

# İYİ GÖRME VERİMİNİN BELİRLENMESİ

Leyla Dokuzer ÖZTÜRK

Yapı Fiziği Bilim Dalı

Mimarlık Bölümü

Mimarlık Fakültesi

Yıldız Teknik Üniversitesi, 34349 Beşiktaş, İstanbul

e-posta: dokuzer@yildiz.edu.tr

*Anahtar Sözcükler: İyi Görme Verimi, Enerji Kaybı, Optimum Enerji Kullanımı*

## ABSTRACT

*A considerable amount of the energy used in lighting is consumed without contributing to good vision conditions. The basic reasons for wasting the energy used in lighting are,*

- the great loss ratios in the phases from “producing light by electrical energy” to “obtaining of good vision conditions”, and*
- the enlargement of these loss ratios in every phase by multiplying with each other.*

*The ratio of good vision conditions provided in a room to the consumed energy can be named as “good vision efficiency”. The good vision efficiency can be determined in regard to the obtained “light ratio in light production”, “light ratio that has been fallen on the working plane, and the ratio of illuminance that meets the required good vision conditions. In this study, an approach is developed to determine the good vision efficiency in a room and some example rooms are evaluated regarding the good vision efficiency.*

## 1. GİRİŞ

Aydınlatmada kullanılan enerjinin büyük bir bölümü, iyi görme için gereken koşulların elde edilmesine katkıda bulunmadan boşuna tüketilmektedir. Aydınlatmada enerji kaybının büyük oluşunun iki temel nedeni vardır. Bunlardan ilki, elektrik enerjisi ile ışık üretilmesinden iyi görme koşullarının elde edilmesine değin çeşitli aşamalarda, kolay ölçülemeyen, fark edilemeyen ya da önemsenmeyen büyük kayıpların olması; ikincisi ise değişik aşamalarındaki söz konusu kayıpların bir-biri ile çarpılarak büyümesidir. Enerji kaybındaki başlıca aşamalar üç adımda gruplanabilir. Bunlar,

- düşük verimli lambalarda “enerjinin”,
- aydınlatma aygıtlarında, ışık dağılımında ve iç yüzeylerde “ışığın”,
- aydınlatma tasarım ölçütleri açısından gerek-

sinimleri sağlayamayan aydınlık ile “aydınlığın”

boşuna harcanmalarıdır.

Bir mekanda sağlanmış olan iyi görme koşullarının tüketilen enerjiye oranı, “iyi görme verimi” olarak tanımlanabilir. İyi görme verimi (İGV),

- ışık üretiminde elde edilmiş ışık oranına (a),
- yararlı düzleme düşürülebilmemiş ışık oranına (b),
- elde edilmiş aydınlığın iyi görme koşullarını sağlayabilecek oranına (c)

bağlıdır ve bu üç oranın çarpımı sonucunda belirlenir [1]. Çünkü, ışık üretiminde boşuna tüketilmemiş, yani elde edilmiş ışık oranının (a) bir bölümünün bir sonraki aşamada yeniden boşa harcanması, bu aşamada yararlı düzleme düşürülebilmemiş ışık

oranının (b) da son aşamada yeniden bölünmeye uğrayarak bir bölümünü daha yitirmesi söz konusu olabilmektedir. İyi görme verimi 1 numaralı eşitlik ile tanımlanabilir ve enerji kaybının büyüklüğüne göre 0 ile 1 arasında değişen değerler alabilir.

$$\text{İGV} = a \times b \times c \quad (1)$$

Bu çalışmada, aydınlatmada olabilecek enerji kaybının aşamaları özetlenmiş ve iyi görme veriminin hesaplanmasına yönelik geliştirilen yaklaşım açıklanmıştır.

## 2. IŞIK ÜRETİMİNDE ELDE EDİLEN IŞIK ORANININ BELİRLENMESİ

Bir aydınlatma düzeninde kullanılacak lamba türünün seçiminde, lamba verimi, gücü, ömrü ve boyutu, ışık rengi ve renksel geriverimi, ilk döşem ve kullanım giderleri vb. etkenler rol oynar. Lamba seçimi yapılırken, koşullara göre kimi zaman lambaların ışık rengi ve renksel geriverimi gibi teknik özellikleri, kimi zaman da ilk döşem ve kullanım giderleri gibi ekonomik konular belirleyici olur. Lambaların değişik türden özelliklerinin iyi bilinmediği durumda yapılan yanlış seçimler ile gerekli olan enerjiden daha fazlası tüketilmektedir. Verimi yüksek olan lambaların kullanılacağı bir ortamda düşük verimli lambaların yeğlenmesi sonucunda boşuna harcanan enerji gerekli olanın birkaç katına çıkabilmektedir. Bir başka deyişle, elektrik

