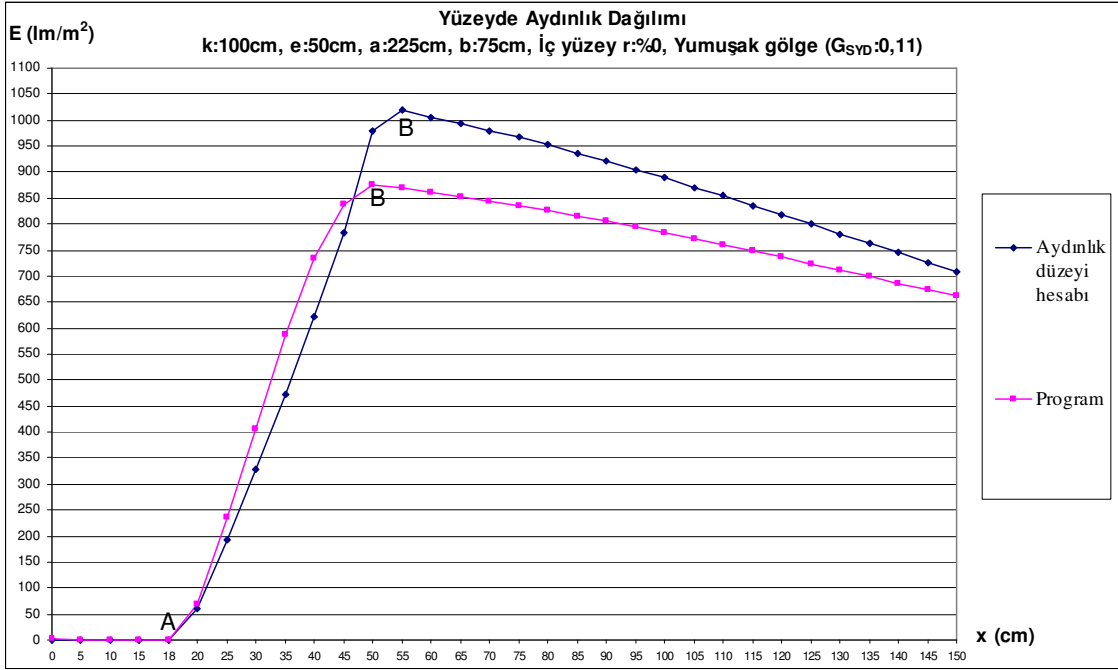


Şekil 3.19 Çok yumuşak bir gölgenin ($G_{SYD}:0,02$) üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri

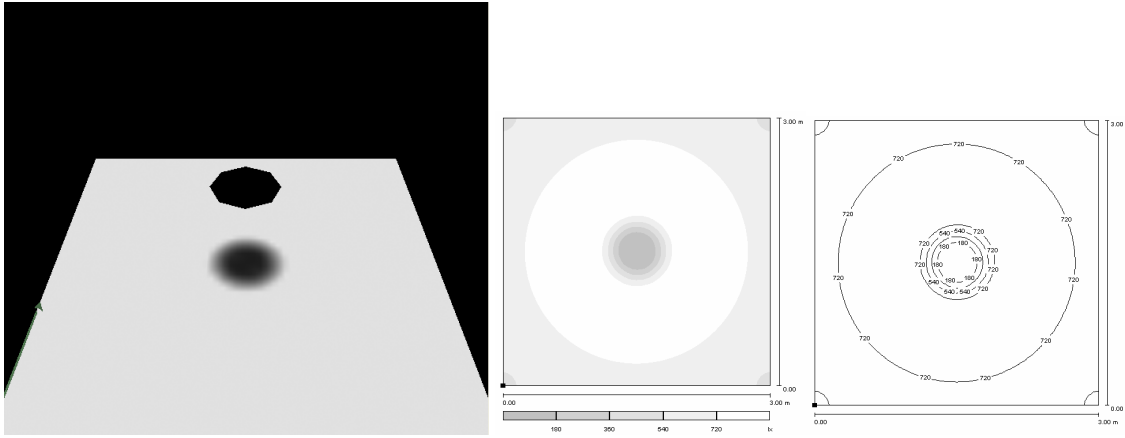
- 2) Sertlik yumuşaklık derecesi (G_{SYD}) 0.11 olan yumuşak bir gölgenin oluşabilmesi için gerekli k/e ve a/b oranları Çizelge 3.23'ten belirlenmiştir. Kaynak çapı (k) 100cm, engel çapı (e) 50, kaynak-engel uzaklığı (a) 225cm, engel-yüzey uzaklığı (b) 75cm alınmıştır. Oluşan aydınlığın, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programı sonuçları Çizelge 3.42'de, döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlığın dağılım grafiği Şekil 3.20'de, gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri Şekil 3.21'de verilmiştir.

Çizelge 3.42 Yumuşak bir gölgenin ($G_{SYD}:0,11$) aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programına göre aydınlık düzeyi sonuçları.

Yumuşak gölge ($G_{SYD}:0,11$)								
P noktası	Işık akısı (Φ , lm)	Alan (A , m ²)	Işıklılık $L=\Phi/A$	α	$\cos\alpha$	Aydınlık düzeyi hesabı (E , lm/m ²)	Program (E , lm/m ²)	Noktalar
0	10000	0,0000	0	0,00	0,0000	0	4,19	
5	10000	0,0000	0	0,00	0,0000	0	0	
10	10000	0,0000	0	0,00	0,0000	0	0	
15	10000	0,0000	0	0,00	0,0000	0	0	
18	10000	0,0000	0	0,00	0,0000	0	0	A noktası
20	10000	0,0699	143062	1,33	0,9997	61	68	
25	10000	0,2182	45830	4,19	0,9973	192	236	
30	10000	0,3613	27678	7,06	0,9924	330	407	
35	10000	0,4955	20182	9,90	0,9851	472	587	
40	10000	0,6157	16242	12,67	0,9756	621	733	
45	10000	0,7153	13980	15,36	0,9643	784	838	
50	10000	0,7805	12812	17,94	0,9514	979	876	
55	10000	0,7853	12734	18,36	0,9491	1018	869	
60	10000	0,7853	12734	18,25	0,9497	1006	861	
65	10000	0,7853	12734	18,13	0,9504	993	853	
70	10000	0,7853	12734	18,01	0,9510	980	845	
75	10000	0,7853	12734	17,88	0,9517	966	835	
80	10000	0,7853	12734	17,75	0,9524	952	826	
85	10000	0,7853	12734	17,60	0,9532	936	816	
90	10000	0,7853	12734	17,45	0,9540	921	805	
95	10000	0,7853	12734	17,30	0,9548	905	795	
100	10000	0,7853	12734	17,14	0,9556	888	784	
105	10000	0,7853	12734	16,97	0,9565	871	772	
110	10000	0,7853	12734	16,80	0,9573	854	760	
115	10000	0,7853	12734	16,62	0,9582	836	749	
120	10000	0,7853	12734	16,44	0,9591	818	736	
125	10000	0,7853	12734	16,26	0,9600	800	724	
130	10000	0,7853	12734	16,07	0,9609	782	712	
135	10000	0,7853	12734	15,88	0,9618	763	699	
140	10000	0,7853	12734	15,69	0,9627	745	686	
145	10000	0,7853	12734	15,49	0,9637	727	673	
150	10000	0,7853	12734	15,29	0,9646	708	661	



Şekil 3.20 Yumuşak bir gölgenin ($G_{SYD}:0,11$) aydınlık düzeyi grafiği.

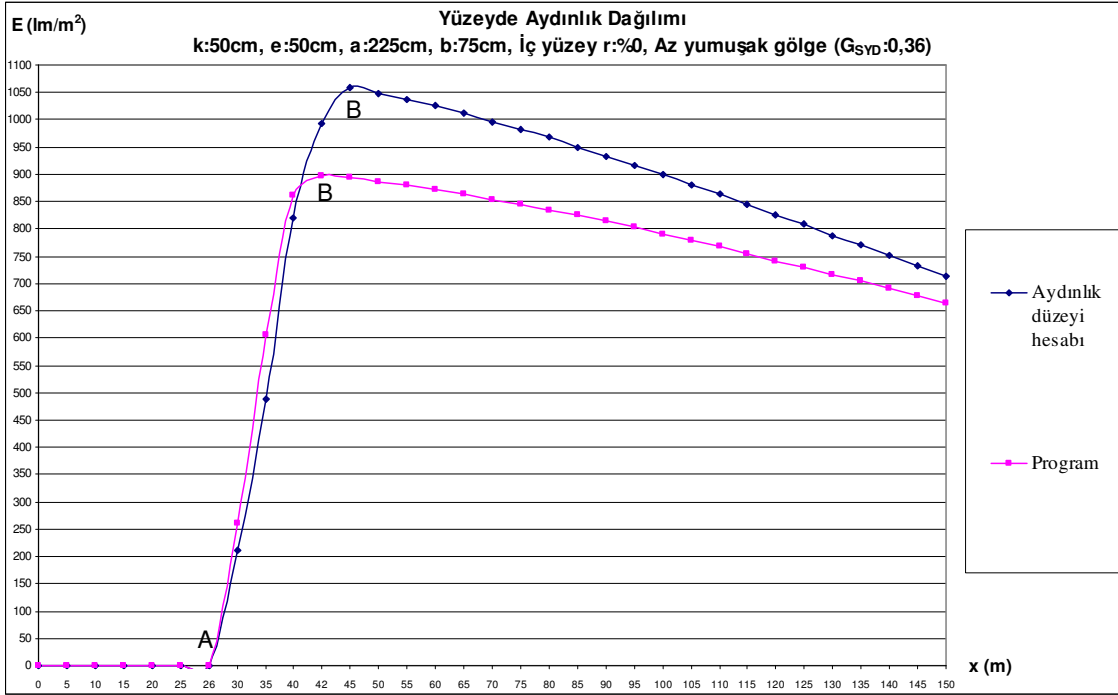


Şekil 3.21 Yumuşak bir gölgenin ($G_{SYD}:0,11$) üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri

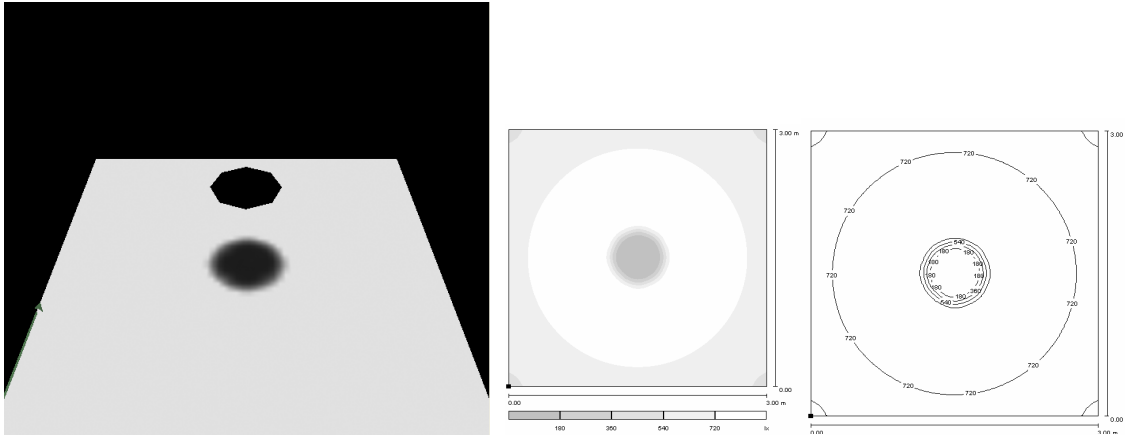
- 3) Sertlik yumuşaklık derecesi (G_{SYD}) 0.36 olan az yumuşak bir gölgenin oluşabilmesi için gerekli k/e ve a/b oranları Çizelge 3.6'ten belirlenmiştir. Kaynak çapı (k) 50cm, engel çapı (e) 50, kaynak-engel uzaklığı (a) 225cm, engel-yüzey uzaklığı (b) 75cm alınmıştır. Oluşan aydınlığın, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programı sonuçları Çizelge 3.43'te, döşeme üzerindeki aydınlığın dağılım grafiği Şekil 3.22'de, gölgenin üç boyutu, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri Şekil 3.23'te verilmiştir.

Çizelge 3.43 Az yumuşak bir gölgenin ($G_{SYD}:0,36$) aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programına göre aydınlık düzeyi sonuçları.

Az Yumuşak gölge ($G_{SYD}:0,36$)								
P noktası	Işık akısı (Φ , lm)	Alan (A , m ²)	Işıklılık $L=\Phi/A$	α	cosa	Aydınlık düzeyi hesabı (E , lm/m ²)	Program (E , lm/m ²)	Noktalar
0	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
5	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
10	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
15	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
20	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
25	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
26	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	A noktası
30	10000	0,0594	168350	2,29	0,9992	211	260	
35	10000	0,1281	78064	5,12	0,9960	489	607	
40	10000	0,1816	55066	7,90	0,9905	821	862	
42	10000	0,1944	51440	8,99	0,9877	993	897	B noktası
45	10000	0,1963	50930	9,33	0,9868	1058	894	
50	10000	0,1963	50930	9,28	0,9869	1047	887	
55	10000	0,1963	50930	9,23	0,9871	1036	880	
60	10000	0,1963	50930	9,18	0,9872	1025	872	
65	10000	0,1963	50930	9,12	0,9874	1011	863	
70	10000	0,1963	50930	9,05	0,9876	996	854	
75	10000	0,1963	50930	8,99	0,9877	983	845	
80	10000	0,1963	50930	8,92	0,9879	968	835	
85	10000	0,1963	50930	8,84	0,9881	950	825	
90	10000	0,1963	50930	8,76	0,9883	933	814	
95	10000	0,1963	50930	8,68	0,9885	916	803	
100	10000	0,1963	50930	8,60	0,9888	900	791	
105	10000	0,1963	50930	8,51	0,9890	881	779	
110	10000	0,1963	50930	8,43	0,9892	864	767	
115	10000	0,1963	50930	8,34	0,9894	846	755	
120	10000	0,1963	50930	8,24	0,9897	826	742	
125	10000	0,1963	50930	8,15	0,9899	808	730	
130	10000	0,1963	50930	8,05	0,9901	788	717	
135	10000	0,1963	50930	7,96	0,9904	771	704	
140	10000	0,1963	50930	7,86	0,9906	752	691	
145	10000	0,1963	50930	7,76	0,9908	733	678	
150	10000	0,1963	50930	7,66	0,9911	714	664	



Şekil 3.22 Az yumuşak bir gölgenin ($G_{SYD}:0,36$) aydınlık düzeyi grafiği.

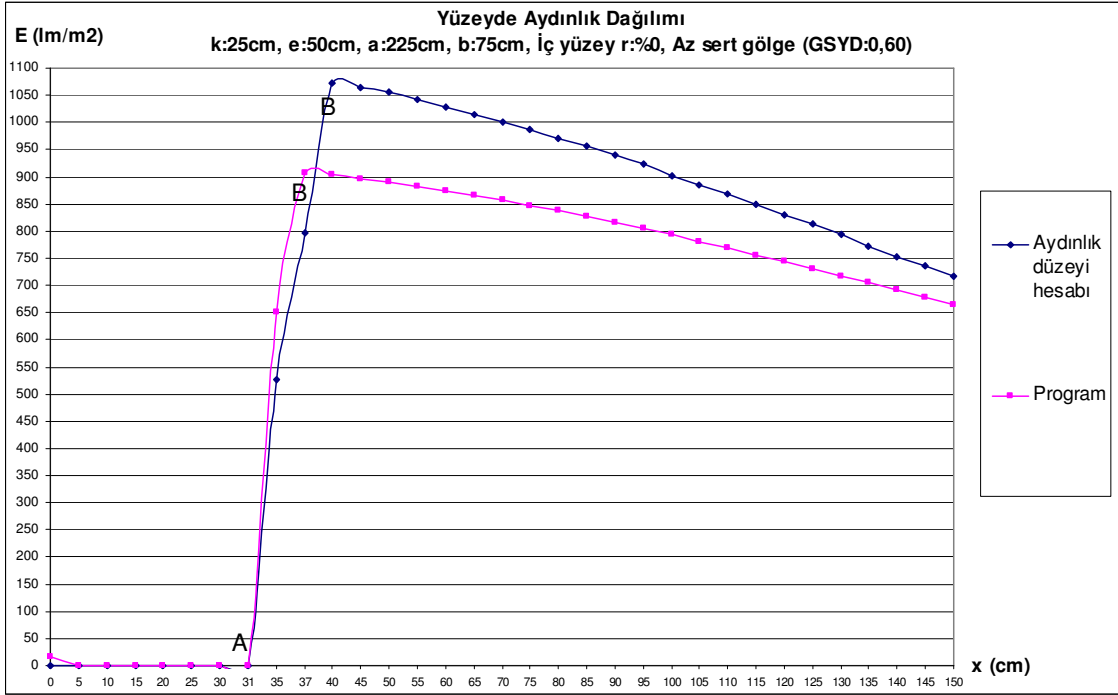


Şekil 3.23 Az yumuşak bir gölgenin ($G_{SYD}:0,36$) üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri

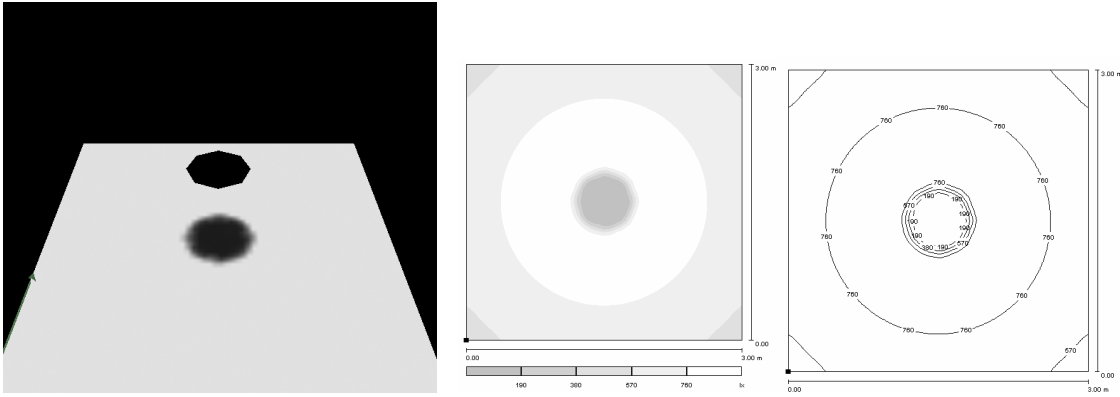
- 4) Sertlik yumuşaklık derecesi (G_{SYD}) 0.60 olan az sert bir gölgenin oluşabilmesi için gerekli k/e ve a/b oranları Çizelge 3.15'dan belirlenmiştir. Kaynak çapı (k) 25cm, engel çapı (e) 50, kaynak-engel uzaklığı (a) 225cm, engel-yüzey uzaklığı (b) 75cm alınmıştır. Oluşan aydınlığın, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programı sonuçları Çizelge 3.44'te, döşeme üzerindeki aydınlığın dağılım grafiği Şekil 3.24'te, gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri Şekil 3.25'te verilmiştir.

Çizelge 3.44 Az sert bir gölgenin ($G_{SYD}:0,60$) aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programına göre aydınlık düzeyi sonuçları.

Az sert gölge ($G_{SYD}:0,60$)								
P noktası	Işık akısı (Φ , lm)	Alan (A , m ²)	Işıklılık $L=\Phi/A$	α	$\cos\alpha$	Aydınlık düzeyi hesabı (E , lm/m ²)	Program (E , lm/m ²)	Noktalar
0	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	17	
5	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
10	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
15	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
20	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
25	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
30	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
31	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	A noktası
35	10000	0,0341	293255	2,74	0,9989	527	651	
37	10000	0,0447	223714	3,86	0,9977	797	906	
40	10000	0,0490	204082	4,69	0,9967	1073	903	B noktası
45	10000	0,0490	204082	4,67	0,9967	1064	897	
50	10000	0,0490	204082	4,65	0,9967	1055	890	
55	10000	0,0490	204082	4,62	0,9968	1042	883	
60	10000	0,0490	204082	4,59	0,9968	1028	875	
65	10000	0,0490	204082	4,56	0,9968	1015	866	
70	10000	0,0490	204082	4,53	0,9969	1002	857	
75	10000	0,0490	204082	4,50	0,9969	988	847	
80	10000	0,0490	204082	4,46	0,9970	971	837	
85	10000	0,0490	204082	4,43	0,9970	958	827	
90	10000	0,0490	204082	4,39	0,9971	941	816	
95	10000	0,0490	204082	4,35	0,9971	924	805	
100	10000	0,0490	204082	4,30	0,9972	902	793	
105	10000	0,0490	204082	4,26	0,9972	886	781	
110	10000	0,0490	204082	4,22	0,9973	869	769	
115	10000	0,0490	204082	4,17	0,9974	849	756	
120	10000	0,0490	204082	4,12	0,9974	829	744	
125	10000	0,0490	204082	4,08	0,9975	813	731	
130	10000	0,0490	204082	4,03	0,9975	793	718	
135	10000	0,0490	204082	3,98	0,9976	773	705	
140	10000	0,0490	204082	3,93	0,9976	754	692	
145	10000	0,0490	204082	3,88	0,9977	735	679	
150	10000	0,0490	204082	3,83	0,9978	716	665	



Şekil 3.24 Az sert bir gölgenin ($G_{SYD}:0,60$) aydınlık düzeyi grafiği.

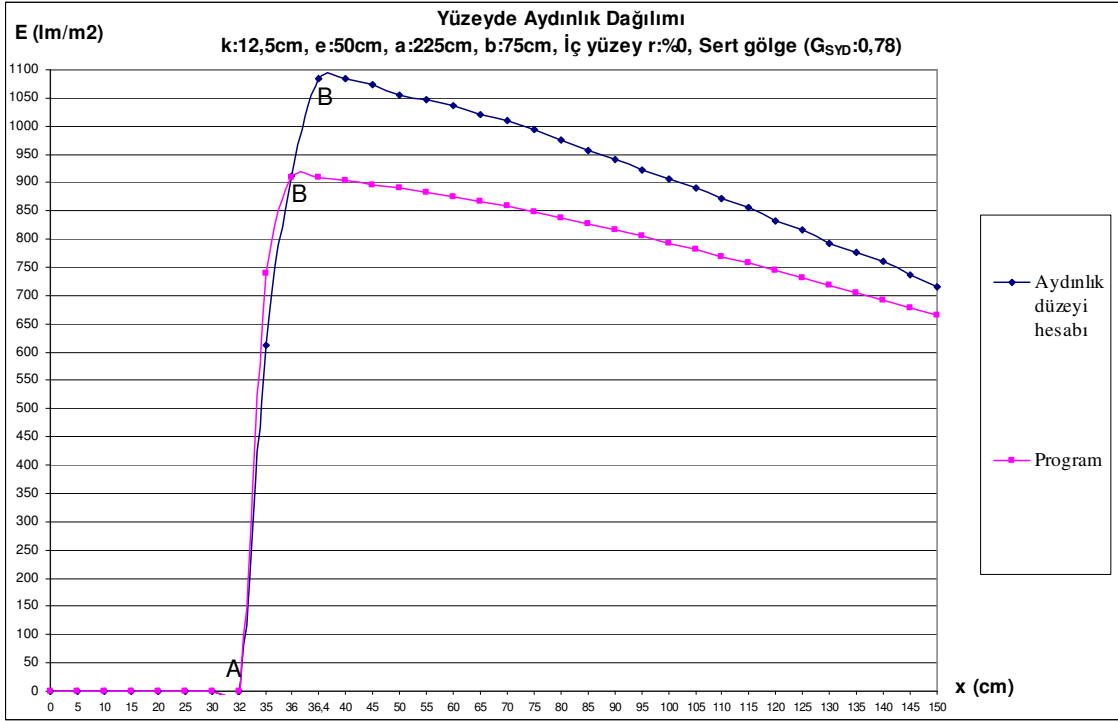


Şekil 3.25 Az sert bir gölgenin ($G_{SYD}:0,60$) üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri.

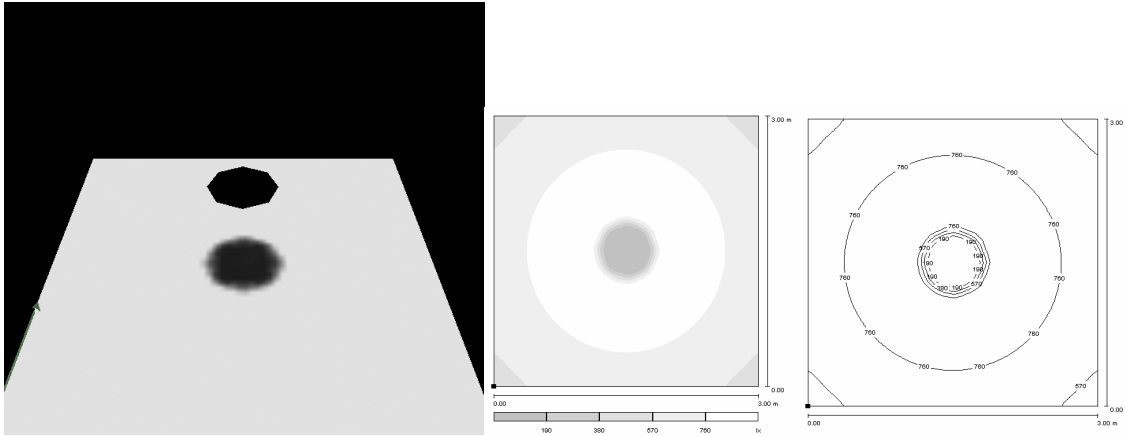
- 5) Sertlik yumuşaklık derecesi (G_{SYD}) 0.78 olan sert bir gölgenin oluşabilmesi için gerekli k/e ve a/b oranları Çizelge 3.12'den belirlenmiştir. Kaynak çapı (k) 12,5cm, engel çapı (e) 50, kaynak-engel uzaklığı (a) 225cm, engel-yüzey uzaklığı (b) 75cm alınmıştır. Oluşan aydınlığın, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programı sonuçları Çizelge 3.45'te, döşeme üzerindeki aydınlığın dağılım grafiği Şekil 3.26'da, gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri Şekil 3.27'de verilmiştir.

Çizelge 3.45 Sert bir gölgenin ($G_{SYD}:0,78$) aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programına göre aydınlık düzeyi sonuçları.

Sert gölge ($G_{SYD}:0,78$)								
P noktası	Işık akısı (Φ , lm)	Alan (A , m ²)	Işıklılık $L=\Phi/A$	α	$\cos\alpha$	Aydınlık düzeyi hesabı (E , lm/m ²)	Program (E , lm/m ²)	Noktalar
0	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
5	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
10	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
15	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
20	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
25	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
30	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	
32	10000	0,0000	0	0,00	1,0000	0	0	A noktası
35	10000	0,0095	1052632	1,56	0,9996	613	739	
36	10000	0,0118	847458	2,12	0,9993	911	908	B noktası
40	10000	0,0122	819672	2,35	0,9992	1083	903	
45	10000	0,0122	819672	2,34	0,9992	1074	897	
50	10000	0,0122	819672	2,32	0,9992	1055	891	
55	10000	0,0122	819672	2,31	0,9992	1046	883	
60	10000	0,0122	819672	2,30	0,9992	1037	875	
65	10000	0,0122	819672	2,28	0,9992	1019	867	
70	10000	0,0122	819672	2,27	0,9992	1010	858	
75	10000	0,0122	819672	2,25	0,9992	993	848	
80	10000	0,0122	819672	2,23	0,9992	975	838	
85	10000	0,0122	819672	2,21	0,9993	958	827	
90	10000	0,0122	819672	2,19	0,9993	941	816	
95	10000	0,0122	819672	2,17	0,9993	923	805	
100	10000	0,0122	819672	2,15	0,9993	906	793	
105	10000	0,0122	819672	2,13	0,9993	890	781	
110	10000	0,0122	819672	2,11	0,9993	873	769	
115	10000	0,0122	819672	2,09	0,9993	857	757	
120	10000	0,0122	819672	2,06	0,9994	832	744	
125	10000	0,0122	819672	2,04	0,9994	816	731	
130	10000	0,0122	819672	2,01	0,9994	792	718	
135	10000	0,0122	819672	1,99	0,9994	777	705	
140	10000	0,0122	819672	1,97	0,9994	761	692	
145	10000	0,0122	819672	1,94	0,9994	738	679	
150	10000	0,0122	819672	1,91	0,9994	715	666	



Şekil 3.26 Sert bir gölgenin ($G_{SYD}:0,78$) aydınlık düzeyi grafiği.



Şekil 3.27 Sert bir gölgenin ($G_{SYD}:0,78$) üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve değer eğrileri.

Gölgenin sertliği-yumuşaklığı açısından beş farklı niteliğe sahip gölgenin, bir model odanın döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık dağılımına etkisi beş bölüm halinde incelenmiştir. 3.2 bölümünde geometrik hesap ile elde edilmiş gölgenin sertlik-yumuşaklık dereceleri, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programı sonuçları ile Çizelge 3.46'da karşılaştırılmıştır.

Çizelge 3.46 Geometrik hesap, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programı sonuçlarının gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesi ve sertliği-yumuşaklığı bakımından karşılaştırılması.

		Geometrik hesap	Aydınlık düzeyi hesabı	Program	G _{SY}
1)	f (cm)	-	9	10	Çok yumuşak gölge
	h (cm)	-	59,33	58	
	G _{SYD}	0,02	0,02	0,03	
2)	f (cm)	-	18	18	Yumuşak gölge
	h (cm)	-	51	50	
	G _{SYD}	0,11	0,12	0,13	
3)	f (cm)	-	26	26	Az yumuşak gölge
	h (cm)	-	42,66	42	
	G _{SYD}	0,36	0,37	0,38	
4)	f (cm)	-	31	31	Az sert gölge
	h (cm)	-	38,5	37	
	G _{SYD}	0,60	0,65	0,70	
5)	f (cm)	-	32	32	Sert gölge
	h (cm)	-	36,41	36	
	G _{SYD}	0,78	0,77	0,79	

Çizelge 3.41- 3.45 ve Şekil 3.18- 3.27'deki bulguların değerlendirmesi aşağıdaki gibi yapılabilir.

- 1. bölümde, aydınlık düzeyi hesabı sonucu elde edilen verilere göre, döşemenin 0- 9 noktaları arasında gölge çekirdeği, 9- 59.33 noktaları arasında yarı gölge, 59.33- 150 noktaları arasında aydınlık alan oluşmaktadır. Programdan elde edilen verilere göre, döşemenin 0- 10 noktaları arasında gölge çekirdeği, 10- 58 noktaları arasında yarı gölge, 58- 150 noktaları arasında aydınlık alan oluşmaktadır. Aydınlık düzeyi, aydınlık düzeyi hesabında 59.33'üncü noktada, programda 58'inci noktada en yüksek değerine ulaşmaktadır. Çizelge 3.41'de görüldüğü gibi, geometrik hesap, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programı sonuçlarına göre çok yumuşak gölge oluşur.
- 2. bölümde, aydınlık düzeyi hesabı sonucu elde edilen verilere göre, döşemenin 0- 18 noktaları arasında gölge çekirdeği, 18- 51 noktaları arasında yarı gölge, 51- 150 noktaları arasında aydınlık alan oluşmaktadır. Programdan elde edilen verilere göre, döşemenin 0- 18 noktaları arasında gölge çekirdeği, 18- 50 noktaları arasında yarı gölge, 50- 150 noktaları arasında aydınlık alan oluşmaktadır. Aydınlık düzeyi, aydınlık düzeyi hesabında 51'inci noktada, programda 50'nci noktada en yüksek değerine ulaşır. Çizelge 3.42'de görüldüğü gibi, geometrik hesap, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programı sonuçlarına göre yumuşak gölge oluşur.
- 3. bölümde, aydınlık düzeyi hesabı sonucu elde edilen verilere göre, döşemenin 0- 26

noktaları arasında gölge çekirdeği, 26- 42.66 noktaları arasında yarı gölge, 42.66- 150 noktaları arasında aydınlık alan oluşmaktadır. Programdan elde edilen verilere göre, döşemenin 0- 26 noktaları arasında gölge çekirdeği, 26- 42 noktaları arasında yarı gölge, 42- 150 noktaları arasında aydınlık alan oluşmaktadır. Aydınlık düzeyi, aydınlık düzeyi hesabında 42.66'ncı noktada, programda 42'nci noktada en yüksek değerine ulaşır. Çizelge 3.43'te görüldüğü gibi, geometrik hesap, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programı sonuçlarına göre az yumuşak gölge oluşur.

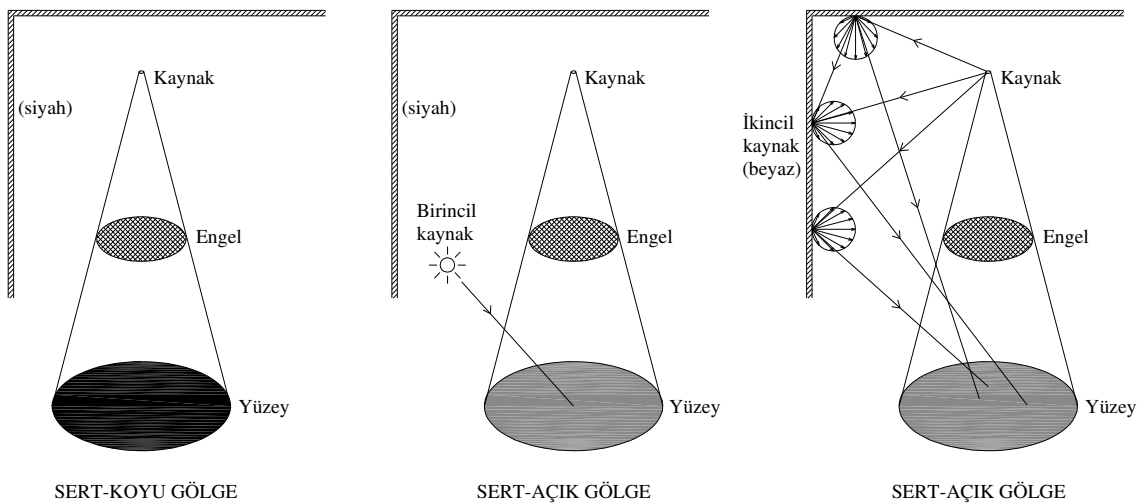
- 4. bölümde, aydınlık düzeyi hesabı sonucu elde edilen verilere göre, döşemenin 0- 31 noktaları arasında gölge çekirdeği, 31- 38.5 noktaları arasında yarı gölge, 38.5- 150 noktaları arasında aydınlık alan oluşmaktadır. Programdan elde edilen verilere göre, döşemenin 0- 31 noktaları arasında gölge çekirdeği, 31- 37 noktaları arasında yarı gölge, 37- 150 noktaları arasında aydınlık alan oluşmaktadır. Aydınlık düzeyi, aydınlık düzeyi hesabında 38,5'inci noktada, programda 37'nci noktada en yüksek değerine ulaşır. Çizelge 3.44'te görüldüğü gibi, geometrik hesap, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programı sonuçlarına göre az sert gölge oluşur.
- 5. bölümde, aydınlık düzeyi hesabı sonucu elde edilen verilere göre, döşemenin 0- 32 noktaları arasında gölge çekirdeği, 32- 36.41 noktaları arasında yarı gölge, 36,41-150 noktaları arasında aydınlık (gölgesiz) alan oluşmaktadır. Programdan elde edilen verilere göre, döşemenin 0- 32 noktaları arasında gölge çekirdeği, 32-36 noktaları arasında yarı gölge, 36-150 noktaları arasında aydınlık (gölgesiz) alan oluşmaktadır. Aydınlık düzeyi, aydınlık düzeyi hesabında 36.41'inci noktada, programda 36'ncı noktada en yüksek değerine ulaşır. Çizelge 3.45'te görüldüğü gibi, geometrik hesap, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programı sonuçlarına göre sert gölge oluşur.
- Çizelge 3.46'da görüldüğü gibi aydınlık düzeylerinin maksimum ve minimum (E_{max} , E_{min}) olduğu noktalar, aydınlık düzeyi hesabı ve program sonuçlarında birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Gölgenin sertliği-yumuşaklığı bakımından geometrik hesap, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programından elde edilen veriler birbiriyle uyumludur.

4. GÖLGENİN AÇIKLIĞI-KOYULUĞU

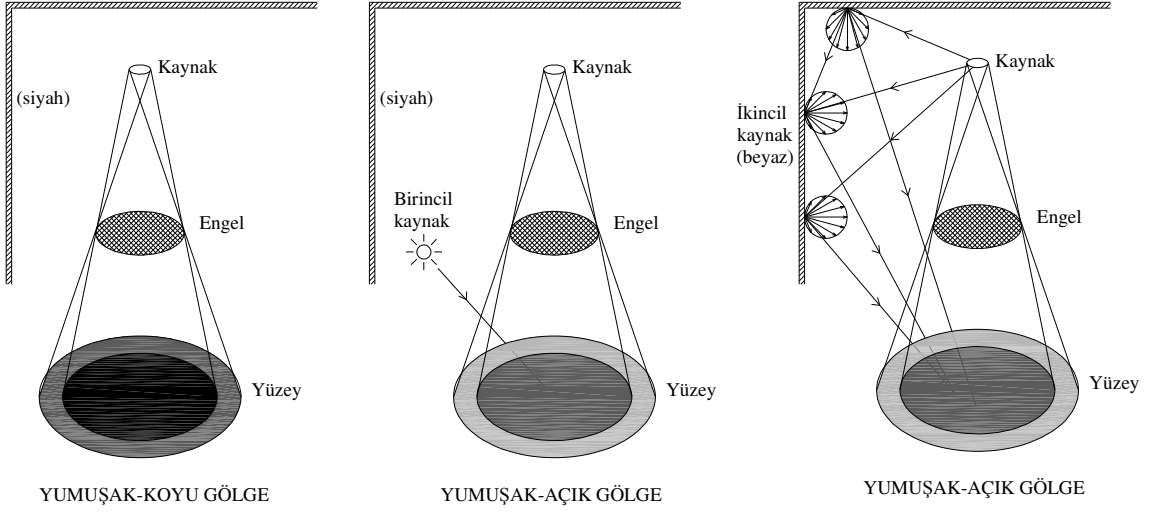
Bir gölgenin, gölgeyi oluşturan ışık kaynağının dışında başka bir ışık kaynağından (birincil kaynak) ya da çevredeki yüzeylerden yansıyan ışıklarla (ikincil kaynak) aydınlanıp aydınlanmaması, gölgenin açık (saydam) ya da koyu (kara) olmasına neden olur. Gölge alan ile aydınlık (gölgesiz) alan arasındaki aydınlık düzeyi büyüklüğü, gölgenin açıklık-koyuluğunu (saydamlık-karalık) belirler. Bu iki alan arasındaki aydınlık düzeyi farkı arttıkça gölge giderek koyulaşır. Gölgenin açıklık-koyuluğu, ışık kaynağı türü, konumu, sayısı ve iç yüzey yansıtma çarpanlarına bağlı olarak değişebilmektedir.

