



**DOĞAL AYDINLATMADA KAPALI GÖK KOŞULLARINDA
FARKLI ENLEMLER İÇİN BELİRLENEN EN UYGUN IŞIK RAFI
TASARIMI İÇİN BİR YÖNTEM**

Okay ESEN

**DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK 2015

Okay ESEN tarafından hazırlanan “DOĞAL AYDINLATMADA KAPALI GÖK KOŞULLARINDA FARKLI ENLEMLER İÇİN BELİRLENEN EN UYGUN IŞIK RAFI TASARIMI İÇİN BİR YÖNTEM” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. Cüneyt KURTAY

Mimarlık, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan : Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU

Elektrik Elektronik Mühendisliği (Müh. Fak.), Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye : Prof. Dr. Aysu AKALIN

Mimarlık, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Doç. Dr. Semiha YILMAZER

Mimarlık, Bilkent Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye : Y. Doç. Dr. Gülsu ULUKAVAK HARPUTLUGİL

Mimarlık, Çankaya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Doktora Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 30/12/2015

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Doktora Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Metin GÜRÜ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Okay ESEN

30/12/2015

DOĞAL AYDINLATMADA KAPALI GÖK KOŞULLARINDA FARKLI ENLEMLER İÇİN BELİRLENEN EN UYGUN IŞIK RAFI TASARIMI İÇİN BİR YÖNTEM

(Doktora Tezi)

Okay ESEN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2015

ÖZET

Işık rafları gelişmiş gün ışığı aydınlatma sistemlerinden biridir. Işık raflarından maksimum verim elde etmek için uygun şekilde yerleştirilip, boyutlandırılması gerekir. Bu çalışmada, farklı enlemlerde kullanılabilecek ışık raflarının, doğru yerleştirilip, boyutlandırılmasına yardımcı olmak amacıyla eğriler oluşturulmuştur. Ecotect ve Radiance yazılımlarının kullanıldığı çalışma da 3m, 3,9m, 4,8m yükseklikteki tip ofis ünitelerinde, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemleri kullanılarak oluşturulan eğrilerin ara enlemler ve farklı ofis yüksekliklerinde pratikteki kullanımı için bir yöntem de geliştirilmiştir. Çalışma da ayrıca, CIE* standart kapalı gök tipinde uygun yerleşimleri belirlenen ışık raflarının, CIE standart açık gök tipinde, gündönümlerinde, 4 ana yönde verimleri belirlenmiştir. İlaveten, CIE standart kapalı gök tipinde, mekân içinde istenilen gün ışığı aydınlık değer aralığının, enlem ve ofis yüksekliklerine göre pencereden mesafeleri, doğal aydınlatmanın dikkate alındığı projelerde tasarımcılara tavsiyeler olarak sunulmuştur. Çalışmada belirlenen koşullarda, 0°-75° enlemleri arasında, 3m-4,8m ofis yükseklikleri arasında, uygun ışık rafı yerleşimi için kullanılabilecek eğriler “Cun-Okay” eğrileri olarak isimlendirilmiştir. *CIE (International Commission On Illumination)

Bilim Kodu : 802.1.040

Anahtar Kelimeler : Işık rafları, gün ışığı simülasyonu, CIE standart kapalı gök, CIE standart açık gök, doğal aydınlatma.

Sayfa Adedi : 129

Danışman : Doç. Dr. Cüneyt KURTAY

A METHOD FOR THE MOST SUITABLE LIGHT SHELF DESIGN, DETERMINED
FOR DIFFERENT LATITUDES, IN OVERCAST SKY CONDITIONS, IN NATURAL
LIGHTING

(Ph. D. Thesis)

Okay ESEN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2015

ABSTRACT

Light shelves are one of the improved daylight systems. Light shelves must be sized and positioned correctly to achieve the maximum efficiency. The curves are created to achieve the correct position and size of light shelf that can be used on different latitudes in this study by using Ecotect and Radiance softwares. Also a practical method is improved to use these curves for different interiors' heights and latitudes which are created for 3m, 3,9m, 4,8m interiors' heights on 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° latitudes. Addition to that, the efficiency of suitable light shelves, which are created in CIE* standard overcast sky type, are detected in CIE standard clear sky type for 4 main directions, in equinox. At the end, some advices are provided about distance of desired daylighting levels from window for designers interested in natural lighting. The curves, detected with determined conditions in this study, are named as "Cun-Okay" curves for using the sizing and positioning of light shelves between 0°-75° within 3m-4,8m office heights. *CIE (International Commission On Illumination)

Science Code : 802.1.040

Key Words : Light shelf, daylight simulation, CIE standard overcast sky, CIE standard clear sky, natural lighting