enerjisinden ışık üretimi aşamasında, lambalarda ışığa dönüşebilecek enerjinin ışığa dönüşmeyen bölümü kaybolmakta, enerji boşuna harcanmış olmaktadır. Işık üretiminde elde edilmiş ışık oranı, dolayısıyla ışık üretiminde boşuna harcanan enerji, kullanılan lambanın ışıksal verimi ile, hacmin işlev ve öteki özellikleri doğrultusunda aydınlatma tekniği açısından kullanılacak en yüksek verimli lambanın ışıksal verimi arasındaki orana bağlı olarak hesaplanır. 1 numaralı eşitlikteki ışık üretiminde elde edilmiş ışık oranı (a), 2 numaralı formül ile belirlenebilir.

$$a = \frac{L_{\text{opt}}}{L_k} \quad (2)$$

: kullanılan lambanın ışıksal verimi (lm/W)  
 $L_{\text{opt}}$  : aydınlatma tekniği açısından kullanılacak lambanın ışıksal verimi (lm/W)  
 $\geq L_{\text{opt}}$  ise  $a=1$  olur.

Örneğin, gücü 26 W, ışıksal verimi 69.23 lm/W olan bir kompakt flüoresan lambanın kullanılacağı bir mekanda gücü 100 W, ışıksal verimi 13.6 lm/W olan akkor lambanın kullanıldığı durumda, yeterli olabilecek enerjinin yaklaşık 4.1 katı fazladan tüketilmiş olur ((69.23/13.6)-1  $\cong$  4.1). Bir başka deyişle, 26 W enerji tüketimi yerine aynı nicelikteki ışık akısını elde edebilmek için ~132 W enerji (1800 lm / 1360 lm  $\cong$  1.32; 100 W  $\times$  1.32  $\cong$  132 W) tüketileceğinden, yeterli olabilecek enerjiden 106 W daha fazlası boşuna harcanmış demektir (Tablo 1).

**Tablo 1-** Işık üretiminde elde edilen ışık oranının belirlenmesine bir örnek

Kullanılan ve kullanılacak lambanın aynı nicelikteki ışık akısını verebilmeleri için gerekli lamba güçleri	$L_k$ : 132 W; $L_{\text{opt}}$ : 26 W
Harcanan enerjiler arasındaki oran; Lambaların ışıksal verimleri arasındaki oran	5.1
Boşa harcanan enerji	4.1 birim; 106 W; % 80.3
Yeterli olabilecek enerji	1 birim; 26 W; % 19.7
Işık üretiminde elde edilmiş ışık oranı (a)	0.197

$L_k$ : kullanılan lamba; 100 W akkor lamba, : 13.6 lm/W

$L_{\text{opt}}$ : kullanılacak lamba; 26 W kompakt flüoresan lamba,  $L_{\text{opt}}$ : 69 lm/W

### 3. YARARLI DÜZLEME DÜŞEN IŞIK ORANININ SAPTANMASI

Bir hacimde yararlı düzleme düşen ışık oranı, “aydınlatma aygıtındaki kayıplar”, “ışık dağılımından ötürü oluşan kayıplar” ve “iç yüzeylerdeki kayıplar” sonucunda elde edilebilen orandır.

#### 3.1. Aydınlatma Aygıtının Geriverimine Bağlı Olarak Yararlı Düzleme Düşen Işık Oranı

Aydınlatma aygıtlarında ışığın boşa harcanması, aydınlatma aygıtının geriverimi ile ilgilidir. Bir lambadan yayımlanan ışığın, içinde bulunduğu aygıttan dışarı çıkamayan bölümü boşa tüketilmiş olur. Aygıt geriveriminin düşük olması, lamba ışığının önemli bir bölümünün aygıt içinde yutulması yol açar. Aygıt geriveriminin düşüklüğü, yansıtma/geçirme çarpanı düşük aygıt gereci kullanılması, iyi etüt edilmemiş aygıt/yansıtıcı biçimi gibi etkenlere bağlıdır. Yararlı düzleme düşen ışık oranının (b<sub>1</sub>) aydınlatma aygıtının geriverimine bağlı olan bölümü (b<sub>1</sub>) 3 numaralı eşitlik ile saptanabilir.

$$b_1 = \frac{r}{r_{opt}} \quad (3)$$

: kullanılan aydınlatma aygıtının geriverimi

$r_{opt}$ : aydınlatma tekniği açısından kullanılacak aydınlatma aygıtının geriverimi

$\geq r_{opt}$  ise  $b_1=1$  olur.