Sirel'e göre (1992), hiç bir biçimde aydınlanmayan ya da aydınlık düzeyi çevreye oranla $1/20$ 'den düşük gölgelere koyu (kara) gölge denir. Kara gölgenin olduğu durumlarda, gölgeli alan ile aydınlık (gölgesiz) alan arasında siyah-beyaz gibi büyük karşıtlıklar oluşur.

Birincil ya da ikincil kaynakla aydınlanarak açıklanan bir gölgenin sertlik-yumuşaklık bakımından niteliği değişmemektedir. Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de görüldüğü gibi sert-koyu bir gölge ya da yumuşak-koyu bir gölge birincil ve ikincil kaynakların etkisiyle açıklanmakta, ancak sert ya da yumuşak olma özelliğini korumaktadır.



Şekil 4.1 Birincil ve ikincil kaynakların sert-koyu bir gölgeyi açıkladığının şematik gösterimi.



Şekil 4.2 Birincil ve ikincil kaynakların yumuşak-koyu bir gölgeyi açıklığa kavuşturmasının şematik gösterimi.

4.1 Gölgenin Açıklık-Koyuluk Derecelendirmesi

Gölgede açıklık-koyuluk derecelendirmesi, aydınlık ve gölge alan arasındaki ışıklılık ve/ya da parlılık karşıtıklardan yararlanılarak yapılabilir. Bu nedenle, kısaca karşıtlık, ışıklılık ve parlılık konuları ele alınmıştır.

Görme alanı içinde, bir nesnenin, bir biçimin, dikkati çekecek herhangi bir varlığın ayırt edilmesi, o alanın değişik bölümlerinden göze gelen ışıkta, söz konusu ayırt etmeyi sağlayacak belli bir ayırım bulunmasına bağlıdır (Sirel, 1974). Bir başka anlatımla, görme alanının değişik bölgelerinden göze gelen ışıkta nicel ya da nitel herhangi bir ayırım yoksa (yani bu alan ışıklılık ve renk bakımından bağdaşksa) ve bu durum zaman içinde de değişmiyor ise görsel algılamadan söz edilemez (Sirel, 1974; Erhardt vd, 1977).

Aydınlatmada, belirli öğeler arasındaki 'ayırım' yani, nicel ve nitel açıdan 'ayrı olma' özelliği karşıtlık terimi ile anlatılır. Uluslar arası Aydınlatma Komisyonu, 'algısal' ve 'fiziksel' anlamda olmak üzere iki ayrı karşıtlık tanımı yapmıştır (Sirel, 1997).

- Algısal anlamda karşıtlık, bakılan alanın zaman ya da mekan içinde, yan yana iki ya da çok sayıda bölümlerinin değişik görünümlerinin değerlendirilmesidir (Sirel, 1997).
- Fiziksel anlamda karşıtlık, genellikle, söz konusu ışıklılık uyartılarını kullanan bir formül

ile tanımlanan, algılanmış parıltı karşıtlığına bağlı büyüklüktür (Sirel, 1997).

Işıklılık uyarılarına bağlı karşıtlık (C), yüksek ışıklılıktaki yüzeyin ışıklılığı (L_1) ile düşük ışıklılıktaki yüzeyin ışıklılığı (L_2) arasındaki karşıtlık olarak (4.1) numaralı eşitlik yardımıyla hesaplanabilir (Padgham ve Saunders, 1975).

$$C=|(L_1-L_2)/L_1| \quad (4.1)$$

İzotrop yayınlık yansıma yapan (mat) bir yüzey için ışıklılık (L , asb), (4.2) numaralı eşitlikte gösterildiği gibi aydınlık düzeyi (E , lm/m²) ile yüzeyin yansıtma çarpanı (r) çarpımına eşittir (Egan,1983).

$$L=E \times r \quad (4.2)$$

Yan yana gelen iki yüzey arasındaki karşıtlık (C),

- yüzeylerin yansıtma çarpanlarının (r) eşit olması durumunda ($r_1=r_2$), (4.3),
- yüzeylerin üzerindeki aydınlık düzeylerinin (E) eşit olması durumunda ($E_1=E_2$), (4.4)

numaralı eşitliklerle hesaplanabilir.

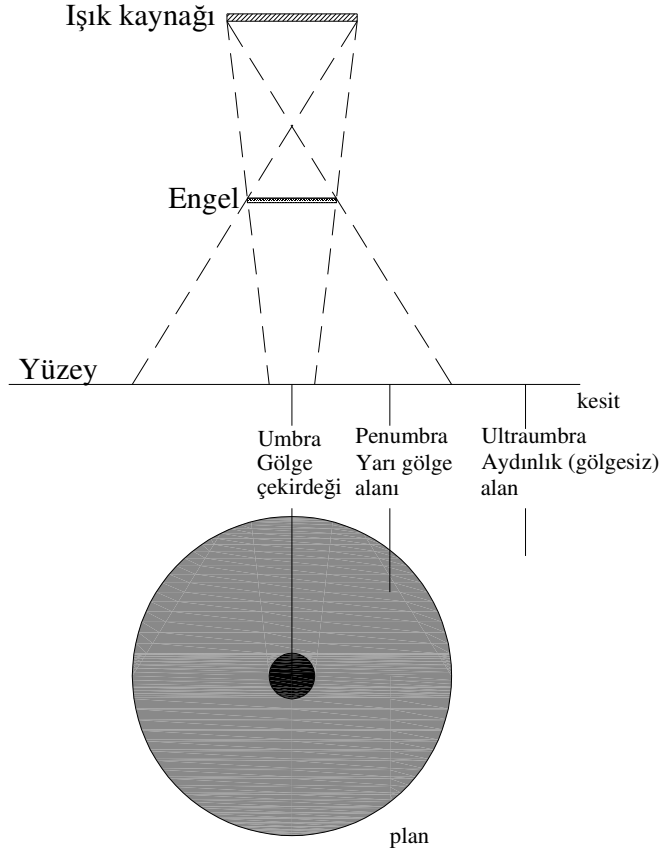
$$C=|(E_1-E_2)/E_1| \quad (4.3)$$

$$C=|(r_1-r_2)/r_1| \quad (4.4)$$

İlgili literatürde, gölge konusunda yapılmış çalışmalarda, gölge çarpanı (Shadow factors, S), olarak tanımlanan, aydınlık düzeyi karşıtlığından yararlanılmıştır. Özkaya (2004), gölge faktörüne değinmiş ve direkt aydınlık düzeyinin toplam aydınlık düzeyine oranı olarak tanımlamıştır. Gölge çarpanı, gölgenin niceliksel ifadesi olarak kullanılmış; E_s , gölgeli aydınlık (gölge ile azaltılan aydınlığın), E_o , gölgesiz aydınlık olarak tanımlanmıştır (Ohtani, 1993; Ohtani vd., 1997; Ohtani vd., 1999; Ohtani vd., 1999; Ohtani vd., 2003; Ohtani vd., 2003). Gölge çarpanı (S), (4.5) eşitliği yardımıyla hesaplanabilir.

$$S=(E_o-E_s)/E_o \quad (4.5)$$

Şekil 4.3'te görüldüğü gibi gölge çekirdeğini tanımlamak için 'umbra' [1], yarı gölge alan için 'penumbra' ve aydınlık (gölgesiz) alan için 'ultraumbra' terimleri kullanılmıştır [5]. Gölge çarpanının değeri (S); gölge, 'umbra' ise 1, 'penumbra' ise 1 ile 0 arası, 'ultraumbra' ise 0'dır.



Şekil 4.3 Gölgenin bölümlerinin şematik gösterimi.

Öte yandan, parıltı, bir yüzeyin az ya da çok ışık yayımlar görünmesine bağlı görsel duyulanma verisi olarak tanımlanır (Sirel, 1997).

Bir yüzeyin ışıklılığının öznel değerlendirmesi parıltısına (B) göre değişir. (4.2) numaralı eşitlik bağlamında, bir hacimde görme alanı içinde ışıklılıkları farklı birden çok yüzey olduğunda, en yüksek ışıklılıktaki (L_{max}) yüzeyin parıltısı (B_{max}) (4.6), yansıtma çarpanları farklı birden çok yüzey olduğunda ise, en yüksek yansıtma çarpanındaki (r_{max}) yüzeyin parıltısı (B_{max}) (4.7) numaralı eşitlik yardımıyla hesaplanabilir (IESNA, 2000).

$$B_{max} = L_{max}^{0,35} \quad (4.6)$$

$$B_{max} = r_{max}^{0,35} \quad (4.7)$$

Değişik yüzeylerin parıltıları arasındaki ilişki, yani parıltı karşıtlıkları, yüzeylerin bağlı parıltıları bağlamında kurulabilir. Bu durumda ele alınan yüzeyin parıltısı (B), aydınlık düzeyleri (E) sabit ise, en yüksek ışıklılıktaki yüzeyin ışıklılığı (L_{max}) ile diğer yüzeyin ışıklılığı (L) ya da en yüksek yansıtma çarpanına sahip yüzeyin yansıtma çarpanı (r_{max}) ile diğer yüzeyin yansıtma çarpanına (r) bağlı olarak (4.8) ve (4.9) numaralı eşitliklerle hesaplanabilir (IESNA, 2000).

$$B=(L_{max}^{0,35}/L_{max}^{0,6})\times L^{0,6} \quad (4.8)$$

$$B=(r_{max}^{0,35}/r_{max}^{0,6})\times r^{0,6} \quad (4.9)$$

Görme alanındaki yüzeylerin parıltıları arasındaki ayrımı belirlemek, bir başka deyişle karşıtlıklarını değerlendirmek için mat yüzeylerin yansıtma çarpanlarına göre belirlenen “görünürlük çarpanı” kavramından yararlanılabilir. Herhangi bir yüzeyin yansıtma çarpanının (r) bağlı görünürlük çarpanının belirlenmesinde (4.10) eşitliği kullanılabilir (Sirel, 1989; Öztürk vd., 2002).

$$GÇ(r)=(\log r-\log r_{min})/(\log r_{max}-\log r_{min}) \quad (4.10)$$

Yansıtma çarpanı üst sınırı olarak bir iç mekanda görünürlüğün en üst düzeyde olduğu şeklinde bellekte yer etmiş olan 0,85 değeri, alt sınır olarak ise görünürlüğün belirsizleştiği koşullar değerlendirilerek 0,04 değeri alınabilir. Ancak yansıtma çarpanı değerleri 100-0 arasında alındığında yansıtma çarpanı 100 için görünürlük çarpanı 1,053 değerini almaktadır (Sirel, 1989). 0,85 ve 0,04 değerleri arasındaki yansıtma çarpanlarına (r) bağlı görünürlük değerleri (4.11) eşitliği yardımıyla hesaplanabilir.

$$GÇ(r)=(\log r-\log 4)/(\log 85-\log 4) \quad (4.11)$$

CIE'deki (1995) karşıtlık tanımına göre, hedef alanın karşıtlık değeri, arka plan ya da en yakın çevresi ile hedef alan arasındaki ışıklılık farkına göre belirlenir. Hedef alanın biçimine bağlı olarak karşıtlığın tanımı değişir. Örneğin, tekdüze bir arka plan üzerinde belirlenen hedef alan, bir daire biçiminde olabilir ve karşıtlık, hedef alanın ışıklılığı (L_t) ile arka plan ışıklılığı (L_b) arasında bir oran ile, (4.12) eşitliğiyle belirlenebilir (CIE, 1995).

$$C=|(L_t-L_b)/L_b| \quad (4.12)$$

Weber-Fechner yasasına göre karşıtlık (C) değişmezdir. (4.12) eşitliğindeki karşıtlık değeri; hedef alan, arka planından daha koyu ise 1-0 arası değerler, arka planından daha ışıklı ise 0-∞ arası değerler alır (CIE, 1995).

Yansıtma çarpanına (r) bağlı görünürlük çarpanı (GÇ), parıltı (B), ışıklılık (L), parıltı oranı (B/B_{max}), parıltı karşıtlığı $(B_{max}-B)/B_{max}$ değerleri Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1 Gölgenin açıklık-koyuluk derecelendirmesi.

Yansıtma çarpanı r (%)	Görünürlük çarpanı GÇ	Parıltı B	Işıklılık L (%)	L_{max}/L	B	Gölgenin açıklık-koyuluk derecelendirmesi (G_{AKD})		Gölgenin açıklık-koyuluğu (G_{AK})	Gölgenin açıklık-koyuluk aralığı (G_{AKA})
						B/B_{max}	$(B_{max}-B)/B_{max}$		
100	1,053	105	100	1,00	5,01	1	0	Çok açık gölge (Ç.A.G.)	$1 > B/B_{max} \geq 0,628$ $0 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,372$
85	1,000	100	100	1,00	4,55	0,907	0,093		
80	0,980	98	96,6	1,04	4,38	0,875	0,125		
75	0,959	95,9	93,2	1,07	4,22	0,841	0,159		
70	0,936	93,6	89,5	1,12	4,05	0,807	0,193		
65	0,912	91,2	85,7	1,17	3,87	0,772	0,228		
60	0,886	88,6	81,6	1,22	3,69	0,736	0,264		
55	0,858	85,8	77,3	1,29	3,50	0,699	0,301		
50	0,826	82,6	72,7	1,38	3,31	0,660	0,340		
46,1	0,800	80	68,8	1,45	3,15	0,628	0,372		
45	0,792	79,2	67,7	1,48	3,10	0,619	0,381	Açık gölge (A.G.)	$0,628 > B/B_{max} \geq 0,435$ $0,372 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,565$
40	0,753	75,3	62,3	1,60	2,89	0,577	0,423		
35	0,710	71,0	56,4	1,77	2,67	0,533	0,467		
30	0,659	65,9	49,9	2,00	2,43	0,486	0,514		
25	0,600	60	42,6	2,35	2,18	0,435	0,565		
20	0,527	52,7	34,3	2,92	1,91	0,381	0,619	Orta koyu gölge (O.K.G.)	$0,435 > B/B_{max} \geq 0,302$ $0,565 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,698$
18	0,492	49,2	30,6	3,26	1,79	0,357	0,643		
16	0,454	45,4	26,7	3,74	1,67	0,333	0,667		
14	0,410	41	22,6	4,43	1,54	0,307	0,693		
13,6	0,400	40	21,7	4,60	1,51	0,302	0,698		
12	0,359	35,9	18,2	5,51	1,40	0,280	0,720	Koyu gölge (K.G.)	$0,302 > B/B_{max} \geq 0,210$ $0,698 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,790$
10	0,300	30	13,4	7,45	1,26	0,251	0,749		
9	0,265	26,5	10,9	9,14	1,18	0,236	0,764		
8	0,227	22,7	8,4	11,87	1,10	0,220	0,780		
7,4	0,201	20	6,9	14,48	1,05	0,210	0,790		
7	0,183	18,3	5,9	16,96	1,02	0,203	0,797	Çok koyu gölge (Ç.K.G.)	$0,210 > B/B_{max} \geq 0$ $0,790 < B_{max}-B/B_{max} \leq 1$
6	0,133	13,3	3,4	29,01	0,93	0,185	0,815		
5	0,073	7,3	1,3	78,49	0,83	0,166	0,834		
4	0,000	0	0,0	∞	0,73	0,145	0,855		
0	-	-	-	∞	0	0	1		

Çizelge 4.1'deki değerlerden yararlanılarak ışıklılık (L) ve parıltı oranı (B/B_{\max}), parıltı karşılığı $(B_{\max}-B)/B_{\max}$ arasındaki ilişki ve oluşan sınır değerler, gölgenin açıklık-koyuluk derecelendirmesinde kullanılmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Işıklılık (L), parıltı oranı (B/B_{\max}) ve parıltı karşılığı $[(B_{\max}-B)/B_{\max}]$ değerlerine bağlı gölgenin açıklık-koyuluk derecelendirmesi.

Derecelendirme	Çok açık gölge (Ç.A.G.)	Açık gölge (A.G.)	Orta koyu gölge (O.K.G.)	Koyu gölge (K.G.)	çok koyu gölge (Ç.K.G.)
L (%)	$100 \geq 68,8$	$<68,8 \geq 42,6$	$<42,6 \geq 21,7$	$<21,7 \geq 6,9$	$<6,9 \geq 0$
B/B_{\max}	$1 \geq 0,628$	$<0,628 \geq 0,435$	$<0,435 \geq 0,302$	$<0,302 \geq 0,210$	$<0,210 \geq 0$
$(B_{\max}-B)/B_{\max}$	$0 \leq 0,372$	$>0,372 \leq 0,565$	$>0,565 \leq 0,698$	$>0,698 \leq 0,790$	$>0,790 \leq 1$

Gölgenin oluştuğu yüzey üzerinde oluşan aydınlık (gölgesiz) alanın ışıklılığı (L_{\max}) 100 ise, gölgeli alanın ışıklılığı,

- $L=100 \geq 46,1$ arasında ise, yüzey üzerinde oluşan B/B_{\max} oranı $1 \geq 0,628$, $(B_{\max}-B)/B_{\max}$ oranı $0 \leq 0,372$ arasında olur. Yüzey üzerinde oluşan gölge, “Çok açık gölge” olarak adlandırılır.
- $L=46,1 \geq 25$ arasında ise, yüzey üzerinde oluşan B/B_{\max} oranı, $<0,628 \geq 0,435$ ve $(B_{\max}-B)/B_{\max}$ oranı, $>0,372 \leq 0,565$ arasında olur. Yüzey üzerinde oluşan gölge, “Açık gölge” olarak adlandırılır.
- $L=25 \geq 13,6$ arasında ise, yüzey üzerinde oluşan B/B_{\max} oranı, $<0,435 \geq 0,302$ ve $(B_{\max}-B)/B_{\max}$ oranı, $>0,565 \leq 0,698$ arasında olur. Yüzey üzerinde oluşan gölge, “Orta koyu gölge” olarak adlandırılır.
- $L=13,6 \geq 7,4$ arasında ise, yüzey üzerinde oluşan B/B_{\max} oranı, $<0,302 \geq 0,210$ ve $(B_{\max}-B)/B_{\max}$ oranı, $>0,698 \leq 0,790$ arasında olur. Yüzey üzerinde oluşan gölge, “Koyu gölge” olarak adlandırılır.
- $L=7,4 \geq 0$ arasında ise, yüzey üzerinde oluşan B/B_{\max} oranı, $<0,210 \geq 0$ ve $(B_{\max}-B)/B_{\max}$ oranı, $>0,790 \leq 1$ arasında olur. Yüzey üzerinde oluşan gölge, “Çok koyu gölge” olarak adlandırılır.

Gölgenin açıklık-koyuluğu (karalık-saydamlığı), ışıklılık değerlerine bağlı olarak çok açık, açık, orta koyu, koyu, çok koyu sıfatlarıyla nitelendirilebilir.

4.2 Gölgenin Açıklık-Koyuluğunda Aydınlık Dağılımı

4. bölümün başında da değinildiği gibi gölgenin açıklık-koyuluğu, gölgenin birincil ve ikincil kaynaklarla aydınlanmasıyla değişebilir. İkincil kaynakların gölgenin açıklık-koyuluğuna etkisi, kapalı bir hacimdeki iç yüzeylerin yansıtma çarpanlarına (r) bağlıdır. Aşağıda, iç yüzey yansıtma çarpanının (r) gölgeli alan ve gölgesiz alan üzerindeki etkileri Ulbricht küresi ve aydınlatma programı aracılığıyla incelenmiştir.

a) Ulbricht küresi

Ulbricht küresinin iç yüzeyi mat olup, yansımış toplam ışık akısının (Φ_{rtop}) oluşturduğu aydınlık küre iç yüzeyinin tüm noktalarında eşittir. Kapalı hacimde, yansımış ışığın etkisinin incelenmesinde Ulbricht küresi için geçerli olan (4.13) eşitliğinden yararlanılabilir (Sirel, 1981).

$$\Phi_{rtop}/\Phi_0=r/(1-r) \quad (4.13)$$

Çizelge 4.3'te yansıtma çarpanına bağlı olarak yansımış toplam akının, ışık kaynağından gelen toplam ışık akısına oranı (Φ_{rtop}/Φ_0) gösterilmektedir.

Çizelge 4.3 Yansıtma çarpanına (r) bağlı olarak değişim gösteren, yansımış toplam akının, ışık kaynağından gelen toplam ışık akısına oranları (Φ_{rtop}/Φ_0).

r	Φ_{rtop}/Φ_0	r	Φ_{rtop}/Φ_0	r	Φ_{rtop}/Φ_0	r	Φ_{rtop}/Φ_0	r	Φ_{rtop}/Φ_0
0,00	0,000	0,21	0,266	0,42	0,724	0,62	1,632	0,83	4,882
0,01	0,010	0,22	0,282	0,43	0,754	0,63	1,703	0,84	5,250
0,02	0,020	0,23	0,299	0,44	0,786	0,64	1,778	0,85	5,667
0,03	0,031	0,24	0,316	0,45	0,818	0,65	1,857	0,86	6,143
0,04	0,042	0,25	0,333	0,46	0,852	0,66	1,941	0,87	6,692
0,05	0,053	0,26	0,351	0,47	0,887	0,67	2,030	0,88	7,333
0,06	0,064	0,27	0,370	0,48	0,923	0,68	2,125	0,89	8,091
0,07	0,075	0,28	0,389	0,49	0,961	0,69	2,226	0,90	9,000
0,08	0,087	0,29	0,408	0,50	1,000	0,70	2,333	0,91	10,111
0,09	0,099	0,30	0,429	0,51	1,041	0,71	2,448	0,92	11,500
0,10	0,111	0,31	0,449	0,52	1,083	0,72	2,571	0,93	13,286
0,11	0,124	0,32	0,471	0,53	1,128	0,73	2,704	0,94	15,667
0,12	0,136	0,33	0,493	0,54	1,174	0,74	2,846	0,95	19,000
0,13	0,149	0,34	0,515	0,55	1,222	0,75	3,000	0,96	24,000
0,14	0,163	0,35	0,538	0,56	1,273	0,76	3,167	0,97	32,333
0,15	0,176	0,36	0,563	0,57	1,326	0,77	3,348	0,98	49,000
0,16	0,190	0,37	0,587	0,58	1,381	0,78	3,545	0,99	99,000
0,17	0,205	0,38	0,613	0,59	1,439	0,79	3,762	1,00	∞
0,18	0,220	0,39	0,639	0,60	1,500	0,80	4,000		
0,19	0,235	0,40	0,667	0,61	1,564	0,81	4,263		
0,20	0,250	0,41	0,695	0,61	1,564	0,82	4,556		

Çizelge 4.1'deki gölgenin açıklık-koyuluk derecelendirmesi bağlamında sınır yansıtma çarpanı değerleri iç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanı varsayılarak, gölgeli ve aydınlık alanlara gelen dolaysız ve yansımış ışık akısı miktarları hesaplanmış ve Çizelge 4.4'te gösterilmiştir. Oda yüzeylerinin yansıtma çarpanı %0 olduğunda gölgeli alana aydınlanan yüzeye sadece kaynaktan ışık gelmektedir. Bu nedenle, gölgeli alanın aydınlık düzeyi '0' olmaktadır. Oda yüzeylerinin yansıtma çarpanı yükseldikçe, gölgeli alan yansımış ışığın etkisiyle aydınlanır. Gölge daha açık hale gelir.

Çizelge 4.4 Gölge alan ve aydınlık alana gelen yansımış ışık akısı.

Yansıtma çarpanı r_{ort} (%)	Aydınlık alana gelen toplam ışık akısı (Dolaysız+yansımış ışık)	Gölge alanına gelen yansımış ışık akısı
0	100	0
7,4	108	8
13,6	115,7	15,7
20	125	25
25	133,3	33,3
40	166,7	66,7
46,1	185,5	85,5
60	250	150
80	500	400

b) Program kullanımı

Yansımış ışığın, gölgenin açıklık-koyuluğuna etkisini örnekleyebilmek için, bir aydınlatma programında tasarlanan model odanın,

- eni, boyu ve yüksekliğinin birbirine eşit 3m olması,
- dolaysız ve yansımış ışıkla aydınlanmasını sağlayabilmek için iç yüzey ortalama yansıtma çarpanları (r_{ort}) %0'dan %100'e doğru 5'er adımla artarak değişmesi

koşullarında döşeme yüzeyi üzerinde oluşan aydınlık dağılımı değişimleri incelenmiştir.

Model odada kullanılan ışık kaynağının özellikleri,

- daire biçiminde izotrop dağıtımlı,
- çapı 50cm,

- tavanın orta noktasında (x, y, z: 1.5m, 1.5m, 3m),
- 10000 lm ışık akısında,

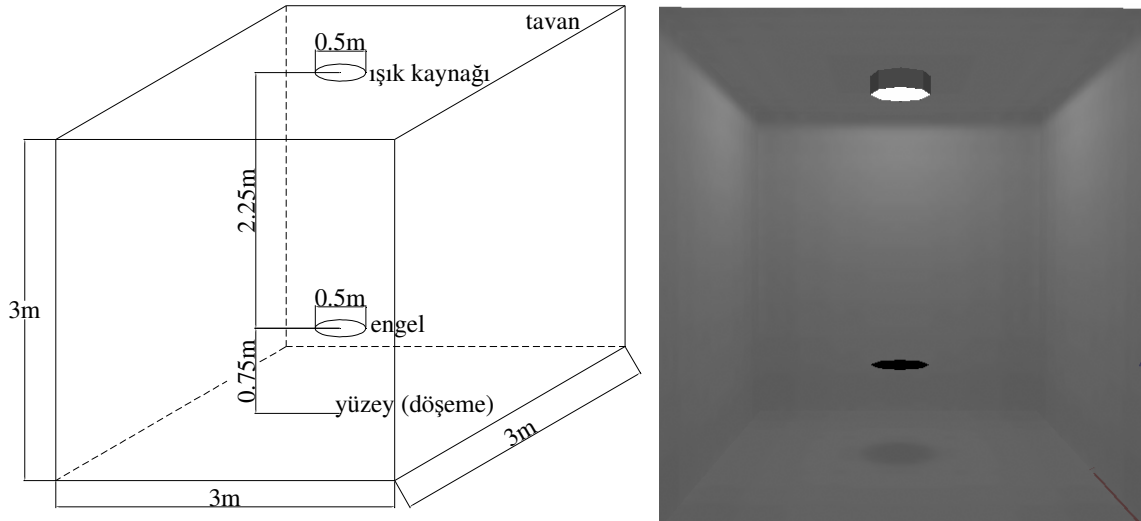
olarak varsayılmıştır. Söz konusu ışık kaynağı, bu çalışma için bir bilgisayar program dosyası (Eulumdat) aracılığıyla tasarlanmıştır. Kullanılan dosya ile ilgili bilgi Ek1’de verilmiştir.

Model odada kullanılan daire biçimindeki engelin özellikleri,

- saydamsız ve kuramsal olarak ortalama yansıtma çarpanı (r_{ort}) %0,
- çapı 50cm,
- döşeme yüzeyinin orta noktasından 75 cm yüksekte (x, y, z: 1.5m, 1.5m, 0,75m)

olarak varsayılmıştır.

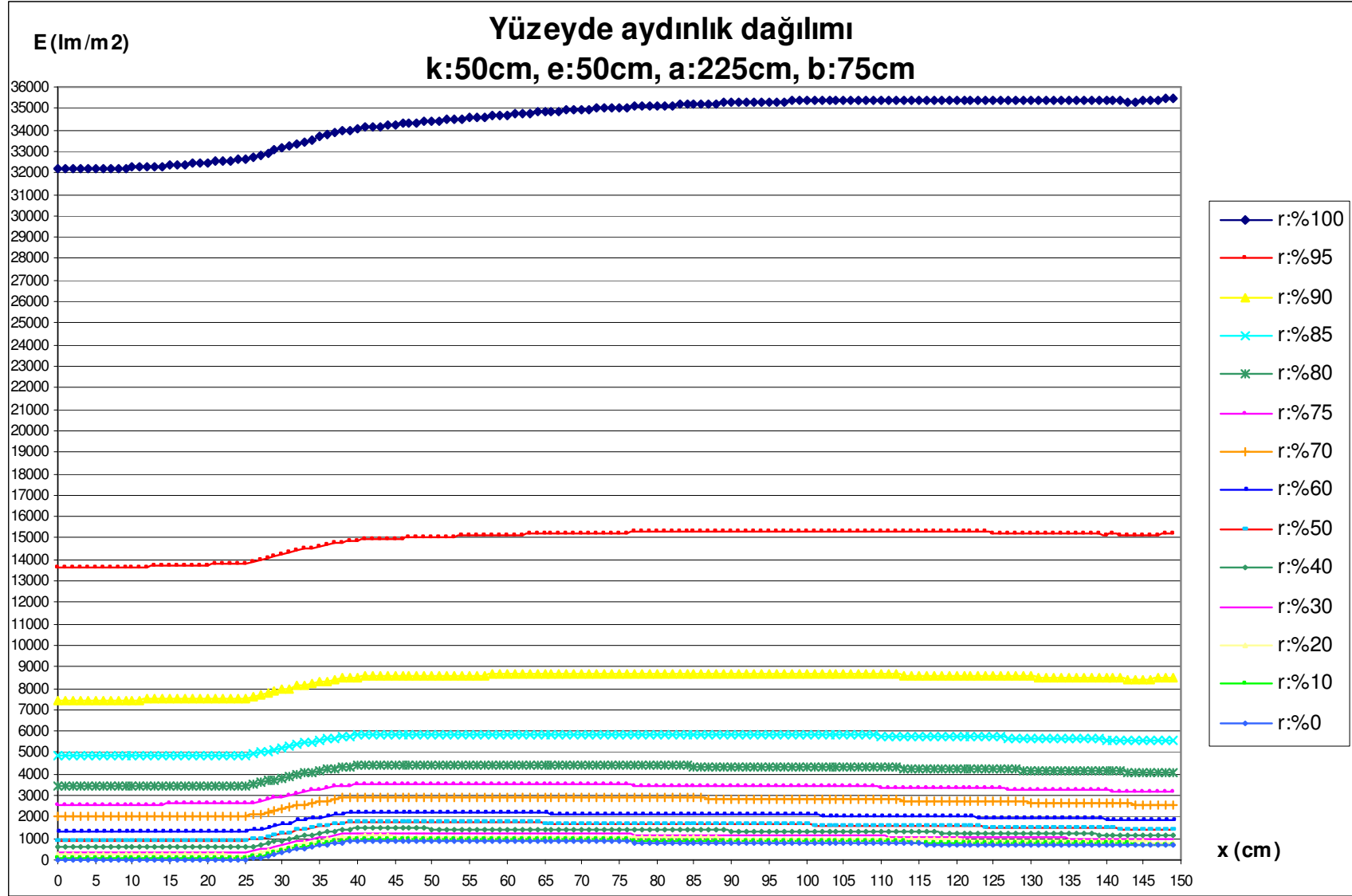
Engel ve ışık kaynağı döşeme yüzeyine paralel olarak konumlandırılmıştır. Odanın orta noktasında yer alan kaynak ve engel ekseninin, gölgenin oluştuğu yüzeyi kestiği bölümden bir kesit alınarak, 1cm aralıklarla belirlenen noktaların aydınlık düzeyleri belirlenmiştir. Model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi Şekil 4.4’te verilmiştir.



Şekil 4.4 Model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi.

Yukarıda verilen koşullara göre oluşan gölgelerin döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık dağılımı Şekil 4.5’te, açıklık-koyuluk derecelendirmesi (G_{AKD}) Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Şekil 4.5 Odanın ortalama yansıtma çarpanına göre değişim gösteren aydınlık dağılımı.



Çizelge 4.5 Odanın yansıtma çarpanına bağlı olarak gölgenin açıklık-koyuluğunun değişimi.

r _{ort} (%)	E _{max} (L _{max})	E (L)	B _{max}	B	G _{AKD}		G _{AKA}	G _{AK}
					B/B _{max}	(B _{max} -B)/B _{max}		
0	897	0	10,80	0,00	0,000	1,000	0,210>B/B _{max} ≥0	Ç.K.G.
5	942	46	10,99	1,80	0,163	0,837	0,790<B _{max} -B/B _{max} ≤1	
10	991	98	11,18	2,79	0,250	0,750	0,302>B/B _{max} ≥0,210 0,698<B _{max} -B/B _{max} ≤0,790	K.G.
15	1047	155	11,40	3,62	0,318	0,682	0,435>B/B _{max} ≥0,302 0,565<B _{max} -B/B _{max} ≤0,698	O.K.G.
20	1111	221	11,64	4,42	0,379	0,621		
25	1183	295	11,90	5,17	0,435	0,565	0,628>B/B _{max} ≥0,435 0,372<B _{max} -B/B _{max} ≤0,565	A.G.
30	1267	379	12,19	5,91	0,485	0,515		
35	1363	476	12,50	6,65	0,532	0,468		
40	1476	589	12,86	7,41	0,576	0,424		
45	1609	723	13,25	8,20	0,619	0,381		
50	1770	882	13,70	9,02	0,658	0,342	1>B/B _{max} ≥0,628 0<B _{max} - B/B _{max} ≤0,372	Ç.A.G.
55	1966	1076	14,22	9,90	0,697	0,303		
60	2212	1317	14,81	10,85	0,733	0,267		
65	2527	1624	15,52	11,90	0,767	0,233		
70	2946	2032	16,38	13,11	0,800	0,200		
75	3530	2599	17,45	14,52	0,832	0,168		
80	4405	3443	18,85	16,26	0,863	0,137		
85	5866	4825	20,84	18,54	0,889	0,111		
90	8680	7451	23,90	21,81	0,912	0,088		
95	15322	13610	29,16	27,16	0,931	0,069		
100	35486	32165	39,13	36,89	0,943	0,057		

Şekil 4.5 ve Çizelge 4.5'deki belirlemelerden aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- Yansıtma çarpanı büyüdükçe döşeme yüzeyi üzerindeki yansımış ışığın oluşturduğu aydınlık artar.
- Ortalama yansıtma çarpanı %0-%5 arasında olduğunda çok koyu, %10 olduğunda koyu, %15-%20 arasında olduğunda orta koyu, %25-45 arasında olduğunda açık, %50-100 arasında olduğunda çok açık gölgeler oluşmaktadır.
- Ortalama yansıtma çarpanı %80'den büyük olduğunda gölge çok aydınlanır ve gölgesiz aydınlığa doğru bir ilerleme başlar. %100 olduğunda bu iki alan arasında ayırım çok azalmaktadır.
- Görünürlük çarpanı çalışmasında, yansıtma çarpanı %80 ise parıltı karşılığı değeri 0,125'dir. Programda oda iç yüzeyleri ortalama yansıtma çarpanı %80 ise parıltı karşılığı değeri 0,137, %85 ise 0,111'dir. Şekil 4.5'te görüldüğü gibi yansıtma çarpanının %80'den daha büyük olmasıyla gölgenin aydınlık dağılımı farklılaşmakta, aydınlık düzeyinin en yüksek (E_{max}) olduğu noktalar odanın duvar bölümüne doğru (150. nokta), en düşük (E_{min}) olduğu noktalar ise odanın merkezine doğru (0. nokta) kaymaktadır. Bu durum gölgenin değişime uğradığını gösterir.

Gölgenin açıklık-koyuluğuna birincil kaynakların etkisi 5.bölümde ele alınacaktır.

5. GÖLGE NİTELİĞİNİN ÖRNEKLENMESİ

Çalışmanın bu bölümünde, bir aydınlatma programında eni, boyu ve yüksekliği birbirine eşit (3m) olan bir model oda içinde,

- kaynak, engel ve aydınlanan yüzeyin birbirine paralel,
- kaynak ve engel merkezinin aynı düşey ekseninde,
- tavanın orta noktasına yerleştirilen, ışık akısı 10000 lm, silindirik biçimli, ışıklı alanı daire olan kaynağın izotrop dağıtımli,
- engelin, daire biçiminde, saydam olmayan, ortalama yansıtma çarpanı (r_{ort}) %0

olması koşulunda oluşan gölgelerin niteliği incelenmiştir.

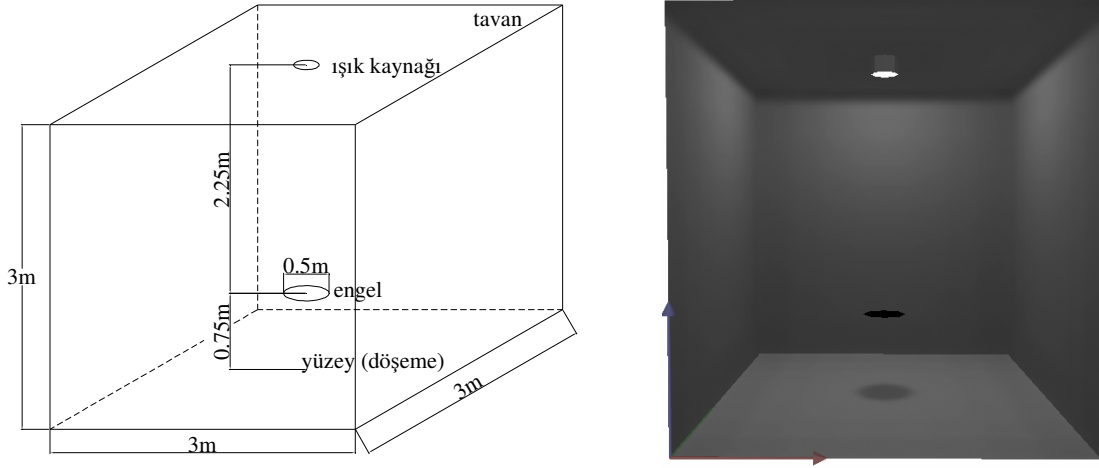
Yukarıda verilen kabuller doğrultusunda gölge niteliği,

- 1) gölgenin sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk örnekleri (geometrik koşullar ve ikincil kaynaklarla sert-koyu, sert-açık, yumuşak-koyu, yumuşak-açık olması Bölüm 5.1’de),
- 2) engel çapının küçülmesinin gölgeye ve gölgesiz aydınlığa etkisi (bazı geometrik koşulların değişimi sonucu gölgenin ortadan kalkması ve gölgesiz aydınlığın oluşması Bölüm 5.2’de),
- 3) birincil ışık kaynağı sayısının artmasının gölgeye etkisi (birincil kaynakların sayısının artmasıyla niteliğinin değişmesi Bölüm 5.3’te),
- 4) birincil kaynak çapının büyümesi ve ışıklı tavan haline gelmesi (birincil kaynak çapının büyümesiyle niteliğinin değişmesi Bölüm 5.4’te)

olmak üzere dört ana başlıkta ele alınmıştır.

