



## Efficiency of light shelves according to latitudes in office buildings

Cüneyt Kurtay<sup>1\*</sup>, Okay Esen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Architecture, Gazi University, Ankara, 06570, Turkey

<sup>2</sup>YITDB, Hacettepe University, Ankara, 06230, Turkey

### Highlights:

- The correlation between latitude with light shelf size and position is determined
- The new curve pairs are created from the arrangement of light shelves according to latitudes
- A new method is created to determine the light shelf dimensions practically from the new curves.

### Graphical/Tabular Abstract

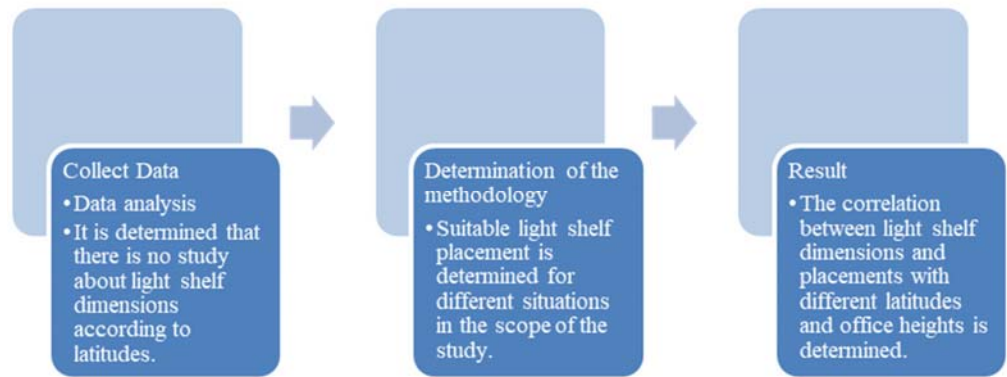


Figure A. Study plan of light shelf placement according to latitudes

### Keywords:

- Light shelf design
- Office buildings
- Daylight efficiency
- Office height
- Effect of latitudes

### Purpose:

The purpose of this research is to explore the effect of location on earth to the light shelf size & position and the correlation between latitudes with light shelf placements for 3 different office heights.

### Article Info:

Research Article

Received: 22.02.2016

Accepted: 13.08.2018

### Theory and Methods:

This research used Ecotect and Radiance software as tools to simulate daylight performance of various light shelf sizes and positions. Ecotect software is used for energy analysis of a building and it is compatible for modeling and exporting environment geometry for Radiance calculation. Modeling and placement of sensors are done by using Ecotect software and daylight calculations are done by Radiance software based on Daylight Factor (DF).

### DOI:

10.17341/gazimmfd.460483

### Results:

New Curve pairs are obtained by joining interior and exterior end points of light shelves with splines separately according to latitudes and the correlation between latitudes and light shelf size/position is created.

### Conclusion:

Light shelf is one of the improved daylight guiding system. The suitable position and size of the light shelf is essential to use the light shelf effective. The correlation between light shelf placements with latitudes related to worldwide is revealed in this study. Also, the methodology to determine the suitable light shelf dimensions used in this study could be considered for a random building on any latitude.

### Correspondence:

Author: Cüneyt Kurtay  
e-mail: kurtay@gazi.edu.tr  
phone: +90 312 582 3610



## Ofis yapıları için ışık rafı tasarımında 30° ve 45° enlemlerinde optimum verim sağlanması için bir yöntem

Cüneyt Kurtay<sup>1\*</sup>, Okay Esen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Ankara, 06570, Türkiye

<sup>2</sup>Hacettepe Üniversitesi, YİTDB, Mimari, Ankara, Türkiye

### Ö N E Ç I K A N L A R

- Hafif raf ölçüsü ile enlem ve pozisyon arasındaki korelasyon belirlenir
- Yeni eğri çiftleri, enlemlere göre ışık raflarının düzenlenmesinden oluşturulmuştur.
- Hafif raf boyutlarını pratikte yeni eğrilerden belirlemek için yeni bir yöntem oluşturulmuştur

### Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 22.02.2016

Kabul: 13.08.2018

DOI:

10.17341/gazimmfd.460483

### Anahtar Kelimeler:

Işık rafları,  
ışık rafı tasarımı,  
doğal aydınlatma,  
ofis yapılarında doğal  
aydınlatma, gün ışığı

### ÖZET

Işık rafı uygulamaları, gün ışığı aydınlığını verimli kullanarak, enerji korunumuna yardımcı olan gelişmiş gün ışığı aydınlatma sistemlerinden biridir. Enlem, ışık rafı yerleşimini ve verimini etkileyen önemli bir parametredir. Bu çalışma da, Türkiye'nin de içinde bulunduğu, 30° ve 45° enlemleri için ışık rafı yerleşimleri ve verimleri, tip bir ofis ünitesinde, farklı yükseklikler için araştırılmıştır. Hesaplamalarda, Ecotect ve Radiance yazılımları kullanılmıştır. Sonuçta, belirlenen koşullar içinde, 30° ve 45° enlemlerinde, iç ışık rafı yerleşimlerinin uygun olduğu ve ışık rafı verimlerinin ofis yüksekliği ile birlikte arttığı tespit edilmiştir.

## A method about light shelf design to provide optimum efficiency for office buildings on 30° & 45° latitudes

### H I G H L I G H T S

- The correlation between latitude with light shelf size and position is determined
- The new curve pairs are created from the arrangement of light shelves according to latitudes
- A new method is created to determine the light shelf dimensions practically from the new curves

### Article Info

Research Article

Received: 22.02.2016

Accepted: 13.08.2018

DOI:

10.17341/gazimmfd.460483

### Keywords:

Light shelf,  
light shelf design,  
natural lighting,  
natural lighting in office  
buildings, daylight

### ABSTRACT

Light shelf applications are one of the improved daylight system, help to contribute energy saving by using daylight effective. Latitude is an important parameter that affects the placement and efficiency of light shelf. The placement and efficiency of light shelf on 30°&45° latitudes that includes Turkey is investigated for a typical Office unit with different office heights in this study. Ecotect and Radiance software is used in calculations. Consequently, it is determined that the usage of interior positioned light shelf is suitable and the efficiency of light shelf increases with office height within determined conditions on 30° and 45° latitudes.