Page Number : 129

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Cüneyt KURTAY

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Sayın Doç. Dr. Cüneyt KURTAY'a, jüride katkılarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. M. Cengiz TAPLAMACIOĞLU ve Sayın Doç. Dr. Semiha YILMAZER'e, konuyla ilgili fikirlerinden esinlendiğim babam Ali Ergün ESEN'e, teknik desteklerinden dolayı annem Sema ESEN'e, ayrıca manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan sevgili eşim Havva ESEN'e, oğullarım Berkay ESEN ve Erdem ESEN'e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. GELİŞMİŞ GÜN IŞIĞI İLE AYDINLATMA SİSTEMLERİ.....	11
2.1. Gün Işığını Yönlendiren Sistemler.....	11
2.2. Gün Işığını Taşıyan Sistemler	14
3. IŞIK RAFLARI.....	17
4. DÜNYA ÜZERİNDEKİ KONUMA GÖRE IŞIK RAFI POZİSYON VE BOYUTUNUN BELİRLENMESİ	31
4.1. Dizayn Gök Aydınlığı Değerlerinin Belirlenmesi.....	31
4.2. Örnek Ofis Boyutlarının Belirlenmesi	32
4.3. Ofis İçinde Kullanılan Malzemeler Ve Yansıtıcılık Değerlerinin Belirlenmesi	33
4.4. Hesaplamaların Yapılacağı Sensör Yerleşim Yerlerinin Belirlenmesi.....	34
4.5. Işık Rafı Pozisyon ve Boyutlarının Belirlenmesi	35
4.6. Kullanılan Bilgisayar Simülasyon Programları.....	37
4.7. Uygulamalar	37

	Sayfa
4.7.1. CIE standart kapalı gök tipinde ışık rafı pozisyon ve boyutlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi	38
4.7.2. CIE standart açık gök tipinde, gündönümlerinde ışık rafı veriminin değerlendirilmesi.....	69
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR	113
EKLER.....	119
EK-1. Enlemlere göre ışık rafı yerleşim şablonları	120
EK-2. Ofis yüksekliklerine göre ışık rafı yerleşim şablonları	123
EK-3. Farklı enlemler de ofis yüksekliklerine göre uygun ışık rafı yerleşim - boyutları ve ışık rafının CIE standart kapalı gök tipi ve CIE standart açık gök tipinde (gündönümlerinde, 4 ana yönde), istenilen gün ışığı seviyesi aydınlık aralığında meydana getirdiği yüzdelik değişimler.	125
EK-4. Gün ışığı aydınlığının mekân içindeki dağılımları (CIE Standart kapalı gök tipinde ışık rafsız ve ışık rafı durumlarda).....	126
ÖZGEÇMİŞ	129

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Farklı ülkelerde, ticari yapılarda aydınlatma için harcanan enerji maliyetinin toplam enerji maliyetine oranı	4
Çizelge 4.1. CIE standart kapalı gök tipinde, 3m ofis yüksekliği için 0° enleminde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda 300lx-500lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik fark	39
Çizelge 4.2. CIE standart kapalı gök tipinde, 3m ofis yüksekliği için 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda 300lx-500lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik fark	43
Çizelge 4.3. CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliği için 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda 300lx-500lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik fark	46
Çizelge 4.4. CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliği için 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda 300lx-500lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik fark	49
Çizelge 4.5. 3m tip ofis ünitesinde 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemleri için hesapla ve enterpolasyonla elde edilen ışık rafi verimlerinin karşılaştırılması	57
Çizelge 4.6. 3,9m tip ofis ünitesinde 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemleri için hesapla ve enterpolasyonla elde edilen ışık rafi verimlerinin karşılaştırılması	59
Çizelge 4.7. 4,8m tip ofis ünitesinde 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemleri için hesapla ve enterpolasyonla elde edilen ışık rafi verimlerinin karşılaştırılması	61
Çizelge 4.8. 3,45m tip ofis ünitesinde 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde hesapla ve enterpolasyonla elde edilen ışık rafi verimlerinin karşılaştırılması	65
Çizelge 4.9. 4,35m tip ofis ünitesinde 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde hesapla ve enterpolasyonla elde edilen ışık rafi verimlerinin karşılaştırılması	68
Çizelge 4.10. Çalışmaya konu olan enlemler ve yerleşim yerleri.....	70
Çizelge 4.11. 3m ofis yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, gündönümlerinde, 4 ana yönde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlar için 300 lx- 500 lx aydınlık seviyesi (a.s.) aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar	73

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.12. 3,9m ofis yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, gündönümlerinde, 4 ana yönde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlar için 300 lx- 500 lx aydınlık seviyesi(a.s.) aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar	80
Çizelge 4.13. 4,8m ofis yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, gündönümlerinde, 4 ana yönde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlar için 300 lx- 500 lx aydınlık seviyesi(a.s.) aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar	87
Çizelge 5.1. Farklı ofis yüksekliklerinde enlemlere göre uygun ışık rafı yerleşim- boyutları ve ışık rafının CIE standart kapalı gök tipi ve CIE standart açık gök tipinde (gündönümlerinde, 4 ana yönde), 300lx-500lx aralığındaki sensör sayılarında meydana getirdiği yüzdelik değişimler	110
Çizelge 5.2. Farklı ofis yüksekliklerinde enlemlere göre ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda, CIE standart kapalı gök tipinde 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlık değerlerinin pencereden minimum ve maksimum mesafeleri.....	111