Örneğin, hacmin işlev, tefriş ve öteki özelliklerine bağlı olarak aydınlatma tekniği açısından kullanılması uygun, geriverimi 0.70 olan bir aygıt

yerine geriverimi yalnızca 0.5 olan bir aygıtın kullanıldığı koşulda, aygıt dışına çıkabilecek ışığın 0.29 u aygıt içinde kaybolmuş olur. Aydınlatma aygıtının geriverimine bağlı söz konusu kayıp sonucunda elde edilebilen ışık oranı (b<sub>1</sub>) 0.71 büyüklüğündedir.

#### 3.2. Işık Dağılımına Bağlı Olarak Yararlı Düzleme Düşen Işık Oranı

Kapalı mekanlarda ışığın doğrultusal boşuna harcanması, aydınlatma aygıtının ışık yeğinlik dağılımı ve konumu ile mekanın biçim ve boyutlarına bağlıdır. Aydınlatma aygıtından çıkan ışığın tümü her zaman aydınlatılması istenen alanlara (yararlı düzlem ya da başka yararlı alanlar) düşmez. Aygıttan çıkarak aydınlıktan yararlanılacak alanlar dışında kalan doğrultulara; koşullara göre duvar, tavan ya da döşeme yüzeyine giden ışık bu yüzeylerden yansıyarak gerekli çevre görünürlüğü sağlar, hacim içindeki yansımış ışığı oluşturur ve yararlı alanlardaki/yararlı düzlemdeki aydınlığın niceliğini yükseltir. Öte yandan, aygıttan çıkarak yararlı alanlar dışındaki doğrultularda rastladığı yüzeylere düşen ışığın, bu yüzeylerin, dolayısıyla çevrenin görünürlüğü sağlamanın ötesinde ışıklılıklarını kabul edilebilir değerlerin üzerine çıkartması durumunda, aşırı ışıklılıklara yol açan bölümü boşa harcanmış olur. Bir başka deyişle, bir yüzey üzerindeki maksimum ışıklılığın minimum ışıklılığa oranı 4.6 değerini aştığında, aşırı ışıklılıktan söz edilebilir ve doğrultusal boşuna tüketilen ışık bölümü, mekan yüzeylerinde aşırı ışıklılıkta/ışık lekeleri olarak algılanan bölgeleri yaratan ışık akısı niceliğidir [2] (Şekil 1).



Şekil 1- Yüzeyler üzerindeki ışık lekeleri olarak algılanan aşırı ışıklılıklar

Yararlı düzleme düşen ışık oranının (b) ışık dağılımına bağlı olan bölümü ( $b_2$ ) 4 numaralı eşitlik ile hesaplanabilir.

$$b_2 = \frac{A_{\text{yararlı}}}{A} \quad (4)$$

$A$ : Aydınlatma aygıtından çıkan ışık akısı (aygıt ışığı, lm)

$A_{\text{yararlı}}$ : Aygıt ışığının doğrultusal boşa harcanmayan bölümü (yararlı aygıt ışığı, lm)

Bilindiği gibi, kapalı bir mekanda yansımış ışık hacim iç yüzeylerinde oldukça düzgün yayılır. Yüzeylerde istenmeyen, hatta iç mimariyi zedeleyen büyük ışıklılık ayrımlarını dolaysız ışık doğurur. Bu nedenle, aydınlatma aygıtından çıkan ışığın doğrultusal boşa harcanmayan, yani çevre görünürlüğünü sağlayan yararlı bölümünün ( $A_{\text{yararlı}}$ ) belli yaklaşıklıkla hesaplanmasında aşağıdaki gibi bir yol izlenebilir:

- Hacmin iç yüzeylerinde (duvar, tavan, döşeme) aşırı ışıklılıkta olan yüzey bölümlerinin boyut ve konumları belirlenir.
- Dolaysız ışığın tavan/duvar/döşeme yüzeyinin aşırı ışıklılıkta algılanan bölgesinde ve yüzeyin geri kalan bölümünde oluşturduğu ortalama aydınlıklar ayrı ayrı hesaplanıp aralarındaki fark bulunur.
- Bulunan aydınlık düzeyi farkı ışık lekeli alanı ile çarpılarak boşuna harcanan ışık akısı belirlenir.
- Aygıt ışığından ( $A$ ) boşuna harcanan ışık akısı çıkartılarak doğrultusal boşuna harcanmayan, yararlı ışık akısı ( $A_{\text{yararlı}}$ ) belirlenir.