\*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: kurtay@gazi.edu.tr, okayesen@gmail.com / Tel: +90 312 582 3610

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Gün ışığı, konforlu bir iç ortam oluşumunu sağlamak ve binalarda enerji tasarrufuna yardımcı olmak için etkili bir unsurdur[1]. Gün ışığı duyarlı mimaride doğal aydınlığın verimli kullanımı önem taşır[2]. Günışığı aydınlatma sistemleri, gölgeleme etkisine göre 2 ana gruba ayrılır ve gün ışığını yönlendirmek, kontrol etmek amacıyla cam cephe elemanlarıyla birlikte kullanılır[3]. Son zamanlarda, birçok gün ışığı aydınlatma sistemleri geliştirilmiştir. Anidolik sistemler[4], yansıtıcı panjurlar[5], holografik güneş panelleri[6], ışık tüpü[7] güncel günışığı sistemlerinden bazılarıdır.

Işık rafları, gelişmiş gün ışığı aydınlatma sistemlerden biridir[8]. Işık rafı, pencerelerin içinde, dışında veya her iki yönde konumlandırılabilen, üst yüzeyi yansıtıcı olan, yatay veya açılı düzlemsel plakadır[9]. Gölgeleme elemanı olarak, gelen direkt güneş ışığını engeller, kamaşmayı azaltarak mekânın aşırı ısınmasını engellemeye yardımcı olur. Gün ışığı aydınlatma sistemi olarak ise, gelen aydınlığı mekânın içlerine ulaştırabilir ve gün ışığı aydınlık seviyelerini düzenler. Işık rafı sistemi, gelen günışığının tavadan mekânın içerilerine yansıtılması ilkesine dayanmaktadır[9]. Işık rafı, mekân içinde istenilen aydınlık seviyeleri aralığını arttırabilir[10] ve doğal aydınlığın verimli kullanımıyla enerji tasarrufuna katkı sağlar[11]. Fosil kaynaklı enerjilerin kullanımından kaynaklı çevre kirliliğini azaltmak ve psikolojik, fizyolojik, görsel rahatsızlıkların minimize edilmesi sistemin faydalarıdır[12]. Işık rafı cephe sistemiyle beraber uygulanabileceği gibi prefabrike olarak üretilen rafların sonradan montajı da yapılabilir[13]. Bununla beraber, dış ışık raflarının temizlenmesindeki zorluklar ve iç ışık rafının depolama gibi yanlış kullanımları sistemin dezavantajları olabilmektedir[13].

Işık rafı boyutları, raf yerleşimi ve yansıtıcılığı, mekân ve tavan geometrisi, binanın yeri, iç ve dış engeller, kullanılan malzeme, cam geçirgenliği vb. ışık rafı performansını etkileyen başlıca faktörlerdir[9]. Işık rafıyla ilgili yapılmış olan birçok çalışma mevcuttur. Xue ve ekibi [14], Hong Kong da, tepe pencerelerinin, ışık rafı performansına etkisini araştırmıştır. Meresi[15], Atina'da, tipik bir sınıf biriminin güney cephesinde, ışık rafının hangi gün ışığı aydınlık sistemi ile birlikte kullanımının daha uygun olabileceğini araştırmıştır. Berardi ve Anaraki[16] yaptıkları çalışma da, Toronto'da bir ofis binasının güney cephesinde, ışık rafı performansını değerlendirmiştir. Soler ve Oteiza[17] yaptıkları çalışmada, Madrid için ışık rafı verimini araştırmışlardır. Joarder ve ekibi[18] ise Bangladeş, Dhaka da bir ofis binasında 1 metre boyunda, orta pozisyondaki bir ışık rafının uygun yükseklikteki yerleşimini araştırmışlardır. Literatürde, 30° ve 45° enlemleri için, farklı ofis yüksekliklerinde, uygun ışık rafı yerleşimleri ve ışık rafı verimleriyle ilgili bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu makalenin amacı, Türkiye'nin de içinde bulunduğu, 30° ve 45° enlemlerinde, uygun ışık rafı yerleşimlerinin ve verimlerinin farklı ofis yükseklikleri için (3m, 3.9m, 4.8m)

belirlenmesidir. 8m eninde 14m boyunda tip bir ofis ünitesi kapsamında hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Mekân içerilerindeki gün ışığı aydınlık dağılımının izlenebilmesi amacıyla boy/en oranı yüksek bir plan seçilmiştir. Uygun ışık rafı yerleşiminin belirlenebilmesi için kullanılan tüm kabuller ve parametreler çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır.

Çalışmanın sonucunda;

- 30° ve 45° enlemlerinde, iç ışık rafı yerleşiminin uygun olduğu belirlenmiş,
- Işık rafı verimlerinin ofis yüksekliği ile birlikte arttığı tespit edilmiştir.
- Uygun ışık rafı yerleşimi için bu çalışmada izlenen yol, farklı enlemlerde, herhangi yükseklikteki bir yapı için de kullanılabilir.