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Gelişmiş gün ışığı aydınlatma sistemleri	4
Şekil 1.2. Brezilya, Sao Paulo da sosyal ve ticari yapılarda harcanan enerji dağılımları	4
Şekil 1.3. Brezilya, İngiltere ve Amerika da CO2 Emisyonu	5
Şekil 1.4. Ecotect yazılımında sensör yerleşimi	9
Şekil 1.5. Radiance yazılımında günışığı aydınlığının hacimsel dağılımı.	10
Şekil 2.1. Anidolik sistem çalışma prensibi.	12
Şekil 2.2. Prizmatik paneller çalışma prensibi	12
Şekil 2.3. Lazer kesim paneller ve çalışma prensibi	13
Şekil 2.4. Holografik optik elemanların yerleşimi	13
Şekil 2.5. Soralux çalışma prensibi	14
Şekil 2.6. Işık kılavuzları çalışma prensibi	15
Şekil 2.7. Çatıda gün ışığı tüpü	15
Şekil 2.8. Fiber optik kablo kesiti	16
Şekil 3.1. Işık rafı sistem elemanları ve ışık rafı çalışma prensibi	18
Şekil 3.2. Tipik bir ışık rafı kesiti. Alüminyum profil üzerine kompozit kaplama	19
Şekil 3.3. Işık rafının tepe penceresiyle kullanımı	20
Şekil 4.1. Çeşitli enlemlerde DGA	31
Şekil 4.2. Seçilen enlemlerde DGA	31
Şekil 4.3. Tip kat planı (Seçilen ofis birimi koyu renkle işaretlenmiştir.)	32
Şekil 4.4. Ofis yüzeyleri ve mobilyaları için önerilen yansıtıcılık değerleri	33
Şekil 4.5. Ofis içinde sensör yerleşimi	34
Şekil 4.6. Solda sistem kesitinde 60 cm genişliğindeki ışık rafı için yerleşim varyasyonları, sağda hesaplamalara esas ışık rafı yerleşim tablosu	35

Şekil	Sayfa
Şekil 4.7. CIE standart kapalı gök tipinde, 0 derece enleminde uygun ışık raf yerleşimi ve ışık rafı ölçüleri (240 cm yükseklikte, 160 cm genişlikte, dış ışık rafı.)	38
Şekil 4.8. CIE standart kapalı gök tipinde, 0° enleminde, ışık rafsız(solda) ve ışık raflı (sağda) durumlarda, 300 lx'ten az ($df < 1,64$), 300 lx-500lx aralığındaki ($1,64 \leq df \leq 2,73$) ve 300 lx üzerindeki ($2,73 < df$) sensörlerin mekan içindeki dağılımları	40
Şekil 4.9. Işık raflı ve ışık rafsız durumlarda A-A ve B-B Kesitlerinde günışığının ofis içindeki dağılımı	40
Şekil 4.10. CIE Kapalı gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, 0° enleminde ışık rafsız(a) ve ışık raflı(b) durumlarda gün ışığı aydınlığının mekan içindeki hacimsel dağılımı	41
Şekil 4.11. CIE standart kapalı gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, sırasıyla 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde uygun ışık rafı pozisyonları ve boyutları	42
Şekil 4.12. CIE standart kapalı gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, farklı enlemlerde, ışık raflı durumda, 300 lx-500 lx aralığında sensör sayılarındaki yüzdelik değişim.....	44
Şekil 4.13. CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, sırasıyla 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde uygun ışık rafı pozisyon ve boyutları	45
Şekil 4.14. CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, farklı enlemlerde, ışık raflı durumda, 300 lx-500 lx aralığında sensör sayılarındaki yüzdelik değişim	47
Şekil 4.15. CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, sırasıyla 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde uygun ışık rafı pozisyon ve boyutları	48
Şekil 4.16. CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, farklı enlemlerde, ışık raflı durumda, 300 lx-500 lx aralığında sensör sayılarındaki yüzdelik değişim	50
Şekil 4.17. CIE standart kapalı gök tipinde, 3m yüksekliğindeki tip ofis ünitesi için ışık rafı yerleşimlerinin enlemlere göre değişimi.....	52
Şekil 4.18. CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9m yüksekliğindeki tip ofis ünitesi için ışık rafı yerleşimlerinin enlemlere göre değişimi.....	53
Şekil 4.19. CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8m yüksekliğindeki tip ofis ünitesi için ışık rafı yerleşimlerinin enlemlere göre değişimi.....	54

Şekil	Sayfa
Şekil 4.20. CIE standart kapalı gök tipinde, 3m ofis yüksekliği için belirlenen ışık rafı yerleşim eğrisinde, 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemlerinde enterpolasyon metoduyla elde edilen ışık rafı pozisyon ve boyutları	56
Şekil 4.21. CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliği için belirlenen ışık rafı yerleşim eğrisinde, 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemlerinde enterpolasyon metoduyla elde edilen ışık rafı pozisyon ve boyutları	58
Şekil 4.22. CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliği için belirlenen ışık rafı yerleşim eğrisinde, 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemlerinde enterpolasyon metoduyla elde edilen ışık rafı pozisyon ve boyutları	60
Şekil 4.23. CIE standart kapalı gök tipinde, 3m ve 3,9m ofis yüksekliklerinde 15° enlemi için belirlenen uygun ışık rafı yerleşim ve boyutlarının 3,45m yüksekliğindeki ofis biriminde ışık rafı yerleşim ve boyutlarının belirlenmesi amacıyla kullanımı	64
Şekil 4.24. CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9m ve 4,8m ofis yüksekliklerinde 15° enlemi için belirlenen uygun ışık rafı yerleşim ve boyutlarının 3,45m yüksekliğindeki ofis biriminde ışık rafı yerleşim ve boyutlarının belirlenmesi amacıyla kullanımı	66
Şekil 4.25. Ekinoks ve gün dönümleri	69
Şekil 4.26. Işık rafsız(solda) ve ışık raflı durumlarda, 21 Aralık'da, güney yönünde günışığı aydınlık seviyeleri dağılımları	71
Şekil 4.27. Güney - 21 Aralık, Doğal aydınlığın A-A kesitindeki değişim grafiği	71
Şekil 4.28. Güneş lekeleri	72
Şekil 4.29. CIE standart açık gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, güney yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi.....	75
Şekil 4.30. CIE standart açık gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, doğu yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi.....	76
Şekil 4.31. CIE standart açık gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, kuzey yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi.....	77