### 3.3. İç Yüzeylerin Işık Yansıtma Çarpanına Bağlı Olarak Yararlı Düzleme Düşen Işık Oranı

Işığın iç yüzeylerde boşuna tüketilmesi, bu yüzeylerin ışık yansıtma çarpanına bağlı olarak gerçekleşir. Bir iç mekanda, aydınlıktan yararlanılacak alanlar dışındaki doğrultulara giden ışık üzerine düştüğü yüzeylerde belli oranda yutulur, belli oranda da yansır. Bu yüzeylerden yansıyan

ışık, 3.2. bölümde belirtildiği gibi, belli oranda yararlı alanlarda oluşan aydınlık düzeyine katkıda bulunur ve çevre görünürlüğünü sağlar; yutulan ışık ise iç yüzeylerde kaybolur. İç yüzeylerde boşa harcanan ışık, bu yüzeylerden yansımayan ışıktır. Yararlı düzleme düşen ışık oranının (b) iç yüzeylere bağlı olan bölümü ( $b_3$ ) 5 numaralı eşitlik ile saptanabilir.

$$b_3 = \frac{A_{\text{ort}}}{A_{\text{ortopt}}} \quad (5)$$

$A_{\text{ort}}$ : mekan iç yüzeylerinin ortalama yansıtma çarpanı

$A_{\text{ortopt}}$ : mekan iç yüzeylerinin önerilen ortalama yansıtma çarpanı

$A_{\text{ort}} \geq A_{\text{ortopt}}$  ise  $b_3=1$  olur.

Örneğin, bir mekan içindeki yüzeylerin yansıtma çarpanlarının ortalaması, mekan işlevine ve özelliklerine göre aydınlatma literatüründe olması önerilen yansıtma çarpanları doğrultusunda 0.55 olabilecek iken yalnızca 0.40 ise, ışığın ~0.27 si iç yüzeylerde kaybolmuş olur. İç yüzeylerin yansıtma çarpanına bağlı kayıp sonucunda elde edilebilen ışık oranı ~0.73 değerindedir.

## 4. AYDINLIĞIN İYİ GÖRME KOŞULLARINI SAĞLAYABİLEN ORANININ BELİRLENMESİ

Bir hacmin yararlı alanlarında oluşan aydınlığın özellikleri aydınlatma tasarım ölçütleri açısından gereksinimleri karşılamalıdır. Söz konusu gereksinimler karşılanamadığında iyi görme koşulları elde edilemeyeceğinden hacimde sağlanmış olan aydınlığın boşuna harcandığı düşünülebilir. Bu bölümde, bir hacimde elde edilmiş aydınlığın iyi görme koşullarını sağlayabilen oranının belirlenmesinde izlenen yol

- aydınlık düzeyi,
- ışık rengi,
- ışığın doğrultusu ve gölge niteliği,
- aydınlık dağılımı,
- kamaşma

başlıkları altında verilmiştir.

#### 4.1. Aydınlık Düzeyi

Hacimlerde işleve göre sağlanması gereken minimum ortalama aydınlık düzeyleri çeşitli kuruluşlarca tanımlanmıştır [3, 4, 5]. Aydınlığın iyi görme koşullarını sağlayabilen oranının (c) aydınlık düzeyine bağlı bölümü ( $c_1$ ) 6-7 numaralı eşitlikler ile bulunabilir.

$$E < E_m \text{ ise, } c_1 = E/E_m \quad (6)$$

$$E > E_m \text{ ise, } c_1 = E_m/E \quad (7)$$

E: oluşturulan ortalama aydınlık düzeyi ( $\text{lm}/\text{m}^2$ )

$E_m$ : işleve göre oluşturulması gereken minimum ortalama aydınlık düzeyi ( $\text{lm}/\text{m}^2$ )

$E_{\max} = 1.5 E_m$ : aydınlık düzeyi skalasında bir üst basamaktaki aydınlık düzeyi

#### 4.2. Işık Rengi

Bir aydınlatma düzeninde yer alan lamba ışığının renk sıcaklığı ve renksel geriverimi görme konusunun özelliklerine uygun olmalıdır. Renk sıcaklığının seçiminde, genel olarak işleve göre hacimde oluşturulacak ortalama genel aydınlık düzeyi; koşullara göre kimi zaman da mekan iç yüzeylerinin ve mekan içindeki nesnelerin renkleri, iklim vb. konular belirleyici olur. Aydınlığın iyi görme koşullarını sağlayabilen oranının (c) renk sıcaklığına bağlı olan bölümü ( $c_2$ ), hacimde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi dikkate alınarak 8-9 numaralı eşitlikler ile hesaplanabilir.