## 2. METHOD (METHODOLOGY)

Birçok ışık rafı yerleşimi için gün ışığı aydınlık performansının hesaplandığı bu çalışma da Ecotect[19] ve Radiance[20] yazılımları kullanılmıştır. Modelleme ve hesap noktaları yerleşimi Ecotect, gün ışığı faktörünü(DF) baz alan hesaplamalar ise Radiance yazılımı ile yapılmıştır. DF hesaplamalarının sadece CIE Standart Kapalı Gök tipinde gerçekleştirildiği-DF değeri, iç aydınlık seviyesinin dış aydınlık seviyesine yüzdelik oranı olarak tanımlandığından beri- ve bu değerlerin yapıdan ve zamandan bağımsız olduğunu vurgulamak önemlidir[21]. Bu çalışmada; DF değerleri ofis için istenilen aydınlık değer aralığına karşılık olarak, dış aydınlık seviyesi ise Dizayn Gök Aydınlatması(DGA) değeri olarak hesaplamalara dâhil edilmiştir. DGA'nın temel belirleyici enlemdir ve bu değer yapının yönünden bağımsızdır[22]. Bir başka deyişle, bu çalışma sonuçları yapının tüm yönleriyle ilgilidir, yapının yönünün değişmesi hesap sonuçlarını etkilemez.

Çalışmada izlenen yol aşağıda özetlenmiştir.

- 30° ve 45° enlemleri için DGA değerlerinin ve ofis için istenilen aydınlık değer aralığının belirlenmesi.
- Ecotect yazılımıyla tip ofis ünitesinin (8m x 14m) modellenmesi.
- Malzeme ve yansıtıcılık değerlerinin belirlenmesi.
- Hesap noktalarının çalışma düzleminde modellenmesi.
- Uygun ışık rafı yerleşimlerinin farklı ofis yükseklikleri için belirlenmesi. Bunun için birçok ışık rafı yerleşimi test edilmiş, ışık rafsız duruma göre istenilen aydınlık değer aralığını en fazla iyileştiren pozisyondaki ışık rafı yerleşimi uygun olarak değerlendirilmiştir.
- Işık rafı verimlerinin tablo haline getirilmesi ve sonuçların karşılaştırılması.

Tip ofis ünitesinde, uygun ışık rafı yerleşimlerinin belirlenebilmesi amacıyla hesaplamalarda kullanılan parametreler ve kabuller aşağıdaki gibidir.

### 2.1. Dizayn Gök Aydınlığı ve Ofisler için istenilen aydınlık değer aralıklarının Belirlenmesi

(Determination of Design Sky Illuminance and desired illuminance levels for offices)

Dizayn Gök Aydınlığı (DGA), mesai saatlerinde (09:00-17:00 arasında) tüm yılın %85'inde, gün ışığı aydınlığının üzerinde olduğu, gün ışığı aydınlık analizinde kullanılan konservatif değerdir[23]. Dünya üzerinde çeşitli enlemlerdeki yerleşimlerin dizayn gök aydınlık değerleri; Londra-52°-5000 Lx, Hobart-43° -5500 Lx, Sydney-33°-8000 Lx, Brisbane-27°-10000 Lx, Darwin-12°-15000 Lx, Nairobi-1° 18000 Lx 'tür [23]. Enlemlerdeki dizayn gök aydınlık değerleri grafik olarak ifade edildiğinde Şekil 1.a'daki çizim elde edilir. Bu çalışmada; 30° ve 45° enlemlerinde hesaplama yapılması planlanmıştır. Çalışmaya esas enlemlere karşılık gelen dizayn gök aydınlık değerleri Şekil 1.b'deki gibidir. European Standard EN 12464-1' e göre, ofislerde okuma, yazma, bilgi işlem eylemleri için 500 lx aydınlık seviyesine ihtiyaç vardır [24]. Bir yüzeydeki minimum aydınlık seviyesinin ortalama aydınlık seviyesine oranı "aydınlık homojenliği(Uo)" olarak ifade edilmektedir. Bu değer, ofis görev alanında EN 12464-1'e göre minimum 0,60'dır. Böylece, ofis içinde istenilen aydınlık değer aralığı 300lx-500lx olarak elde edilir. Çalışmaya konu olan enlemlerde, çalışma düzleminde, istenilen aydınlık değer aralıklarına (300lx -500lx) karşılık gelen Günışığı faktörü (DF) değerleri de Şekil 1.b'de gösterilmiştir. Aşağıdaki eşitlikte(1), 30°enleminde DF değer aralığının nasıl belirlendiğini örneklendirilmiştir.

$$30^\circ \text{ enleminde } DGA = 8900 \text{ lx,}$$

$$300 \text{ lx} / 8900 \text{ lx} = 0,0337, \%DF = 3,37$$

$$500 \text{ lx} / 8900 \text{ lx} = 0,0561, \%DF = 5,61 \quad (1)$$

### 2.2. Örnek Ofis Boyutlarının Belirlenmesi

(Determination of sample office unit dimensions)

Enlem ve ilişkili olarak DGA, mekân yeri, geometrisi ve boyutları, kullanılan malzeme, mobilya yerleşimi ve rengi, kullanılan malzemelerin yansıtıcılıkları, pencere şekli ve boyutu, cam geçirgenliği, dış ortam ve iç-dış engeller, gün ışığı aydınlık hesaplamalarının başlıca parametreleridir.

Simülasyonda, gün ışığının, iç mekândaki dağılımının gözlenebilmesi amacıyla; derinliği fazla, boy/en oranı yüksek, 8 metre eninde, 14 metre boyunda bir ofis birimi kullanılmıştır. Hesaplamalara esas örnek ofis hacmi, tip ofis birimlerinden oluşan 14 katlı ofis binasının orta ara bir katında (6. Kat) seçilmiştir. Düz, yeşil alana konumlanan yapının çevresinde engel olmadığı varsayılmıştır. Çalışmaya konu olan ofis ünitesi ve ofis binası Şekil 2'de gösterilmektedir. Her bir ofis yüksekliği için ayrı ayrı yapılan hesaplamalarda, yukarıda bahsedilen tüm parametreler –enlem (DGA) hariç- sabittir.