Şekil	Sayfa
Şekil 4.32. CIE standart açık gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, batı yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi.....	78
Şekil 4.33. CIE standart açık gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, güney yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi.....	82
Şekil 4.34. CIE standart açık gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, doğu yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi.....	83
Şekil 4.35. CIE standart açık gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, kuzey yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi.....	84
Şekil 4.36. CIE standart açık gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, batı yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi.....	85
Şekil 4.37. CIE standart açık gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, güney yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi.....	89
Şekil 4.38. CIE standart açık gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, doğu yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi.....	90
Şekil 4.39. CIE standart açık gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, kuzey yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi.....	91
Şekil 4.40. CIE standart açık gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, batı yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi.....	92
Şekil 5.1. 3m, 3,9m, 4,8m ofis yükseklikleri için Cun-Okay eğrileri.....	94
Şekil 5.2. 3m ofis yüksekliğinde 0°-75° enlemi aralığında kullanılabilecek Cun-Okay eğri şablonu	95
Şekil 5.3. 3m-3,9m aralığındaki ofis yüksekliği için 0°-75° enlem aralığında kullanılabilecek Cun-Okay eğri şablonu.....	96
Şekil 5.4. 4,35m ofis yüksekliği için, 30° enleminde ışık rafı yerleşiminin belirlenmesi.....	97

Şekil	Sayfa
Şekil 5.5. CIE standart kapalı gök tipinde, soldan-sağa sırasıyla 3m, 3,9 m, 4,8m yüksekliklerindeki ofis üniteleri için ışık rafı yerleşim ve boyutlarının 0°(1)- 15°(2)- 30°(3)-45° (4)-60°(5)-75°(6) enlemlerine göre değişimi ve ışık rafı yerleşim eğrileri	98
Şekil 5.6. CIE standart kapalı gök tipinde, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, 3m, 3,90m, 4,80m yüksekliklerinde, ışık rafının 300 lx-500 lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi	100
Şekil 5.7. CIE standart açık gök tipinde, güney yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık ta, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, 3m, 3,9m, 4,8m yüksekliklerinde, ışık rafının 300 lx-500 lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi	102
Şekil 5.8. CIE standart açık gök tipinde, doğu yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık ta, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, 3m, 3,9m, 4,8m yüksekliklerinde, ışık rafının 300 lx-500 lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi	104
Şekil 5.9. CIE standart açık gök tipinde, kuzey yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık ta, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, 3m, 3,9m, 4,8m yüksekliklerinde, ışık rafının 300 lx-500 lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi	106
Şekil 5.10. CIE standart açık gök tipinde, kuzey yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık ta, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, 3m, 3,9m, 4,8m yüksekliklerinde, ışık rafının 300 lx-500 lx aralığındaki günışığı aydınlığına yüzdelik etkisi	108
Şekil 5.11. 0° enleminde, 3m ofis yüksekliğinde, ışık rafsız (solda) ve ışık raflı (sağda) durumlardaki aydınlık dağılımları	112

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Laboratuvarda ışık rafı uygulaması, Ash Creek Intermediate School.....	17
Resim 3.2. Işık raflarının dış cephede görünümü	21
Resim 3.3. Işık raflarının iç mekanda görünümü.....	22
Resim 3.4. Yapının genel görünümü ve ışık raflarının güney cephede görünümü.....	23
Resim 3.5. Işık rafının mekan içinden görünümü.....	24
Resim 3.6. Yapının genel görünümü(üstte) ve güney cephesinde gölge elemanları ve panjurlarla beraber kullanılan ışık rafları.....	25
Resim 3.7. Yapının üst katta iç mekan görünümleri.....	26
Resim 3.8. Yapının genel görünümü ve binanın güney cephesinde yatay gölge elemanlarıyla birlikte ışık raflarının kullanımı	27
Resim 3.9. Işık raflarının ve yatay gölge elemanlarının iç mekandan görünümü	28
Resim 3.10. Binanın genel görünümü ve B Bloкта ışık raflarının kullanımı	29
Resim 3.11. Işık rafı yerleştirilen sınıfın içeriden görünümü	30

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

cm

Santimetre

fc

Foot Candle

Lx

Lux

m

Metre

m²

Metrekare

Kısaltmalar

Açıklamalar

AIA

The American Institute of Architects

ASHRAE

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

CIE

International Commission On Illumination

DF

Daylight Factor(Günüşığı Faktörü)