5.1 Gölgenin Sertlik-Yumuşaklık ve Açıklık-Koyuluk Örnekleri

Bu bölümde gölgenin, geometrik koşullar ve ikincil kaynakların etkisiyle sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk bakımından farklı niteliğe sahip örnekleri incelenmiştir. Model odanın ortalama yansıtma çarpanları, sırasıyla %80, %60, %40, %0,20, %0 olarak alınmıştır. Aydınlatma programında (DIALux) oluşturulan model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1 Model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi.

3.2.2 bölümündeki geometrik hesaplamalardan yararlanılarak, çalışmanın bu bölümünde kullanılacak, farklı sertlik-yumuşaklığa sahip gölgeler belirlenmiştir.

- Çizelge 3.27’de görüldüğü gibi, k/e oranı 3 ve a/b oranı 3 olduğunda, G_{SYD} 0,02 olmakta ve çok yumuşak gölge oluşmaktadır.
- Çizelge 3.25’te görüldüğü gibi, k/e oranı 2 ve a/b oranı 3 olduğunda, G_{SYD} 0,11 olmakta ve yumuşak gölge oluşmaktadır.
- Çizelge 3.7’de görüldüğü gibi, k/e oranı 1 ve a/b oranı 3 olduğunda, G_{SYD} 0,36 olmakta ve az yumuşak gölge oluşmaktadır.
- Çizelge 3.17’de görüldüğü gibi, k/e oranı 0.5 ve a/b oranı 3 olduğunda, G_{SYD} 0,60 olmakta ve az sert gölge oluşmaktadır.
- Çizelge 3.14’te görüldüğü gibi, k/e oranı 0.25 ve a/b oranı 3 olduğunda, G_{SYD} 0,78 olmakta ve sert gölge oluşmaktadır.

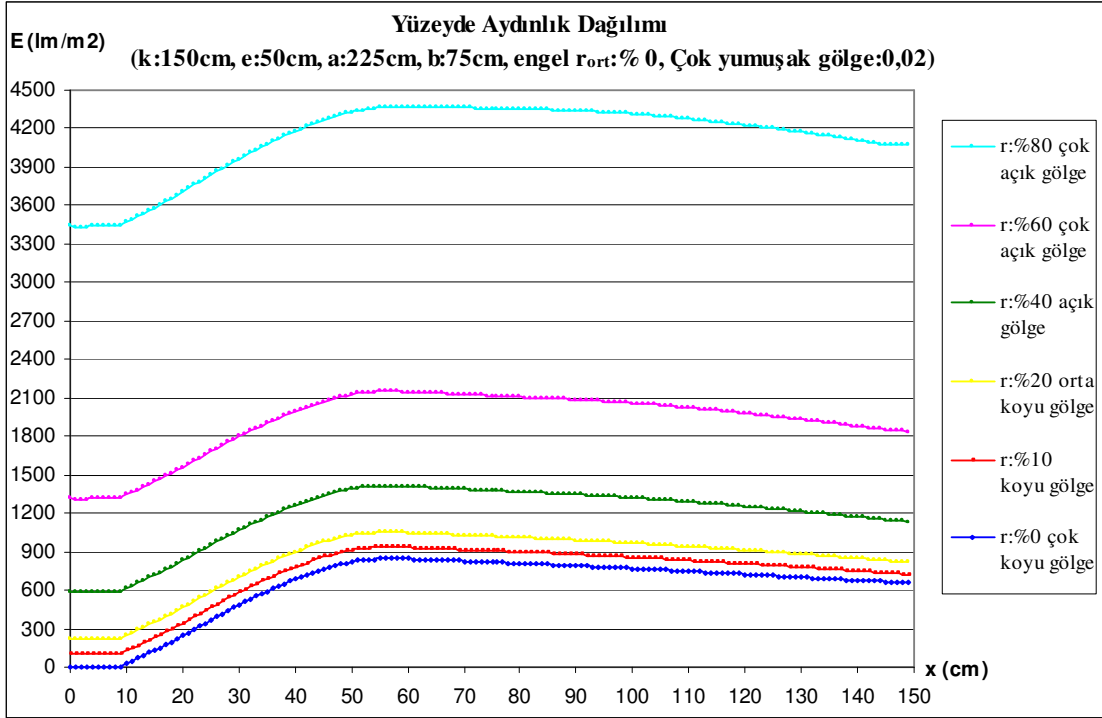
Buna bağlı olarak, kaynak çapları (k) sırasıyla 150cm, 100cm, 50cm, 25cm, 12.5cm, engel çapı (e) 50cm, kaynak-engel uzaklığı (a) 225cm, engel-yüzey uzaklığı (b) 75cm olarak alınmıştır (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.1 Gölgenin, kaynak çapına (k) göre farklılık gösteren sertlik-yumuşaklık dereceleri.

Geometrik hesap											
k (cm)	e (cm)	k/e	a (cm)	b (cm)	a/b	f (cm)	h (cm)	g (cm)	G_{SYD}	G_{SYA}	G_{SY}
150	50	3,00	225	75	3	8,33	58,33	50,00	0,02	$0,00 < f^2/h^2 \leq 0,10$	Ç.Y.G.
100	50	2,00	225	75	3	16,67	50,00	33,33	0,11	$0,10 < f^2/h^2 \leq 0,27$	Y.G.
50	50	1,00	225	75	3	25,00	41,67	16,67	0,36	$0,27 < f^2/h^2 \leq 0,48$	A.Y.G.
25	50	0,50	225	75	3	29,17	37,50	8,33	0,60	$0,48 < f^2/h^2 \leq 0,73$	A.S.G.
12,5	50	0,25	225	75	3	31,25	35,42	4,17	0,78	$0,73 < f^2/h^2 < 1$	S.G.

1) Çok yumuşak bir gölgenin açıklık-koyuluğu

Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 3, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) 3, sertlik-yumuşaklık derecesi (G_{SYD}) 0,02 olan çok yumuşak bir gölgenin, aydınlık düzeyi dağılımları bağlamında değişimi Şekil 5.2’de, açıklık-koyuluk derecelendirmesi (G_{AKD}) Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2 Çok yumuşak bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}) değişmesiyle farklılaşan aydınlık düzeyi dağılımları.

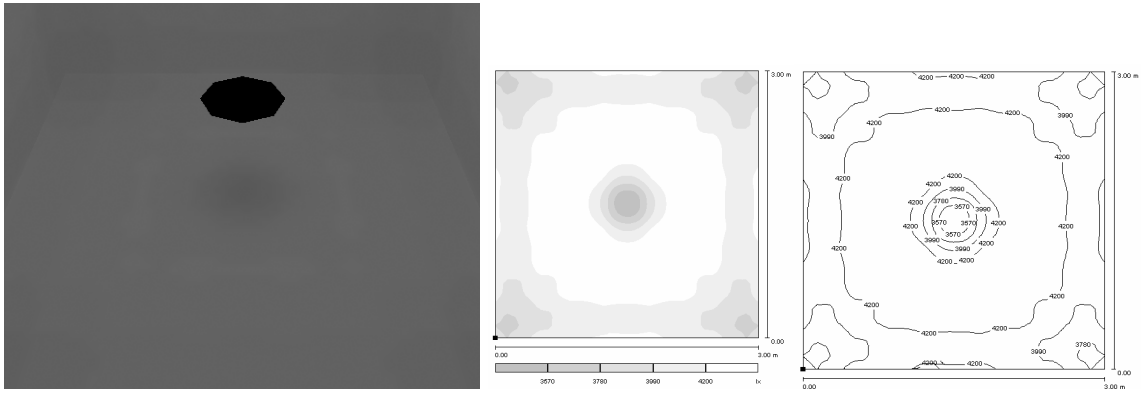
Çizelge 5.2 Çok yumuşak bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}) değişimine bağlı açıklık-koyuluk dereceleri.

Çok yumuşak gölge ($G_{SYD}:0,02$)								
r_{ort} (%)	E_{max} (L_{max})	E (L)	B_{max}	B	G_{AKD}		G_{AKA}	G_{AK}
					B/B_{max}	$(B_{max}-B)/B_{max}$		
0	847	0	10,59	0,00	0,000	1,000	$0,210 > B/B_{max} \geq 0$ $0,790 < B_{max}-B/B_{max} \leq 1$	Ç.K.G.
10	937	98	10,97	2,83	0,258	0,742	$0,302 > B/B_{max} \geq 0,210$ $0,698 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,790$	K.G.
20	1053	221	11,42	4,48	0,392	0,608	$0,435 > B/B_{max} \geq 0,302$ $0,565 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,698$	O.K.G.
40	1413	587	12,66	7,48	0,590	0,410	$0,628 > B/B_{max} \geq 0,435$ $0,372 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,565$	A.G.
60	2150	1312	14,67	10,91	0,744	0,256	$1 > B/B_{max} \geq 0,628$	Ç.A.G.
80	4368	3439	18,80	16,29	0,866	0,134	$0 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,372$	

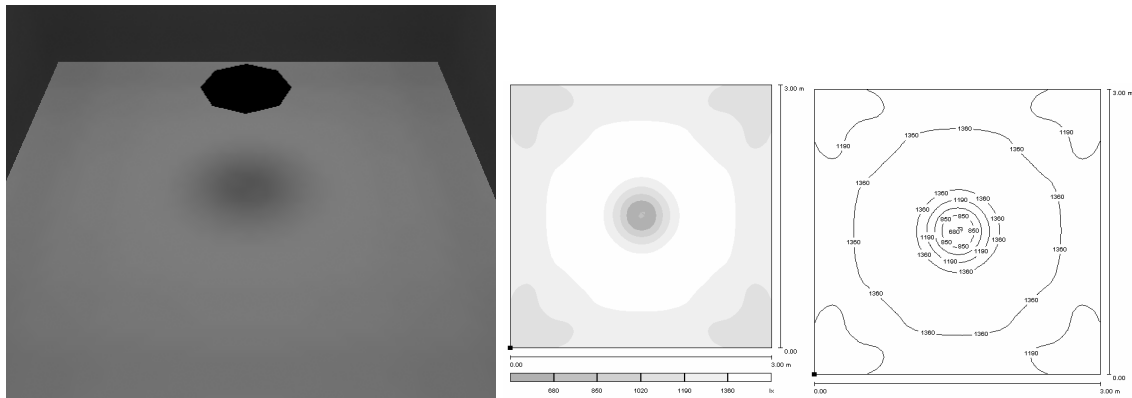
Sonuç olarak, tüm iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}),

- %0 olması durumunda çok yumuşak-çok koyu,
- %10 olması durumunda çok yumuşak-koyu,
- %20 olması durumunda çok yumuşak- orta koyu,
- %40 olması durumunda çok yumuşak-açık,
- %60-80 olması durumunda çok yumuşak-çok açık

gölgeler oluşmuştur. Gölgelerin programdan elde edilen üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri Şekil 5.3'te verilmektedir.

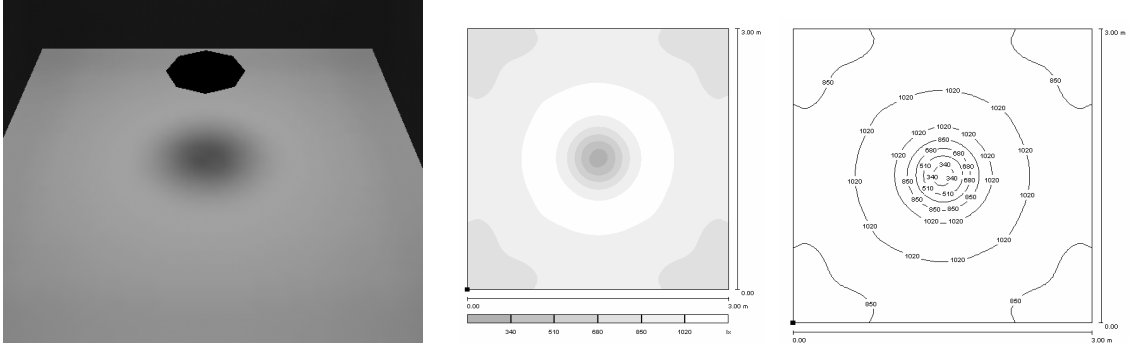


Çok yumuşak-çok açık gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı r_{ort} :%80)

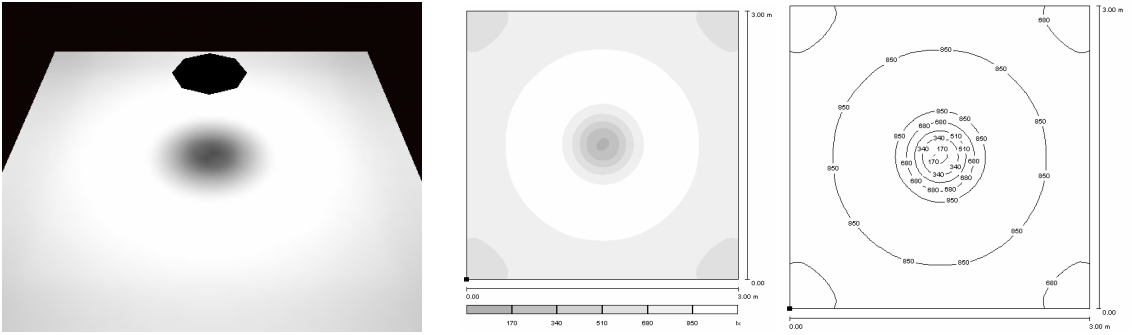


Çok yumuşak-açık gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı r_{ort} :%40)

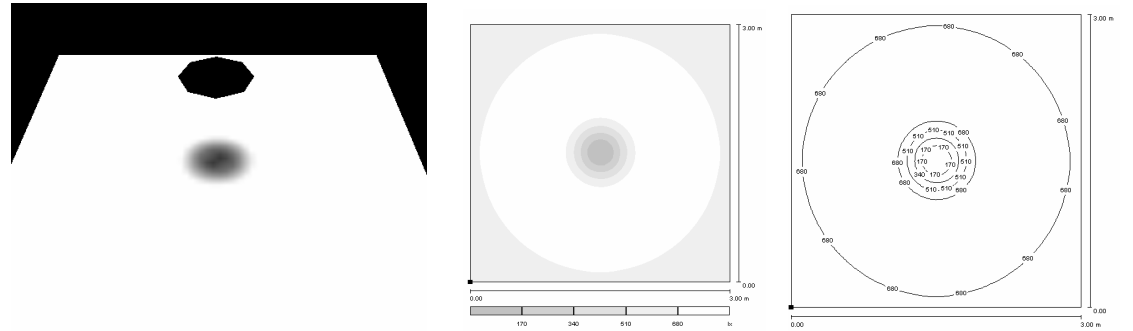
Şekil 5.3 Çok yumuşak bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri.



Çok yumuşak-orta koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı $r_{\text{ort}}:\%20$)



Çok yumuşak-koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı $r_{\text{ort}}:\%10$)

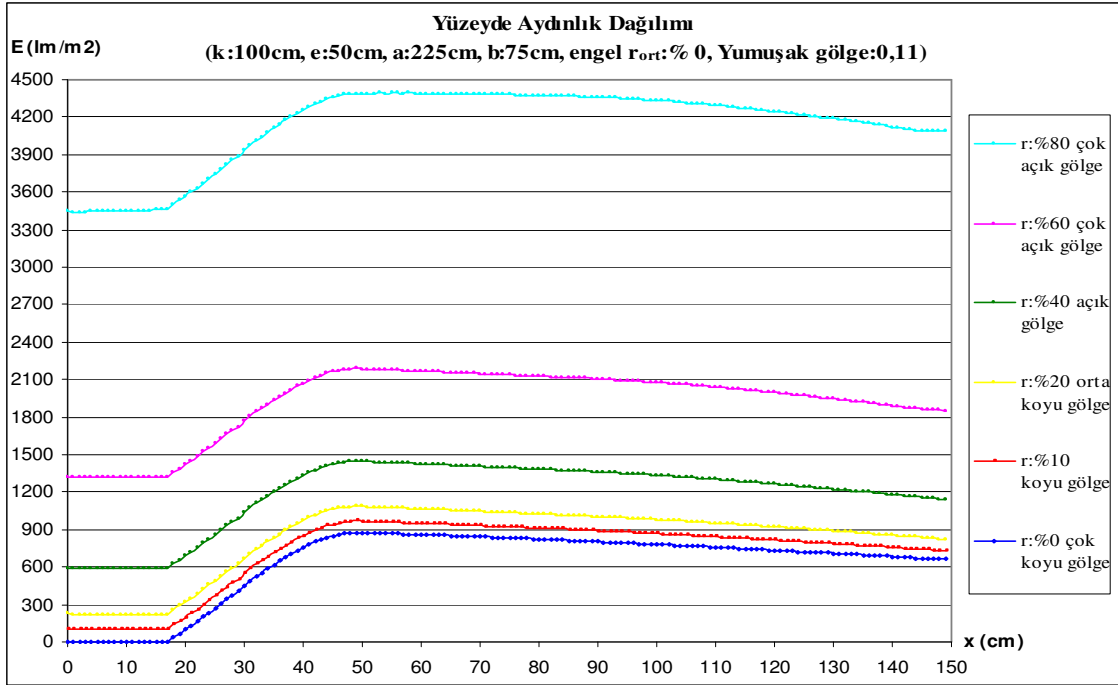


Çok yumuşak-çok koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı $r_{\text{ort}}:\%0$)

Şekil 5.3 Çok yumuşak bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri (Devam).

2) Yumuşak bir gölgenin açıklık-koyuluğu

Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 2, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) 3, gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesi (G_{SYD}) 0,11 olan yumuşak bir gölgenin, aydınlık düzeyi dağılımları bağlamında değişimi Şekil 5.4'te, açıklık-koyuluk derecelendirmesi (G_{AKD}) Çizelge 5.3'te gösterilmiştir.



Şekil 5.4 Yumuşak bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}) değişmesiyle farklılaşan aydınlık düzeyi dağılımları.

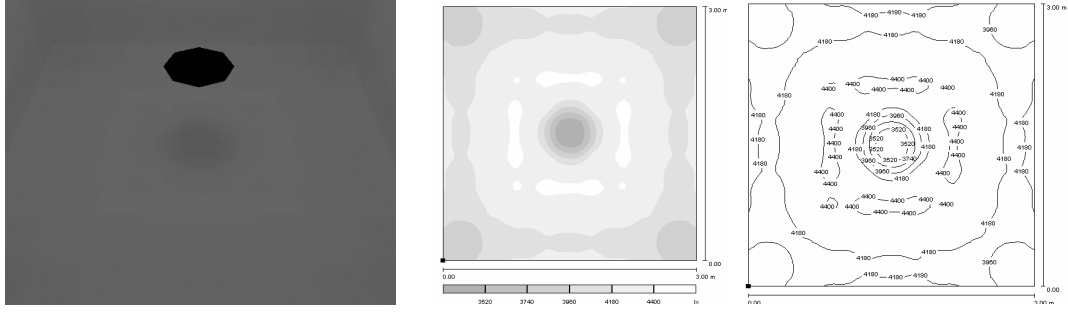
Çizelge 5.3 Yumuşak bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}) değişimine bağlı açıklık-koyuluk dereceleri.

Yumuşak gölge ($G_{SYD}:0,11$)								
r_{ort} (%)	E_{max} (L_{max})	E (L)	B_{max}	B	G_{AKD}		G_{AKA}	G_{AK}
					B/B_{max}	$(B_{max}-B)/B_{max}$		
0	876	0	10,71	0,00	0,000	1,000	$0,210 > B/B_{max} \geq 0$ $0,790 < B_{max}-B/B_{max} \leq 1$	Ç.K.G.
10	968	99	11,09	2,82	0,255	0,745	$0,302 > B/B_{max} \geq 0,210$ $0,698 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,790$	K.G.
20	1085	222	11,55	4,46	0,386	0,614	$0,435 > B/B_{max} \geq 0,302$ $0,565 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,698$	O.K.G.
40	1448	590	12,77	7,45	0,584	0,416	$0,628 > B/B_{max} \geq 0,435$ $0,372 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,565$	A.G.
60	2186	1316	14,75	10,88	0,738	0,262	$1 > B/B_{max} \geq 0,628$	Ç.A.G.
80	4392	3450	18,83	16,29	0,865	0,135	$0 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,372$	

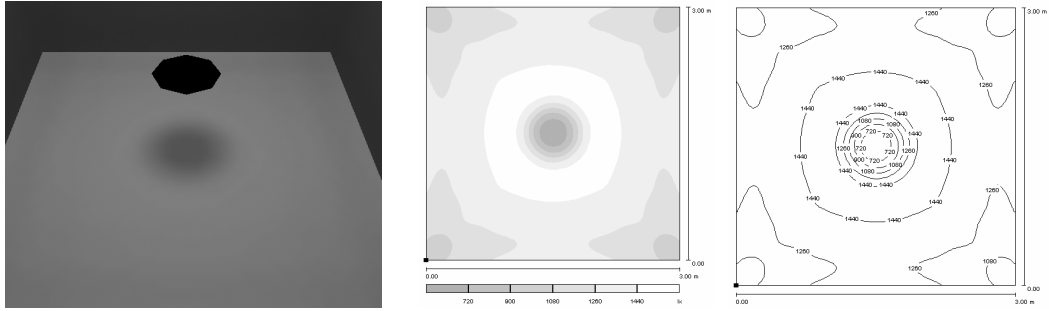
Sonuç olarak, tüm iç yüzey ortalama yansıtma çarpanının,

- %0 olması durumunda yumuşak-çok koyu,
- %10 olması durumunda yumuşak-koyu,
- %20 olması durumunda yumuşak- orta koyu,
- %40 olması durumunda yumuşak-açık,
- %60-80 olması durumunda yumuşak-çok açık

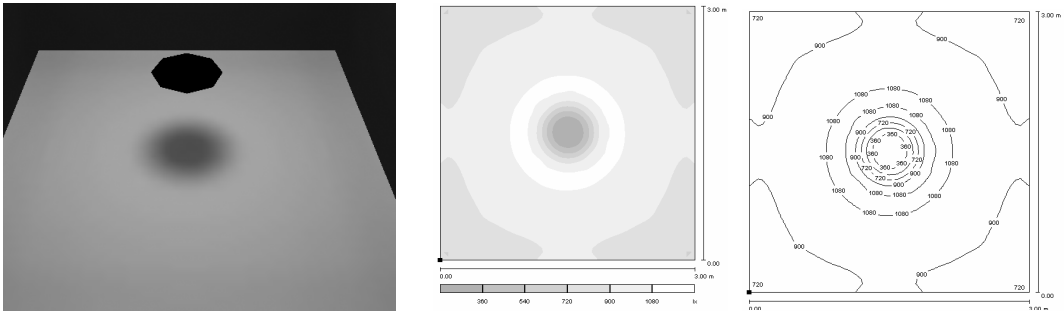
gölgeler oluşmuştur. Gölgelerin, programdan elde edilen üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri Şekil 5.5'te verilmektedir.



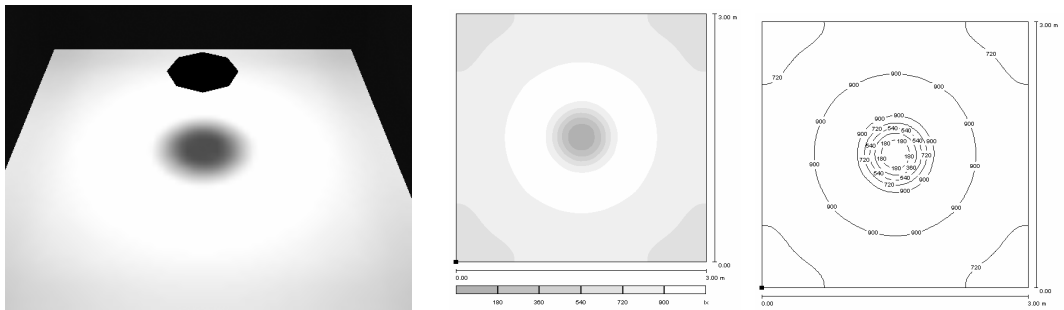
Yumuşak-çok açık gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı r_{ort} :%80)



Yumuşak-açık gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı r_{ort} :%40)

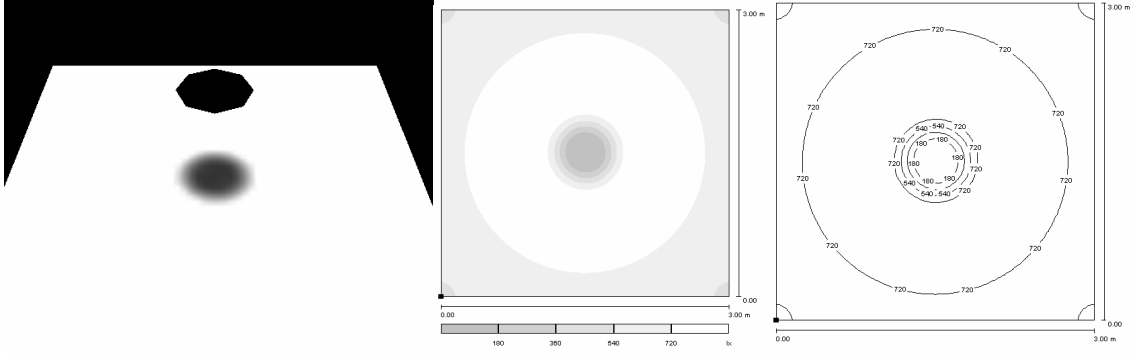


Yumuşak-orta koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı r_{ort} :%20)



Yumuşak-koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı r_{ort} :%10)

Şekil 5.5 Yumuşak bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri.

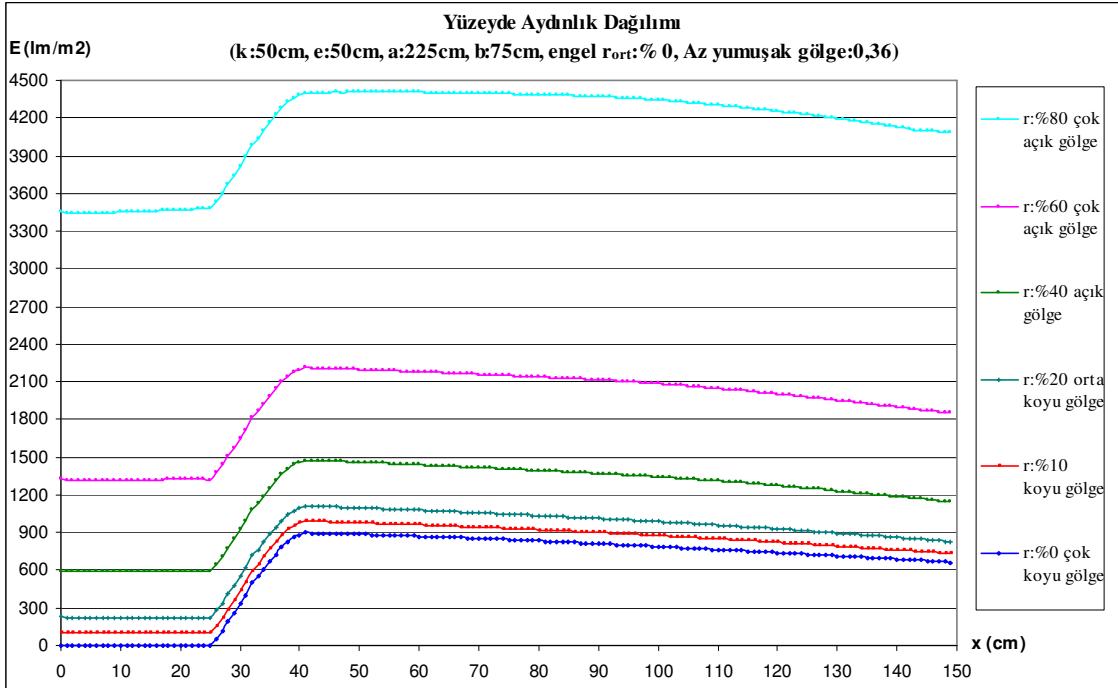


Yumuşak-çok koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı r_{ort} :% 0)

Şekil 5.5 Yumuşak bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri (devam).

3) Az yumuşak bir gölgenin açıklık-koyuluğu

Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 1, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) 3, gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesi (G_{SYD}) 0,36 olan az yumuşak bir gölgenin, aydınlık düzeyi dağılımları bağlamında değişimi Şekil 5.6'da, açıklık-koyuluk derecelendirmesi (G_{AKD}) Çizelge 5.4'te gösterilmiştir.



Şekil 5.6 Az yumuşak bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}) değişmesiyle farklılaşan aydınlık düzeyi dağılımları.

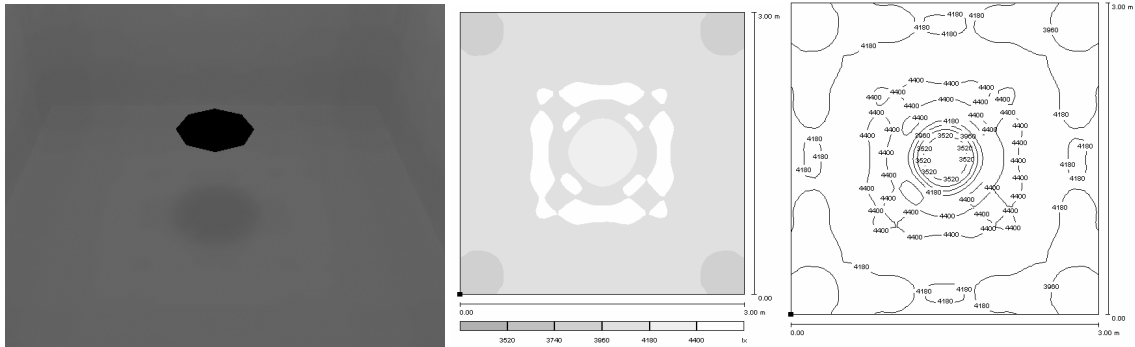
Çizelge 5.4 Az yumuşak bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}) değişimine bağlı açıklık-koyuluk dereceleri.

Az yumuşak gölge ($G_{SYD}:0,36$)								
r_{ort} (%)	E_{max} (L_{max})	E (L)	B_{max}	B	G_{AKD}		G_{AKA}	G_{AK}
					B/B_{max}	$(B_{max}-B)/B_{max}$		
0	897	0	10,80	0,00	0,000	1,000	$0,210 > B/B_{max} \geq 0$ $0,790 < B_{max}-B/B_{max} \leq 1$	Ç.K.G.
10	991	98	11,18	2,79	0,250	0,750	$0,302 > B/B_{max} \geq 0,210$ $0,698 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,790$	K.G.
20	1111	221	11,64	4,42	0,379	0,621	$0,435 > B/B_{max} \geq 0,302$ $0,565 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,698$	O.K.G.
40	1476	591	12,86	7,42	0,577	0,423	$0,628 > B/B_{max} \geq 0,435$ $0,372 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,565$	A.G.
60	2212	1322	14,81	10,88	0,734	0,266	$1 > B/B_{max} \geq 0,628$ $0 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,372$	Ç.A.G.
80	4404	3463	18,85	16,32	0,866	0,134		

Sonuç olarak, tüm iç yüzey ortalama yansıtma çarpanının,

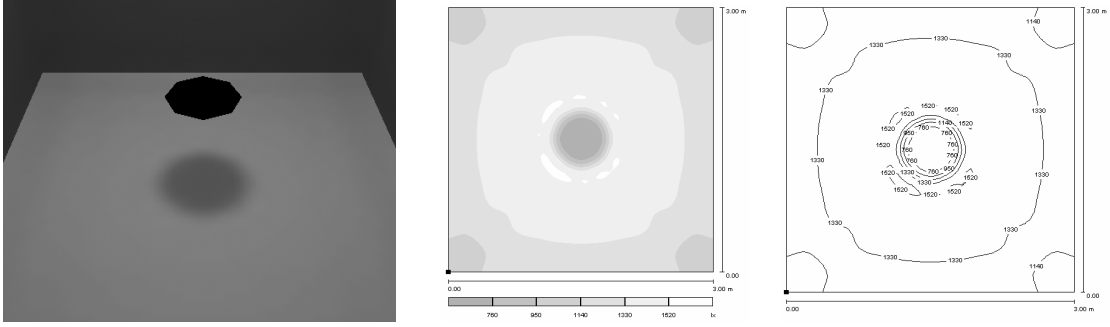
- %0 olması durumunda az yumuşak-çok koyu,
- %10 olması durumunda az yumuşak-koyu,
- %20 olması durumunda az yumuşak- orta koyu,
- %40 olması durumunda az yumuşak-açık,
- %60-80 olması durumunda az yumuşak-çok açık

gölgeler oluşmuştur. Gölgelerin, programdan elde edilen üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri Şekil 5.7'te verilmektedir.

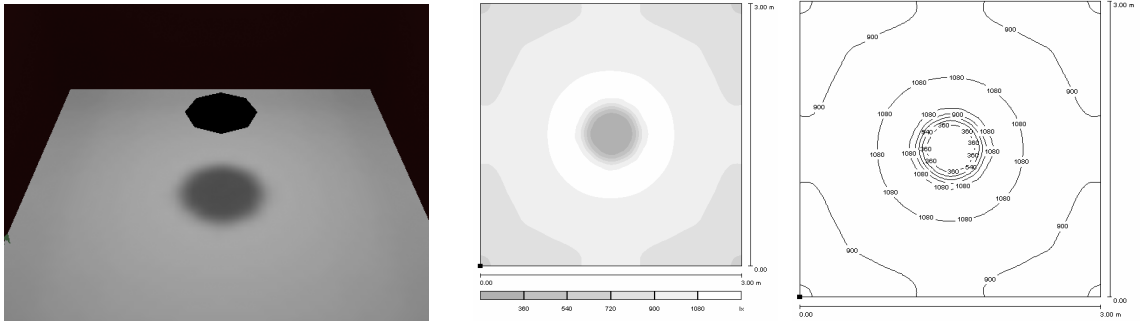


Az yumuşak-çok açık gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı r_{ort} :%80)

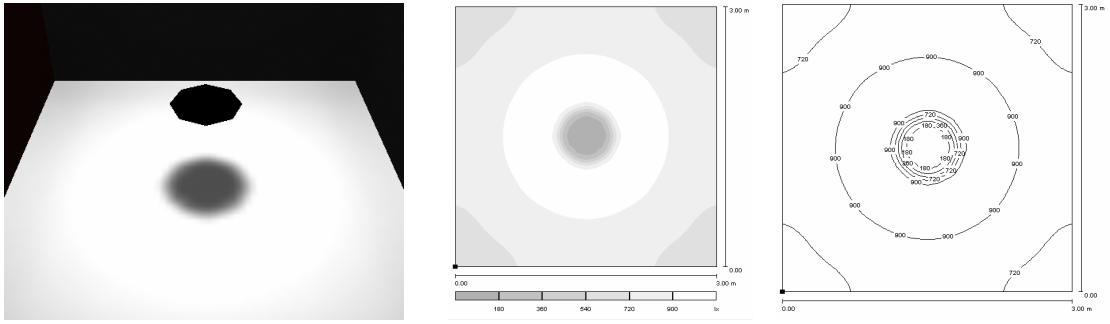
Şekil 5.7 Az yumuşak bir gölgenin üç boyutu, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri.



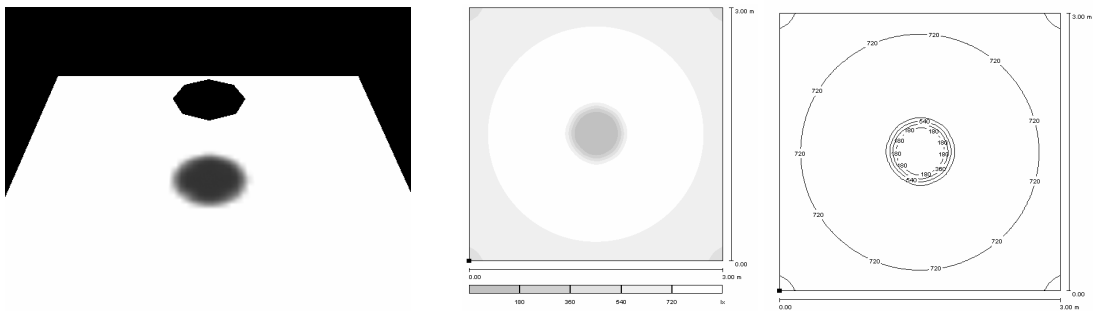
Az yumuşak-açık gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı $r_{ort}:\%40$)



Az yumuşak- orta koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı $r_{ort}:\%20$)



Az yumuşak- koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı $r_{ort}:\%10$)

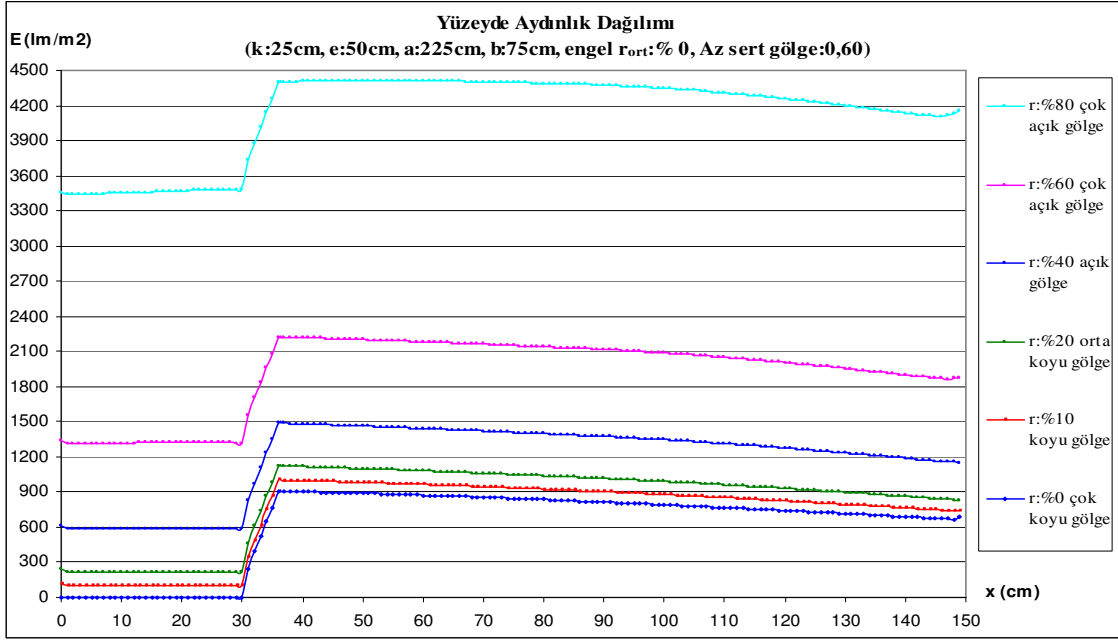


Az yumuşak-çok koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı $r_{ort}:\%0$)

Şekil 5.7 Az yumuşak bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri (devam).