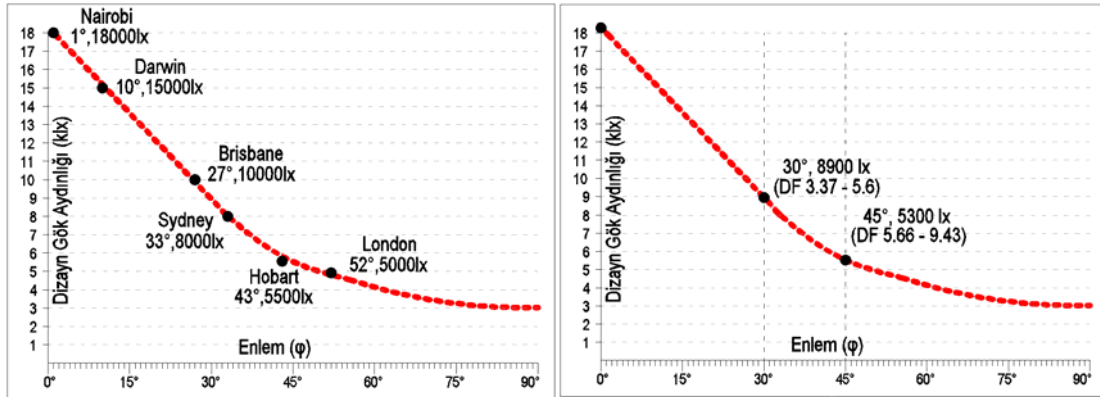
### 2.3. Ofis İçinde Kullanılan Malzemeler ve Yansıtıcılık Değerlerinin Belirlenmesi

(Determination of Materials and Light Reflection Values for the Office Unit)

Işık yansıtma değeri(IYD), ışık kaynağıyla aydınlatılan bir yüzeyden yansıyan görünür ve kullanılabilir ışığın ölçüsüdür. Çalışmada kullanılan malzemelerin ışık yansıtma değerleri[25] Tablo 1. deki gibidir. Çift cam geçirgenliği 0.643 olarak alınmıştır.

**Tablo 1.** Çalışmadaki malzemelerin ışık yansıtma değerleri

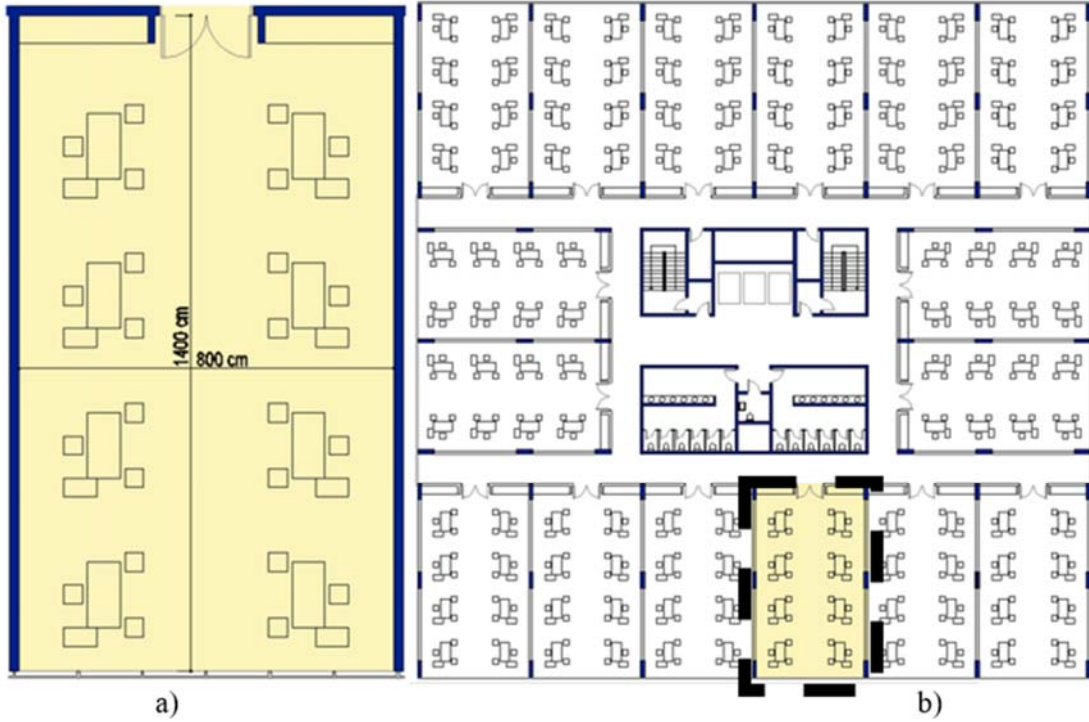
Tip Ofis Ünitesindeki Malzemelerin IYD	
Malzeme Adı	Işık Yansıtıcılık Değeri( $\rho$ )
MDF kaplı masa ve dolaplar	0,7
Lamine kapı	0,7
Alüminyum koltuk konstrüksiyonu	0,75
Koltuk kumaşları	0,4
Halı kaplama	0,4
Duvar	0,7
Alçı panel tavan	0,8
Kompozit ışık rafı	0,8
Alüminyum pencere profili	0,75
Yürüme yolu (dış ortamda)	0,7
Yeşil alan (dış ortamda)	0,4



a) Çeşitli enlemlerde DGA [5]