$$K < K_{\text{opt}} \text{ ise, } c_2 = K/K_{\text{opt}} \quad (8)$$

$$K > K_{\text{opt}} \text{ ise, } c_2 = K_{\text{opt}}/K \quad (9)$$

K: kullanılan lambanın renk sıcaklığı

$K_{\text{opt}}$ : aydınlık düzeyine bağlı olarak kullanılması önerilen renk sıcaklıkları

Örneğin, hacimdeki aydınlık düzeyine bağlı olarak kullanılması önerilen renk sıcaklıkları ( $K_{\text{opt}}$ ) 3000-5500 K, kullanılan ışığın renk sıcaklığı, 3000-5500 K arasında herhangi bir değerde ise  $c_2=1$ ; 2800 ise  $c_2=0.93$  (2800/3000); 6000 ise  $c_2=0.92$  (5500/6000) olur.

Aydınlığın iyi görme koşullarını sağlayabilen oranının (c) renksel geriverime bağlı olan bölümü ( $c_3$ ), hacim içindeki işlev dikkate alınarak 10 numaralı eşitlik ile bulunabilir.

$$c_3 = R_a/R_{a\text{opt}} \quad (10)$$

$R_a$ : kullanılan lambanın renksel geriverim indeksi

$R_{a\text{opt}}$ : işleve bağlı olarak kullanılması önerilen renksel geriverim indeksi

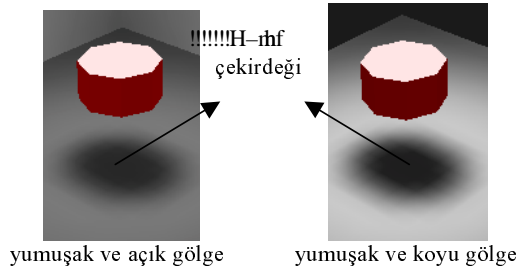
Örneğin, hacmin işlevine göre kullanılması uygun kabul edilen renksel geriverim indeksleri 80-89, kullanılan ışığın renksel geriverim indeksi 80-89 arasında ya da bunun üstünde ise  $c_3=1$ ; 72 ise  $c_3=0.9$  (72/80) olur.

#### 4.3. Işığın Doğrultusu ve Gölge Niteliği

Bir hacimde ışığın doğrultusu açısından gereksinimler genelde hacmin işlevi ve hacim içindeki nesnelerin biçimsel (iki ya da üç boyutlu) ve dokusal özellikleri ile ilgilidir. Bu özellikler doğrultusunda elde edilmek istenen görüntüye bağlı olarak hacim içindeki aydınlığın, “doğrultulu ışık”, “yayımlık ışık” ya da doğrultulu ışık ve yayımlık ışığın değişen oranlarda birlikte var olduğu “baskın doğrultulu ışık” ile oluşturulması gerekir. Işığın doğrultusuna ilişkin istenen koşulların sağlanması, gölge niteliği konusundaki gereksinimlerin karşılanmasında olduğu gibi, temelde hacimde uygulanan aydınlatma biçimi ile iç yüzey yansıtma çarpanlarına bağlıdır. Genelde, aydınlatma biçimi ve yüzey yansıtma çarpanlarına bağlı olarak ortaya çıkan, koşullara göre olumlu ya da olumsuz sonuçlar hem ışığın doğrultusu hem de gölge niteliği için geçerlidir. Bu nedenle, aydınlığın iyi görme koşullarını sağlayabilen oranının ışığın doğrultusuna bağlı bölümünün büyüklüğü, hacimde elde edilen gölge niteliğinin iyi görme verimine yaptığı katkı ile genel olarak aynı kabul edilebileceğinden ayrıca hesaplanmamıştır.