4) Az sert bir gölgenin açıklık-koyuluğu

Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 0.5, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) 3, gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesi (G_{SYD}) 0,60 olan az sert bir gölgenin, aydınlık düzeyi dağılımları bağlamında değişimi Şekil 5.8'de, açıklık-koyuluk derecelendirmesi (G_{AKD}) Çizelge 5.5'te gösterilmiştir.



Şekil 5.8 Az sert bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}) değişmesiyle farklılaşan aydınlık düzeyi dağılımları

Çizelge 5.5 Az sert bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}) değişimine bağlı açıklık-koyuluk dereceleri.

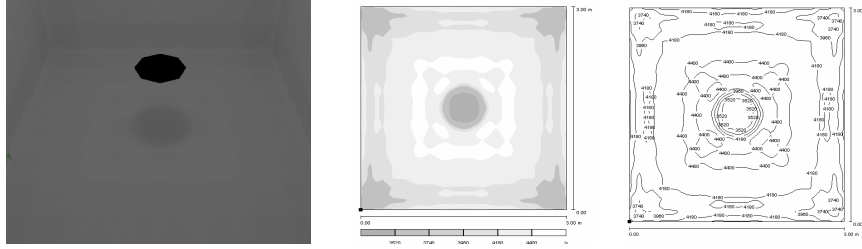
Az sert gölge ($G_{SYD}:0,60$)								
r_{ort} (%)	E_{max} (L_{max})	E (L)	B_{max}	B	G_{AKD}		G_{AKA}	G_{AK}
					B/B_{max}	$(B_{max}-B)/B_{max}$		
0	905	0	10,83	0,00	0,000	1,000	$0,210 > B/B_{max} \geq 0$ $0,790 < B_{max}-B/B_{max} \leq 1$	Ç.K.G.
10	1001	97	11,22	2,77	0,246	0,754	$0,302 > B/B_{max} \geq 0,210$ $0,698 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,790$	K.G.
20	1122	223	11,68	4,43	0,379	0,621	$0,435 > B/B_{max} \geq 0,302$ $0,565 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,698$	O.K.G.
40	1488	592	12,89	7,42	0,575	0,425	$0,628 > B/B_{max} \geq 0,435$ $0,372 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,565$	A.G.
60	2222	1323	14,84	10,87	0,733	0,267	$1 > B/B_{max} \geq 0,628$	Ç.A.G.
80	4410	3486	18,86	16,38	0,868	0,132	$0 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,372$	

Sonuç olarak, tüm iç yüzey ortalama yansıtma çarpanının,

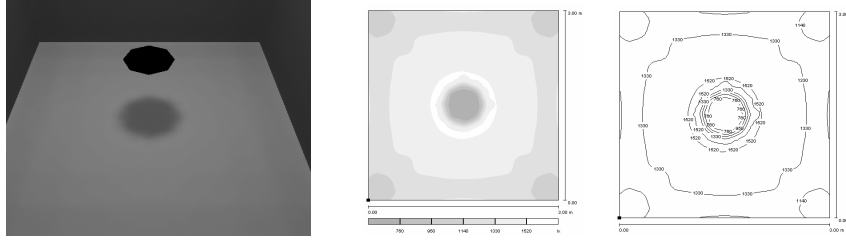
- %0 olması durumunda az sert-çok koyu,

- %10 olması durumunda az sert-koyu,
- %20 olması durumunda az sert-orta koyu,
- %40 olması durumunda az sert-açık,
- %60-80 olması durumunda az sert-çok açık

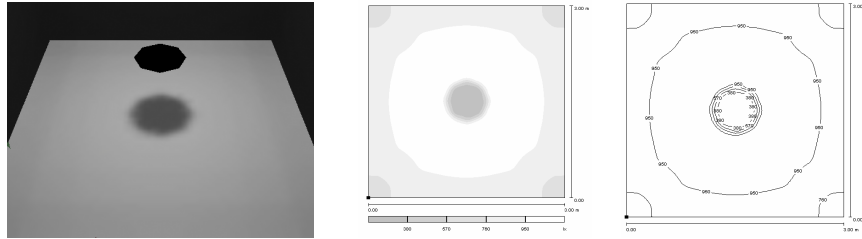
gölgeler oluşmuştur. Gölgelerin, programdan elde edilen üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri Şekil 5.9'da verilmektedir.



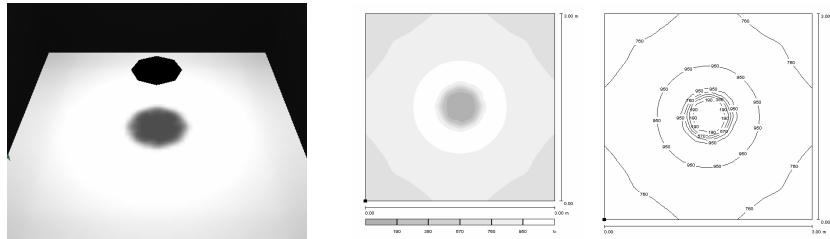
Az sert-çok açık gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı $r_{ort} : 80\%$)



Az sert-açık gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı $r_{ort} : 40\%$)

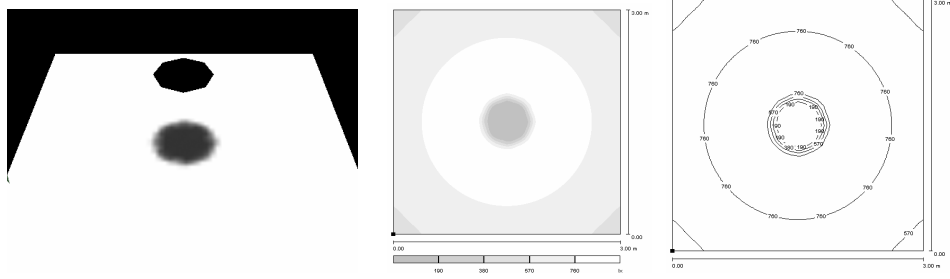


Az sert-orta koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı $r_{ort} : 20\%$)



Az sert-koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı $r_{ort} : 10\%$)

Şekil 5.9 Az sert bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri.

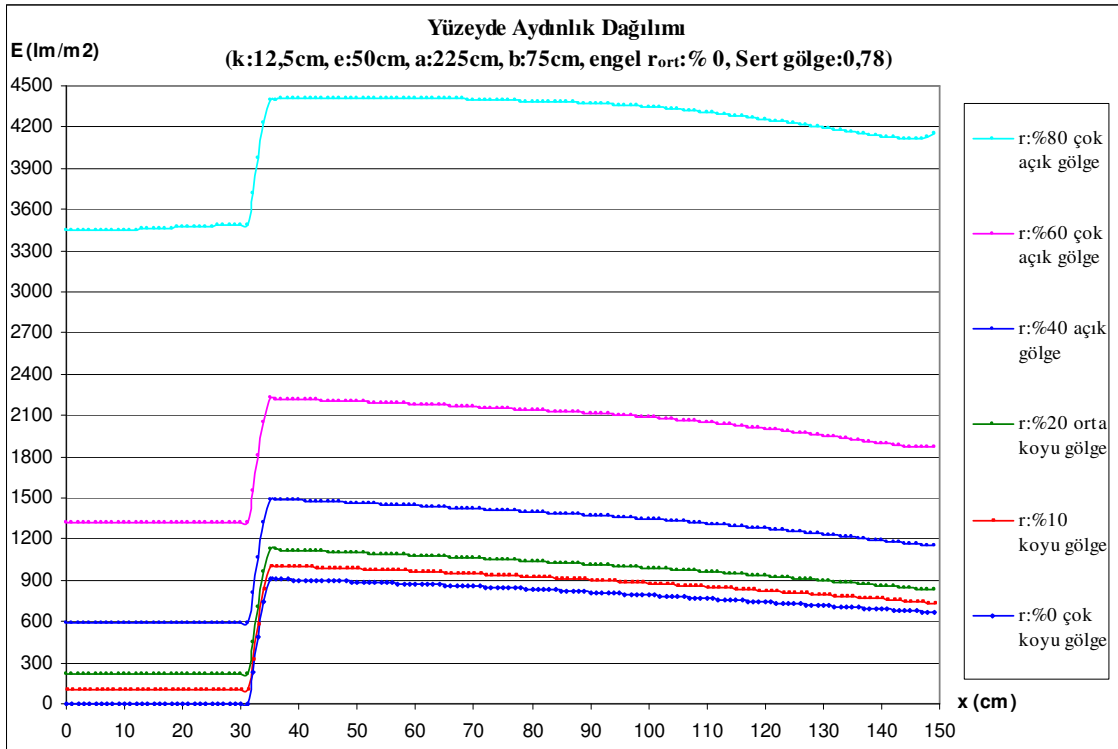


Az sert-çok koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı $r_{ort}:\%0$)

Şekil 5.9 Az sert bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri (devam).

5) Sert bir gölgenin açıklık-koyuluğu

Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 0.3, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) 3, gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesi (G_{SYD}) 0,78 olan sert bir gölgenin, aydınlık düzeyi dağılımları bağlamında değişimi Şekil 5.10'da, açıklık-koyuluk derecelendirmesi (G_{AKD}) Çizelge 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.10 Sert bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}) değişmesiyle farklılaşan aydınlık düzeyi dağılımları.

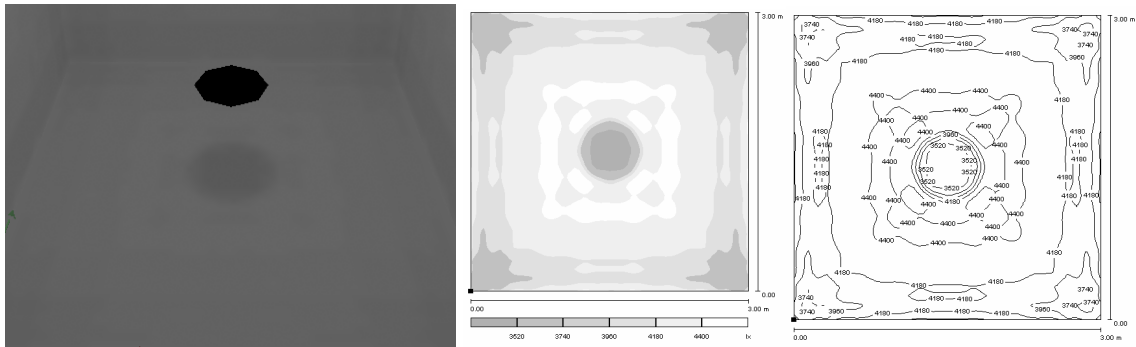
Çizelge 5.6 Sert bir gölgenin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının değişimine (r_{ort}) bağlı açıklık-koyuluk dereceleri.

Sert gölge ($G_{SYD}:0,78$)								
r_{ort} (%)	E_{max} (L_{max})	E (L)	B_{max}	B	G_{AKD}		G_{AKA}	G_{AK}
					B/B_{max}	$(B_{max}-B)/B_{max}$		
0	908	0	10,85	0,00	0,000	1,000	$0,210 > B/B_{max} \geq 0$ $0,790 < B_{max}-B/B_{max} \leq 1$	Ç.K.G.
10	1003	97	11,23	2,77	0,246	0,754	$0,302 > B/B_{max} \geq 0,210$ $0,698 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,790$	K.G.
20	1124	223	11,69	4,43	0,379	0,621	$0,435 > B/B_{max} \geq 0,302$ $0,565 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,698$	O.K.G.
40	1490	592	12,90	7,41	0,575	0,425	$0,628 > B/B_{max} \geq 0,435$ $0,372 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,565$	A.G.
60	2225	1323	14,84	10,87	0,732	0,268	$1 > B/B_{max} \geq 0,628$ $0 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,372$	Ç.A.G.
80	4411	3488	18,86	16,38	0,869	0,131		

Sonuç olarak, tüm iç yüzey ortalama yansıtma çarpanının,

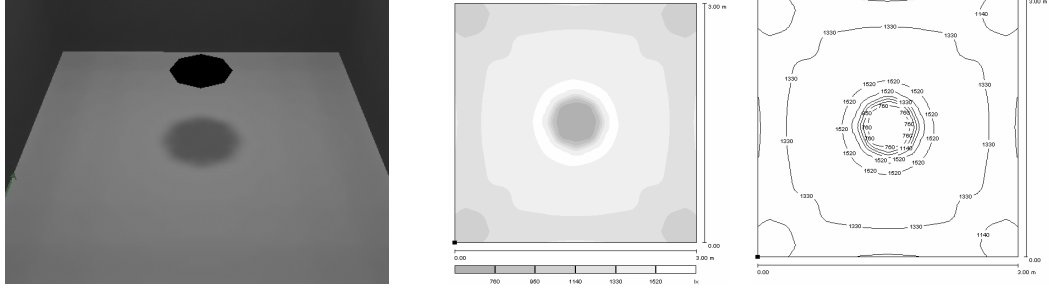
- %0 olması durumunda sert-çok koyu,
- %10 olması durumunda sert-koyu,
- %20 olması durumunda sert-orta koyu,
- %40 olması durumunda sert-açık,
- %60-80 olması durumunda sert-çok açık

gölgeler oluşmuştur. Gölgelerin, programdan elde edilen üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri Şekil 5.11’de verilmektedir.

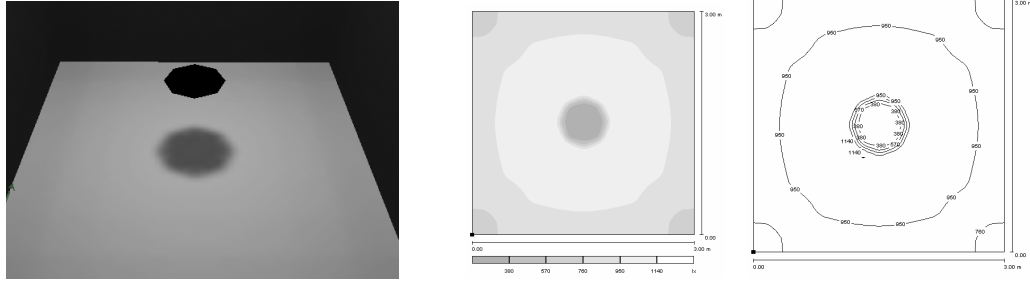


Sert-çok açık gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı $r_{ort}:\%80$)

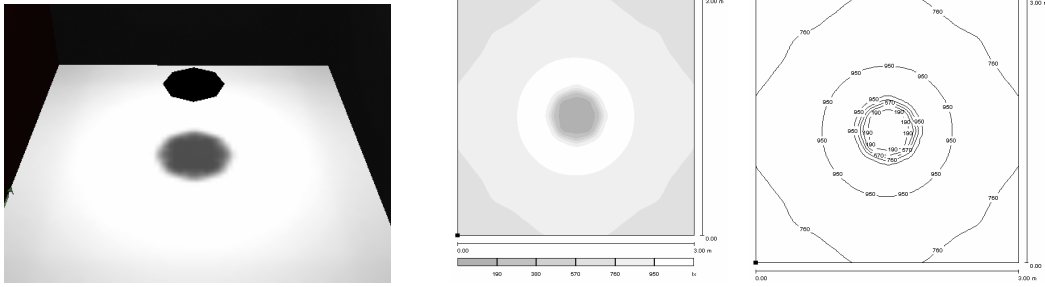
Şekil 5.11 Sert bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri.



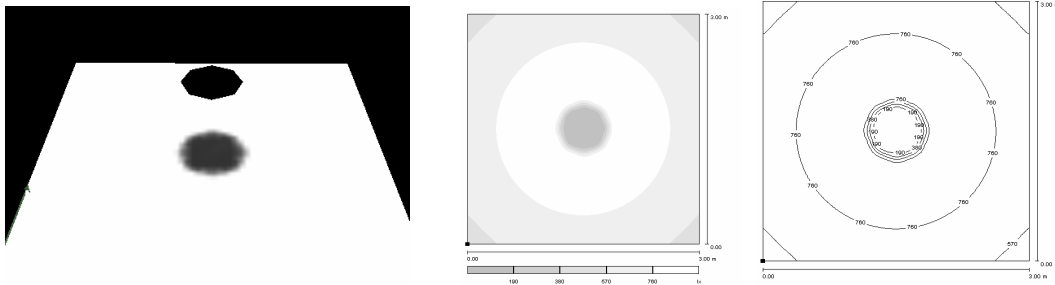
Sert-açık gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı r_{ort} :%40)



Sert-orta koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı r_{ort} :%20)



Sert-koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı r_{ort} :%10)



Sert-çok koyu gölge (İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı r_{ort} :%0)

Şekil 5.11 Sert bir gölgenin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri (devam).

Çizelge 5.2-5.6'daki değerler aracılığı ile, iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının (ikincil kaynak) değişiminin gölgeye etkisi ve gölgenin açıklık-koyuluk incelemesi Çizelge 5.7'de gösterilmektedir.

Çizelge 5.7 Gölgenin sertlik-yumuşaklığına bağlı olarak açıklık-koyuluk incelemesi

G_{SY} ve G_{SYD}	r_{ort} (%)	G_{AKD}		G_{AKA}	G_{AK}
		B/B_{max}	$(B_{max}-B)/B_{max}$		
Ç.Y.G. (0,02)	0	0	1,000	Ç.K.G.	$0,210 > B/B_{max} \geq 0$ $0,790 < B_{max}-B/B_{max} \leq 1$
	10	258	0,742	K.G.	$0,302 > B/B_{max} \geq 0,210$ $0,698 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,790$
	20	392	0,608	O.K.G.	$0,435 > B/B_{max} \geq 0,302$ $0,565 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,698$
	40	590	0,410	A.G.	$0,628 > B/B_{max} \geq 0,435$ $0,372 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,565$
	60	744	0,256	Ç.A.G.	$1 > B/B_{max} \geq 0,628$ $0 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,372$
	80	0,866	0,134		
Y.G. (0,11)	0	0,000	1,000	Ç.K.G.	$0,210 > B/B_{max} \geq 0$ $0,790 < B_{max}-B/B_{max} \leq 1$
	10	0,255	0,745	K.G.	$0,302 > B/B_{max} \geq 0,210$ $0,698 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,790$
	20	0,386	0,614	O.K.G.	$0,435 > B/B_{max} \geq 0,302$ $0,565 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,698$
	40	0,584	0,416	A.G.	$0,628 > B/B_{max} \geq 0,435$ $0,372 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,565$
	60	0,738	0,262	Ç.A.G.	$1 > B/B_{max} \geq 0,628$ $0 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,372$
	80	0,865	0,135		
A.Y.G. (0,36)	0	0,000	1,000	Ç.K.G.	$0,210 > B/B_{max} \geq 0$ $0,790 < B_{max}-B/B_{max} \leq 1$
	10	0,250	0,750	K.G.	$0,302 > B/B_{max} \geq 0,210$ $0,698 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,790$
	20	0,379	0,621	O.K.G.	$0,435 > B/B_{max} \geq 0,302$ $0,565 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,698$
	40	0,577	0,423	A.G.	$0,628 > B/B_{max} \geq 0,435$ $0,372 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,565$
	60	0,734	0,266	Ç.A.G.	$1 > B/B_{max} \geq 0,628$ $0 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,372$
	80	0,866	0,134		
A.S.G. (0,60)	0	0,000	1,000	Ç.K.G.	$0,210 > B/B_{max} \geq 0$ $0,790 < B_{max}-B/B_{max} \leq 1$
	10	0,246	0,754	K.G.	$0,302 > B/B_{max} \geq 0,210$ $0,698 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,790$
	20	0,379	0,621	O.K.G.	$0,435 > B/B_{max} \geq 0,302$ $0,565 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,698$
	40	0,575	0,425	A.G.	$0,628 > B/B_{max} \geq 0,435$ $0,372 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,565$
	60	0,733	0,267	Ç.A.G.	$1 > B/B_{max} \geq 0,628$ $0 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,372$
	80	0,868	0,132		
S.G. (0,78)	0	0,000	1,000	Ç.K.G.	$0,210 > B/B_{max} \geq 0$ $0,790 < B_{max}-B/B_{max} \leq 1$
	10	0,246	0,754	K.G.	$0,302 > B/B_{max} \geq 0,210$ $0,698 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,790$
	20	0,379	0,621	O.K.G.	$0,435 > B/B_{max} \geq 0,302$ $0,565 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,698$
	40	0,575	0,425	A.G.	$0,628 > B/B_{max} \geq 0,435$ $0,372 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,565$
	60	0,732	0,268	Ç.A.G.	$1 > B/B_{max} \geq 0,628$ $0 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,372$
	80	0,869	0,131		

Çizelge 5.7’de verilen değerlerden yararlanılarak, gölge niteliğinin değişimi aşağıdaki gibi incelenebilir.

- Oda iç yüzey ortalama yansıtma çarpanı (r_{ort}) %0 ise çok koyu, %10 ise koyu gölge, %20 ise orta koyu gölge, %40 ise açık gölge, %60 ve %80 ise çok açık gölge oluşmaktadır. Gölgenin sertlik-yumuşaklık derecelerinin farklı olması (G_{SYD} : 0.02- 0.11- 0.36- 0.60- 0.78) bu durumu değiştirmemektedir.

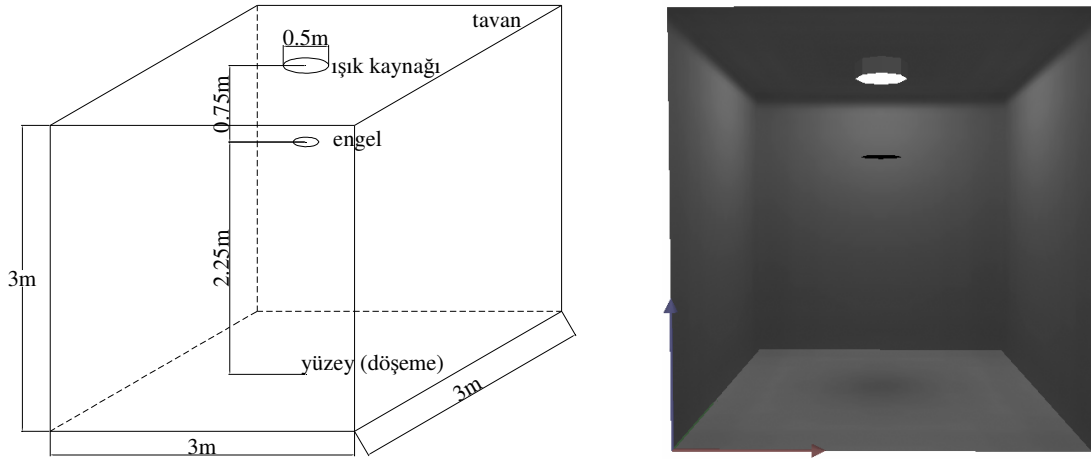
- Oda iç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanı (r_{ort}) kuramsal olarak %0 olduğunda, döşeme yüzeyi üzerinde gölge çekirdeğinin bulunduğu alanın aydınlık düzeyi ‘0’ olmaktadır. Yansıtma çarpanı %0’dan %80’e doğru arttırıldığında, gölge çekirdeğinin aydınlık düzeyi artmaktadır. Bu durum, gölge çekirdeğinin yalnızca yansımış ışıkla aydınlandığını kanıtlamaktadır.

- Aydınlık düzeyi (E), gölge çekirdeği bölümünde sabit kalmakta, yarı gölge alanda gölgenin açıklık-koyuluk derecesine bağlı olarak artmakta, gölgenin bittiği noktada maksimum değere ulaşmakta ve ardından kaynaktan uzaklaştığı için gittikçe düşmektedir.

- Oda iç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}) değişmesi, aydınlık düzeyi dağılım eğrilerinin karakterini değiştirmemekte, ancak aydınlık düzeyi (E) değerlerini değiştirmektedir. Bu durum, oda iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}), gölgenin sertlik-yumuşaklığını değiştirmediyi göstermektedir.

5.2 Engel Çapının Küçülmesinin Gölgeye ve Gölgesiz Aydınlığa Etkisi

Bu bölümde, engel çapının (e) gittikçe küçülmesi ve gölge çekirdeğinin ($f < 0$) negatif değerler almasının gölge üzerindeki etkisi incelenmiştir. Gölgenin oluştuğu aydınlanan yüzeye sadece dolaysız ışık gelmesi için oda iç yüzeylerinin ortalama yansıtma çarpanı kuramsal olarak %0 alınmıştır. Model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi Şekil 5.12’de verilmiştir.



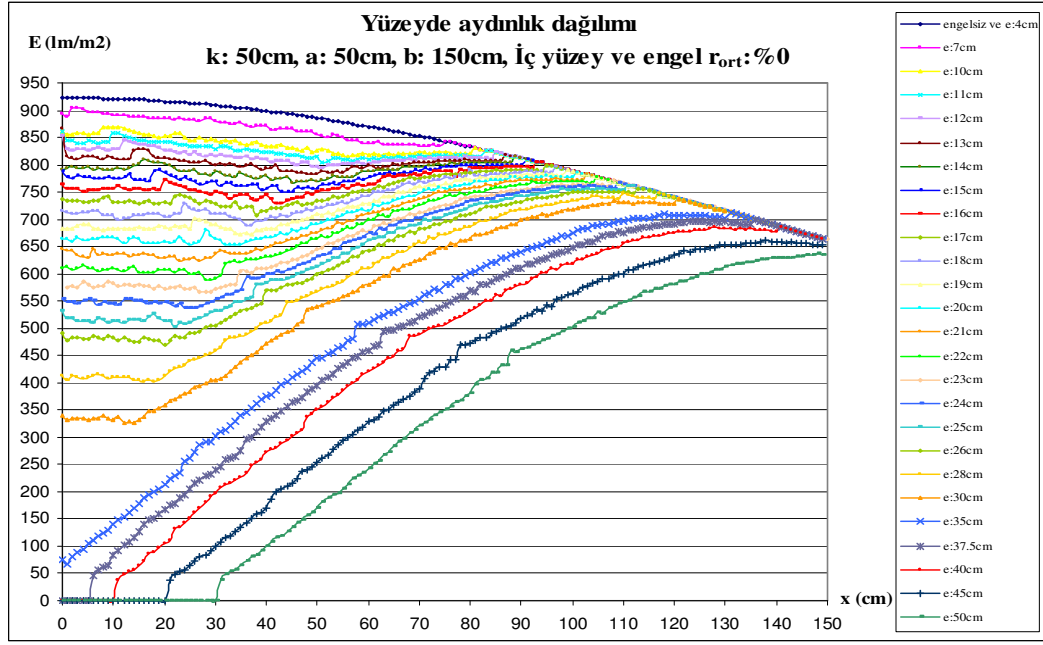
Şekil 5.12 Model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi.

3.2.2 bölümündeki kaynak çapının engel çapına eşit ve kaynak çapının engel çapından büyük olması durumundaki geometrik hesaba göre, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzeyle uzaklığına oranı (a/b) 0.33, kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 1.00- 16.67 arasında değişen gölgeler belirlenmiştir. Gölgelerin sertlik-yumuşaklık dereceleri Çizelge 5.8’de verilmiştir.

Çizelge 5.8 Engel çapının küçülmesinin gölgenin sertlik-yumuşaklık derecelerine etkisi.

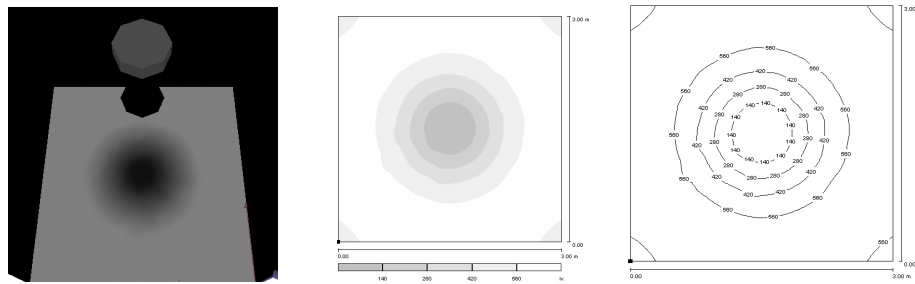
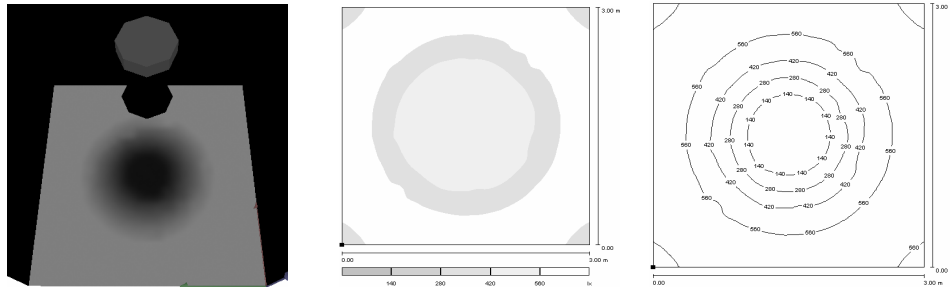
k>e, k=e, a<b											
	k (cm)	e (cm)	k/e	a (cm)	b (cm)	a/b	f (cm)	h (cm)	g (cm)	G_{SYD}	G_{SY}
f>0	50	50	1,00	75	225	0,33	25	175	150	0,02	Ç.Y.G.
	50	40	1,25	75	225	0,33	5	155	150	0,00	
f=0	50	37,5	1,33	75	225	0,33	0	150	150	0,00	Gölge çekirdeğinin yok olması
f<0	50	30	1,67	75	225	0,33	-15	135	120	0,01	Gölgenin aydınlanması
	50	28	1,79	75	225	0,33	-19	131	112	0,02	
	50	26	1,92	75	225	0,33	-23	127	104	0,03	
	50	25	2,00	75	225	0,33	-25	125	100	0,04	
	50	24	2,08	75	225	0,33	-27	123	96	0,05	
	50	23	2,17	75	225	0,33	-29	121	92	0,06	
	50	22	2,27	75	225	0,33	-31	119	88	0,07	
	50	21	2,38	75	225	0,33	-33	117	84	0,08	
	50	20	2,50	75	225	0,33	-35	115	80	0,09	
	50	17	2,94	75	225	0,33	-41	109	68	0,14	
	50	15	3,33	75	225	0,33	-45	105	60	0,18	
	50	13	3,85	75	225	0,33	-49	101	52	0,24	
	50	11	4,55	75	225	0,33	-53	97	44	0,30	
50	7	7,14	75	225	0,33	-61	89	28	0,47		
50	3	16,67	75	225	0,33	-69	81	12	0,73		

Çizelge 5.8’e bağlı olarak, programda kaynak çapı (k) 50cm, engel çapı (e) sırasıyla 50-40-37.5-30-28-26-25-24-23-22-21-20-17-15-13-11-7-3cm, kaynak-engel uzaklığı (a) 75cm, engel-yüzeyle uzaklığı (b) 225cm olarak alınmıştır. Engel çapının (e) küçülmesinin döşeme yüzeyi üzerinde oluşan aydınlık dağılımına etkisi Şekil 5.13’te verilmiştir.

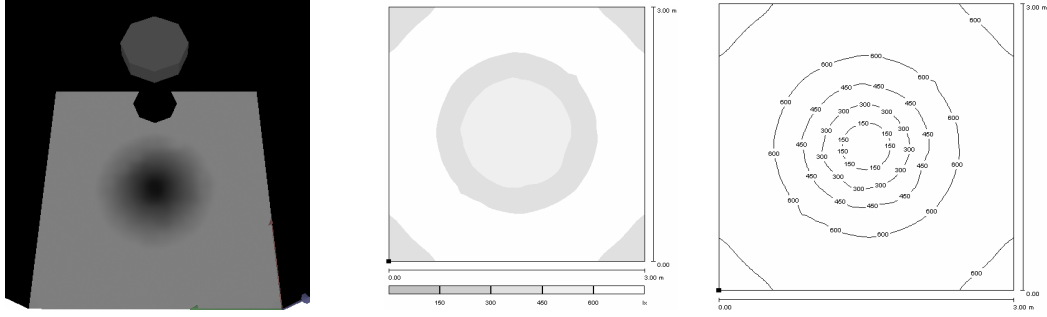


Şekil 5.13 Gölge çekirdeğinin engel çapının (e) küçülmesine bağlı olarak birincil kaynakla aydınlanması.

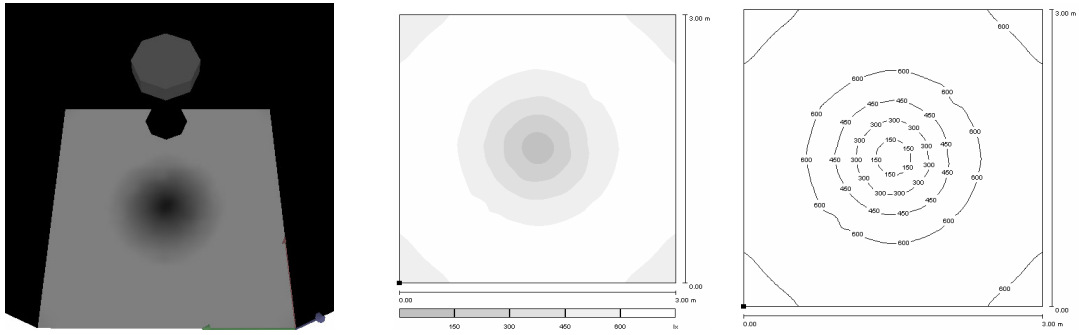
Döşeme yüzeyi üzerinde oluşan aydınlığın, programdan elde edilen üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri Şekil 5.14'te verilmiştir.



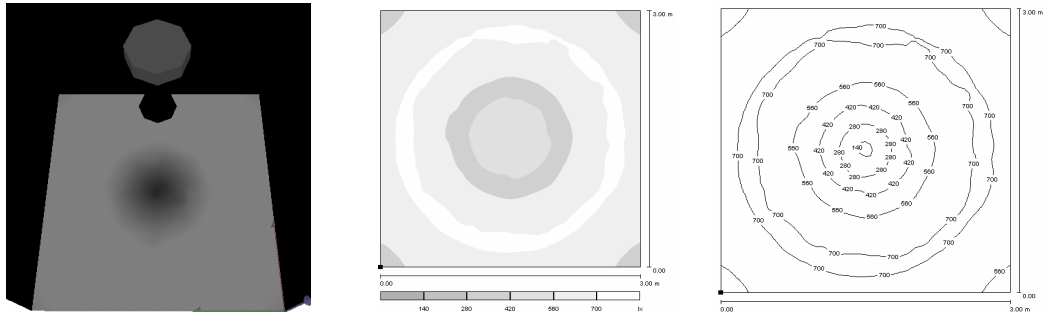
Şekil 5.14 Engel çapının gölgeye etkisinin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri.



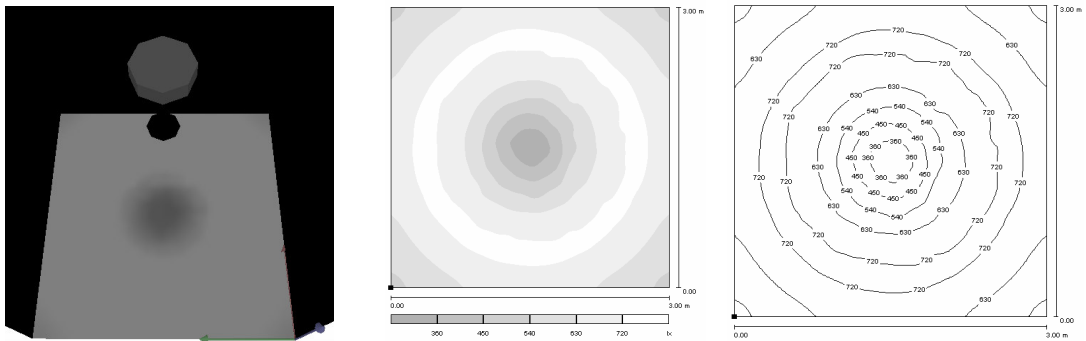
Engel çapı (e): 40cm, gölge çekirdeği $f > 0$



Engel çapı (e): 37,5cm, gölge çekirdeği $f = 0$

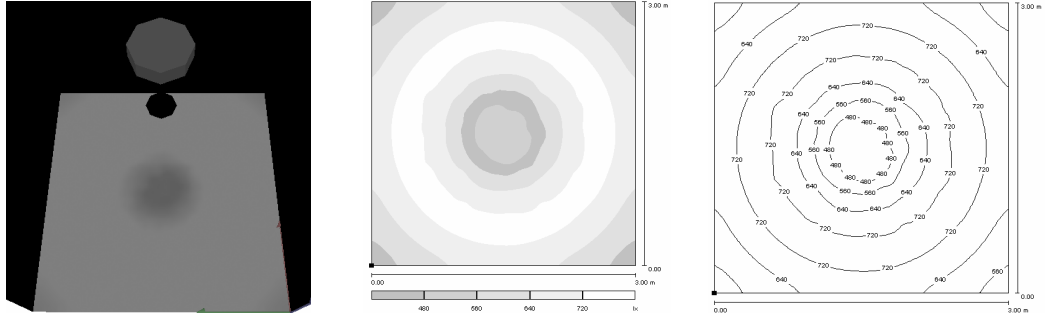


Engel çapı (e): 35cm, gölge çekirdeği $f < 0$

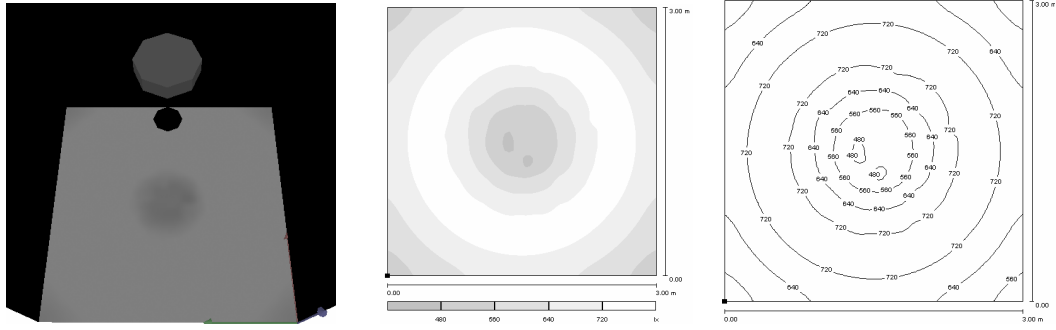


Engel çapı (e): 30cm, gölge çekirdeği $f < 0$

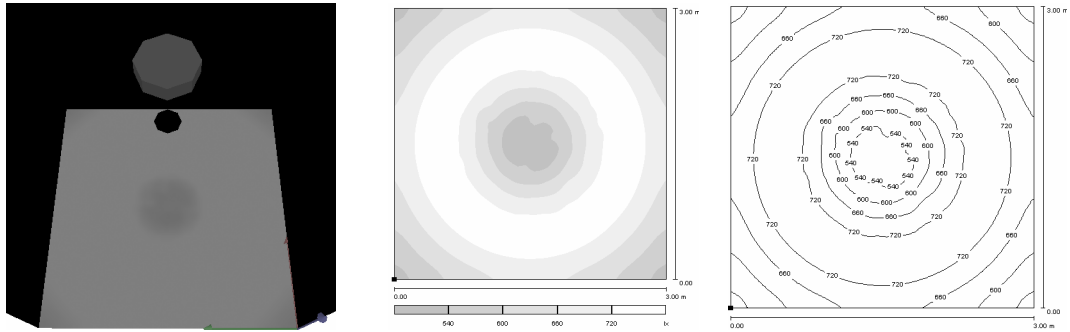
Şekil 5.14 Engel çapının gölgeye etkisinin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri (devam).