DGA

Dizayn Gök Aydınlığı

IESNA

Illuminating Engineering Society of North America

LEED

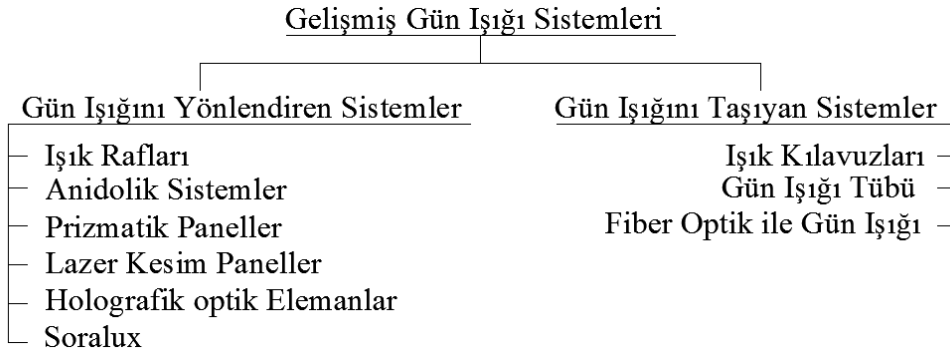
Leadership in Energy and Environmental Design

1. GİRİŞ

Endüstri devrimi ile birlikte çevre sorunlarının artarak, yaşadığımız dünyada sebep olduğu tahribatlar, günümüzde insan sağlığını ve ekolojik dengeyi tehdit eder boyutlara ulaşmıştır [1].

Fosil yakıtlar olarak adlandırılan kömür, petrol ve doğalgaz kullanımının yarattığı olumsuzluklar sadece yakın çevreyle sınırlı kalmamış, atmosfere de yayılmıştır. Ayrıca, kaynağı yenilenemeyen fosil kaynakların kısa bir sürede tükeneyeceği de bilinmektedir. Tüm bu olumsuzluklardan dolayı alternatif enerjilerden etkin bir şekilde faydalanma arayışına gidilmiştir. Yenilenebilir enerjinin kentte ve konutlarda kullanımı, ekolojik tasarımın en önemli konularındandır [2].

En önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından biri güneştir. Güneş enerjisinden yapılarda etkin şekilde faydalanmak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Güneş ışığı ve gök ışığından oluşan gün ışığının [3] gelişmiş aydınlatma sistemleriyle yapılarda etkin kullanımı bu metotlardan biridir.



Şekil 1.1. Gelişmiş gün ışığı aydınlatma sistemleri

Gelişmiş gün ışığı etkin aydınlatma sistemleri yukarıdaki şekil de iki ana grup halinde gösterilmiştir [3, 4] (Şekil 1.1).

Enerji tüketiminin azaltılmasının yanı sıra hacimlerin gün ışığı ile aydınlatılmasındaki ana hedefler;

- Kullanıcıların fizyolojik ve psikolojik konforunun sağlanması,
- Gün ışığının etkin kullanımı,
- Olabildiğince düzgün bir aydınlığın sağlanması,
- Direkt güneş ışığından korunarak kamaşma kontrolü sağlanması,
- Dış çevre ile görsel ilişki kurulması,
- Dış aydınlık düzeyinin gün içindeki niceliksel ve niteliksel farklılıklarının hissedilmesi,
- İklim kontrolü ve gürültü kontrolü gibi diğer fiziksel çevresel konularla uyumlu bir tasarımın gerçekleştirilmesi,
- Yapay aydınlatma, ısıtma ve soğutma yüklerinin azaltılması olarak sıralanabilir [5].

Dış ortam aydınlığının iç mekânda homojen dağılımını sağlayan, iç kısımlara gün ışığını ileten, kamaşmayı engelleyerek gün ışığını kontrollü bir biçimde iç mekâna taşımaya yardımcı olan ışık raflarının pozisyon ve boyutu hacimdeki ışık kalitesini etkiler.

Çalışmanın Önemi

Hacim içinde istenilen seviyede, kaliteli aydınlık sağlamaya yardımcı olan ışık rafları, sürdürülebilir enerji, güneş kaynaklı gün ışığından yararlanarak enerji tasarrufu sağlamaya yardımcı olur. Ayrıca fosil yakıt kaynaklı enerjilerin çevreye verdiği zararı azaltarak, yapay aydınlatmadan kaynaklı psikolojik, fizyolojik ve görsel olumsuzlukları minimize eder [6].

Bu bölüm kapsamında; aydınlatma ihtiyacının ortaya çıkışı-kaliteli aydınlık, enerji ve çevre konuları aşağıda özetlenmiştir.

İnsan ve Aydınlatma

İlk insanlar bugün gibi aydınlık ölçme aletlerine sahip değillerdi ve gözleriyle, kapalı havalarda veya geceleri, görsel faaliyetlerini güneşli günlerdeki gibi rahat yapamadıklarını fark ettiler. Bu durum aydınlık ihtiyacının başlangıcı olarak değerlendirilebilir.