b) Seçilen enlemlerde DGA

**Şekil 1.** Enlemlere Göre Dizayn Gök Aydınlığı (DGA) (Design Skylight by Latitude)



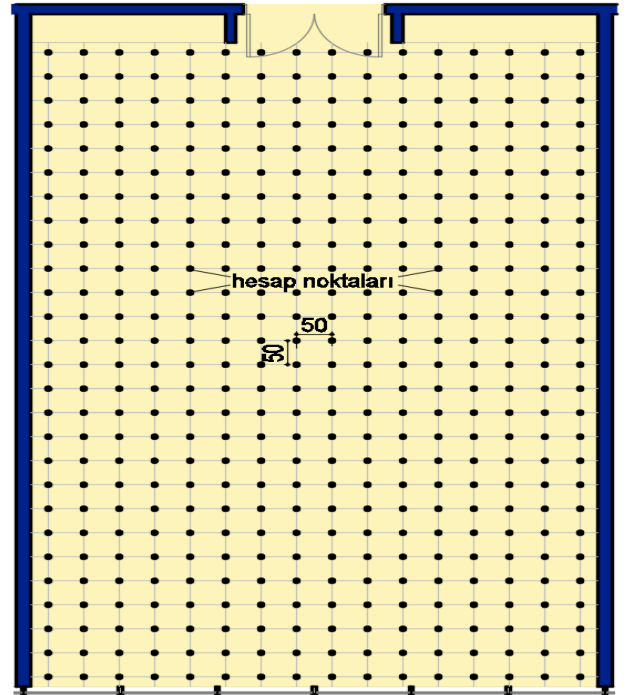
Şekil 2. Tip ofis ünitesi a) ve normal kat planı b) (Type office unit a) and normal floor plan b))

#### 2.4. Hesap Noktaları Yerleşimlerinin Belirlenmesi (Determination of Calculation Points Placement)

Toplam 432 adet hesap noktası, plan üzerinde yerden 75 cm yükseklikteki çalışma düzlemine yerleştirilmiştir[25]. Leed v4'e göre hesap yapılan hesap noktaları arasındaki mesafenin en fazla 60 cm olması gerekmektedir[26]. Bu çalışmada hesap hassasiyetini arttırmak ve aydınlık dağılımının sürekliliğini sağlamak amacıyla hesap noktaları arasındaki mesafe 50 cm olarak belirlenmiştir (Şekil 3).

#### 2.5. Enlemlere Göre Uygun Işık Rafı Boyut ve Pozisyonunun Belirlenmesi (Determination of Suitable Light Shelf Size and Position According to Latitudes)

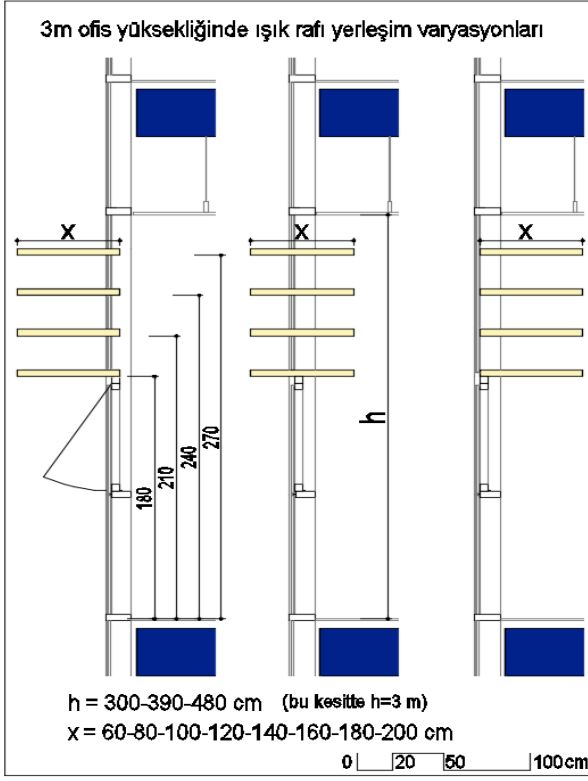
Bu çalışmada da, farklı ofis yüksekliklerinde, enlemlere göre, uygun ışık rafı boyut ve pozisyonunun belirlenmesi amacıyla birçok ışık rafı test edilmiştir. Işık raflarının iç, orta, dış yerleşimleri, enleri 60 cm'den 200 cm'e 20 cm artırılarak, yükseklikleri 180 cm'den (göz hizasının üzerinden) 30 cm artırılarak hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Işık rafı kalınlığı standart 5 cm alınmıştır. Uygun ışık rafı boyutları simülasyonla test edilerek belirlenmiş olup, uygulama da çelik teller kullanılabilir. 60 cm enindeki ışık rafı için test edilecek yerleşimler Şekil 4'te gösterilmiştir. Gün ışığı aydınlık hesapları her bir ışık rafı pozisyonu için yapılacaktır. Uygun ışık rafı yerleşiminin tespiti, test edilen ışık raflarıyla, ışık rafsız durumda, istenilen gün ışığı aydınlık değerleri aralığında (300lx-500lx) hesap noktaları sayıları arasındaki farka dayanmaktadır.



Şekil 3. Çalışma düzleminde hesap noktaları.  
(Account points in the working plane)

Örneğin 3 m ofis yüksekliğinde, 30° enleminde, 100 cm genişlikte, 180 cm yükseklikteki iç ışık rafı, diğer ışık rafı yerleşimlerinden daha iyi sonuçlar vermiştir. Bahsedilen pozisyondaki ışık rafı durumuyla, ışık rafsız durumdaki, 300lx

-500lx aralığındaki hesap noktaları sayıları arasındaki fark en fazladır.