Gölgelerin niteliğini iki ayrı özellik belirler. Bunlardan ilki gölge sınırının kesin olup olmayışı ile ilgilidir. Sınırları kesin olarak algılanan bir gölge

“sert” bir gölgedir. Buna karşılık, gölge sınırının kolay algılanamadığı durumda “yumuşak” bir gölgeden söz edilir. Gölge çekirdeğinin toplam gölge alanına oranı gölgenin ne ölçüde yumuşak ya da sert olduğunu belirler. Bir gölge, ister yumuşak ister sert olsun, açık ya da koyu algılanabilir. Bu değerlendirme, gölgenin ışıklılığı ile gölgenin yakın çevresinin ışıklılığı arasındaki farka bağlı olarak yapılır. Gölge sınırının kesinliği için aydınlatma aygıtının boyutu; gölge ile çevresinin ışıklılıkları konusunda ise iç yüzeylerin yansıtma çarpanı önemli ölçüde belirleyici olur. Gölge niteliğinin iyi görme verimine yaptığı katkıyı saptayabilmek için “gölge sınırının kesinliği” ve “gölgenin açıklık koyuluğu” na ilişkin sayısal büyüklükler tanımlanmıştır [2, 6, 7] (Şekil 2, Tablo 2-3).



Şekil 2- Yumuşak gölge örnekleri

Tablo 2-3’ teki veriler doğrultusunda, aydınlığın iyi görme koşullarını sağlayabilen oranının (c) gölge özelliklerine bağlı bölümü ( $c_4$ ,  $c_5$ ) 11-12 numaralı eşitlikler ile hesaplanabilir.

$$c_4 = 0.48/G_s \quad (11)$$

0.48:  $G_s$  için kabul edilebilir alt sınır

$G_s$ : gölge çekirdeği büyüklüğünün toplam gölge alanına oranı

$$G_s \leq 0.48 \text{ ise } c_4 = 1 \text{ olur.}$$

$$c_5 = 4.61/G_L \quad (12)$$

4.61:  $G_L$  için kabul edilebilir alt sınır

$G_L$ : çevre ışıklılığının gölge çekirdeği ışıklılığına oranı

$$G_L \leq 4.61 \text{ ise } c_5 = 1 \text{ olur.}$$

Tablo 2-3’ te yer alan değerlendirmeler ve 11-12 numaralı eşitliklerden anlaşıldığı gibi, iyi görme koşullarının elde edilebilmesi için yumuşak ve açık gölgeler yeğlenmelidir.

#### 4.4. Aydınlık Dağılımı

Bir mekan içindeki aydınlık dağılımı, her bölümü aynı biçim ve yoğunlukta kullanılan derslik, büro, atölye gibi hacimlerde “düzgün yayılmış”

Tablo 2- Gölge sınırının kesinliği [6, 7]

Gölge sınırı kesinliğinin değerlendirmesi	Gölge çekirdeği büyüklüğünün toplam gölge alanına oranı ( $G_c$ )
çok yumuşak gölge	0.10 - >0
yumuşak gölge	0.27 - >0.10
az yumuşak gölge	0.48 - >0.27
az sert gölge	0.73 - >0.48
sert gölge	<1 - >0.73
çok sert gölge	1

Tablo 3- Gölgenin açıklık koyuluğu [2]

Gölgenin açıklık koyuluğunun değerlendirmesi	Çevre ışıklılığının gölge çekirdeği ışıklılığına oranı ( $G_L$ )
çok açık gölge	>1 - ≤1.45
açık gölge	>1.45 - ≤2.34
az açık gölge	>2.34 - ≤4.61
koyu gölge	>4.61 - ≤14.62
çok koyu gölge	>14.62 - ≤∞



olmalıdır. Buna karşılık, her bölümü aynı biçim ve yoğunlukta kullanıma ayrılmamış lobi, lokanta, dinlenme/bekleme odası gibi hacimlerde düzgün yayılmış aydınlık bir gereksinim değildir ve aydınlık dağılımına ilişkin istekler çok farklı olabilir [8]. Ayrıca, bir mekan içinde, insanları yönlendirmek, dikkat çekmek ya da hacmin belli bir bölgesinde daha yüksek aydınlığa gereksinme duyulması gibi nedenlerle genel aydınlık düzeyinden daha yüksek nicelikte bölgesel aydınlatmaların yapılması gerekebilir. Gerek bölgesel aydınlatmaların özellikleri gerekse düzgün yayılmamış aydınlıktaki değişiklikler, her hacimde, her konuda farklı olabilir. Bu nedenle, kapsamı sınırlı bu çalışma içinde yalnızca düzgün yayılmış aydınlığın gerektiği koşullar için, aydınlık dağılımı iyi görme verimi açısından değerlendirilmiştir.