Farklı görsel faaliyetler için oluşan ışık ihtiyacı, insanoğlunu güneşten başka ışık kaynağı araştırmaya zorlamıştır. İlk önce ateşten, sonraları gazyağı ve mumlardan yararlanılır. Sonraki yıllarda akkor lamba bulunur ve kullanımı yaygınlaşır.

Zamanla, yapay aydınlatma gün ışığına alternatif olur ve tasarımcılar tüm iç mekân aydınlatma kontrolünü yapay aydınlatma araçlarıyla yapmaya başlar. Burada göz ardı edilen konu, yapay aydınlatmanın enerji gereksiniminden dolayı, gün ışığı verimli tasarıma yardımcı olarak dizayn edilmesi gerektiğidir.

Son zamanlarda birçok toplumda enerji bilinci oluşmuş ve yapay aydınlatmanın büyük oranda enerji harcadığı fark edilmiştir. Böylece az enerji harcayan ve enerji verimli aydınlatma sistemleri geliştirilmeye başlanır

Bir aydınlatma sisteminin enerji verimi 2 değişkenle sağlanır; aydınlatma güç yoğunluğu (W/m^2) ve kullanılan aydınlık sistemi. Enerji tasarruflu ampul kullanımı vb. uygulamalarla sadece aydınlatma güç yoğunluğunun sağlanması tek başına enerji tasarrufu sağlamaz. Enerji etkin aydınlatma dizaynı da enerji verimi için gereklidir.

Enerji etkin aydınlatma dizaynı için kullanılan armatür kalitesi, aydınlık dağılımı, yapay aydınlatma- doğal aydınlatma entegrasyonu vb. gibi birçok parametre vardır, bunlardan en önemlisi uygun aydınlık seviyesinin sağlanmasıdır [6].

Işık rafları pencereden gelen direk güneş ışığını tavana yansıtarak kamaşmayı azaltır ve içeride istenilen düzeyde homojen bir aydınlık seviyesinin oluşumuna katkı sağlar [5].

Enerji

Kaynağı yenilenemeyen fosil kaynakların hızla tükendiği günümüzde yenilenebilir enerjinin kentte ve konutlarda kullanımı, ekolojik tasarımın en önemli konularındandır.

Gün ışığı kaynağı, güneş enerjisinin, yenilebilir ve yenilenemeyen tüm enerji kaynakları arasında önemli bir yeri vardır. Yıllık güneş enerjisi miktarı, dünyada yılda tüketilen enerji miktarının yaklaşık 6811 katıdır [7].

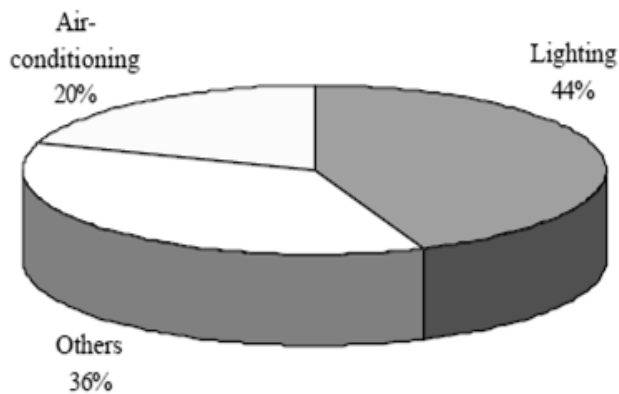
Aydınlatma Sistemleri, tüm dünyada tüketilen yüksek miktardaki enerjinin sorumlusudur. Bu sorunu minimize etmek amacıyla yapay aydınlatma tasarımları geliştirilmektedir. Ancak süreç yavaştır ve birçok bina sahibi hala enerji etkin olmayan sistemler kullanmaktadır.

U.S Department of Energy’ e göre 2009 da ticari yapılarda, elektrikle aydınlatmanın toplam enerji tüketimine oranı %20-40 arasındadır [4]. Bu oran, ülkeden ülkeye değişmekle beraber, iklimsel koşullara ve kültürel alışkanlıklara da bağlıdır [6]. Aşağıdaki tabloda farklı ülkelerde, ticari yapılarda tüketilen aydınlatmanın toplam enerji tüketimine oranları gösterilmektedir [6].

Çizelge 1.1. Farklı ülkelerde, ticari yapılarda aydınlatma için harcanan enerji maliyetinin toplam enerji maliyetine oranı

Country	Lighting end-use (%)	Source
China	15	MIN et al. (1995)
Korea	20	KOREAN NATIONAL TEAM (1996)
Brazil	24	PROCEL (1993)
Mexico	30	BANDALA (1995)
USA	39	EIA (1994)
Netherlands	55	SLIEPENBEEK & VAN BROEKHOVEN (1995)
UK	30-60	BS 8206-2 (1992)

Yukarıdaki tabloda, Brezilya da, havalandırma tertibatı olan ticari yapılarda aydınlatmada kullanılan enerji oranının %24 olduğu gösterilmektedir (Çizelge 1.1). Havalandırma tertibatı olmayan yapılarda bu oran %70’e kadar çıkabilir. Aşağıdaki şekilde (Şekil 1.2) Brezilya, Sao Paulo’da havalandırma tertibatı kullanılan sosyal ve ticari yapılarda harcanan elektriğin %44’ünün aydınlatmaya harcandığı görülmektedir [6].