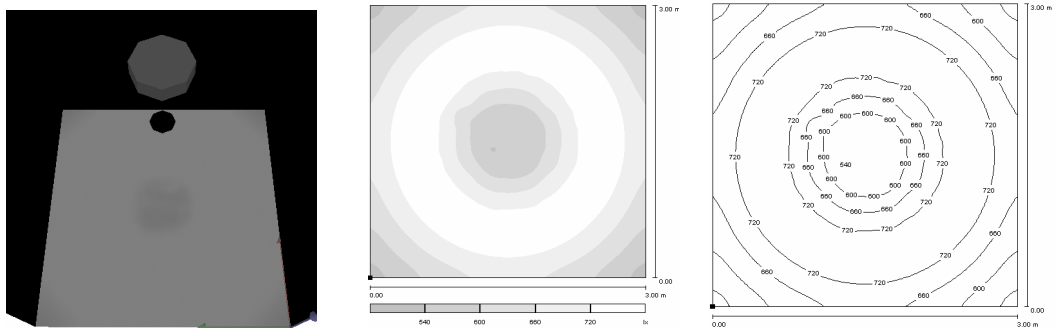
Engel çapı (e): 28cm, gölge çekirdeği $f < 0$



Engel çapı (e): 26cm, gölge çekirdeği $f < 0$

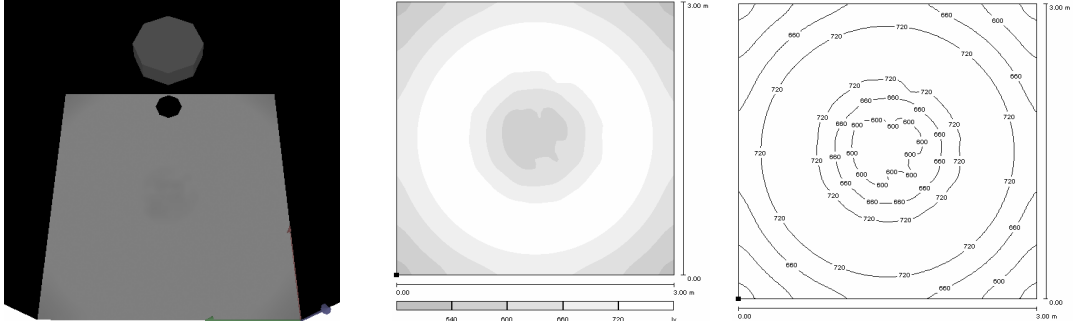
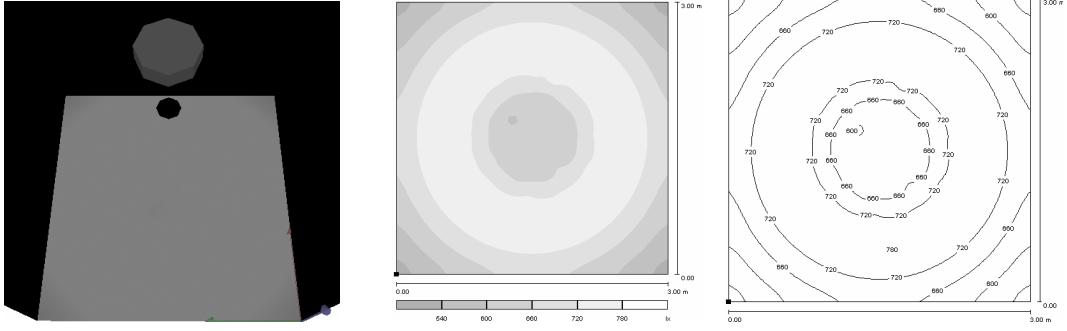
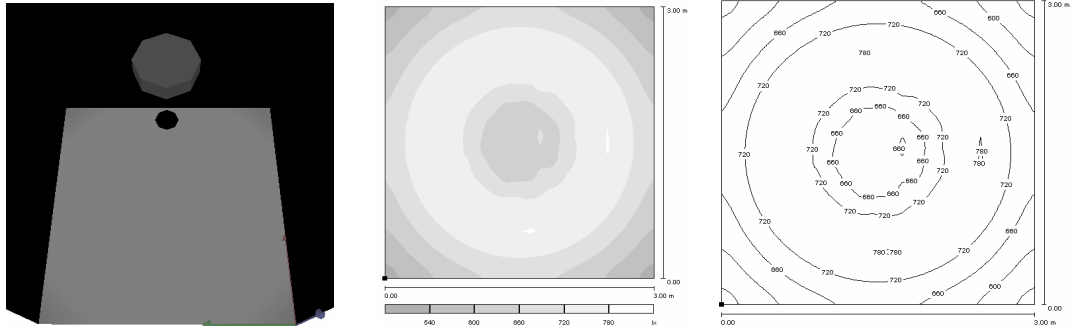
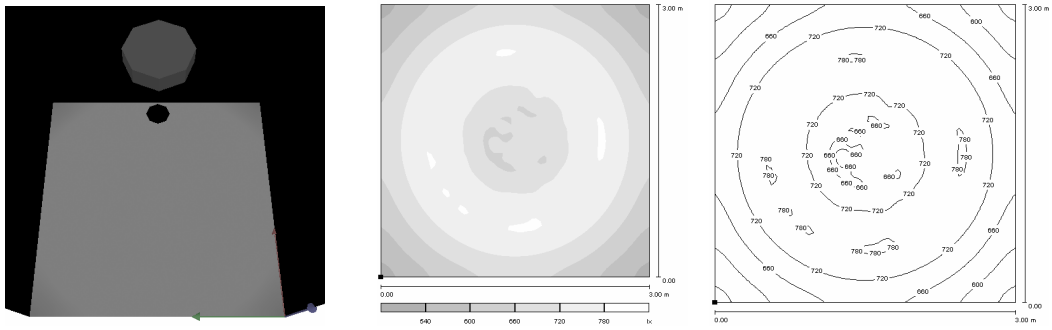


Engel çapı (e): 25cm, gölge çekirdeği $f < 0$

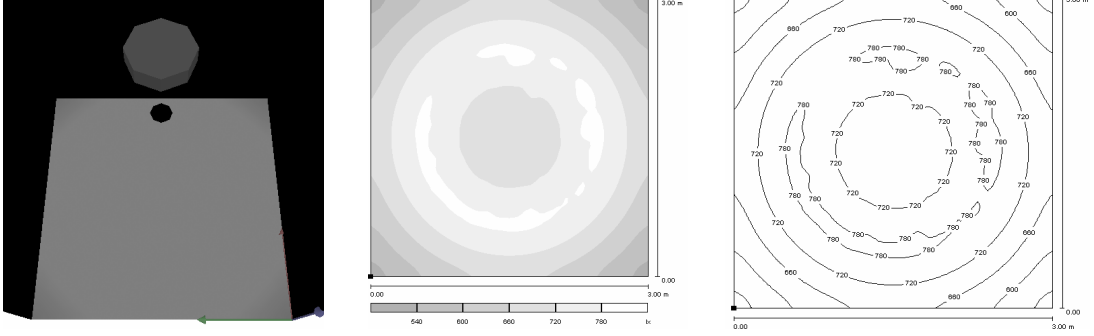
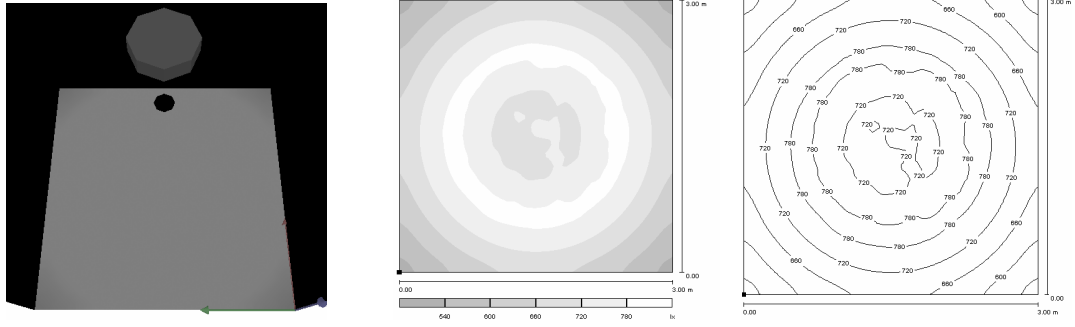
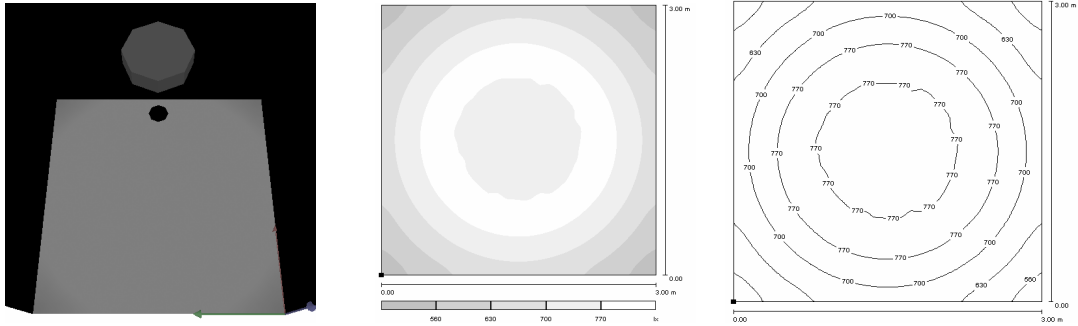
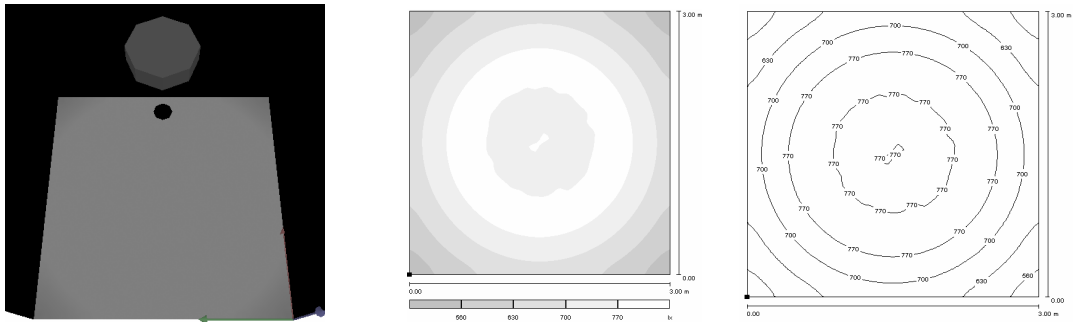


Engel çapı (e): 24cm, gölge çekirdeği $f < 0$

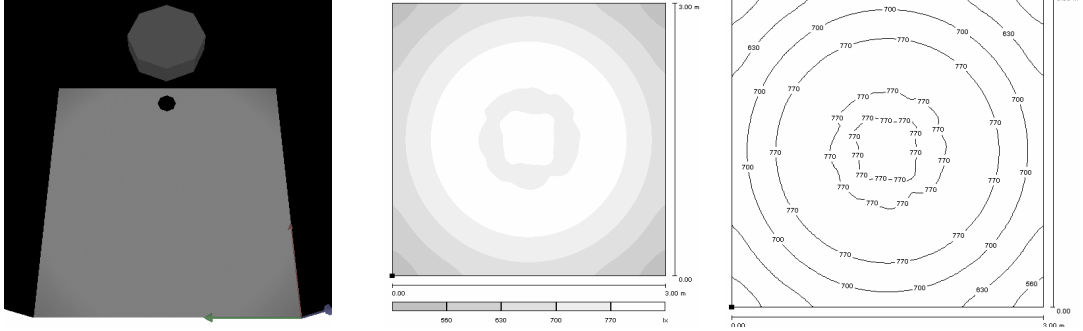
Şekil 5.14 Engel çapının gölgeye etkisinin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri (devam).

Engel çapı (e): 23cm, gölge çekirdeği $f < 0$ Engel çapı (e): 22cm, gölge çekirdeği $f < 0$ Engel çapı (e): 21cm, gölge çekirdeği $f < 0$ Engel çapı (e): 20cm, gölge çekirdeği $f < 0$

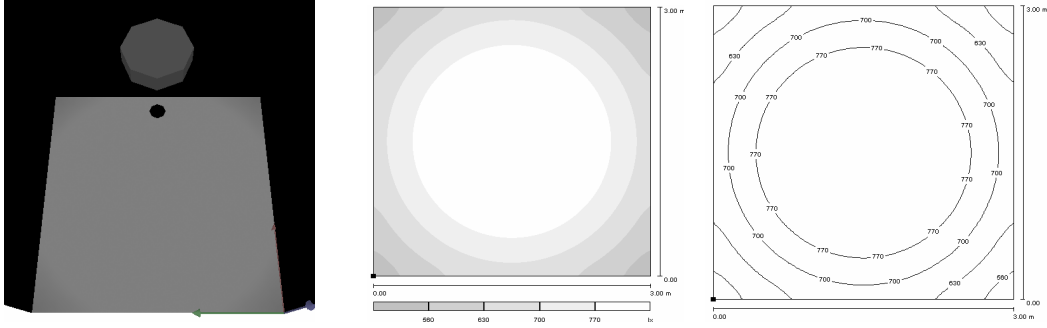
Şekil 5.14 Engel çapının gölgeye etkisinin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri (devam).

Engel çapı (e): 19cm, gölge çekirdeği $f < 0$ Engel çapı (e): 18cm, gölge çekirdeği $f < 0$ Engel çapı (e): 17cm, gölge çekirdeği $f < 0$ Engel çapı (e): 16cm, gölge çekirdeği $f < 0$

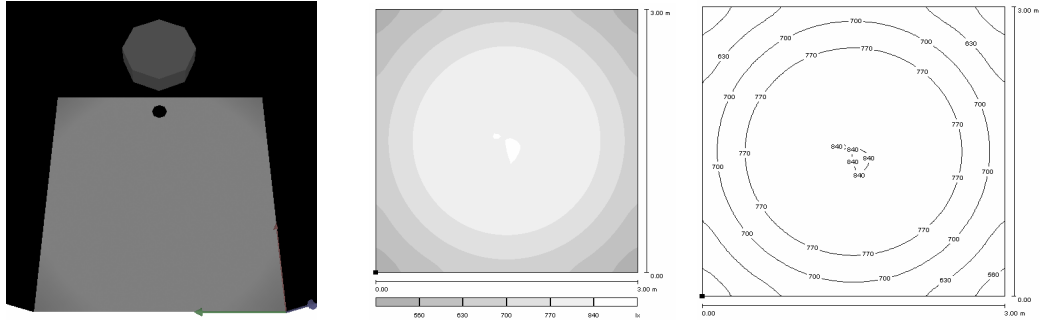
Şekil 5.14 Engel çapının gölgeye etkisinin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri (devam).



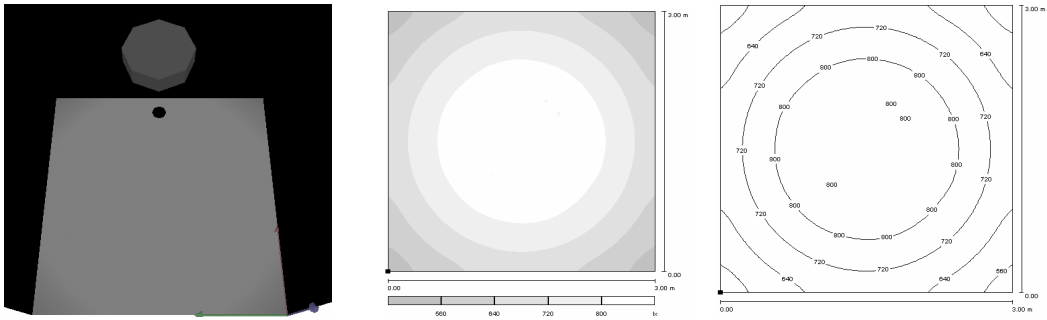
Engel çapı (e): 15cm, gölge çekirdeği $f < 0$



Engel çapı (e): 14cm, gölge çekirdeği $f < 0$

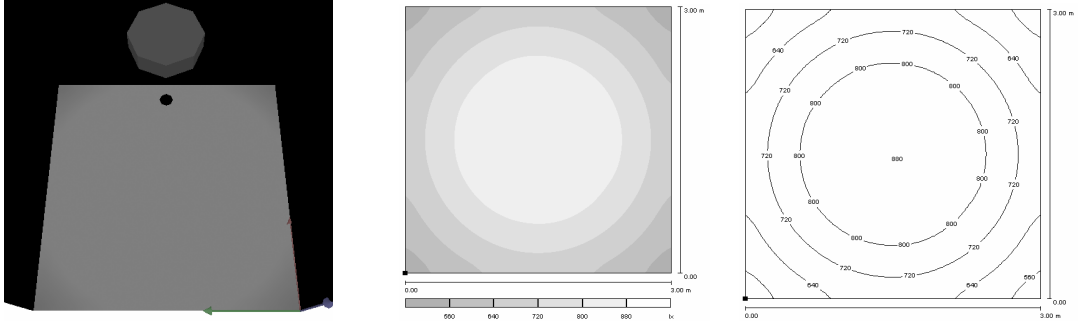
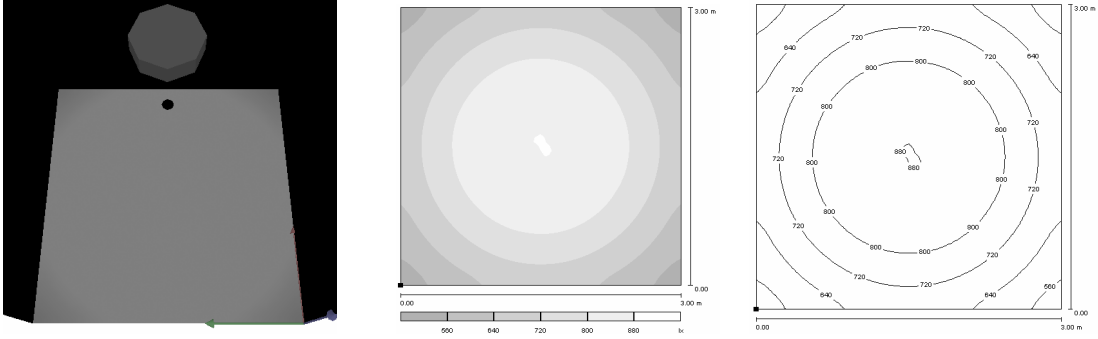
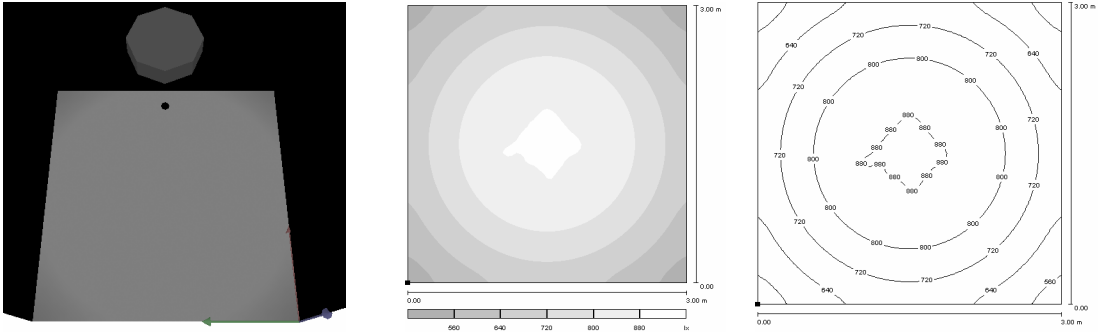
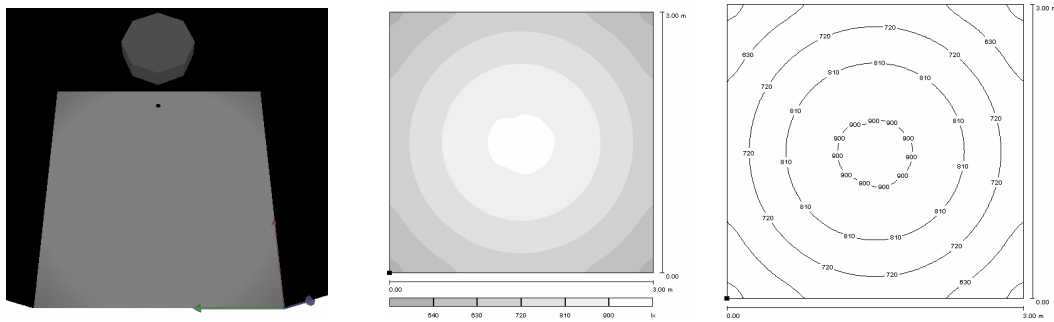


Engel çapı (e): 13cm, gölge çekirdeği $f < 0$

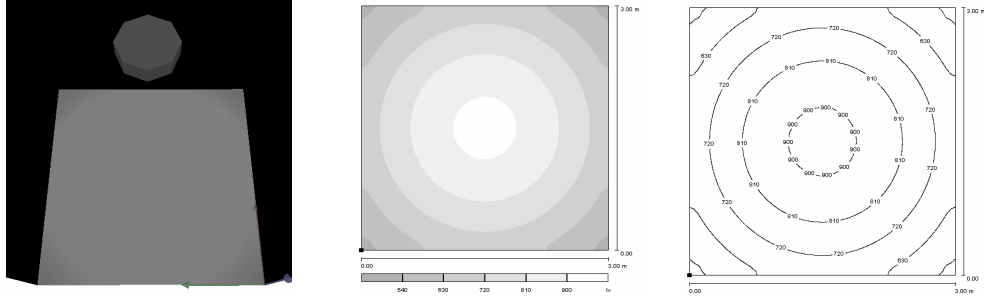


Engel çapı (e): 12cm, gölge çekirdeği $f < 0$

Şekil 5.14 Engel çapının gölgeye etkisinin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri (devam).

Engel çapı (e): 11cm, gölge çekirdeği $f < 0$ Engel çapı (e): 10cm, gölge çekirdeği $f < 0$ Engel çapı (e): 7cm, gölge çekirdeği $f < 0$ Engel çapı (e): 4cm, gölge çekirdeği $f < 0$

Şekil 5.14 Engel çapının gölgeye etkisinin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri (devam).



Engelsiz

Şekil 5.14 Engel çapının gölgeye etkisinin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri (devam).

Gölge çekirdeği değerinin geometrik hesaplarda negatif değerler alması, kaynak çapının engel çapından büyük ve eşit ($k > e$, $k = e$), kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığından küçük ($a < b$) olması üzerinden Çizelge 5.9'da örneklenmiş ve aydınlatma programından elde edilen sertlik-yumuşaklık dereceleriyle karşılaştırılmıştır.

Çizelge 5.9 Engel çapı (e) değişiminin gölge çekirdeğine (f) etkisi.

k>e, k=e, a<b															
Geometrik hesap sonuçları											Program sonuçları				
	k (cm)	e (cm)	k/e	a (cm)	b (cm)	a/b	f (cm)	h (cm)	g (cm)	G _{SYD}	G _{SY}	f (cm)	h (cm)	G _{SYD}	G _{SY}
f>0	50	50	1,00	75	225	0,33	25	175	150	0,02	Ç.Y.G.	31	149	0,04	Ç.Y.G.
	50	45	1,11	75	225	0,33	15	165	150	0,01		21	139	0,02	
	50	40	1,25	75	225	0,33	5	155	150	0,00		10	129	0,01	
f=0	50	37,5	1,33	75	225	0,33	0	150	150	0,00		6	137	0,00	
f<0	50	35	1,43	75	225	0,33	-5	145	140	0,00	Gölgenin yok olması	2	132	0,00	
	50	30	1,67	75	225	0,33	-15	135	120	0,01		13	122	0,01	
	50	28	1,79	75	225	0,33	-19	131	112	0,02		19	118	0,03	
	50	26	1,92	75	225	0,33	-23	127	104	0,03		21	114	0,03	
	50	25	2,00	75	225	0,33	-25	125	100	0,04		23	112	0,04	
	50	24	2,08	75	225	0,33	-27	123	96	0,05		25	110	0,05	
	50	23	2,17	75	225	0,33	-29	121	92	0,06		27	108	0,06	
	50	22	2,27	75	225	0,33	-31	119	88	0,07		29	106	0,07	
	50	21	2,38	75	225	0,33	-33	117	84	0,08		28	104	0,07	
	50	20	2,50	75	225	0,33	-35	115	80	0,09		36	102	0,12	
	50	19	2,63	75	225	0,33	-37	113	76	0,11		38	100	0,14	
	50	18	2,78	75	225	0,33	-39	111	72	0,12		38	98	0,15	
	50	17	2,94	75	225	0,33	-41	109	68	0,14		39	96	0,17	
	50	16	3,13	75	225	0,33	-43	107	64	0,16		43	94	0,21	
	50	15	3,33	75	225	0,33	-45	105	60	0,18		44	92	0,23	
	50	14	3,57	75	225	0,33	-47	103	56	0,21		-	-	-	
	50	13	3,85	75	225	0,33	-49	101	52	0,24		-	-	-	
50	12	4,17	75	225	0,33	-51	99	48	0,27	-	-	-			
50	11	4,55	75	225	0,33	-53	97	44	0,30	-	-	-			
50	10	5,00	75	225	0,33	-55	95	40	0,34	-	-	-			
50	7	7,14	75	225	0,33	-61	89	28	0,47	-	-	-			
50	4	12,50	75	225	0,33	-67	83	16	0,65	-	-	-			

Gölgesiz
aydınlık

Program sonuçlarına göre gölgelerin açıklık-koyuluk derecelendirmesi Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10 Engel çapı (e) değişiminin gölgenin açıklık-koyuluğuna (G_{AK}) etkisi.

Program sonuçları								
e (cm)	E_{max} (L_{max})	E (L)	B_{max}	B	G_{AKD}		G_{AK}	G_{AKA}
					B/B_{max}	$(B_{max}-B)/B_{max}$		
50	636	0	9,58	0,00	0,000	1,000	Ç.K.G.	$0,210 > B/B_{max} \geq 0$ $0,790 < B_{max}-B/B_{max} \leq 1$
45	660	0	9,70	0,00	0,000	1,000		
40	685	0	9,83	0,00	0,000	1,000		
37,5	699	0	9,90	0,00	0,000	1,000		
35	712	67	9,96	2,41	0,242	0,758	K.G.	$0,302 > B/B_{max} \geq 0,210$ $0,698 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,790$
30	737	326	10,08	6,18	0,613	0,387	A.G.	$0,628 > B/B_{max} \geq 0,435$ $0,372 < B_{max}-B/B_{max} \leq 0,565$
28	747	402	10,13	6,99	0,690	0,310	Ç.A.G.	$1 > B/B_{max} \geq 0,628$ $0 < B_{max}-$ $B/B_{max} \leq 0,372$
26	757	469	10,18	7,64	0,750	0,250		
25	762	502	10,20	7,94	0,778	0,222		
24	767	538	10,23	8,27	0,808	0,192		
23	772	567	10,25	8,52	0,831	0,169		
22	777	588	10,27	8,69	0,846	0,154		
21	782	624	10,29	8,99	0,873	0,127		
20	786	652	10,31	9,22	0,894	0,106		
19	791	673	10,34	9,38	0,908	0,092		
18	796	689	10,36	9,50	0,917	0,083		
17	800	707	10,38	9,64	0,929	0,071		
16	805	729	10,40	9,80	0,942	0,058		
15	809	749	10,42	9,95	0,955	0,045		
14	-	-	-	-	-	-	Gölgesiz aydınlık	
13	-	-	-	-	-	-		
12	-	-	-	-	-	-		
11	-	-	-	-	-	-		
10	-	-	-	-	-	-		
7	-	-	-	-	-	-		
4	-	-	-	-	-	-		

Şekil 5.12, 5.13 ve Çizelge 5.9, 5.10'dan elde edilen bulguların değerlendirmesi aşağıdaki gibi yapılabilir.

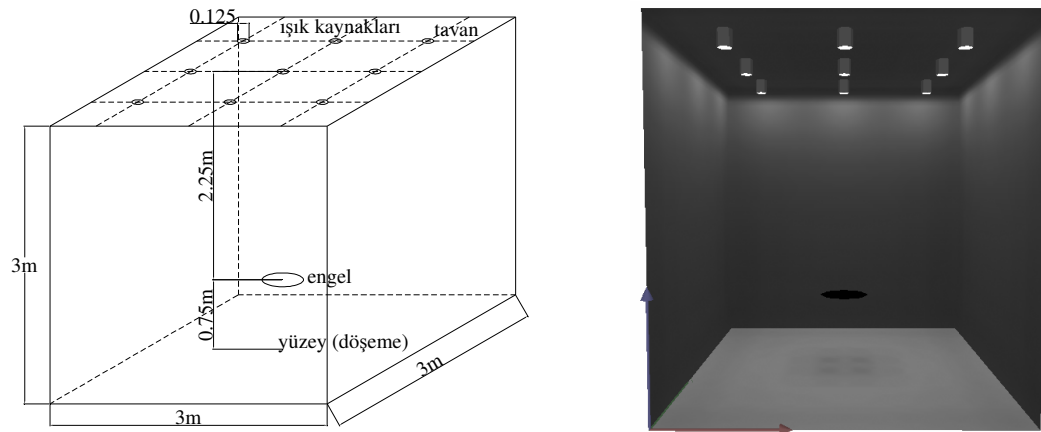
- Geometrik hesaba göre engel çapı (e) 50cm, 45cm, 40cm ise gölge çekirdeği yarıçapı (f) pozitif değerler, 37.5 ise gölge çekirdeği yarıçapı '0' değerini almıştır. Geometrik hesap ve program sonuçlarına göre çok yumuşak, program sonuçlarına göre çok koyu gölgeler oluşmuştur.
- Engel çapının (e), $37,5\text{cm} > e > 14\text{cm}$ olması durumunda, geometrik hesaba göre gölge çekirdeği yarıçapı negatif değerler alır ve yok olur. Programdan elde edilen, Şekil 5.2'deki aydınlık dağılımında da görülen bu durum, gölge çekirdeğinin yok olduğunu kanıtlamaktadır. Ancak, yarı gölge sayesinde döşeme yüzeyi üzerinde gölge oluşmaktadır.

Bu nedenle, engel çapı (e) 35cm ise koyu, 30cm ise açık, $28\text{cm} \geq e > 14\text{cm}$ ise çok açık gölgelerin oluştuğu söylenebilir.

- Engel çapının (e) 14cm olması durumunda gölgenin sertliği-yumuşaklığı ve açıklığı-koyuluğundan bahsedilemez. Çünkü gölge yok olur. Döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlığın dağılımı düzgün hale gelir. Gölgesiz aydınlık oluşur.
- Engel çapının (e) 14cm'den küçük olması durumunda, döşeme yüzeyinin orta bölümü ışıklı alan haline gelir. Engel çapı küçüldükçe ışıklı alanın (aydınlanan gölge çekirdeği alanı) aydınlık düzeyi gittikçe artar.
- Engel çapının 4cm olması durumunda, döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık düzeyi dağılımı, engelsiz durumla aynı olur. Aydınlık düzeyi, engel hiç yokmuş gibi değerler alır.
- Sonuç olarak, gölge çekirdeği yok olan, yarı gölge alanı aydınlanmaya başlayan, ancak çok yumuşak olma niteliğini henüz yitirmeyen bir gölge, engelin gittikçe küçülmesi sonucu yok olmaya başlar. Çünkü yarı gölge alan da gittikçe aydınlanmaya başlar ve yok olur. Döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık dağılımı gittikçe düzgünleşir. Gölgesiz aydınlık oluşur.

5.3 Birincil Işık Kaynağı Sayısının Artmasının Gölgeye Etkisi

Birincil ışık kaynağı sayısının artmasının, gölgenin sertliği yumuşaklığı ve açıklığı koyuluğu üzerindeki etkisi incelenmiştir. Gölgenin oluştuğu aydınlanan yüzeye sadece dolaysız ışık gelmesi için oda iç yüzeylerinin ve engelin ortalama yansıtma çarpanı kuramsal olarak %0 alınmıştır. Kaynak çapı (k) 12,5cm, kaynak-engel uzaklığı (a) 225cm, engel-yüzey uzaklığı (b) 75cm alınmıştır. Model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi Şekil 5.15'te verilmiştir.



Şekil 5.15 Model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi.

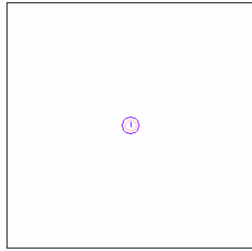
Gölge niteliği incelemesi,

- engel çapı 13 cm, kaynak sayısı 1-16,
 - engel çapı 50 cm, kaynak sayısı 1-25
- olması koşulları için gerçekleştirilmiştir.

a) Engel çapı (e) 13cm, kaynak sayısı 1-16

Engel çapının (e) 13cm olması ve kaynak sayısının 1'den 16'ya artırılması durumları için, kaynakların oda içindeki konumları plan ve koordinat biçiminde Şekil 5.16'da, döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık dağılımı ise Şekil 17'de gösterilmektedir.

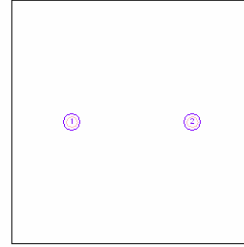
YTU YARI-ISOTROP-LUM ,CAP=12,5cm
10000 lm, 200 W, 1 x 1 x AX 200W (Düzeltilme çarpanı 1.000).



Nr.	Konum [m]			Dönme [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	1.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0

1 adet kaynak

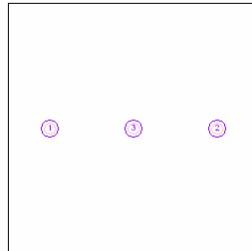
YTU YARI-ISOTROP-LUM ,CAP=12,5cm
10000 lm, 200 W, 1 x 1 x AX 200W (Düzeltilme çarpanı 1.000).



Nr.	Konum [m]			Dönme [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.750	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
2	2.250	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0

2 adet kaynak

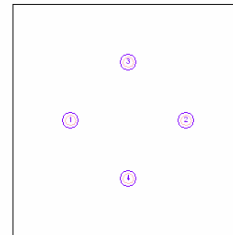
YTU YARI-ISOTROP-LUM ,CAP=12,5cm
10000 lm, 200 W, 1 x 1 x AX 200W (Düzeltilme çarpanı 1.000).



Nr.	Konum [m]			Dönme [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
2	2.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
3	1.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0

3 adet kaynak

YTU YARI-ISOTROP-LUM ,CAP=12,5cm
10000 lm, 200 W, 1 x 1 x AX 200W (Düzeltilme çarpanı 1.000).

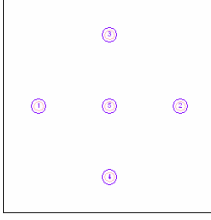


Nr.	Konum [m]			Dönme [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.750	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
2	2.250	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
3	1.500	2.250	3.150	0.0	0.0	0.0
4	1.500	0.750	3.150	0.0	0.0	0.0

4 adet kaynak

Şekil 5.16 Kullanılan ışık kaynaklarının model oda içindeki planı ve konumları.

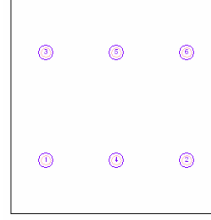
YTU YARI-ISOTROP-LUM ,CAP=12,5cm
10000 lm, 200 W, 1 x 1 x AX 200W (Düzeltilme çarpanı 1.000).



Nr.	Konum [m]			Dönme [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
2	2.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
3	1.500	2.500	3.150	0.0	0.0	0.0
4	1.500	0.500	3.150	0.0	0.0	0.0
5	1.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0

5 adet kaynak

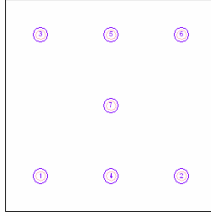
YTU YARI-ISOTROP-LUM ,CAP=12,5cm
10000 lm, 200 W, 1 x 1 x AX 200W (Düzeltilme çarpanı 1.000).



Nr.	Konum [m]			Dönme [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.500	0.750	3.150	0.0	0.0	0.0
2	2.500	0.750	3.150	0.0	0.0	0.0
3	0.500	2.250	3.150	0.0	0.0	0.0
4	1.500	0.750	3.150	0.0	0.0	0.0
5	1.500	2.250	3.150	0.0	0.0	0.0
6	2.500	2.250	3.150	0.0	0.0	0.0

6 adet kaynak

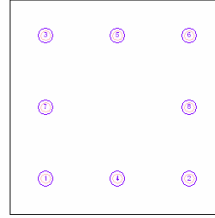
YTU YARI-ISOTROP-LUM ,CAP=12,5cm
10000 lm, 200 W, 1 x 1 x AX 200W (Düzeltilme çarpanı 1.000).