Şekil 4. Işık rafı yerleşim varyasyonları  
(Light shelf placement variations)

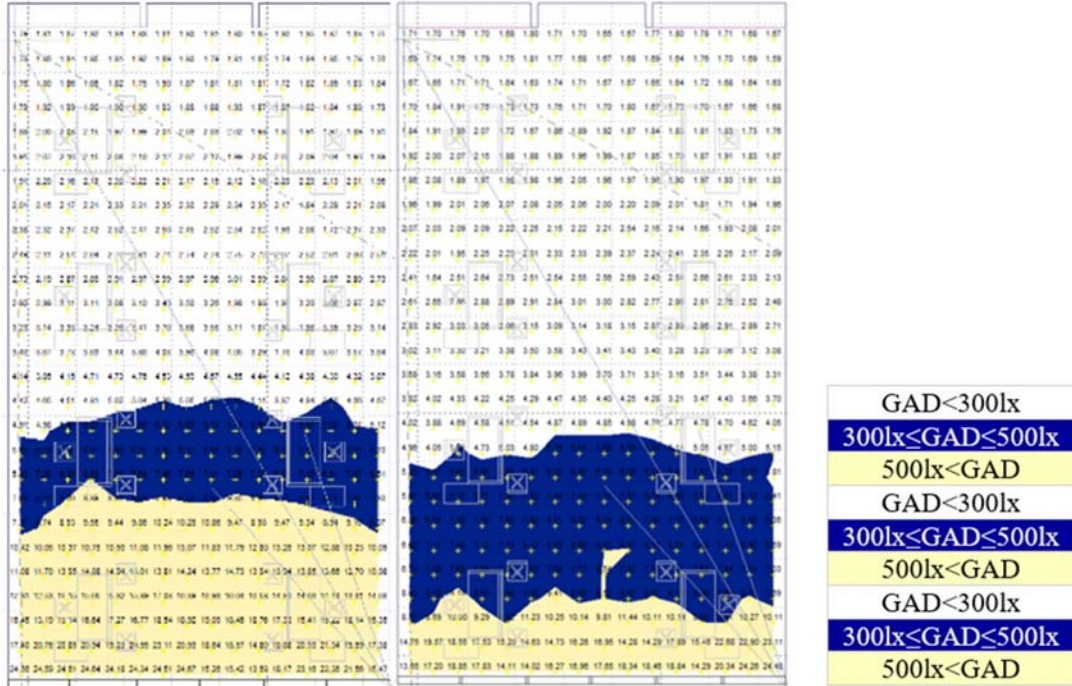
Aşağıdaki örnek şekilde (Şekil 5), 45° enleminde, 3,9m ofis yüksekliğinde ışık rafsız (solda) ve ışık raflı (sağda) durumda Günışığı aydınlık dağılımları (GAD) gösterilmektedir. Lacivert bölge ofislerde istenilen aydınlık değer aralığını ifade eder. Örnekte; ışık rafsız durumda 58 hesap noktası (58/432=%13,42), ışık raflı durumda 99 hesap noktası (99/432=%22,91) arzu edilen aydınlık değer aralığını sağlamaktadır.

### 3. FARKLI OFİS YÜKSEKLİKLERİ İÇİN 30° ve 45° ENLEMLERİNDE UYGUN IŞIK RAFI YERLEŞİMLERİNİN BELİRLENMESİ VE IŞIK RAFI VERİMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (DETERMINATION OF PLACEMENT OF SUITABLE LIGHT SHELF AND COMPARISON OF LIGHT SHELF EFFICIENCY FOR DIFFERENT OFFICE HEIGHTS ON 30° & 45° LATITUDES)

Çalışmanın bu bölümünde, 30° ve 45° enlemlerinde, farklı ofis yükseklikleri için (3m, 3.9m, 4.8m), uygun ışık rafı yerleşimleri belirlenmiş ve ışık raflarının verimleri listelenerek karşılaştırılmıştır.

#### 3.1. Farklı Ofis Yükseklikleri için 30° ve 45° Enlemlerinde Uygun Işık Rafı Yerleşimleri (Suitable Light Shelf Placements According to 30° ve 45° Latitudes for Different Office Heights)

Yapılan hesaplamalarla, 3 farklı ofis yüksekliği için 30° ve 45° enlemlerinde elde edilen uygun ışık rafı yerleşimleri sırasıyla numaralandırılarak aşağıdaki tablo da gösterilmiştir. (Tablo 2). Örneğin; 3,9m ofis yüksekliğinde (Ho), 45° enleminde 140cm eninde, 180 cm yükseklikte, standart 5cm kalınlıktaki iç ışık rafının yerleşimi uygun



Şekil 5. Işık rafsız (solda) ve ışık raflı (sağda) durumlarda Gün ışığı aydınlık dağılımları.  
(Daylight luminous distributions in cases without light racks (left) and light racks (right))

olarak tespit edilmiş ve 2 ile numaralandırılarak sistem kesiti üzerinde yerleşimi gösterilmiştir.

### 3.2. Farklı Ofis Yükseklikleri İçin 30° ve 45° Enlemlerinde Işık Rafı Verimleri

(Light Shelf Efficiency for Different Office Heights on 30° ve 45° Latitudes)

Farklı ofis yüksekliklerinde, 30° ve 45° enlemlerinde, ışık rafsız ve ışık raflı (Tablo 2) durumlarda, ofis için ihtiyaç duyulan aydınlık seviyesi aralığındaki (300lx- 500lx) hesap noktası sayıları ile elde edilen bu sayıları toplam, 432 hesap noktasına bölünmesiyle elde edilen yüzdelik oranları ve bu