Şekil 1.2. Brezilya, Sao Paulo da sosyal ve ticari yapılarda harcanan enerji dağılımları [6]

Yapılarda aydınlatma için harcanan enerjinin yüksek olması, enerji ihtiyacını azaltacak aydınlatma sistemlerine işaret eder. Gün ışığı çalışmaları, uygun gün ışığı etkin tasarımıyla aydınlatma için gerekli enerjinin %50-80 arasında azaltılabileceğini göstermiştir. Gün ışığı aydınlatma desteği arttıkça, yapay aydınlatma azalır veya sonlanabilir [4].

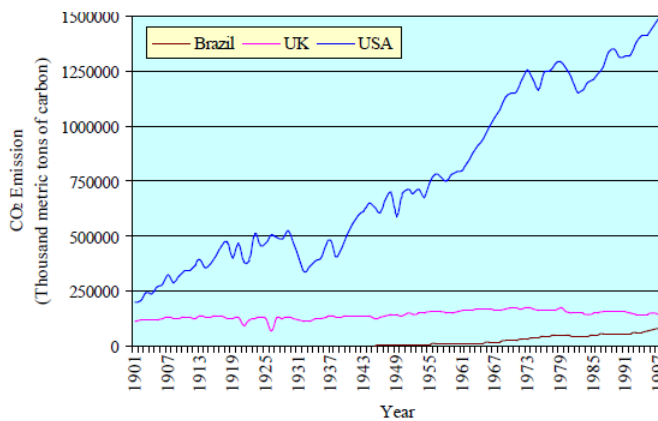
Işık rafları, yapıların enerji veriminin artırılmasında kullanılabilir.

İstanbul Teknik Üniversitesi'nde ışık raf sistemi olan ve olmayan iki hacim, yapay aydınlatma kullanımı yönünden test edilmiş, bu testin sonunda ışık rafı kullanılan hacimde rafların doğal ışık dağılımını düzenlediği ve istenilen seviyedeki doğal aydınlık verimini arttırdığı tespit edilmiştir. Işık rafı sistemi ve gün ışığı-yapay ışık entegrasyon sisteminin kullanımı ile bahar aylarında %25, kış aylarında %19,5, yaz aylarında %11,4 olmak üzere, yıllık ortalama %20 oranında enerji tasarrufu sağlandığı görülmüştür [8].

Çevre sorunu

Birçok ülkede binaların aydınlatılması için fosil yakıtlar (kömür, gaz, petrol vb.) kullanılmaktadır ve bu süreç çevre kirliliğiyle beraber atmosfere CO₂ vb. gazların emisyonuna neden olur. Bu durum da küresel ısınma sorununa dönüşür.

Genel kural olarak gelişmiş toplumlar daha fazla CO₂ üretirler. Aşağıdaki şekil (Şekil 1.3) 1901 den 1997'ye kadar Brezilya, İngiltere ve Amerika'daki CO₂ emisyon miktarını göstermektedir [6].



Şekil 1.3. Brezilya, İngiltere ve Amerika da CO₂ Emisyonu

Brezilya da elektrik üretiminin %93'ü nehirlerle hidroelektrik güçten karşılandığından daha az CO₂ emisyonu gözlemlenmiştir. EIA (U.S. Energy Information Administration) dünyadaki ülkelerin üçte birinin, elektrik ihtiyacının yarısından fazlasını hidrogüçten karşıladığını rapor eder. Hidrogüç, CO₂ vb. gaz emisyonuna neden olmadığı için temiz yenilenebilir enerji kaynağı olarak düşünülür. Ancak hidroelektrik barajlarının depolama alanlarında biokütle ayrışmasından kaynaklı CO₂ ve metan gazı emisyonu olduğuna dair bulgular mevcuttur.

Sonuç olarak, enerji kaynağı hidrogüçte, termogüçte olsa yapıların enerji korunumu çevre kirliliğini azaltacaktır [6].

Işık rafları, yapının yapay aydınlatma ihtiyacını azaltır ve yapının daha az enerji harcamasına katkı sağlayarak çevre kirliliğini azaltmaya yardımcı olur

Çalışmanın Amacı

Çalışmanın amacı, ışık rafı kullanımının farklı enlemlerdeki ve farklı ofis yüksekliklerindeki verimlerinin araştırılması, enlemlere göre ışık rafı yerleşimi ve boyutlarında meydana gelen değişimlerin incelenmesi ve elde edilen sonuçların, doğal aydınlatmanın dikkate alındığı projeler de, tasarımcılara tavsiyeler olarak sunulmasıdır.

Bunun için öncelikle, Gün ışığı Faktör (DF) hesaplamalarında kullanılan CIE standart kapalı gök tipinde, çalışmaya konu olan enlemlerde, farklı ofis yükseklikleri için uygun ışık rafı yerleşim ve verimleri belirlenmiştir. Sonrasında ışık raflarının CIE standart açık gök tipinde, gün dönümlerinde, gün ortasında, 4 ana yön için verimleri hesaplanmıştır. Böylece ışık rafı kullanımları hem CIE standart kapalı gök tipinde hem de CIE standart açık gök tipinde değerlendirilebilmiştir.