Nr.	Konum [m]			Dönme [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.500	0.500	3.150	0.0	0.0	0.0
2	2.500	0.500	3.150	0.0	0.0	0.0
3	0.500	2.500	3.150	0.0	0.0	0.0
4	1.500	0.500	3.150	0.0	0.0	0.0
5	1.500	2.500	3.150	0.0	0.0	0.0
6	2.500	2.500	3.150	0.0	0.0	0.0
7	1.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0

7 adet kaynak

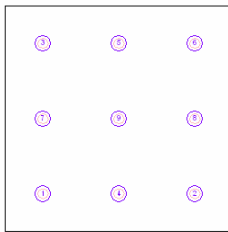
YTU YARI-ISOTROP-LUM ,CAP=12,5cm
10000 lm, 200 W, 1 x 1 x AX 200W (Düzeltilme çarpanı 1.000).



Nr.	Konum [m]			Dönme [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.500	0.500	3.150	0.0	0.0	0.0
2	2.500	0.500	3.150	0.0	0.0	0.0
3	0.500	2.500	3.150	0.0	0.0	0.0
4	1.500	0.500	3.150	0.0	0.0	0.0
5	1.500	2.500	3.150	0.0	0.0	0.0
6	2.500	2.500	3.150	0.0	0.0	0.0
7	0.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
8	2.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0

8 adet kaynak

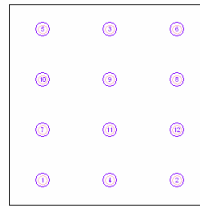
YTU YARI-ISOTROP-LUM ,CAP=12,5cm
10000 lm, 200 W, 1 x 1 x AX 200W (Düzeltilme çarpanı 1.000).



Nr.	Konum [m]			Dönme [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.500	0.500	3.150	0.0	0.0	0.0
2	2.500	0.500	3.150	0.0	0.0	0.0
3	0.500	2.500	3.150	0.0	0.0	0.0
4	1.500	0.500	3.150	0.0	0.0	0.0
5	1.500	2.500	3.150	0.0	0.0	0.0
6	2.500	2.500	3.150	0.0	0.0	0.0
7	0.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
8	2.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
9	1.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0

9 adet kaynak

YTU YARI-ISOTROP-LUM ,CAP=12,5cm
10000 lm, 200 W, 1 x 1 x AX 200W (Düzeltilme çarpanı 1.000).

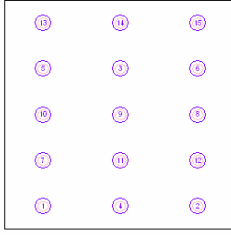


Nr.	Konum [m]			Dönme [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.500	0.375	3.150	0.0	0.0	0.0
2	2.500	0.375	3.150	0.0	0.0	0.0
3	1.500	2.625	3.150	0.0	0.0	0.0
4	1.500	0.375	3.150	0.0	0.0	0.0
5	0.500	2.625	3.150	0.0	0.0	0.0
6	2.500	2.625	3.150	0.0	0.0	0.0
7	0.500	1.125	3.150	0.0	0.0	0.0
8	2.500	1.875	3.150	0.0	0.0	0.0
9	1.500	1.875	3.150	0.0	0.0	0.0
10	0.500	1.875	3.150	0.0	0.0	0.0
11	1.500	1.125	3.150	0.0	0.0	0.0
12	2.500	1.125	3.150	0.0	0.0	0.0

12 adet kaynak

Şekil 5.16 Kullanılan ışık kaynaklarının model oda içindeki planı ve konumları (devam).

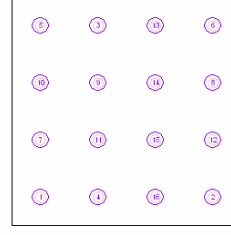
YTU YARI-ISOTROP-LUM ,CAP=12,5cm
10000 lm, 200 W, 1 x 1 x AX 200W (Düzeltilme çarpanı 1.000).



Nr.	Konum [m]			Dönme [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.500	0.300	3.150	0.0	0.0	0.0
2	2.500	0.300	3.150	0.0	0.0	0.0
3	1.500	2.100	3.150	0.0	0.0	0.0
4	1.500	0.300	3.150	0.0	0.0	0.0
5	0.500	2.100	3.150	0.0	0.0	0.0
6	2.500	2.100	3.150	0.0	0.0	0.0
7	0.500	0.900	3.150	0.0	0.0	0.0
8	2.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
9	1.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
10	0.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
11	1.500	0.900	3.150	0.0	0.0	0.0
12	2.500	0.900	3.150	0.0	0.0	0.0
13	0.500	2.700	3.150	0.0	0.0	0.0
14	1.500	2.700	3.150	0.0	0.0	0.0
15	2.500	2.700	3.150	0.0	0.0	0.0

15 adet kaynak

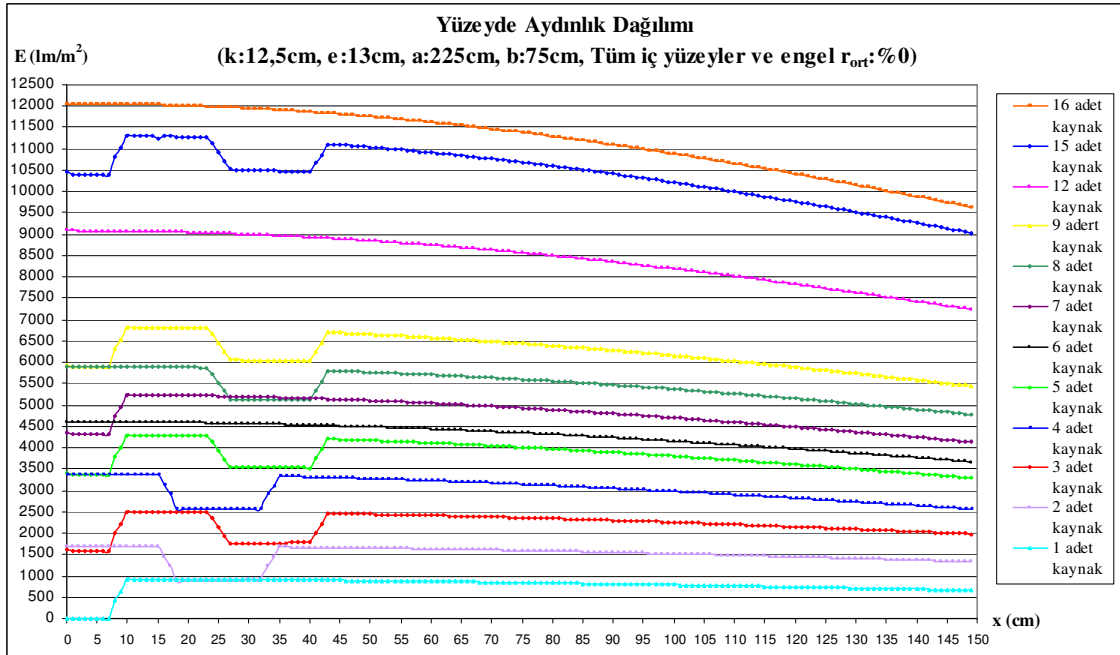
YTU YARI-ISOTROP-LUM ,CAP=12,5cm
10000 lm, 200 W, 1 x 1 x AX 200W (Düzeltilme çarpanı 1.000).



Nr.	Konum [m]			Dönme [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.375	0.375	3.150	0.0	0.0	0.0
2	2.625	0.375	3.150	0.0	0.0	0.0
3	1.125	2.625	3.150	0.0	0.0	0.0
4	1.125	0.375	3.150	0.0	0.0	0.0
5	0.375	2.625	3.150	0.0	0.0	0.0
6	2.625	2.625	3.150	0.0	0.0	0.0
7	0.375	1.125	3.150	0.0	0.0	0.0
8	2.625	1.875	3.150	0.0	0.0	0.0
9	1.125	1.875	3.150	0.0	0.0	0.0
10	0.375	1.875	3.150	0.0	0.0	0.0
11	1.125	1.125	3.150	0.0	0.0	0.0
12	2.625	1.125	3.150	0.0	0.0	0.0
13	1.875	2.625	3.150	0.0	0.0	0.0
14	1.875	1.875	3.150	0.0	0.0	0.0
15	1.875	1.125	3.150	0.0	0.0	0.0
16	1.875	0.375	3.150	0.0	0.0	0.0

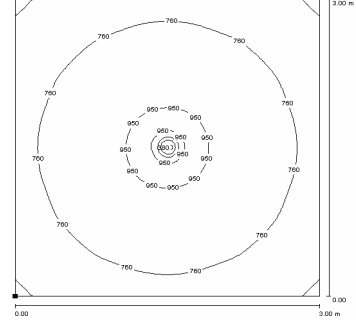
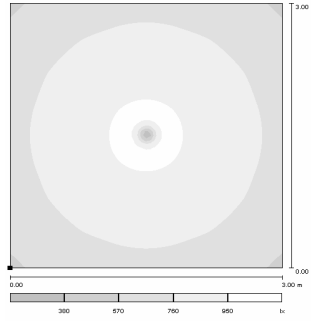
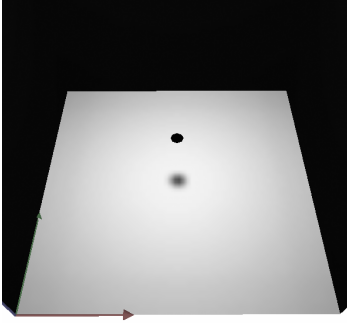
16 adet kaynak

Şekil 5.16 Kullanılan ışık kaynaklarının model oda içindeki planı ve konumları (devam).

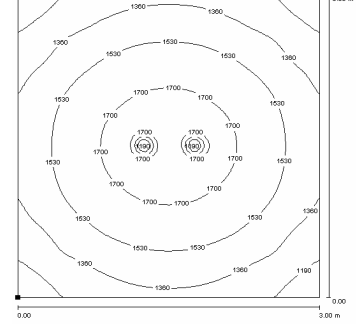
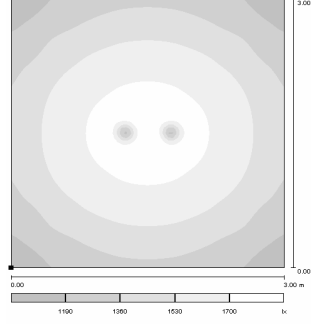
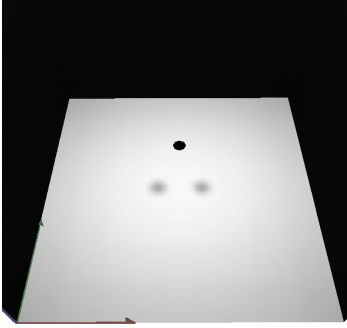


Şekil 5.17 Engel çapı 13cm olduğunda döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık dağılımı.

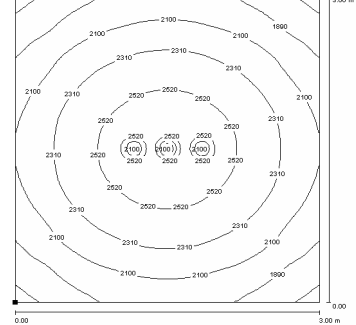
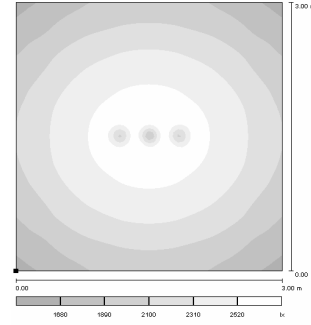
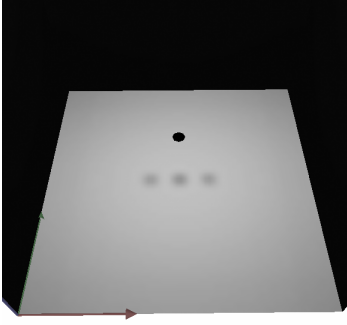
Kaynak sayısı değişiminin gölge üzerindeki etkisinin görsel yolla anlaşılabilmesi için döşeme üzerinde oluşan gölgelerin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri Şekil 5.18'de verilmektedir.



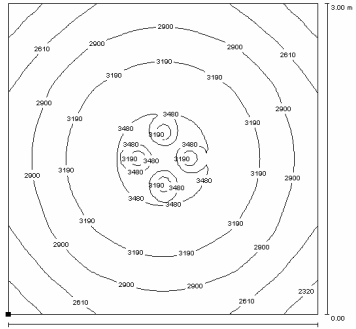
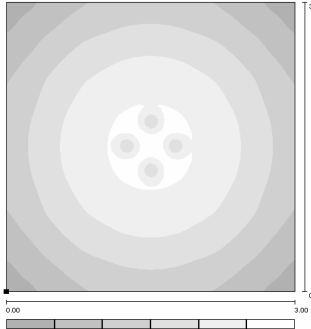
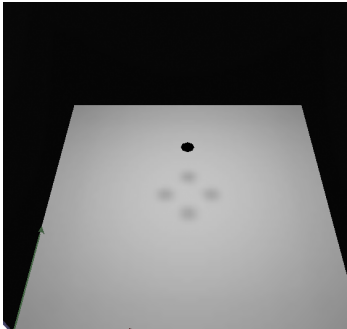
1 adet kaynak



2 adet kaynak

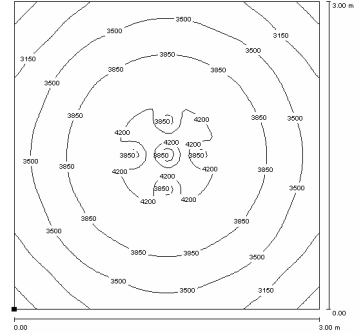
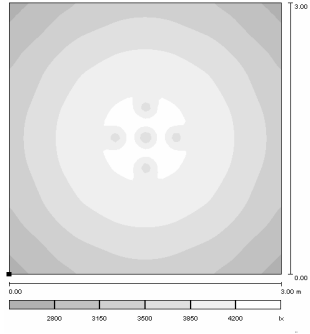
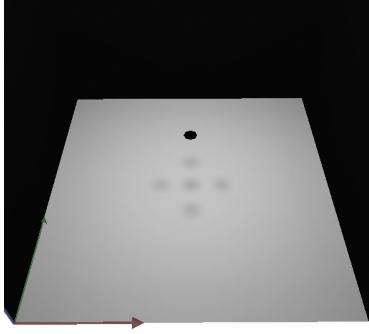


3 adet kaynak

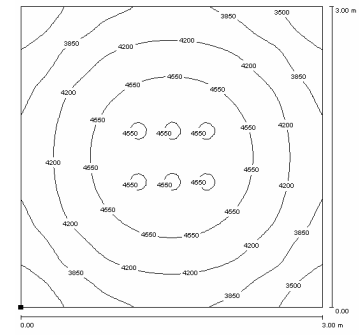
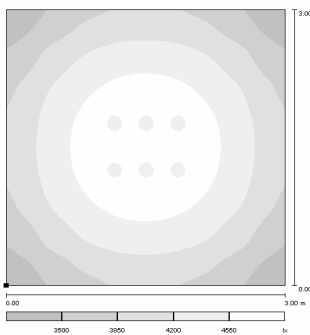
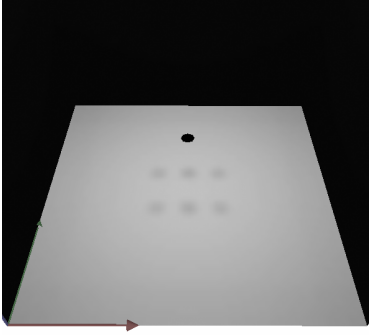


4 adet kaynak

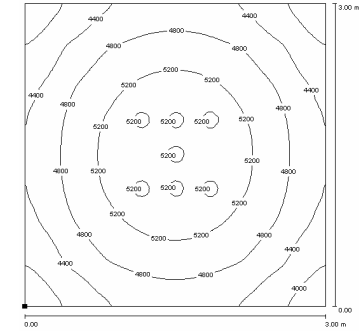
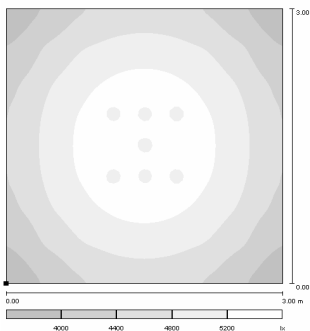
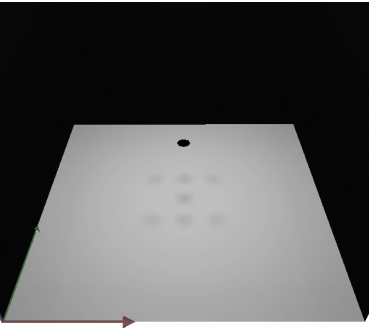
Şekil 5.18 Kaynak sayısı değişiminin gölgeye etkisi.



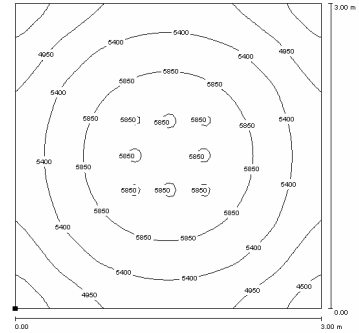
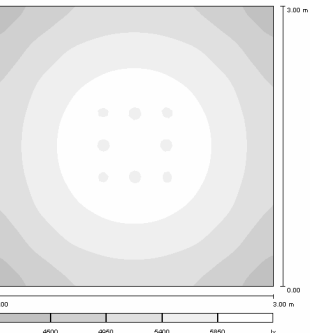
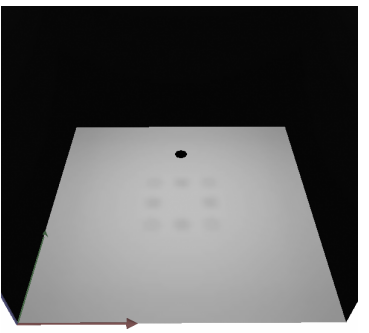
5 adet kaynak



6 adet kaynak

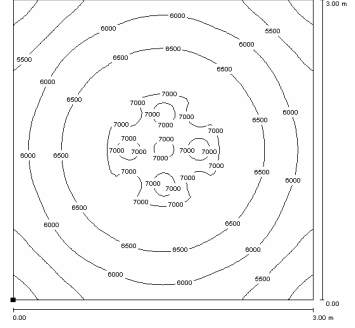
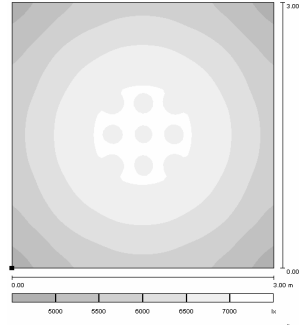
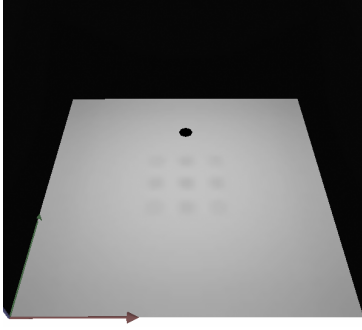


7 adet kaynak

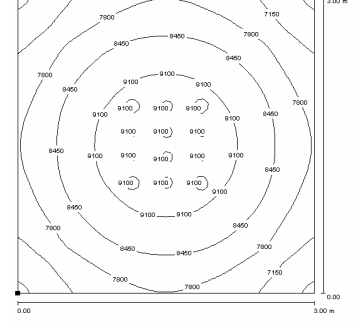
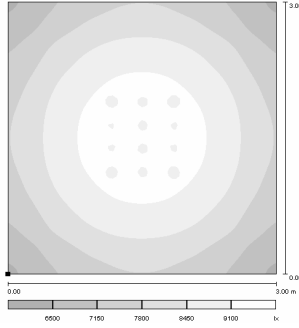
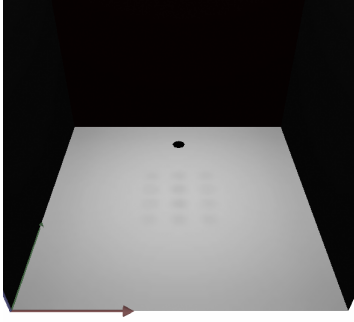


8 adet kaynak

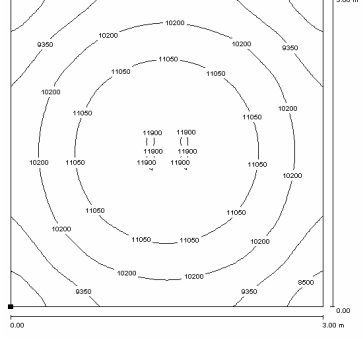
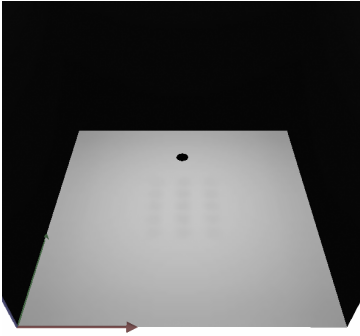
Şekil 5.18 Kaynak sayısı değişiminin gölgeye etkisi (devam).



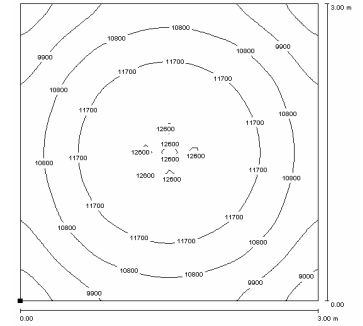
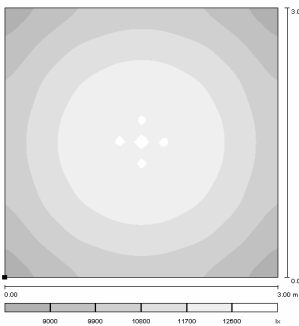
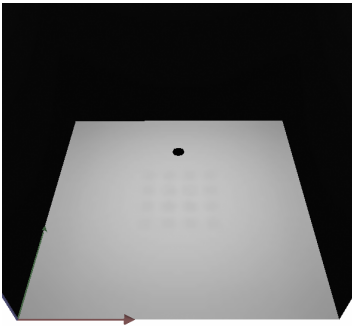
9 adet kaynak



12 adet kaynak



15 adet kaynak



16 adet kaynak

Şekil 5.18 Kaynak sayısı değişiminin gölgeye etkisi (devam).

Kaynak sayısının artmasının, gölgenin sertliğine-yumuşaklığına ve açıklığına-koyuluğuna etkisi Çizelge 5.11’de verilmiştir.

Çizelge 5.11 Kaynak sayısının gölgenin sertlik-yumuşaklık, açıklık-koyuluğuna etkisi.

Kaynak sayısı	f	h	G _{SYD}	G _{SYA}	G _{SY}	Program sonuçları						G _{AK}	G _{AKA}		
						E _{max} (L _{max})	E (L)	B _{max}	B	G _{AKD}					
										B/B _{max}	(B _{max} -B)/B _{max}				
1	7	10	0,49	0,48<f/h ² ≤0,73	A.S.G.	925	0	10,92	0,00	0,000	1,000	Ç.K.G.	0,210>B/B _{max} ≥0 0,790<B _{max} -B/B _{max} ≤1		
2	7	10	0,49			1692	878	13,49	9,10	0,675	0,325				
3a	7	10	0,49			2506	1582	15,48	11,74	0,759	0,241				
3b	7	10	0,49			2494	1662	15,45	12,11	0,784	0,216				
4	7	10	0,49			3374	2562	17,17	14,56	0,848	0,152				
5a	7	10	0,49			4299	3376	18,69	16,17	0,865	0,135				
5b	7	10	0,49			4275	3541	18,66	16,66	0,893	0,107				
6	-	-	-			-	-	-	-	-	-			-	Ç.A.G.
7	7	10	0,49	0,48<f/h ² ≤0,73	A.S.G.	5246	4323	20,04	17,84	0,890	0,110				
8	7	10	0,49			5878	5143	20,86	19,25	0,923	0,077				
9a	7	10	0,49			6827	5904	21,98	20,14	0,917	0,083				
9b	7	10	0,49			6796	6056	21,94	20,48	0,933	0,067				
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Ç.A.G.	1>B/B _{max} ≥0,628 0<B _{max} -B/B _{max} ≤0,372			
15a	7	10	0,49	0,48<f/h ² ≤0,73	A.S.G.	11314	10395	26,23	24,93	0,950			0,050		
15b	7	10	0,49			11264	10517	26,19	25,13	0,960			0,040		
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					

Şekil 5.17, Şekil 5.18 ve Çizelge 5.11’deki belirlemeler aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- Kaynak sayısı 1 ise, döşemenin merkez noktasında 1 adet gölge oluşur. Döşeme merkezinin aydınlık düzeyi yansıtmış ışık olmaması ve 1 adet kaynak olması nedeniyle 0’dır. Aydınlık düzeyi 7. noktada sonra hızla yükselir ve 10. noktada en yüksek değerine ulaşır. 10. noktadan sonra kaynaktan uzaklaşması nedeniyle aydınlık düzeyi düşmeye başlar.
- Kaynak sayısı 2 ise döşeme üzerinde 2 adet gölge oluşur. Gölgeler, kaynak sayısı ve konumu nedeniyle merkezden uzaklaşır.
- Kaynak sayısı 3 ise döşeme üzerinde 3 adet gölge oluşur. Gölgeler, kaynak sayısı ve konumları nedeniyle hem merkezde hem de merkezden uzakta oluşur.
- Kaynak sayısı 4 ise döşeme üzerinde 4 adet gölge oluşur. Gölgeler, kaynak sayısı ve konumları nedeniyle merkezden uzaklaşır.
- Kaynak sayısı 5 ise döşeme üzerinde 5 adet gölge oluşur. Gölgeler, kaynak sayısı ve konumları nedeniyle hem merkezde hem de merkezden uzakta oluşur.
- Kaynak sayısı 6 ise döşeme üzerinde 6 adet gölge oluşur. Gölgeler, kaynak sayısı ve konumları nedeniyle merkezden uzaklaşır. Ancak hesaplanan noktaların konumu

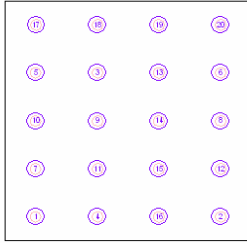
nedeniyle aydınlık düzeyi engel yokmuş gibi düzgün hale gelir.

- Kaynak sayısı 7 ise döşeme üzerinde 7 adet gölge oluşur. Gölgeler, kaynak sayısı ve konumları nedeniyle hem merkezde hem de merkezden uzakta oluşur. Ancak hesaplanan noktaların konumu nedeniyle aydınlık düzeyi tek kaynak varmış gibi davranır.
- Kaynak sayısı 8 ise döşeme üzerinde 8 adet gölge oluşur. Gölgeler, kaynak sayısı ve konumları nedeniyle merkezden uzaklaşır.
- Kaynak sayısı 9 ise döşeme üzerinde 9 adet gölge oluşur. Gölgeler, kaynak sayısı ve konumları nedeniyle hem merkezde hem de merkezden uzakta oluşur.
- Kaynak sayısı 12 ise döşeme üzerinde 12 adet gölge oluşur. Gölgeler, kaynak sayısı ve konumları nedeniyle merkezden uzaklaşır. Ancak hesaplanan noktaların konumu nedeniyle aydınlık düzeyi engel yokmuş gibi düzgün hale gelir.
- Kaynak sayısı 15 ise döşeme üzerinde 15 adet gölge oluşur. Gölgeler, kaynak sayısı ve konumları nedeniyle hem merkezde hem de merkezden uzakta oluşur.
- Kaynak sayısı 16 ise döşeme üzerinde 16 adet gölge oluşur. Gölgeler, kaynak sayısı ve konumları nedeniyle merkezden uzaklaşır. Ancak hesaplanan noktaların konumu nedeniyle aydınlık düzeyi engel yokmuş gibi düzgün hale gelir.
- Kaynak sayısı 1, 3, 5, 7, 9, 15 gibi tek sayı ise döşemenin merkez noktasında gölge oluşur. Kaynak sayısı 2, 4, 6, 8, 12, 16 gibi çift sayı ise döşemenin merkez noktasında gölge oluşmaz.
- Yapılan örnekte beş adetten daha fazla kaynakla oluşturulan gölgelerin parlaklık karşıtlığı 0,125'in altında bulunmuştur. Bu durum, beş adetten fazla kaynak kullanıldığında gölgesiz aydınlığa doğru bir ilerleme olduğunu göstermektedir.
- Kaynak sayısı arttıkça, aydınlık düzeyi dağılımları arasındaki farklar sabit kalır, yani gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesi değişmez ($G_{SYD}:0.49$, Az sert gölge), ancak aydınlık düzeyi değerleri gittikçe artar ve gölge giderek açığa çıkar. Kaynak sayısı 1 ise gölge, açıklık-koyuluk açısından çok koyu, 2-16 arasında ise çok açık olmaktadır (Çizelge 3.23).

b) Engel çapı (e) 50cm, kaynak sayısı 1-25

Engel çapının (e) 50cm olması ve kaynak sayısının 1'den 25'e artırılması durumları için, kaynakların oda içindeki konumları plan ve koordinat biçiminde Şekil 5.19'da, döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık dağılımı ise Şekil 20'de gösterilmektedir.

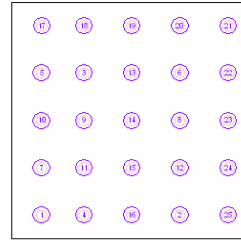
YTU YARI-ISOTROP-LUM ,CAP=12,5cm
10000 lm, 200 W, 1 x 1 x AX 200W (Düzeltilme çarpanı 1.000).



Nr.	Konum [m]			Dönme [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.375	0.300	3.150	0.0	0.0	0.0
2	2.625	0.300	3.150	0.0	0.0	0.0
3	1.125	2.100	3.150	0.0	0.0	0.0
4	1.125	0.300	3.150	0.0	0.0	0.0
5	0.375	2.100	3.150	0.0	0.0	0.0
6	2.625	2.100	3.150	0.0	0.0	0.0
7	0.375	0.900	3.150	0.0	0.0	0.0
8	2.625	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
9	1.125	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
10	0.375	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
11	1.125	0.900	3.150	0.0	0.0	0.0
12	2.625	0.900	3.150	0.0	0.0	0.0
13	1.875	2.100	3.150	0.0	0.0	0.0
14	1.875	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
15	1.875	0.900	3.150	0.0	0.0	0.0
16	1.875	0.300	3.150	0.0	0.0	0.0
17	0.378	2.700	3.150	0.0	0.0	0.0
18	1.125	2.700	3.150	0.0	0.0	0.0
19	1.875	2.700	3.150	0.0	0.0	0.0
20	2.625	2.700	3.150	0.0	0.0	0.0

20 adet kaynak

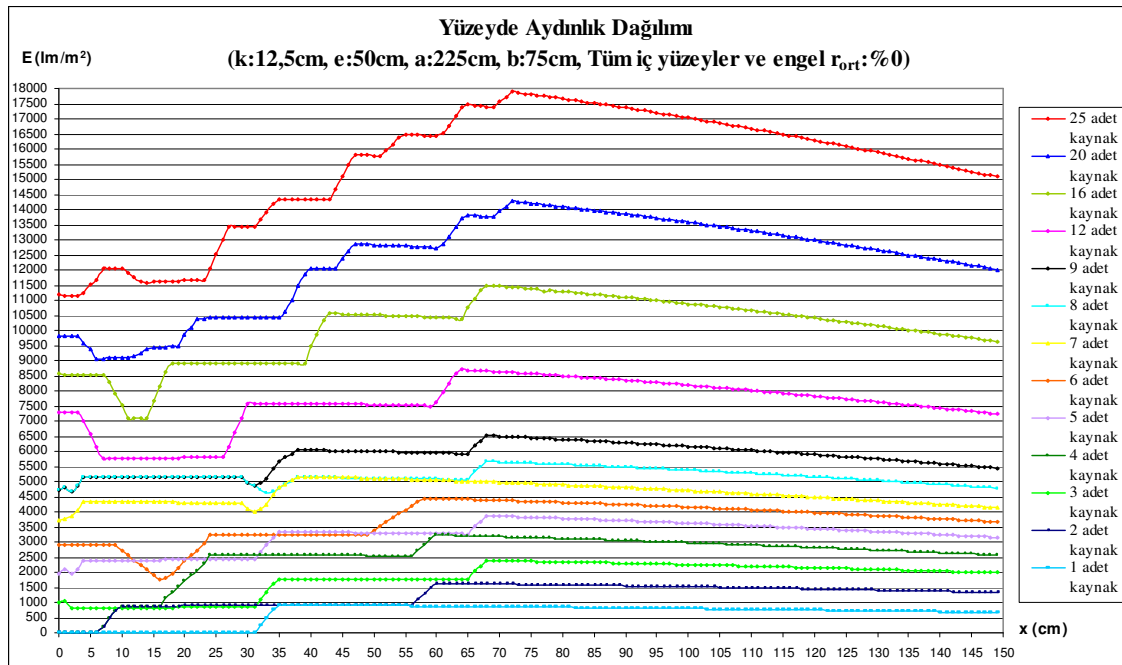
YTU YARI-ISOTROP-LUM ,CAP=12,5cm
10000 lm, 200 W, 1 x 1 x AX 200W (Düzeltilme çarpanı 1.000).



Nr.	Konum [m]			Dönme [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.375	0.300	3.150	0.0	0.0	0.0
2	2.100	0.300	3.150	0.0	0.0	0.0
3	0.900	2.100	3.150	0.0	0.0	0.0
4	0.900	0.300	3.150	0.0	0.0	0.0
5	0.375	2.100	3.150	0.0	0.0	0.0
6	2.100	2.100	3.150	0.0	0.0	0.0
7	0.375	0.900	3.150	0.0	0.0	0.0
8	2.100	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
9	0.900	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
10	0.375	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
11	0.900	0.900	3.150	0.0	0.0	0.0
12	2.100	0.900	3.150	0.0	0.0	0.0
13	1.500	2.100	3.150	0.0	0.0	0.0
14	1.500	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
15	1.500	0.900	3.150	0.0	0.0	0.0
16	1.500	0.300	3.150	0.0	0.0	0.0
17	0.378	2.700	3.150	0.0	0.0	0.0
18	0.900	2.700	3.150	0.0	0.0	0.0
19	1.500	2.700	3.150	0.0	0.0	0.0
20	2.100	2.700	3.150	0.0	0.0	0.0
21	2.700	2.700	3.150	0.0	0.0	0.0
22	2.700	2.100	3.150	0.0	0.0	0.0
23	2.700	1.500	3.150	0.0	0.0	0.0
24	2.700	0.900	3.150	0.0	0.0	0.0
25	2.700	0.300	3.150	0.0	0.0	0.0

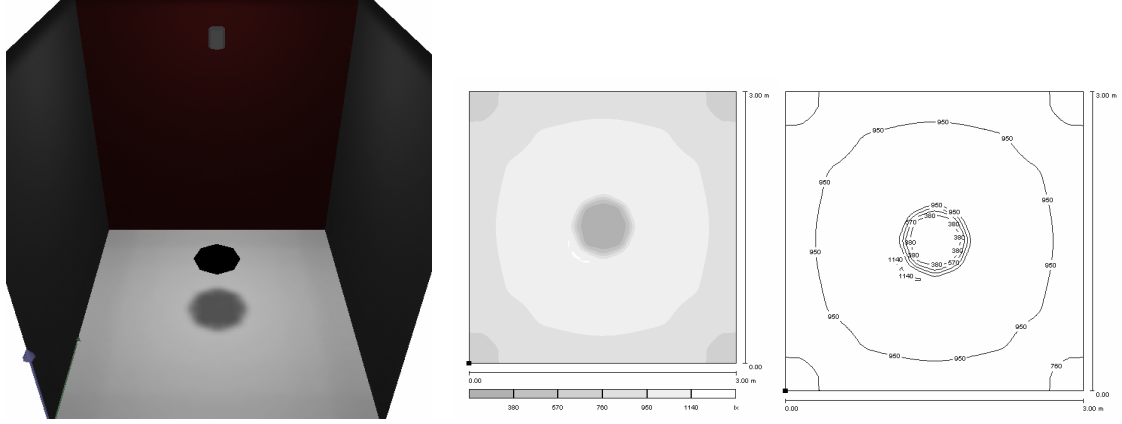
25 adet kaynak

Şekil 5.19 Kullanılan ışık kaynaklarının model oda içindeki planı ve konumları.

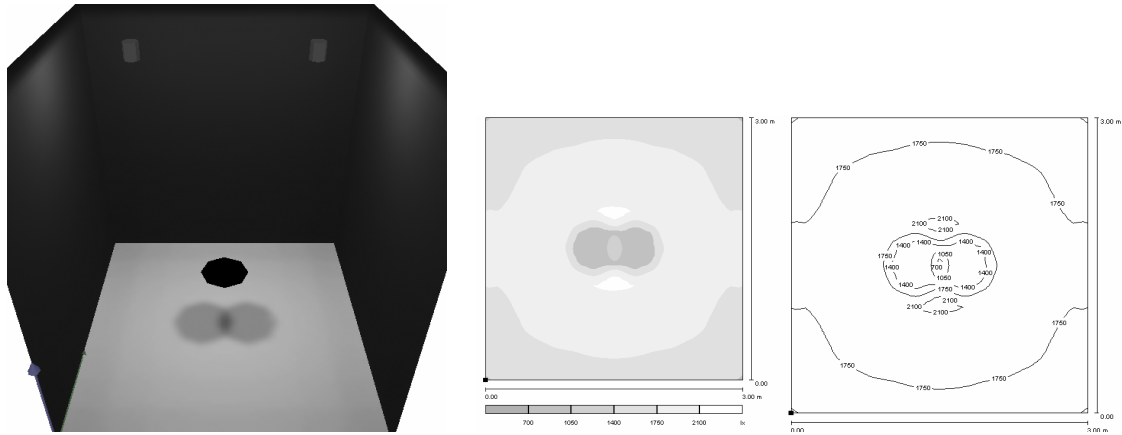


Şekil 5.20 Engel çapı 50cm olduğunda döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık dağılımı.