Bu bağlamda, aydınlığın iyi görme koşullarını sağlayabilen oranının (c) aydınlık dağılımına bağlı bölümü ( $c_6$ ) 13 numaralı eşitlik ile saptanabilir.

$$c_6 = (E_{\min}/E)/0.70 \quad (13)$$

$E_{\min}/E$ : çalışma alanında elde edilen aydınlığın düzgün yayılmışlığı

0.70: çalışma alanında düzgün yayılmış aydınlık için kabul edilebilir alt sınır [3]

$E_{\min}/E \geq 0.70$  ise  $c_6=1$  olur.

#### 4.5. Kamaşma

Bir hacimde iyi görme koşullarının sağlanması için her türlü kamaşmanın önlenmesi gerekir. Bu çalışmada, kamaşma türlerinden yalnızca doğrudan kamaşma iyi görme verimi açısından değerlendirilmiş; lamba/aygıt konumu ve ışıklılığı, gözlemci konumunun yanı sıra mekan iç yüzeyleri ile iç mimari elemanların yüzeylerinin dokusal özelliklerinin de belirleyici olduğu yansımaya kamaşma konusuna yer verilememiştir. İyi görme veriminin eksiksiz saptanabilmesi için, yansımaya kamaşma ile ilgili değerlendirmelerin de mutlaka yapılması gerektiği açıktır. Aydınlığın iyi görme koşullarını

sağlayabilen oranının (c) doğrudan kamaşmaya bağlı bölümü ( $c_7$ ) 14 numaralı eşitlik ile bulunabilir.

$$c_7 = UGR/UGR_{\max} \quad (14)$$

$UGR_{\max}$ : hacimde çalışma alanlarına göre elde edilen maksimum kamaşma indeksi

UGR: hacmin işlevine göre kamaşma indeksi açısından kabul edilebilir üst sınır

$UGR_{\max} \leq UGR$  ise  $c_7=1$  olur.

### 5. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Bu bölümde, iyi görme veriminin belirlenmesine yönelik yapılan örnek uygulamalarda elde edilen sonuçlar özetlenmiş ve değerlendirilmiştir. Ulaşılan sonuçları birbiri ile karşılaştırarak enerji kaybının hangi koşullarda ne büyüklükte olduğunu ortaya koymak amaçlandığından, boyutları (5m×5m×2.8m) ve tefrişi aynı dört adet büro hacmi ele alınmıştır. Hacimler arasındaki farkları, yüzeylerin yansıtma çarpanları, lamba özellikleri ve/ya da sayısı, aydınlatma aygıtı özellikleri ve/ya da sayısı ile aygıt yerleşim düzeni oluşturmaktadır. İyi görme veriminin hesaplanmasında dikkate alınan veriler ve yapılan kimi kabuller aşağıda verilmiştir (Tablo 4-5):

- Aydınlatma tekniği açısından bürolarda kullanılacak lambanın ışıksal verimi ( $\rho_{opt}$ ) için ortalama bir değer olarak “90 lm/W” alınmıştır. Bu değer saptanırken, bürolarda kullanılması uygun ve yaygın olan flüoresan lamba ve bu lambanın çeşitli özellikleri değerlendirilmiştir.
- Bürolarda aydınlatma tekniği açısından kullanılacak aydınlatma aygıtının geriverimi ( $\rho_{opt}$ ) için, çeşitli aygıt kataloglarındaki veriler ışığında üst değer olarak “0.70” alınmıştır.
- Bürolarda kullanılması önerilen mekan iç yüzeyleri optimum yansıtma çarpanları ( $\rho_{ort}$ ); “tavan: 0.75, duvarlar: 0.55; döşeme: 0.35” biçiminde tanımlanmıştır. Bu belirleme, literatürde büro iç yüzeyleri için önerilen yansıtma çarpanı alt ve üst sınırların ortalaması alınarak yapılmıştır [3].

- Bürolarda oluşturulması gereken minimum ortalama aydınlık düzeyi ( $E_m$ ) “500 lm/m<sup>2</sup>” olarak alınmıştır [3, 4, 5].
- Hacimlerde kullanılması önerilen renk sıcaklıkları ( $K_{opt}$ ), 500 lm/m<sup>2</sup> ortalama aydınlık düzeyi dikkate alınarak Kruithof’a göre belirlenmiştir: 3100 K-5200 K.
- Bürolarda kullanılması önerilen renksel geri-verim indeksi ( $R_{a,opt}$ ) “80” olarak alınmıştır.
- Aydınlığın iyi görme koşullarını sağlayabilen oranının aydınlık dağılımına bağlı bölümü saptanırken, çalışma alanı olarak masa yüzeyleri dikkate alınmıştır.
- Hacimlerde kamaşma indeksi açısından kabul edilebilir üst değer olarak (UGR) “19” kullanılmıştır. UGR hesapları, konumu ve bakış doğrultusu her bir kullanıcı için ayrı ayrı belirlenen, 0.40m×0.80m lik bir alan içinde 0.1m aralıklarda yapılmıştır.