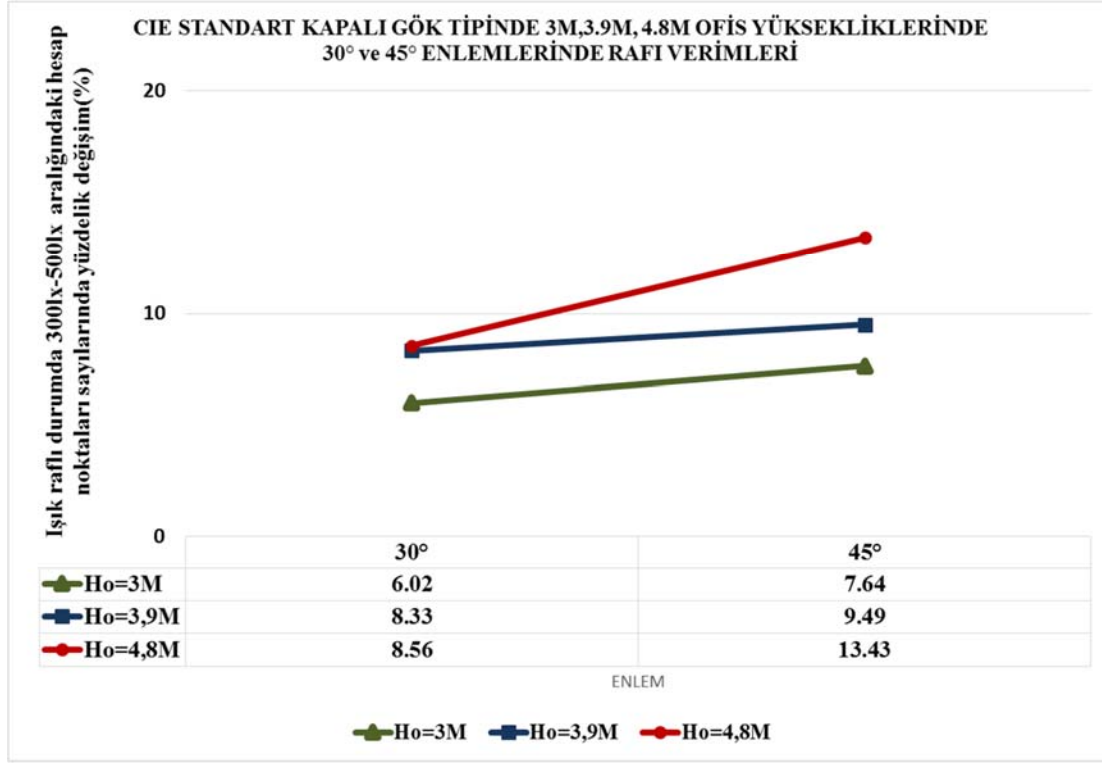
oranlar arasındaki farklar aşağıdaki tablo da (Tablo 3) gösterilmektedir. Yukarıda ki tablo da, ışık rafsız ve ışık raflı durumlar da, istenilen aydınlık seviyesi aralığındaki hesap nokta sayıları arasındaki yüzdelik farklar ışık rafının verimini ifade etmektedir. Örneğin: 4,8m ofis yüksekliği için, 30° enleminde, istenilen aydınlık seviyeleri aralığında (300lx-500lx) hesap noktaları sayısı; ışık rafsız durumda 84, ışık raflı durumda 121'dir. Hesap noktalarının toplam 432 hesap noktalarına yüzdelik oranları ise sırasıyla %19,44 ve %28,01, arasındaki fark -ışık rafı verimi- %8,56'dır. Işık rafı verimleri grafik olarak düzenlendiğinde aşağıdaki şekil elde edilmiştir (Şekil 6).

**Tablo 2.** Farklı ofis yüksekliklerinde, 30° ve 45° enlemlerine göre ışık rafı pozisyonları ve boyutları  
(Light shelf positions and dimensions at different office heights, 30 ° and 45 °)

Ho (m)	Enlem	Pozisyon	En (cm)	Yükseklik (cm)	Işık rafı yerleşimleri
3	30°	İç	140	180	
	45°	İç	100	180	
3,9	30°	İç	200	210	
	45°	İç	140	180	
4,8	30°	İç	200	300	
	45°	İç	200	180	

**Tablo 3.** Işık rafsız ve ışık raflı durumlarda 300lx-500lx aralığındaki hesap noktaları sayısı ve yüzdelik(%) oranları.  
(The number of account points in the 300 lx-500lx range and the percentage (%) rates in cases with and without light racks.)

Ho(m)	Enlem	Işık Rafsız		Işık Raflı		% Fark
		Hesap noktası sayısı	%	Hesap noktası sayısı	%	
3	30°	55	12,73	81	18,75	+6,02
	45°	39	9,03	72	16,67	+7,64
3,9	30°	63	14,58	99	22,92	+8,34
	45°	58	13,43	99	22,92	+9,49
4,8	30°	84	19,44	121	28,01	+8,56
	45°	66	15,28	124	28,70	+13,42



**Şekil 6.** CIE standart kapalı gök tipinde, 3m, 3,9m, 4,8m yüksekliklerinde 30° ve 45° enlemlerinde ışık rafı verimleri  
(Light rack efficiency at 30° and 45° latitudes at 3m, 3,9m, 4,8m heights in CIE standard closed sky type)

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Işık raflarının uygun yerleşimi ve boyutlandırılması, ışık raflarından doğru faydalanmak için gereklidir. Işık rafının uygun olmayan boyutu ve yerleşimi, mekân içinde istenilen gün ışığı aydınlık seviyelerine katkı sağlamayacağı gibi mevcut durumu negatif yönde etkileyebilecektir.

Bu çalışma da, farklı ofis yükseklikleri için, Türkiye'nin de içinde bulunduğu 30° ve 45° enlemlerinde uygun ışık rafı yerleşimleri belirlenmiş, ışık rafı verimleri karşılaştırılmıştır.

Çalışmaya konu olan 30° ve 45° enlemlerinde, 3m, 3,9m, 4,8m ofis yüksekliklerinde, ofis için ihtiyaç duyulan 300lx – 500lx aralığındaki hesap noktası sayılarını, ışık raflarının cephenin iç kısmında yerleşiminin arttırdığı belirlenmiştir. Farklı ofis yükseklikleri için, enlemlere göre hesaplanan uygun ışık rafı boyutları ve döşemeden mesafeleri sırasıyla:

- 3m ofis yüksekliğinde;  
30° enleminde, 140cm eninde, 180cm yükseklikte,  
45° enleminde, 100cm eninde, 180cm yükseklikte,
- 3,9m ofis yüksekliğinde;  
30° enleminde, 200cm eninde, 210cm yükseklikte,  
45° enleminde, 140cm eninde, 180cm yükseklikte,
- 4,8m ofis yüksekliğinde;  
30° enleminde, 200cm eninde, 300cm yükseklikte,  
45° enleminde, 200cm eninde, 180cm yüksekliktedir.