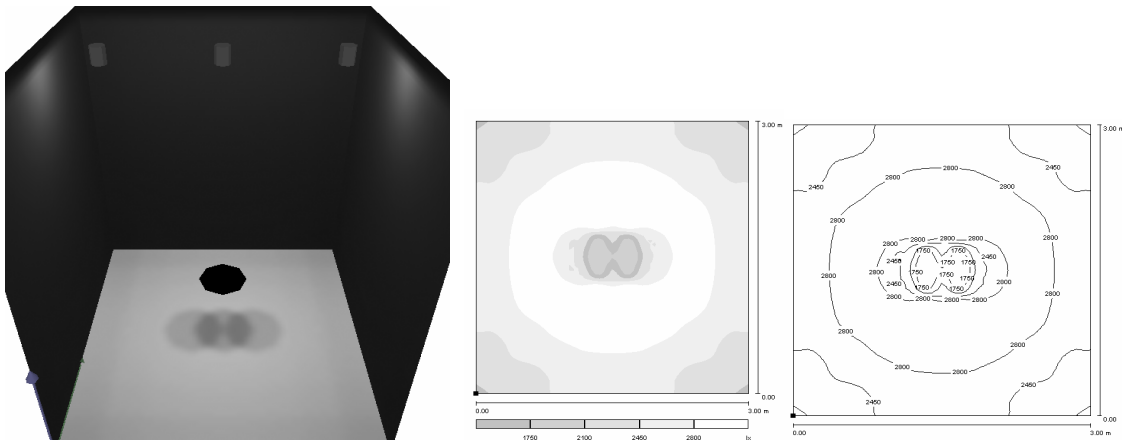
Kaynak sayısı değişiminin gölge üzerindeki etkisinin görsel yolla anlaşılabilmesi için döşeme üzerinde oluşan gölgelerin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve değer eğrileri Şekil 5.21’de verilmektedir.



1 adet kaynak

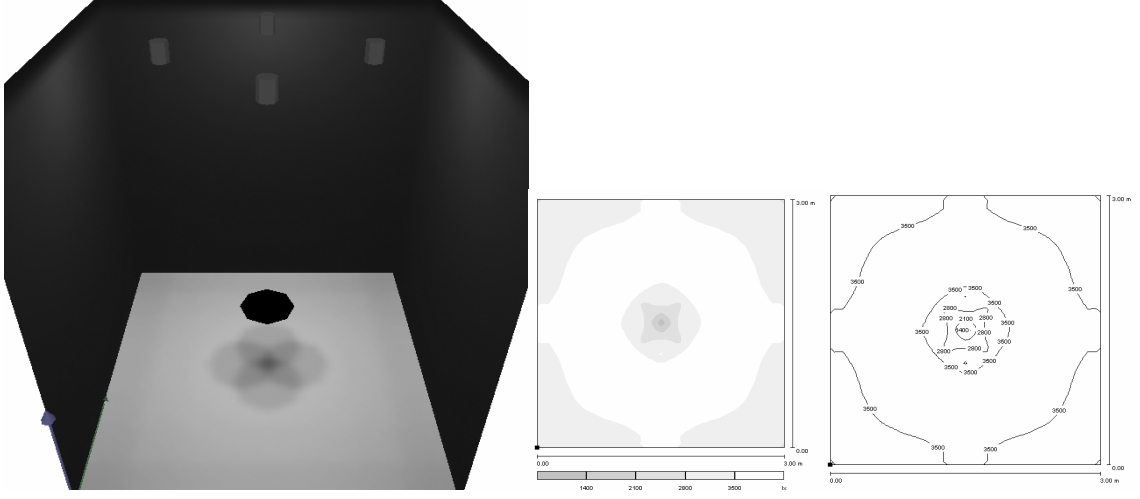


2 adet kaynak

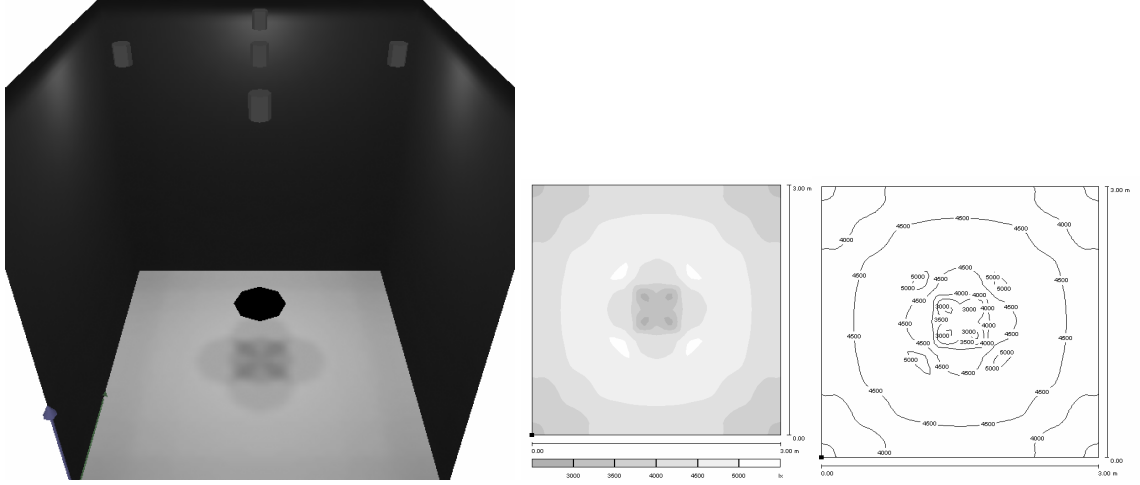


3 adet kaynak

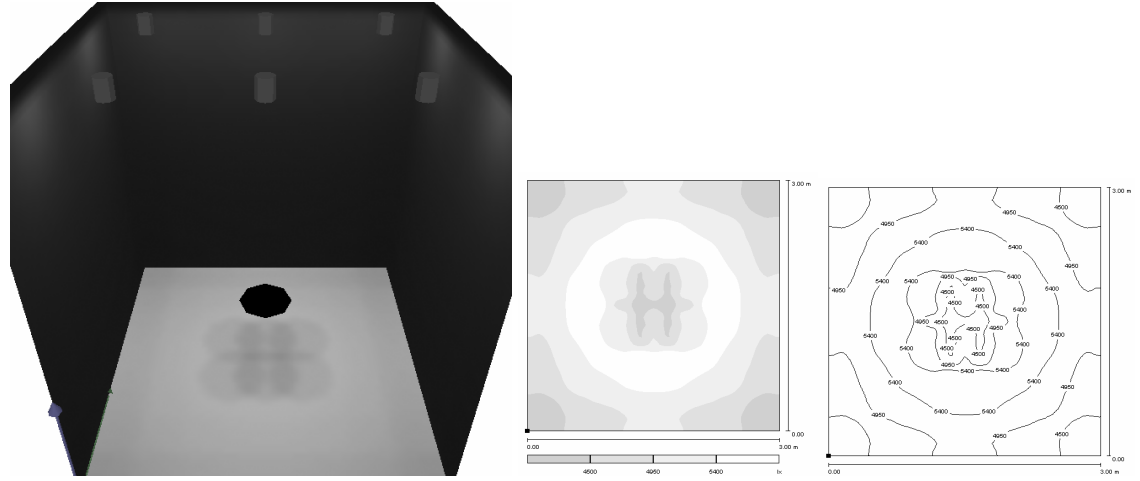
Şekil 5.21 Kaynak sayısı değişiminin gölgeye etkisi.



4 adet kaynak

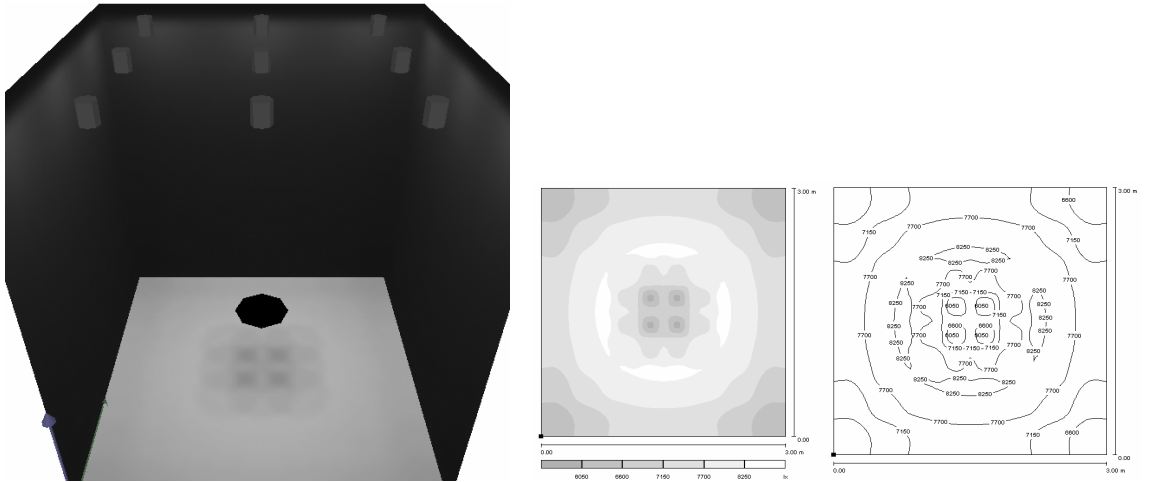
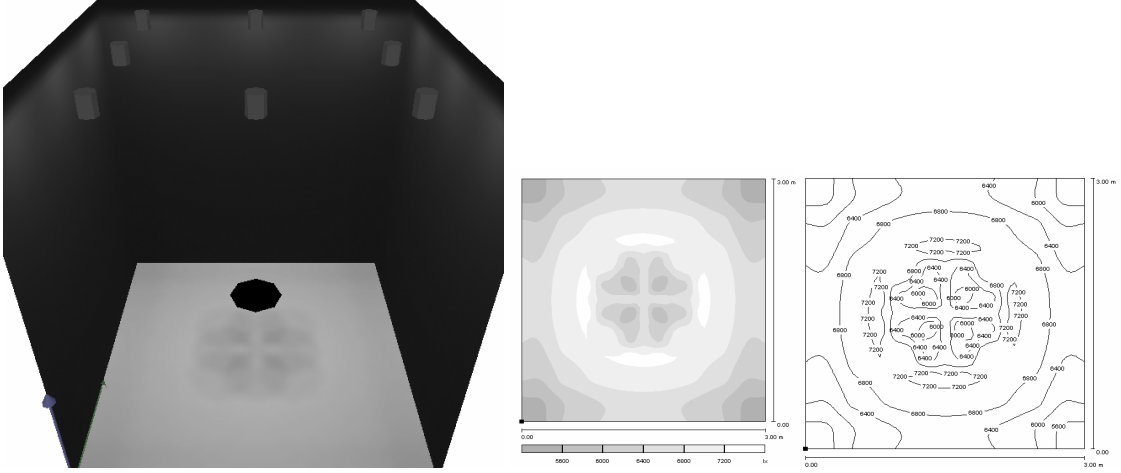
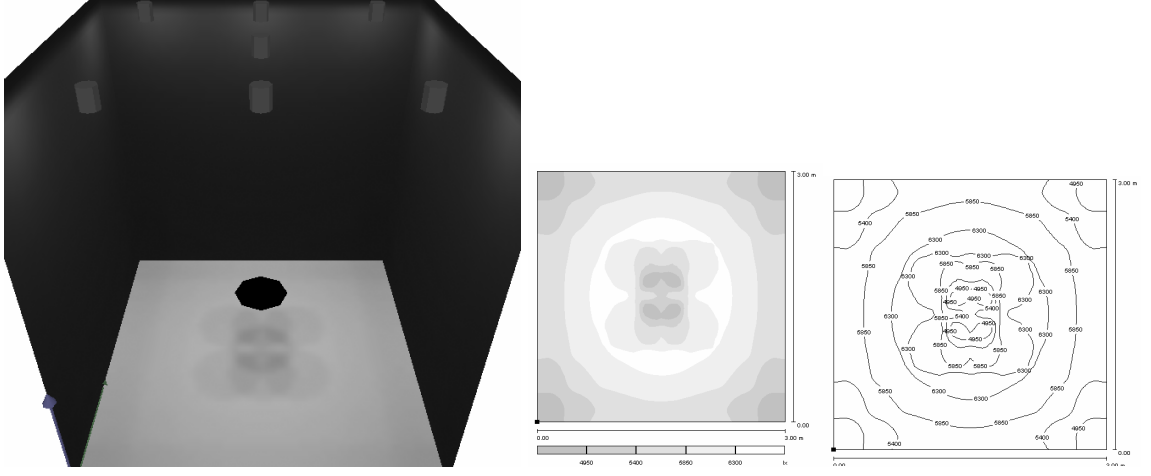


5 adet kaynak

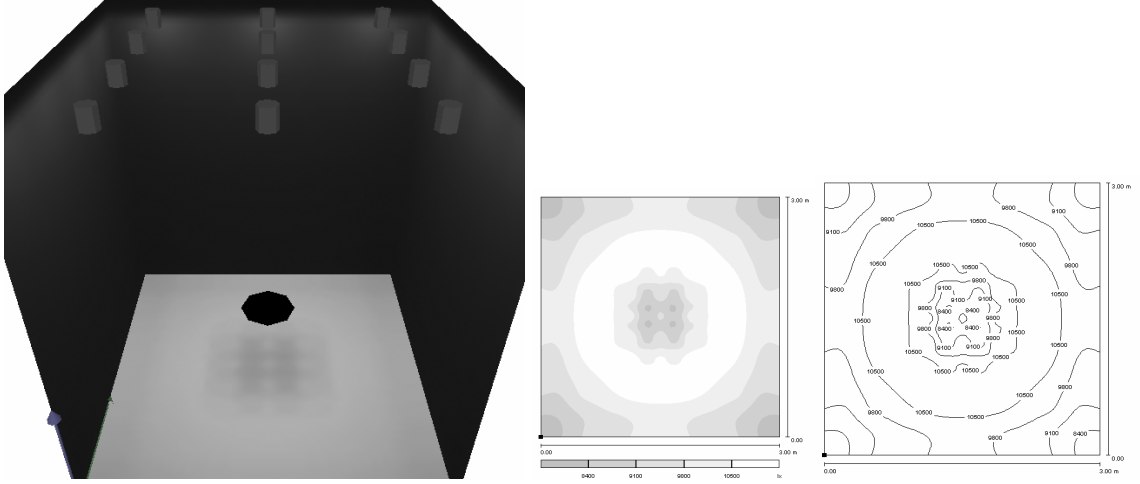


6 adet kaynak

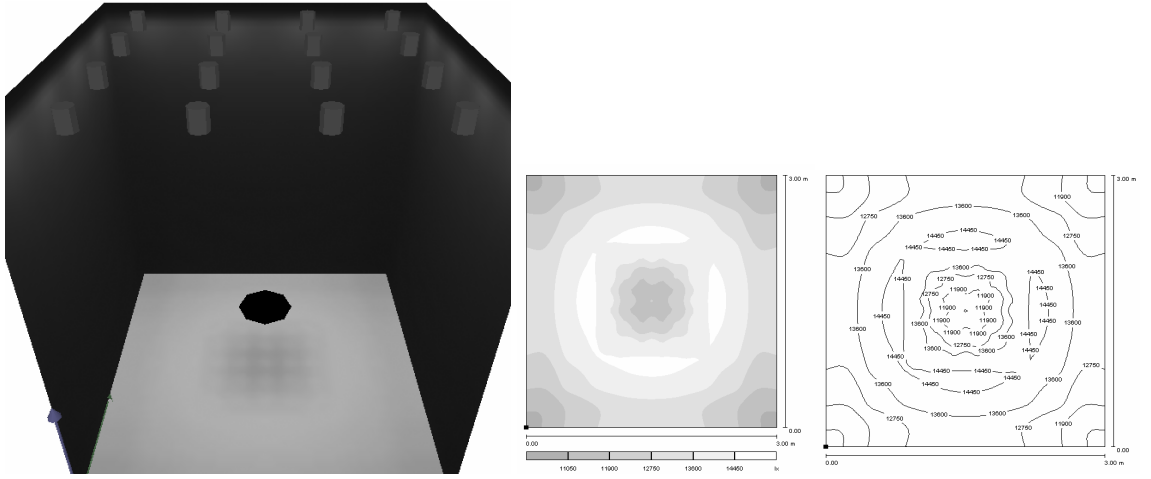
Şekil 5.21 Kaynak sayısı değişiminin gölgeye etkisi (devam).



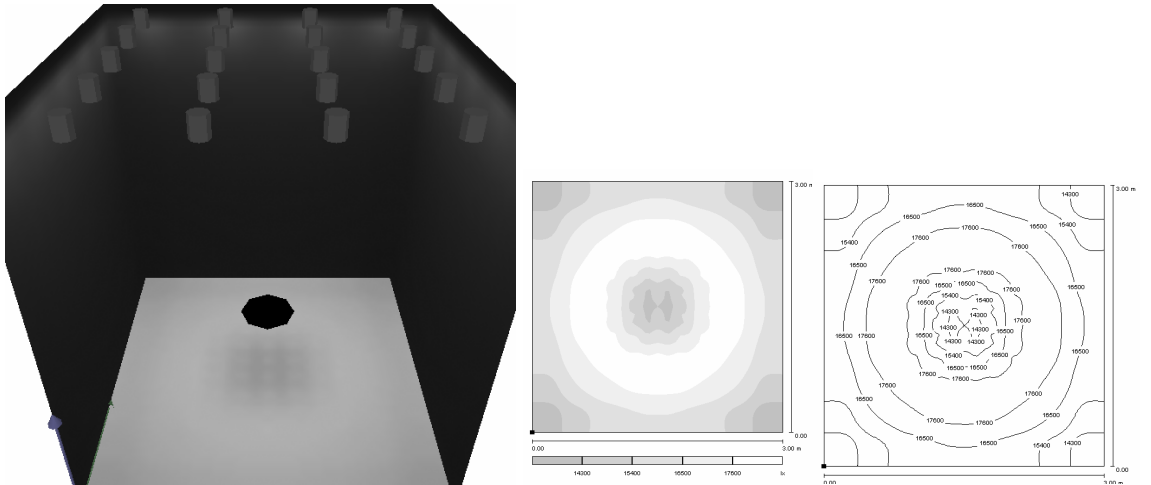
Şekil 5.21 Kaynak sayısı değişiminin gölgeye etkisi (devam).



12 adet kaynak

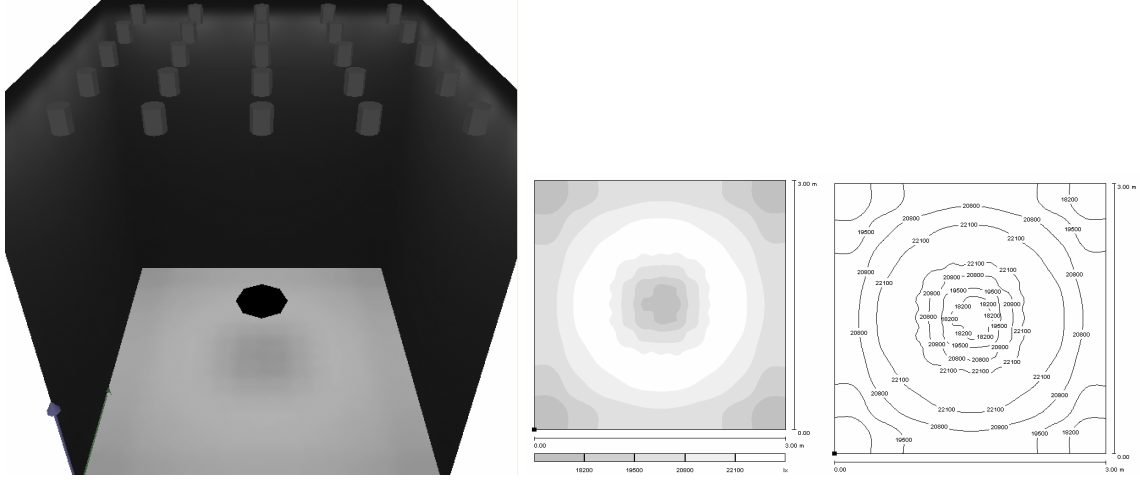


16 adet kaynak



20 adet kaynak

Şekil 5.21 Kaynak sayısı değişiminin gölgeye etkisi (devam).



25 adet kaynak

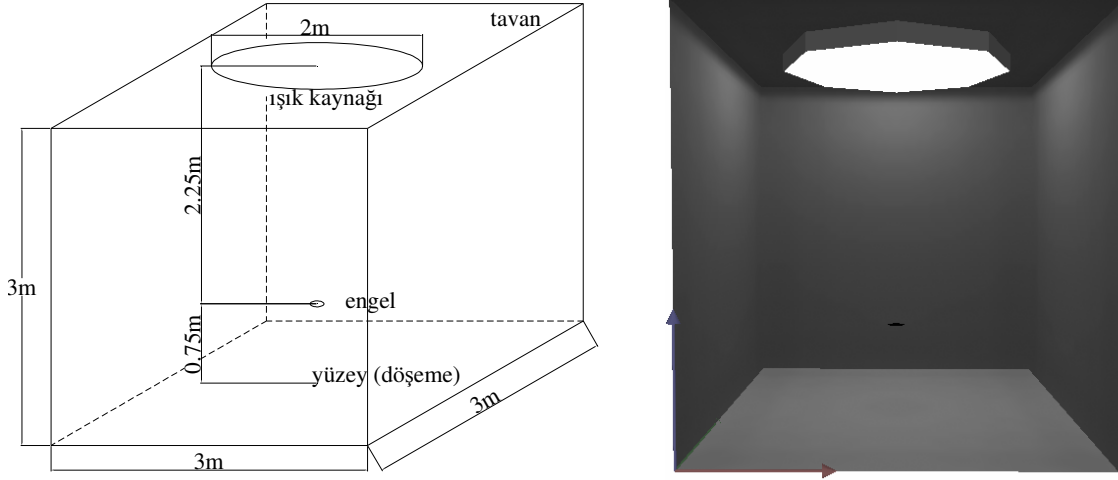
Şekil 5.21 Kaynak sayısı değişiminin gölgeye etkisi (devam).

Şekil 5.20 ve 5.21'deki belirlemeler aşağıdaki gibi açıklanabilir.

- Kaynaklardan çıkan ışınların engele gelmesi engellenmeden kaynak sayısının artırılması durumunda gölgesiz bir aydınlık elde edilememektedir. Ancak, kaynak sayısının artması gölgeli alanların daha fazla ışık almasına neden olduğundan gölgeler giderek açığa çıkar ve oldukça belirsizleşir.
- Kaynak sayısı arttırıldıkça, döşeme yüzeyi üzerindeki her bir noktadaki aydınlık düzeyi değerleri artmaktadır.

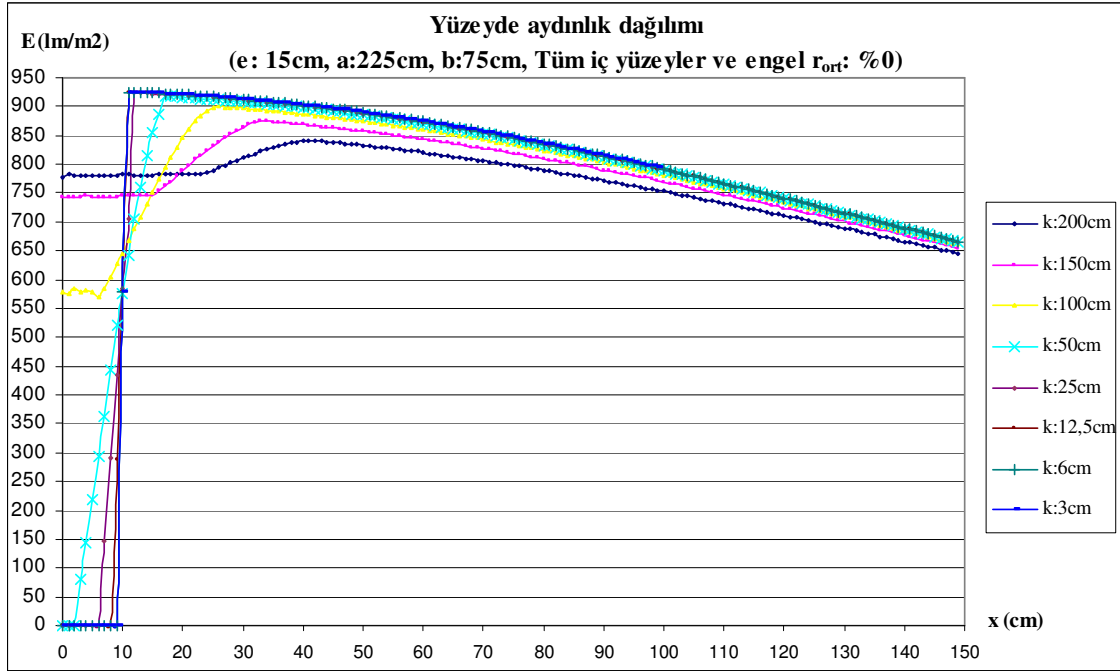
5.4 Birincil Kaynak Çapının Büyümesi ve Işıklı Tavan Haline Gelmesi

Birincil ışık kaynağı çapının büyümesi ve ışıklı tavan haline gelmesinin gölgeye etkisi incelenmiştir. Gölgenin oluştuğu aydınlanan yüzeye sadece dolaysız ışık gelmesi için oda iç yüzeylerinin ortalama yansıtma çarpanı (r_{ort}) kuramsal olarak %0 alınmıştır. Engel çapı (e) 15cm, kaynak-engel uzaklığı (a) 225cm, engel-yüzey uzaklığı (b) 75cm alınmıştır. Model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi Şekil 5.22'de gösterilmektedir.



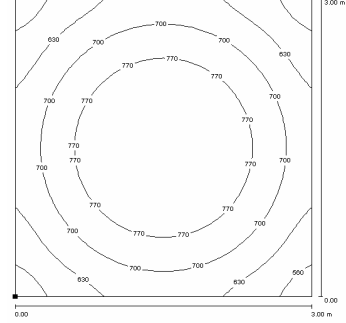
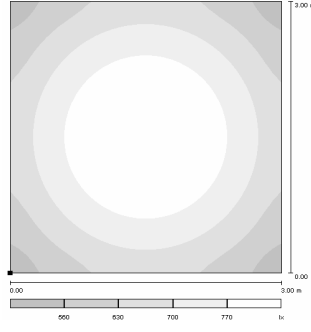
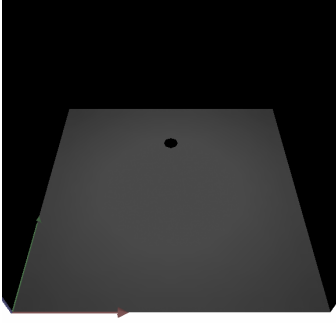
Şekil 5.22 Model odanın perspektif ve üç boyutlu gösterimi.

Kaynak çapları (k) sırasıyla 200cm, 150cm, 100cm, 50cm, 25cm, 12.5cm, 6cm, 3cm alınarak döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık dağılımı Şekil 5.23'te verilmektedir.

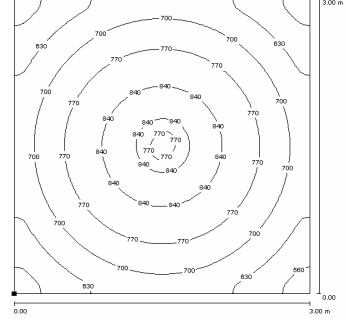
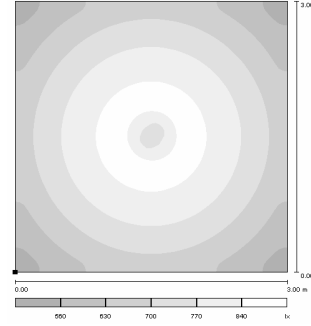
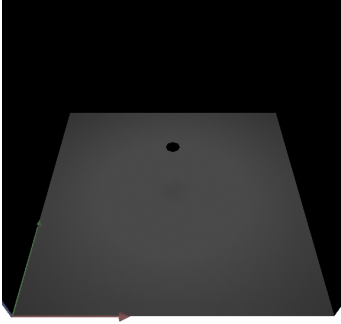


Şekil 5.23 Kaynak çapı değiştiğinde döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık dağılımı değişimleri.

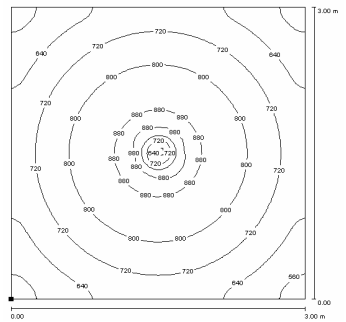
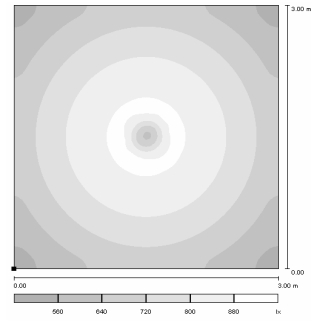
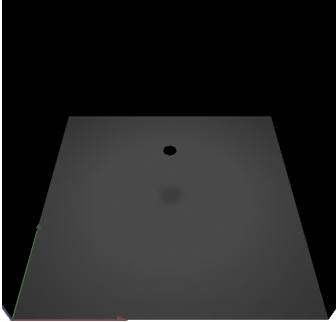
Birincil kaynak çapının değişiminin gölge üzerindeki etkisinin görsel yolla anlaşılabilmesi için döşeme yüzeyi üzerinde oluşan gölgelerin üç boyutlu gösterimi, gri tonları ve eş aydınlık eğrileri Şekil 5.24'te verilmektedir.



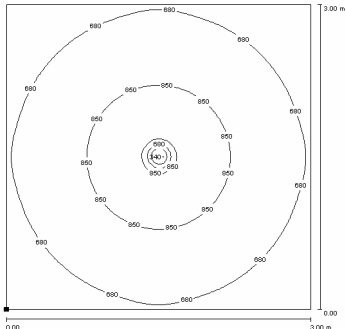
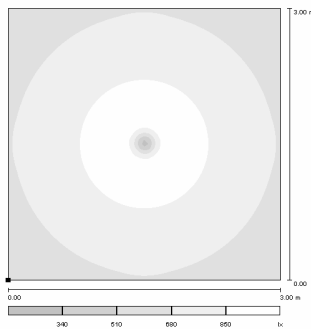
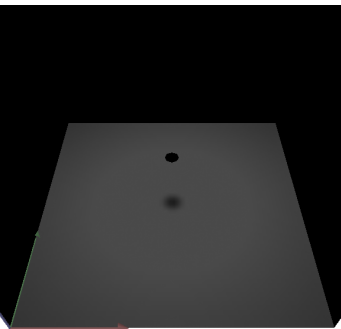
Kaynak çapı (k): 200cm



Kaynak çapı (k): 150cm

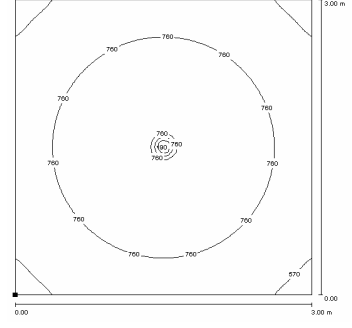
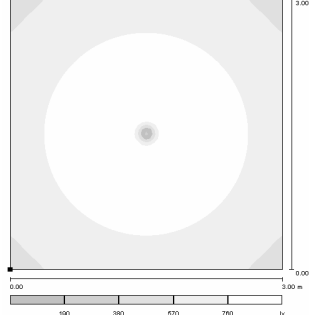
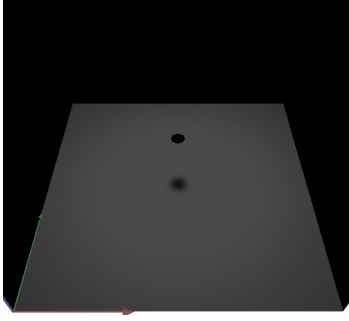


Kaynak çapı (k): 100cm

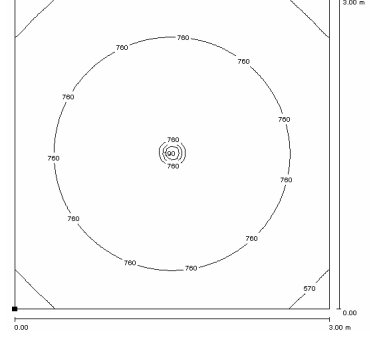
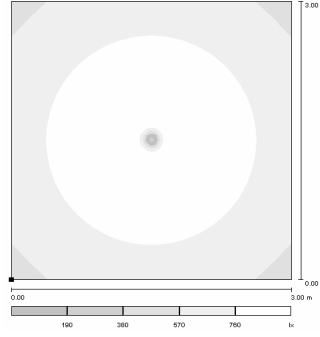
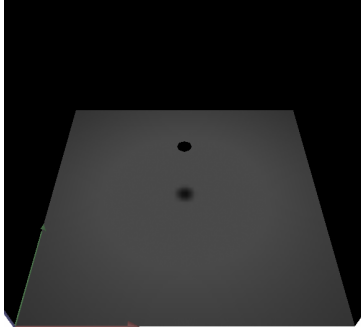


Kaynak çapı (k): 50cm

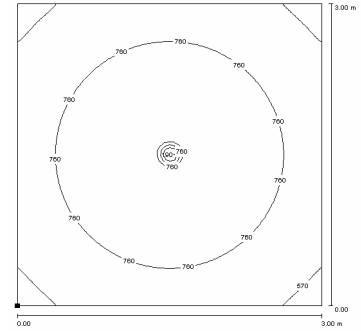
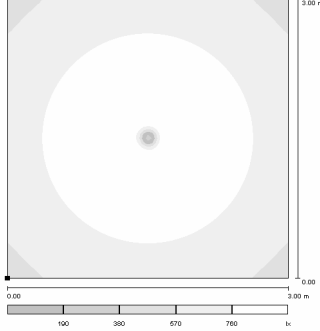
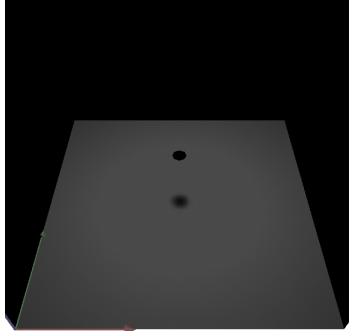
Şekil 5.24 Kaynak çapının (k) büyümesinin gölgeye etkisi.



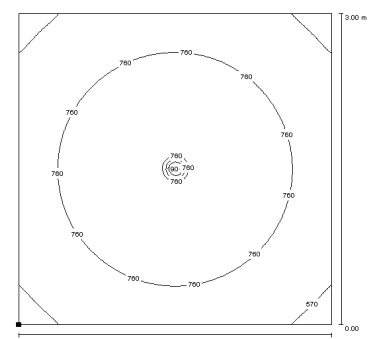
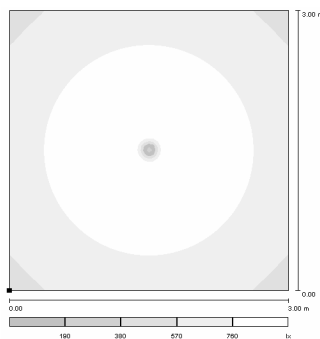
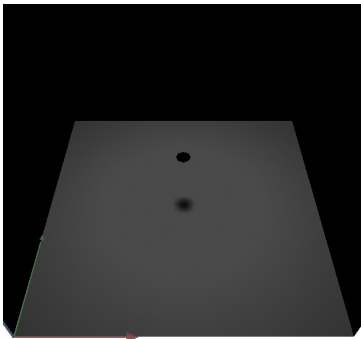
Kaynak çapı (k): 25cm



Kaynak çapı (k): 12,5cm



Kaynak çapı (k): 6cm



Kaynak çapı (k): 3cm

Şekil 5.24 Kaynak çapının büyümesinin gölgeye etkisi (devam).

Gölgelerin sertlik-yumuşaklık derecelerinin geometrik hesap ve programdan elde edilen sonuçları Çizelge 5.12’de, gölgelerin açıklık-koyuluk dereceleri Çizelge 5.13’te verilmiştir.

Çizelge 5.12 Gölgelerin sertlik-yumuşaklık dereceleri.

Geometrik hesap sonuçları											Program sonuçları			
k (cm)	e (cm)	k/e	a (cm)	b (cm)	a/b	f (cm)	h (cm)	G _{SYD}	G _{SYA}	G _{SY}	f (cm)	H (cm)	G _{SYD}	G _{SY}
200	15	13,3	225	75	3	-23,33	43,33	0,29	-	-	0	43	0,00	-
150	15	10,0	225	75	3	-15,00	35,00	0,18	-	-	0	35	0,00	-
100	15	6,7	225	75	3	-6,67	26,67	0,06	-	-	0	27	0,00	-
50	15	3,3	225	75	3	1,67	18,33	0,01	0,00<f ² /h ² ≤0,10	Ç.Y.G.	3	18	0,03	Ç.Y.G.
25	15	1,7	225	75	3	5,83	14,17	0,17	0,10<f ² /h ² ≤0,27	Y.G.	7	15	0,22	Y.G.
12,5	15	0,8	225	75	3	7,92	12,08	0,43	0,27<f ² /h ² ≤0,48	A.Y.G.	8	12	0,44	A.Y.G.
6	15	0,4	225	75	3	9,00	11,00	0,67	0,48<f ² /h ² ≤0,73	A.S.G.	10	12	0,69	A.S.G.
3	15	0,2	225	75	3	9,50	10,50	0,82	0,73<f ² /h ² <1	S.G.	11	12	0,84	S.G.

Çizelge 5.13 Gölgelerin açıklık-koyuluk dereceleri.

Program sonuçları								
k (cm)	E _{max} (L _{max})	E (L)	B _{max}	B	G _{AKD}		G _{AK}	G _{AKA}
					B/B _{max}	(B _{max} -B)/B _{max}		
200	841	778	10,56	10,08	0,954	0,046	Ç.A.G.	1>B/B _{max} ≥0,628 0<B _{max} -B/B _{max} ≤0,372
150	874	654	10,70	8,99	0,840	0,160		
100	900	571	10,81	8,23	0,761	0,239		
50	918	0	10,89	0,00	0,000	1,000	Ç.K.G.	0,210>B/B _{max} ≥0 0,790<B _{max} -B/B _{max} ≤1
25	923	0	10,91	0,00	0,000	1,000		
12,5	925	0	10,92	0,00	0,000	1,000		
6	925	0	10,92	0,00	0,000	1,000		
3	925	0	10,92	0,00	0,000	1,000		

Çizelge 5.12 ve 5.13’ten elde edilen bulguların değerlendirilmesi aşağıdaki gibi yapılabilir.

- Kaynak çapı (k) 200cm ise, gölge çekirdeği yarıçapı (f) negatif değerdedir. Bu durum gölge çekirdeğinin oluşmadığını gösterir. Yarı gölge alanın aydınlık düzeyi ile aydınlık alanın aydınlık düzeyi arasında önemli bir ayrım olmadığından gölge oluşmamaktadır. Gölgenin açıklık-koyuluk derecesi (G_{AKD}) B/B_{max}>0,875 olduğunda gölge giderek açıklaşır ve gölgesiz aydınlığa doğru geçiş başlar. Burada aynı durum oluşmuştur.
- Kaynak çapı (k) 150cm ve 100cm ise gölge çekirdeği yarıçapı (f) negatif değerdedir. Bu durum gölge çekirdeğinin oluşmadığını gösterir. Ancak, yarı gölgenin aydınlık düzeyinin aydınlık alandan düşük olması nedeniyle gölge oluşmaktadır. Çok yumuşak-çok açık olarak nitelenebilecek gölgeler oluşmaktadır.