## 6. SONUÇ

Aydınlatma için tüketilen enerjinin koşullara göre az ya çok bir bölümü, iyi görme koşullarının yaratılmasına hiçbir katkı sağlamadan yok olmak-

tadır. Enerji tüketimini/harcamalarını azaltmak konusunda alınan başlıca ve çoğu kez tek önlem, ışıksal verimi düşük lambalar yerine yüksek olanları kullanmak ile sınırlı kalmaktadır. Oysa, elektrik enerjisinden ışık üretimi sırasındaki enerji kaybı, kayıp aşamalarından yalnızca biridir ve enerji tüketiminden artırım sağlanması bir dizi önlemin birlikte alınmasına bağlıdır. Bu çalışma içinde enerjideki kayıp aşamaları açıklanmış ve ışık üretiminden iyi görme koşullarının sağlanmasına değin çeşitli aşamalarda söz konusu kayıp oranlarının birbirine eklenerek büyüdüğü yapılan örnek uygulamalar ile ortaya konmuştur. Yapılacak daha ayrıntılı bir çalışma içinde, yansıma ile kamaşma, bakımsızlıkla ilgili kayıplar da değerlendirilerek iyi görme verimi hesabına katılmalıdır.

Aydınlatma tasarımlarında yapılan seçimlerin, alınan kararların çeşitli aşamalarda enerji kayıplarını olabildiğince önlemeye yönelik olması, yani iyi görme verimi yüksek ortamların oluşturulması gereklidir. Bu bağlamda, iyi görme veriminin kabul edilebilir alt sınırına ilişkin belirlemeleri içeren, aydınlatma tasarımlarında referans alınabilecek bir standardın oluşturulması yararlı olacaktır.

**Tablo 4-** Örnek hacimlerin, aygıtların, lambaların özellikleri ve hesaplanan değerler

H	$T$	$D_v$	$D_s$		Lamba						UGR	E	$E_{min}/E$	$G_s$	$G_L$
					Tür	Sayı			K	$R_a$					
1	0.70	0.50	0.20	0.60	KF	8	77.6	4500	3000	82	17	597	0.83	0.15	2.1
2	0.80	0.70	0.40	0.68	F	6	90.1	5000	3000	85	16	692	0.86	0.20	1.6
3	0.75	0.70	0.10	0.74	F	10	81.6	3100	6500	85	14	710	0.84	0.08	1.9
4	0.80	0.70	0.40	0.70	F	6	86.5	4800	5000	85	16	657	0.87	0.20	1.6

H: Hacim; KF: Kompakt flüoresan lamba; F: Flüoresan lamba

**Tablo 5-** Örnek hacimlerde iyi görme verimi için elde edilen değerler

Hacim	a	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	$c_5$	$c_6$	$c_7$	İGV
1	0.86	0.86	1	0.87	1	0.97	1	1	1	1	1	0.62
2	1	0.97	0.92	1	1	0.97	1	1	1	1	1	0.87
3	0.91	1	1	1	1	0.80	1	1	1	1	1	0.73
4	1	1	0.93	1	1	1	1	1	1	1	1	0.93



### KAYNAKLAR

- [1] Ş. Sirel, Aydınlatmada Enerji Kaybı, YFU, Nr:3, İstanbul, 1991.
- [2] L. D. Öztürk, The Effect of Luminance Distribution on Interior Perception, Architectural Science Review, Volume 46, Number 3, 233-238, September 2003.
- [3] CIE, Lighting in Indoor Work Places, CIE 008.1/E, 2000.
- [4] SLG, LiTG, LTAG, NSVV, Handbuch für Beleuchtung, Verlag W. Girardet, Essen, 1975.
- [5] CIBSE, Code für Interior Lighting, Delta House, London, 1994.
- [6] W. Herkner, Psychologie, Springer Verlag, Wien, 1986.
- [7] R. Ünver, L. D. Öztürk, Toplu Konutlarda Yapı Yüzü Renk Tasarımında Temel İlkeler ve Öneriler”, YTÜ Araştırma Fonu, Araştırma Projesi, Proje No: 99-03-01-02, İstanbul, 2002.
- [8] Ş. Sirel, Aydınlığın Niteliği, YFU, Nr:4, İstanbul, 1992.