Enlemlere göre uygun yerleşimleri yukarıdaki şekilde belirlenen ışık raflarının verimleri, ofis yüksekliklerine göre sırasıyla:

- 3m ofis yüksekliğinde;  
30° enleminde %6.02,  
45° enleminde %7.64,
- 3,9m ofis yüksekliğinde;  
30° enleminde %8.33,  
45° enleminde %9.49,
- 4,8m ofis yüksekliğinde;  
30° enleminde %8.56,  
45° enleminde %13.43'tür.

Işık rafı verimleri; aynı enlem kuşaklarında ofis yükseklikleri ile birlikte artmış, aynı ofis yükseklikleri için ise enlemlerle birlikte yükselmiştir. Uygun ışık rafı boyutu, yerleşimi ve verimi için bu çalışma da kullanılan yöntem, herhangi bir enlemdaki, herhangi yükseklikteki bir yapı tipi için de kullanılabilir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Berardi U., Anaraki H., Analysis of the Impacts of Light Shelves on the Useful Daylight Illuminance in Office Buildings in Toronto, Energy Procedia, 78, 1793-1798, 2015.



2. Niko G., Thorbjörn L., Marie C.D., Lighting Control Systems In Individual Offices Rooms At High Latitude: Measurements Of Electricity Savings And Occupants' Satisfaction, *Solar Energy*, 127, 113–123, 2016.
3. Kjelld J., Richard W., Daylight in Buildings, ECBCS Annex 29 / SHC Task 21 Project Summary Report, Aecom, UK, 2010.
4. Linhart F., Wittkopf S.K., Scartezzini J.L., Performance of Anidolic Daylighting Systems in Tropical Climates – Parametric Studies for Identification of Main Influencing Factors, *Solar Energy*, 84–7, 1085–1094, 2010.
5. Leung T.C.Y., Rajagopalan P., Fuller R., Performance of a Daylight Guiding System in an Office Building, *Solar Energy*, 94, 253-265, 2013.
6. Collados M. Victoria, C.D., Atencia Jesús, Holographic Solar Energy Systems: The Role of Optical Elements, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 130-140, 2016.
7. Oh S.J., Chun W., Riffat S.B., Jeon Y.I., Dutton S., Han H.J., "Computational Analysis on the Enhancement of Daylight Penetration into Dimly Lit Spaces: Light tube vs. Fiber Optic Dish Concentrator", *Building and Environment*, 59, 261–274, 2013.
8. Rack N., Daylight in Buildings, A Source Book On Daylighting Systems And Components, A report of IEA SHC Task 21/ ECBCS Annex 29, Kanada, 2000.
9. Freewan A.A., Maximizing the light shelf performance by interaction between light shelf geometries and a curved ceiling, *Energy Conversion and Management*, 51, 1600–1604, 2010.
10. Yener A.K., Binalarda Günışığından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Sempozyum Bildirisi, İzmir, 2007.
11. Çetegen D., Enarun D., Köknel A., Batman A., Günışığı Yapay Işık Entegrasyonunu Sağlayan Işık Rafi Sisteminin İncelenmesi, <http://www.batmans.org/papers/12.pdf>, Erişim tarihi Aralık 20, 2015.
12. Okutan H., Gün Işığı ile Aydınlatmanın Temel İlkeleri ve Gelişmiş Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008.
13. Rungsta S., Singh V., Design Guide: Horizontal Shading devices and Light Shelves, ASU, ABD, 2011.
14. Xue P., Mak C.M., Cheung H.D., New static lightshelf system design of clerestory windows for Hong Kong, *Building and Environment*, 72, 368-376, 2014.
15. Meresi A., Evaluating daylight performance of light shelves combined with external blinds in south-facing classrooms in Athens, Greece, *Energy and Buildings*, 116, 190-205, 2016.
16. Berardi U., Anariki H. "Analysis of the Impacts of Light Shelves on the Useful Daylight Illuminance in Office Buildings in Toronto, *Energy Procedia*, 78, 1793-1798, 2015.
17. Soler A., Oteiza P., Light shelf performance in Madrid, Spain, *Building and Environment*, 32, 87-93, 1997.
18. Joarder A.R., Ahmed Z.N., Price A. and Mourshed M., A Simulation Assessment Of The Height Of Light Shelves To Enhance Daylighting Quality In Tropical Office Buildings Under Overcast Sky Conditions In Dhaka, Bangladesh, Eleventh International IBPSA Conference, 2009.
19. Berkeley Lab., Radiance Reference, <http://radsite.lbl.gov/radiance/framer.html>, Erişim tarihi Ağustos 08, 2015
20. Autodesk, Ecotect Reference, <http://usa.autodesk.com/ecotect-analysis/> Erişim tarihi Ocak 01, 2015
21. Reinhart C., Daylight Performance Predictions, <http://isites.harvard.edu/fs/docs/icb.topic1136042.files/04%20Reinhart-Daylight%20Performance%20Predictions%20pp.%20253-276.pdf>, Erişim tarihi Ağustos 08, 2015
22. EneDir G., The Use Of Fibre Optics On Energy Efficient Lighting In Buildings, Doctor of Philosophy, University of Leeds, School of Civil Engineering, UK, 2002.
23. Hensen J.L.M., Lamberts R., Building Performance Simulation for Design and Operation, Spon Press, UK, 2011.
24. European Standard EN 12464-1, Light & Lighting, Lighting of work places, 2011.
25. Lighting Guide 7: Office Lighting – Addendum, The Society of Light and Lighting, Cibse, UK, 2012.
26. International Leed Evaluation Certificate System, Leed v4.0, 2014.