- Kaynak apı (k) 50cm ise çok yumuşak-çok koyu gölge, 25cm ise yumuşak-çok koyu gölge, 12.5m ise az yumuşak-çok koyu gölge, 6cm ise az sert-çok koyu gölge, 3cm ise sert-çok koyu gölge oluşmaktadır.

6. GENEL DEĞERLENDİRME ve SONUÇLAR

Aydınlatmanın temel malzemesi olan ışığın oluşturulması sürecinde, gereksinimlerin karşılanması ve yaratılmak istenen estetik ve mimari özelliklerin vurgulanması, gölgelerin düzenlenmesiyle sağlanabilir. Konunun özelliğine uygun gölge niteliklerin belirlenmesi, görsel algılama açısından katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, gölgenin sertliği-yumuşaklığı 3.bölümde, gölgenin açıklığı-koyuluğu 4. bölümde araştırılmış, 5. bölümde örneklemeler yapılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1) Değişkenlerin gölgenin sertliği-yumuşaklığı üzerindeki etkilerinin irdelenmesi çalışmasında, söz konusu dört değişkenin üçünün sabit, birinin değişmesi durumu, geometrik hesap yoluyla ele alınmıştır.

- a) Kaynak çapı (k) büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f) küçülmekte, toplam gölge yarıçapı (h) ve yarı gölge genişliği (g) büyümekte ve gölge gittikçe yumuşaklık kazanmaktadır.
- b) Engel çapı (e) büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f) ve toplam gölge yarıçapı (h) büyümekte, yarı gölge genişliği (g) sabit kalmakta ve gölge gittikçe sertlik kazanmaktadır.
- c) Kaynak-engel uzaklığı (a) büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f) sabit kalmakta, toplam gölge yarıçapı (h) ve yarı gölge genişliği (g) küçülmekte ve gölge gittikçe sertlik kazanmaktadır.
- d) Engel-yüzey uzaklığı (b) büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f) sabit kalmakta, toplam gölge yarıçapı (h) ve yarı gölge genişliği (g) büyümekte ve gölge gittikçe yumuşaklık kazanmaktadır.

Sonuç olarak, her bir durum için diğer üç değişkenin sabit kalması durumunda, daha yumuşak gölgeler elde edebilmek için,

- kaynak çapını (k) ya da engel-yüzey uzaklığını (b) arttırmak,
- engel çapını (e) ya da kaynak-engel uzaklığını (a) azaltmak gerekmektedir.

2) Kaynak ve engel çaplarının gölgeye etkisi çalışmasında, kaynak çapının engel çapına eşit ($k=e$) ve kaynak çapının engel çapından küçük ($k<e$) ve büyük ($k>e$) olması durumları, geometrik hesap yoluyla incelenmiştir.

a) Kaynak çapının engel çapına eşit ($k=e$) olması durumunda,

- gölge çekirdeği yarıçapı (f), engel ($e/2$) ve kaynak yarıçapına ($k/2$) eşittir.
- Kaynak çapının engel çapına oranı sabit (k/e) olduğunda, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) oranı büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f) sabit kalmasına karşın, toplam gölge yarıçapı (h) ve yarı gölge genişliği (g) küçülmekte ve gölge gittikçe sertlik kazanmaktadır.
- kaynak (k) ve engel çapı (e) değerlerinin büyümesi durumunda, gölge çekirdeği yarıçapı (f), toplam gölge yarıçapı (h) ve yarı gölge genişliği (g) değerleri aynı oranda büyümekte, ancak gölgenin sertliği-yumuşaklığı değişmemektedir.

b) Kaynak çapının engel çapından küçük ($k<e$) olması durumunda,

- gölge çekirdeği yarıçapı (f), her zaman kaynak ($k/2$) ve engel yarıçapından ($e/2$) büyük olmaktadır.
- kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına eşit ($a=b$) ve kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranının (a/b) sabit olması durumunda, kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f) büyümekte, toplam gölge yarıçapı (h) ve yarı gölge genişliği (g) küçülmekte ve gölge gittikçe sertlik kazanmaktadır.
- kaynak çapının engel çapına oranının (k/e) sabit olması durumunda, kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f), toplam gölge yarıçapı (h) ve yarı gölge genişliği (g) küçülmekte, gölge gittikçe sertlik kazanmaktadır.

c) Kaynak çapının engel çapından büyük olması ($k>e$) durumunda, gölge çekirdeği yarıçapının (f),

- sıfırdan büyük ($f>0$),
- sıfıra eşit ($f=0$),
- sıfırdan küçük ($f<0$)

olması gibi üç ayrı durum söz konusudur. Gölge çekirdeği yarıçapı (f), geometrik hesap sonucu sıfırdan büyük değerler aldığı anda, gölge çekirdeği oluşmaktadır. Gölge

çekirdeği yarıçapı (f), sıfır değerini aldığıında, gölge çekirdeği yok olmaktadır. Gölge, yarı gölge alandan oluşmaktadır. Gölge çekirdeği yarıçapı (f), sıfırdan küçük değerler aldığıında gölgenin merkez bölümü, kaynaktan ışık alarak yarı gölge alana göre daha ışıklı hale gelmektedir.

Ayrıca kaynak çapının engel çapından büyük olması ($k > e$) durumunda,

- ❖ gölge çekirdeği yarıçapının (f) oluştuğu durumlarda, her zaman kaynak ($k/2$) ve engel yarıçapından ($e/2$) küçük olmaktadır.
 - ❖ kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapının (f) sıfır değerini alabilmesi, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranının (a/b) artmasına bağlıdır.
 - ❖ $a < b$, $a = b$, $a > b$ gibi üç farklı durumun her biri için gölge çekirdeği yarıçapı (f) sıfırdan büyük, sıfıra eşit ve sıfırdan küçük değerler alabilmektedir.
- Kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığından büyük olması durumunda ($a > b$),
- kaynak çapının engel çapına oranının (k/e) sabit olması durumunda, kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) büyüdükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f) büyümekte, toplam gölge yarıçapı (h) ve yarı gölge genişliği (g) küçülmekte ve gölge gittikçe sertlik kazanmaktadır.
 - kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 1,5 ve 2 olduğunda, geometrik hesaba göre, gölge çekirdeği yarıçapı (f) sıfırdan büyük değerler almaktadır. Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 ve 5 olduğunda, gölge çekirdeği yarıçapı (f) sıfırdan küçük ve sıfıra eşit değerler alabilmektedir.
- Kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına eşit olması durumunda ($a = b$), kaynak çapının engel çapına oranı (k/e),
- $k/e < 2$ ise, $f > 0$ olmaktadır. k/e oranı küçüldükçe, gölge çekirdeği yarıçapı (f) büyümekte, toplam gölge yarıçapı (h), yarı gölge genişliği (g) küçülmekte, gölge gittikçe yumuşaklığını yitirmektedir.
 - k/e oranı 2 ise gölge çekirdeği yok olur ($f = 0$).
 - $k/e > 2$ ise, gölge çekirdeği $f < 0$ olur. k/e oranının gittikçe büyümesiyle, gölgenin

merkez bölümü, kaynaktan ışık alarak yarı gölge alana göre daha ışıklı hale gelmeye başlar. Gölgesiz aydınlık oluşmaya başlar.

- Kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığından küçük olması durumunda ($a < b$),
- kaynak-engel uzaklığının, engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) sabit kalmak koşuluyla, kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) büyüdükçe gölge çekirdeği yarıçapı (f), sırasıyla sıfırdan büyük, sıfıra eşit ve sıfırdan küçük değerler alır, çok yumuşak gölgeden gölgesiz aydınlığa doğru bir geçiş söz konusudur.

3) Gölgenin sertlik-yumuşaklığını etkileyen dört değişkenin oranları ilişkisi, kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) ve kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) üzerinden incelenmiştir.

- Kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) büyüdükçe gölge çok sertten çok yumuşağa doğru ilerler. Kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranına (a/b) bağlı olarak bir noktada gölge çekirdeği yok olur ve gölge, yarı gölge alandan oluşur. Yarı gölge alan da ışıklı alana dönüşür ve gölgesiz aydınlık elde edilir. Bu durum tüm değerler için geçerlidir.
- Kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranına (a/b) oranı küçüldükçe gölge, sertten yumuşağa doğru ilerler. Kaynak çapının engel çapına oranına (k/e) bağlı olarak bazı sınırlarda olanlar asla çok fazla yumuşayıp gölge çekirdeğinin yok olması durumuna ulaşamazlar. Bunlar, kaynak çapının engel çapına oranı $k/e \leq 1$ olanlardır.

Sonuç olarak, kaynak çapının engel çapına oranı (k/e) sabit olduğunda daha yumuşak gölgeler elde edebilmek için, kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranını (a/b) küçültmek; kaynak-engel uzaklığının engel-yüzey uzaklığına oranı (a/b) sabit olduğunda ise, kaynak çapının engel çapına oranını (k/e) büyütme gerekmektedir.

4) Gölgenin sertlik-yumuşaklığında aydınlık dağılımı çalışmasında, gölgenin sertlik-yumuşaklığını etkileyen dört değişken (geometrik hesap) kullanılarak çok yumuşak, yumuşak, az yumuşak, az sert ve sert gölgeler elde edilmiştir. Bu gölgelerin, döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık dağılımına etkisi, aydınlık düzeyi hesabı ve bir aydınlatma programı ile belirlenmiştir.

* k/e ve a/b için yapılan tüm yorumlar, k/a ve e/b için de geçerlidir.

Sonuç olarak, aydınlık düzeylerinin maksimum ve minimum (E_{max} , E_{min}) olduğu noktalar, aydınlık düzeyi hesabı ve program sonuçlarında birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Gölgenin sertliği-yumuşaklığı bakımından geometrik hesap, aydınlık düzeyi hesabı ve aydınlatma programından elde edilen veriler birbiriyle uyumludur.

5) Gölgenin açıklık-koyuluğunda aydınlık dağılımı çalışmasında, ikincil kaynakların yani, gölgenin oluştuğu hacmin tüm iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}), gölgenin açıklığına-koyuluğuna etkisi bir aydınlatma programı aracılığıyla incelenmiştir.

- İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı (r_{ort}) büyüdükçe, döşeme yüzeyi üzerindeki yansımış ışığın oluşturduğu aydınlık artmaktadır. Buna bağlı olarak, parıltı karşıtlığı değerleri $[(B_{max}-B)/B_{max}]$ azalmakta, gölge giderek açılmaktadır.
- Program sonuçlarına göre, iç yüzey ortalama yansıtma çarpanı (r_{ort}) %0-%5 arasında olduğunda çok koyu, %10 olduğunda koyu, %15-%20 arasında olduğunda orta koyu, %25-45 arasında olduğunda açık, %50-100 arasında olduğunda çok açık gölgeler oluşmaktadır. Bu sonuçlar, yansıtma çarpanı-ışıklılık-parıltı karşıtlığı yaklaşımı ile uyumlu çıkmaktadır.
- İç yüzey ortalama yansıtma çarpanı (r_{ort}) %80'den büyük olduğunda gölge çok aydınlanır ve gölgesiz aydınlığa doğru bir ilerleme başlar. %100 olduğunda bu iki alan arasında ayırım çok azalmaktadır.

6) Gölge niteliğinin örneklenmesi çalışmasında, gölgenin sertliği-yumuşaklığı ve açıklığı-koyuluğu, geometrik hesap, yansıtma çarpanı-ışıklılık-parıltı karşıtlığı yaklaşımı ve bir aydınlatma programı yardımıyla incelenmiştir.

a) Gölgenin sertlik-yumuşaklık ve açıklık-koyuluk örnekleri çalışmasında, sertlik-yumuşaklık dereceleri belirlenmiş gölgelerin, oluştukları model odanın iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının değişimine bağlı olarak, açıklık-koyuluk incelemesi yapılmıştır.

- Oda iç yüzey ortalama yansıtma çarpanı (r_{ort}) %0'dan %80'e doğru artırılmıştır. Bunun sonucu çok koyu- koyu- orta koyu- açık- çok açık gölgeler oluşmuştur. Gölgenin sertlik-yumuşaklık derecelerinin farklı olması bu durumu değiştirmemektedir.
- Oda iç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanı (r_{ort}) kuramsal olarak %0 olduğunda,

döşeme yüzeyi üzerinde gölge çekirdeğinin bulunduğu alanın aydınlık düzeyi '0' olmaktadır. Yansıtma çarpanı %0'dan %80'e doğru arttırıldığında, gölge çekirdeğinin aydınlık düzeyi artmaktadır. Bu durum, gölge çekirdeğinin yalnızca yansımış ışıkla aydınlandığını kanıtlamaktadır.

- Aydınlık düzeyi (E), gölge çekirdeği bölümünde sabit kalmakta, yarı gölge alanda gölgenin açıklık-koyuluk derecesine bağlı olarak artmakta, gölgenin bittiği noktada maksimum değere ulaşmakta ve ardından kaynaktan uzaklaşıldığı için gittikçe düşmektedir.
- Oda iç yüzeylerin ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}) değişmesi, aydınlık düzeyi dağılım eğrilerinin karakterini değiştirmemekte, ancak aydınlık düzeyi (E) değerlerini değiştirmektedir. Bu durum, oda iç yüzey ortalama yansıtma çarpanlarının (r_{ort}), gölgenin sertlik-yumuşaklığını değiştirmedığını göstermektedir.

b) Engel çapının küçülmesinin gölgeye ve gölgesiz aydınlığa etkisi çalışmasında, bir model oda içindeki engelin gittikçe küçülmesi sonucu döşeme yüzeyi üzerinde oluşan aydınlık ve gölgelerin niteliği incelenmiştir.

- Geometrik hesaba göre engel çapı (e) 50cm, 45cm, 40cm ise gölge çekirdeği yarıçapı (f) pozitif değerler, 37.5 ise gölge çekirdeği yarıçapı '0' değerini almıştır. Geometrik hesap ve program sonuçlarına göre çok yumuşak, program sonuçlarına göre çok koyu gölgeler oluşmuştur.
- Engel çapının (e), $37,5\text{cm} > e > 14\text{cm}$ olması durumunda, geometrik hesaba göre gölge çekirdeği yarıçapı negatif değerler alır ve yok olur. Programdan elde edilen, Şekil 5.2'deki aydınlık dağılımında da görülen bu durum, gölge çekirdeğinin yok olduğunu kanıtlamaktadır. Ancak, yarı gölge sayesinde döşeme yüzeyi üzerinde gölge oluşmaktadır. Bu nedenle, engel çapı (e) 35cm ise koyu, 30cm ise açık, $28\text{cm} \geq e > 14\text{cm}$ ise çok açık gölgelerin oluştuğu söylenebilir.
- Engel çapının (e) 14cm olması durumunda gölgenin sertlik yumuşaklığı ve açıklığı koyuluğundan bahsedilemez. Çünkü gölge yok olur. Döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlığın dağılımı düzgün hale gelir. Gölgesiz aydınlık oluşur.
- Engel çapının (e) 14cm'den küçük olması durumunda, döşeme yüzeyinin orta bölümü ışıklı alan haline gelir. Engel çapı küçüldükçe ışıklı alanın (aydınlanan gölge çekirdeği alanı) aydınlık düzeyi gittikçe artar.

- Engel çapının 4cm olması durumunda, döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık düzeyi dağılımı, engelsiz durumla aynı olur. Aydınlık düzeyi, engel hiç yokmuş gibi değerler alır.
- Sonuç olarak, gölge çekirdeği yok olan, yarı gölge alanı aydınlanmaya başlayan, ancak çok yumuşak olma niteliğini henüz yitirmeyen bir gölge, engelin gittikçe küçülmesi sonucu yok olmaya başlar. Çünkü yarı gölge alan da gittikçe aydınlanmaya başlar ve yok olur. Döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlık dağılımı gittikçe düzleşir. Gölgesiz aydınlık oluşur.

c) Birincil ışık kaynağı sayısının artmasının gölgeye etkisi çalışmasında, bir model oda içindeki kaynak sayısının artmasının döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlığa ve gölgeye etkisi incelenmiştir.

- Yapılan örnekte beş adetten daha fazla kaynakla oluşturulan gölgelerin parıltı karşılığı 0,125'in altında bulunmuştur. Bu durum, beş adetten fazla kaynak kullanıldığında gölgesiz aydınlığa doğru bir ilerleme olduğunu göstermektedir.
- Kaynak sayısı arttıkça, aydınlık düzeyi dağılımları arasındaki farklar sabit kalır, yani gölgenin sertlik-yumuşaklık derecesi değişmez, ancak aydınlık düzeyi değerleri gittikçe artar ve gölge giderek açıklar. Kaynak sayısı 1 ise gölge, açıklık-koyuluk açısından çok koyu, 2-16 arasında ise çok açık olmaktadır.
- Kaynaklardan çıkan ışınların engele gelmesi engellenmeden, kaynak sayısının artırılması durumunda gölgesiz bir aydınlık elde edilememektedir. Ancak, kaynak sayısının artması gölgeli alanların daha fazla ışık almasına neden olduğundan gölgeler giderek açıklamakta ve belirsizleşmektedir.
- Kaynak sayısı arttırıldıkça, döşeme yüzeyi üzerindeki her bir noktadaki aydınlık düzeyi değerleri artmaktadır.

d) Birincil kaynak çapının büyümesi ve ışıklı tavan haline gelmesi çalışmasında, bir model oda içindeki kaynağın gittikçe büyümesinin döşeme yüzeyi üzerindeki aydınlığa ve gölgeye etkisi incelenmiştir.

- Kaynak çapı (k) 200cm ise, gölge çekirdeği yarıçapı (f) negatif değerdedir. Bu durum gölge çekirdeğinin oluşmadığını gösterir. Yarı gölge alanın aydınlık düzeyi ile aydınlık alanın aydınlık düzeyi arasında önemli bir ayırım olmadığından gölge

oluşmamaktadır. Gölgenin açıklık-koyuluk derecesi $B/B_{\max} > 0,875$ olduğunda gölge çok açıklar ve gölgesiz aydınlığa doğru geçiş başlar. Burada aynı durum oluşmuştur.

- Kaynak çapı (k) 150cm ve 100cm ise gölge çekirdeği yarıçapı (f) negatif değerdedir. Bu durum gölge çekirdeğinin oluşmadığını gösterir. Ancak, yarı gölgenin aydınlık düzeyinin aydınlık alandan düşük olması nedeniyle gölge oluşmaktadır. Çok yumuşak-çok açık olarak nitelenebilecek gölgeler oluşmaktadır.
- Kaynak çapı (k) 50cm ise çok yumuşak-çok koyu gölge, 25cm ise yumuşak-çok koyu gölge, 12.5cm ise az yumuşak-çok koyu gölge, 6cm ise az sert-çok koyu gölge, 3cm ise sert-çok koyu gölge oluşmaktadır.

Aydınlatma tasarımlarında, gereksinimlerin karşılanması ve yaratılmak istenen estetik ve mimari özelliklerin vurgulanması bakımından gölge niteliği konusu büyük önem taşır. Yukarıda verilen sonuçlar bağlamında,

- ışık kaynağına,
- engele,
- iç yüzey yansıtma çarpanına

ilişkin genel değerlendirme aşağıdaki gibi yapılabilir.

- Kullanılan aydınlatma programı sonuçları, gölgenin açıklığı-koyuluğu açısından parıltı karşıtlığı yaklaşımı ile gölgenin sertlik-yumuşaklığı açısından geometrik hesap ile uyumlu çıkmıştır.
- Işık kaynağının türü, sayısı, konumu, boyutu ve engel ile olan ilişkisi değişmeksizin, hacmin iç yüzey ortalama yansıtma çarpanı (r_{ort}) değişirse, gölgenin sertliği-yumuşaklığı değişmemekte, ancak yansımış ışığa bağlı olarak açıklığı-koyuluğu değişmektedir. Yansıtma çarpanı artarsa gölge giderek açıklaşmakta ve yok olmaktadır. Gölgesiz aydınlığa doğru bir geçiş başlamaktadır.
- Engel çapının değişmesi, gölgenin sertliği-yumuşaklığı ve açıklığı-koyuluğunu değiştirmektedir. Engelin gittikçe küçülmesi ile gölge gittikçe yumuşamakta, açıklaşmakta ve yok olmaktadır. Gölgesiz aydınlığa doğru bir geçiş başlamaktadır.
- Kaynak sayısının değişmesi, gölgenin sertliğini-yumuşaklığını değiştirmemekte, ancak açıklık-koyuluğunu değiştirmektedir. Birincil kaynak sayısı arttıkça, gölgenin giderek

açıklaşmaktadır. Ancak, gölgelerin birbiri üzerine binmesi durumunda gölge niteliği ile ilgili belirlemeler oldukça zorlaşmaktadır. Aynı nesneye ait birden fazla sert ya da yumuşak gölge oluşacak biçimde kurulan bir aydınlık düzeni, yanlış algılamalara yol açabilir.

- Kaynak boyutunun değişmesi, gölgenin sertlik-yumuşaklığını ve açıklık-koyuluğunu değiştirmektedir. Birincil kaynak boyutunun büyümesi sonucu, gölge giderek yumuşamakta, açıklaşmakta ve yok olmaktadır. Gölgesiz aydınlığa doğru bir geçiş başlamaktadır.

Aydınlatma tasarımlarında konunun özelliklerine uygun görüntüler oluşturabilmek açısından aydınlık niteliği konularından biri olan, aydınlığı oluşturan ışığın doğrultusal yapısına bağlı olarak değişen gölgelerin düzenlenmesi önemli bir rol üstlenir. Bu nedenle aydınlatma tasarımında, çok çeşitli ve farklı özelliğe sahip konuların aydınlatılmasında, aydınlıkta oluşacak gölgelerin konuya uygun niteliklerde olması büyük önem taşır.

Gölgeler, nesne ve yüzeylerin görünüşlerini etkileyerek farklı görsel algıya neden olabilir. Örneğin, sert gölgeler, kimi doku ve biçimlerin vurgulanmasını sağlarken, üç boyutsal özelliği olan içbükeyli ve dışbükeyli yüzeylerden oluşan nesnelere algılanmasında yanılgılara neden olabilir. Üç boyutsal özellikleri maskeler ve doğal olmayan yanıltıcı görüntüler oluşturabilir. Kara gölgeler ise, kısa süreli etkili ve ilgi çekici görüntüler elde etmemizi sağlar. Ancak, görsel algılamada eksiklere neden olur. Uzun süreli görsel algıda yorucudur ve nesnelere üzerinde doğal olmayan etkiler oluşturur. Bu nedenle genelde, yumuşak ve saydam gölgeli aydınlık oluşturmak, gölge niteliği açısından olumlu sonuç verir. Ayrıca, Gölgesiz aydınlık görsel algılama açısından yetersiz sonuçlar doğurur. Ancak, yayınlık ışıkla oluşturulan aydınlığa, yumuşak gölge veren doğrultulu bir aydınlığın eklenmesiyle pek çok konu için en iyi görme koşulları sağlanabilir.

Nesnelere, aydınlanan yüzeyler üzerinde istenmeyen gölgelerinin oluşması ya da nesnenin birden fazla gölgesinin olması, görsel konfor açısından önemli bir sorun oluşturabilmektedir. Buna karşılık vitrin, heykel, yapı yüzü, sahne v.b. aydınlatma konularında dikkat çekici, etkileyici ve/ ya da gerçekdışı görüntüler elde etmek amaçlı farklı gölge niteliklerine gereksinim duyulabilmektedir. Bu açıklamalar, aydınlatma tasarımlarında aydınlığın niteliği konularından biri olan gölge özelliklerinin gereği gibi oluşturulabilmesi, gölge niteliği ile ilgili tanımların ve derecelendirmelerin önemini ortaya koyar. Aydınlatmada gölge niteliğinin

irdelenmesine yönelik olan bu çalışmada gölge niteliğine ilişkin tanımlar ve derecelendirmeler ele alınmış, belli koşullar için örneklenmiştir. Koşul ve örneklemeler açısından kapsamı sınırlı tutulan bu çalışma dikkate alınarak, daha geniş ve farklı incelemelerin yapılması, aydınlatma tasarımcılarına yol gösterici bilgilerin oluşturulması açısından yararlı olacaktır.

KAYNAKLAR

CIE, (1995), Contrast and Visibility, ISBN 3900 734 321, Vienna.

CIE, (2001), Lighting Of Indoor Work Places, CIE Publication, Vienna.

DIALux Version 4.1, (2005), Light. Building. Software, DIAL GmbH, Gustav- Adolf- Straße 4, D-58507, Lüdenscheid.

Egan D.M., (1983), Concepts in Architectural Lighting, McCoraw Hill Book Company, ISBN 0-07-019054-2, NewYork.

Erhardt L., (1977), Radiation, Light and Illumination, Published by Camarillo Reproduction Center, Camarillo ,California.

Ganslandt R. ve Hofmann H., (1992), Handbook of Lighting Design, ERCO Edition, Published by: Verlag Vieweg, ISBN 3-528-08895-8, Germany.

IESNA, (2000), The IESNA Lighting Handbook, New York.

Moon, P., (1961), The Scientific Basis of Illuminating Engineering, Dover Publications,inc., New York.

Ohtani, Y., Ohta, K., Takubo A. ve Yamaya, T., (1993) “Shadow Characteristics of a Column in an Infinite Lenght Room ”, J. Light & Vis. Env., 17(1):5-13.

Ohtani Y. ve Uchida A., (1997), “Prediction of the Shadow Characterisics under the Task Ambient Lighting-in the case of Varied Reflectance of the Room Surfaces”, Lux Pasifica, 5:7-10.

Ohtani Y., Uchida A. ve Yamaya T., (1999), “Illuminance Characteristics within a Shadow in a Rectangular Parallelepiped Room”, CIE 24th session, Warsaw.

Ohtani Y. ve Uchida A., (1999), “Prediction of the Shadow Characterisics under the Task Ambient Lighting-in the case of Varied Positions of Light Sources”, CIE 24th session, Warsaw.

Ohtani, Y., Uchida, A. ve Yamaya, T., (2003) “On the Shadow Characteristics in a Rectangular Parallelepiped Room”, CIE 25th session, Warsaw.

Ohtani, Y. ve Uchida, A., (2003) “Study on the Shadow Characteristics under the Task Ambient Lighting”, CIE 25th session, Warsaw.

Özkaya M., (2004), Aydınlatma Tekniği, ISBN 975-511-104-2, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Öztürk, L.D., (2002), “Işıklılık Dağılımının Mekan Algılamasına Etkisi”, 4. Ulusal Aydınlatma Kongresi Bildiriler Kitabı, 7-8 Ekim 2002, İstanbul.

Öztürk, L.D., (2004-2005), Yapı Fiziği Lisansüstü Ders Notları (Basılmamış).

Öztürk, L.D., (2005), “İyi Görme Veriminin Belirlenmesi”, 3. Ulusal Aydınlatma

Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 23-25 Kasım 2005.

Padgham C.A. ve Saunders J.E., (1975), The Perception of Light and Color, Academic Press, ISBN 0-12-543650-5, New York.

Sirel, Ş., (1974), Kuramsal Renk Bilgisi, İ.D.M.M. Akademisi Yayınları, İstanbul.

Sirel, Ş., (1981), Işık Ölçümsel İlişkiler Konusunda Birkaç Örnek, Yapı Fiziği Kürsüsü Yayınları, Yıldız, İstanbul.

Sirel, Ş., (1983), Mimarlık Öğretiminde Aydınlatma Dersleri, YÜ Basımevi, İstanbul (Basılmamış).

Sirel, Ş., (1989), İzotrop Yayınlık Yansıma Yapan Yüzeylerin Görünürlük Çarpanları, Yapı Fiziği Bilim Dalı Yayınları, İstanbul.

Sirel, Ş., (1992), Aydınlığın Niteliği, YFU Yayınları, Yayın no.4, İstanbul.

Sirel, Ş., (1997), Aydınlatma Sözlüğü, YEM YAYIN (Yapı-Endüstri Merkezi Yayınları), İstanbul.

Sirel, Ş., (2001), "Aydınlatma ve Mimarlık", Tasarım Dergisi, 110:102-105.

Stevens, W. R., (1951), Principles of Lighting, Constable&Company Ltd., London.

TDK, (2005), Türkçe Sözlük, Türk Dil Kurumu Yayınevi, Ankara.

Ünver, R., (1985), Yapıların İçinde Işık-Renk İlişkisi, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ünver R., (1991), Kapalı Hacimlerde Lamba Işığının Yatay Düzlemde Oluşturduğu Aydınlığın Aygıt Geriveriminin Hesaplanması, Yıldız Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Baskı İşliği, İstanbul.

Ünver, R., (2001), "İç Mekandaki Gölgelemlerin Düzenlenmesi", Tasarım Dergisi, 110:112-115.

Ünver, R. ve Öztürk L.D., (2002), Toplu Konutlarda Yapı Yüzü Renk Tasarımında Temel İlkeler ve Öneriler, YTÜ Araştırma Fonu-Proje No: 99-03-01-02, İstanbul.

Ünver, R. ve Öztürk L.D., (2004), "Yapı Yüzü Renkleri: İstanbul'daki Toplu Konutlara İlişkin bir Araştırma", 5. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 7-8 Ekim 2004, CNR Fuar Merkezi, İstanbul.

Ünver, R., (2004-2005), Yapı Fiziği Lisansüstü Ders Notları (Basılmamış).

Ünver, R., (2006), "Toplu Konut Yapı Yüzü Renk Tasarım Süreci ve Demirciköy-Bizimtepe Konutları Uygulaması", 6. Ulusal Aydınlatma Kongresi, 23-24 Kasım 2006, İTÜ Taşkışla, İstanbul.

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1] <http://www.cs.toronto.edu/~faisal/teaching/notes/csc418/faisal/topics07.html>
- [2] <http://www.dialux.com>
- [3] <http://www.erco.com>
- [4] <http://www.helios32.com/Eulumdat.htm>
- [5] http://www.mpi-inf.mpg.de/~brabec/doc/brabec_gi02.pdf

EKLER

Ek 1 Aydınlatma Programında Kullanılan Işık Kaynağı Dosyası (Eulumdat)

Tez çalışmasında tanımlanan değişik ışık kaynaklarını DIALux programında modelleyebilmek için, her bir kaynak için ayrı ayrı Eulumdat dosyası oluşturulmuştur. Aydınlik düzeyi hesaplamaları için bir aydınlatma programı olan DIALux'ten (2005) yararlanılmıştır. Oluşturulan Eulumdat.ldt dosyasına ait bilgiler ve aşamalar Çizelge Ek 1.1'de verilmiştir.

Çizelge Ek 1.1 Eulumdat dosyasının açılımı [4].

EULUMDAT File Format Specification

Proposal for a Data Format for Exchange of Luminaire Data (Interior, Exterior, and/or Road Lighting Luminaires) Under the Operating Systems MS-DOS 2.x/3.xx Under Condition of Unequivocal Coordination Between Luminaire and Data Set

Item	Designation	Number of Characters
1	Company identification/data bank/version/format identification max.	Max. 78
2	Type indicator Ityp (1 - point source with symmetry about the vertical axis; 2 - linear luminaire; 3 - point source with any other symmetry) [See Note 1]	1
3	Symmetry indicator Isym (0 - no symmetry; 1 - symmetry about the vertical axis; 2- symmetry to plane C0-C180; 3- symmetry to plane C90-C270; 4- symmetry to plane C0-C180 and to plane C90-C270)	1
4	Number Mc of C-planes between 0 and 360 degrees (usually 24 for interior, 36 for road lighting luminaires)	2
5	Distance Dc between C-planes (Dc = 0 for non-equidistantly available C-planes)	5
6	Number Ng of luminous intensities in each C-plane (usually 19 or 37)	2
7	Distance Dg between luminous intensities per C-plane (Dg = 0 for non-equidistantly available luminous intensities in C-planes)	5

8	Measurement report number	Max. 78
9	Luminaire name	Max. 78
10	Luminaire number	Max. 78
11	File name	8
12	Date/user	Max. 78
13	Length/diameter of luminaire (mm)	4
14	Width of luminaire b (mm) (b = 0 for circular luminaire)	4
15	Height of luminaire (mm)	4
16	Length/diameter of luminous area (mm)	4
17	Width of luminous area b1 (mm) (b1 = 0 for circular luminous area of luminaire)	4
18	Height of luminous area C0-plane (mm)	4
19	Height of luminous area C90-plane (mm)	4
20	Height of luminous area C180-plane (mm)	4
21	Height of luminous area C270-plane (mm)	4
22	Downward flux fraction DFF (%)	4
23	Light output ratio luminaire LORL (%)	4
24	Conversion factor for luminous intensities (depending on measurement)	6
25	Tilt of luminaire during measurement (road lighting luminaires)	6
26	Number n of standard sets of lamps (optional, also extendable on company-specific basis)	4

26a	Number of lamps	n * 4
26b	Type of lamps	n * 24
26c	Total luminous flux of lamps (lumens)	n * 12
26d	Color appearance / color temperature of lamps	n * 16
26e	Color rendering group / color rendering index	n * 6
26f	Wattage including ballast (watts)	n * 8
27	Direct ratios DR for room indices k = 0.6 ... 5 (for determination of luminaire numbers according to utilization factor method)	10 * 7
28	Angles C (beginning with 0 degrees)	Mc * 6
29	Angles G (beginning with 0 degrees)	Ng * 6
30	Luminous intensity distribution (candela / 1000 lumens) [See Note 2]	(Mc2- Mc1+1) * Ng * 6

NOTES

1. Only linear luminaires (I_{typ} = 2) are being subdivided in longitudinal and transverse directions.
2. The parameters Mc1 and Mc2 for the luminous intensity distribution are determined by:

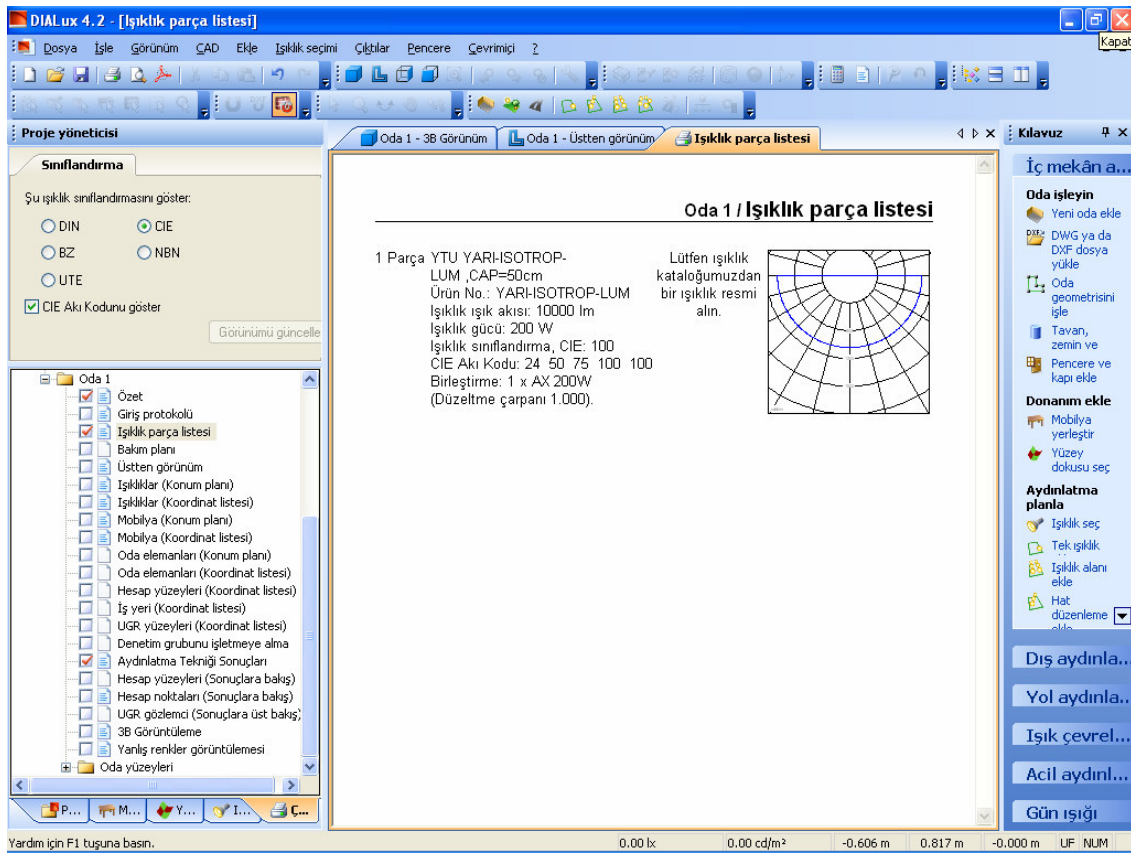
I _{sym}	Mc1	Mc2
0	1	Mc
1	1	1
2	1	Mc / 2 + 1
3	3 * Mc / 4 + 1	Mc1 + Mc / 2
4	1	Mc / 4 + 1

3. Each field is an ASCII string that is terminated with an MS-DOS <CR><LF> pair.

30.0
45.0
60.0
75.0
90.0
105.0
120.0
135.0
150.0
165.0
180.0
195.0
210.0
225.0
240.0
255.0
270.0
285.0
300.0
315.0
330.0
345.0
0.00
2.50
5.00
7.50
10.00
12.50
15.00
17.50
20.00
22.50
25.00
27.50
30.00
32.50
35.00
37.50
40.00
42.50
45.00
47.50
50.00
52.50
55.00
57.50
60.00
62.50
65.00
67.50
70.00

72.50
75.00
77.50
80.00
82.50
85.00
87.50
90.00
1042.52

Çalışmalarda kullanılan çapı 50cm olan bir kaynağın DIALux programındaki görünen içeriği Şekil Ek 2.1’de verilmiştir [2].



Şekil Ek 2.1 Işık kaynağının, DIALux programında verilen özellikleri [2].

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	13.11.1979	
Doğum yeri	Çanakkale	
Lise	1993-1996	Çanakkale Lisesi
Lisans	1997-2002	Osmangazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fak. Mimarlık Bölümü
Yüksek Lisans	2003-Devam ediyor	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı
Çalıştığı kurum		
	2005-2006	Depo Mimarlık Ltd Şti.