Çalışmaya konu olan ofis yüksekliklerinde, enlemlerdeki ışık rafı yerleşimlerinin oluşturduğu eğri çiftlerinin çalışmada kullanılmayan enlem ve ofis yükseklikleri için kullanılabilirliği ölçülerek, herhangi bir enlemde veya ofis yüksekliğinde ışık rafı yerleşimi ve boyutlandırılması için pratikte kullanılabilecek yeni bir yöntem geliştirilmiştir.

Işık raflı durumda ışık rafsız duruma kıyasla, ofis için istenilen aydınlık değer aralığında meydana gelen değişimler, enlem ve ofis yüksekliği değişkenleri için ayrı ayrı incelenmiş, şekiller ve tablolar yardımıyla analizleri gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca, ışık raflı durumda, istenilen değer aralığındaki aydınlık dağılımları, farklı enlemlerde ve ofis yüksekliklerindeki ışık rafsız durumla karşılaştırılarak, gün ışığından maksimum şekilde faydalanılan ofis derinlikleri tasarım önerileri olarak sunulmuştur.

Literatür Araştırması

Bugüne kadar doğal aydınlatmanın kullanıldığı gün ışığı etkin cephe sistemleri ile ilgili yapılan araştırmalar aşağıda özetlenmiştir.

Kleindiest 2006 tarafından yapılmış olan “Improving the Daylighting Conditions of Existing Buildings: the benefits and limitations of integrating anidolic daylighting systems using the American classroom as a model” başlıklı tez, mevcut yapılarda sınıflara entegre edilen anidolic aydınlatma sistemlerinin verimini ölçmeyi amaçlar. Çalışmada, anidolic aydınlatma sistemlerinin optimum yerleşimi için testler yapılır, sonuçlar karşılaştırılır. Çalışma, öneri ve kılavuz olarak biçimlenmiştir [9].

Rice 2006 tarafından yapılmış olan “Daylight in Facade Renewal: Using new metrics to inform the retrofitting of aging modern-era facade types” başlıklı tez, gün ışığının etkin kullanımını sağlayan yeni teknikleri, MIT kampüsündeki mevcut yapılara entegre ederek etkinliklerini karşılaştırmayı amaçlar. Işık rafı tipleri, saydam üst kayıt pencere uygulamaları, mevcut pencerede panjur kullanımı ve karma sistem etkinliklerini yapının farklı bölümlerinde test eder ve sonuçları irdeler [10].

Joarderl, Ahmed, Price ve Mourshed 2009 tarafından yapılmış olan “Bangladeş Dhaka’da; Tropik Bölge, Kapalı Gök Tipinde Ofis Binası Gün ışığı Aydınlık Kalitesini İyileştirmek İçin Işık Rafı Yüksekliği Veriminin Değerlendirilmesi Simülasyonu” adlı çalışma da Dhaka’da tipik bir ofis katında kapalı gök tipinde uygulanan ışık raflarının en iyi pozisyonunun belirlenmesi amaçlanır [11].

Samant 2011 tarafından yapılmış olan “A Parametric Investigation of The Influence of Atrium Facades on the Daylight Performance Of Atrium Buildings” başlıklı tez, atriumlu planda atrium cephelerinde gün ışığı performansını ölçmeyi amaçlar. Alt kattan üst katlara doğru pencere-duvar oranları farklılaştırılarak iç mekândaki gün ışığı aydınlık seviyeleri ölçülerek karşılaştırılır [12].

Thuot 2011 tarafından yapılmış olan “The Soralux Daylighting System: Passive Solar Illumination for Deep-Plan Building Spaces” başlıklı tez, Soralux Gün ışığı Sisteminin oluşturulmasını ve veriminin test edilmesini amaçlar. Sistem, çift camlı pencere ünitesi gibi görünmektedir. İki cam arasına yerleştirilen panjur görünümlü sistem elemanları ofis içindeki cepheye 8-15 m. mesafedeki alanı 2- 10 kat fazla aydınlatır [4].

Öztürk 2006 tarafından yapılmış olan “Gelişmiş Doğal Aydınlatma Sistemleri ve Uygulama Örnekleri” başlıklı tez, doğal aydınlatmanın etkin kullanıldığı örnek uygulamaları inceler. Çalışmada, bu uygulamalar içinde kullanılan yeni sistemler, gün ışığından daha fazla yararlanabilme ve yapay aydınlatmayı daha az kullanmayı amaçlayan sistemler irdelenmiştir [13].

Okutan 2008 tarafından yapılmış olan “Gün Işığı İle Aydınlatmanın Temel İlkeleri ve Gelişmiş Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri” başlıklı tez; çağdaş, yenilikçi gün ışığı sistemlerini inceler. Işığı yönlendiren ve ışığı taşıyan olmak üzere iki bölümde incelenen gelişmiş gün ışığı ile aydınlatma sistemlerinin dünya ve Türkiyeden örneklerle kullanılabilirliği araştırılmıştır [3].

Ghisi 2002 tarafından yapılmış olan “The Use Of Fibre Optics On Energy Efficient Lighting In Buildings” başlıklı doktora tezinde, farklı pencere oranlarına sahip farklı ebatta ofis odalarının farklı bölgelerde (Brezilya da 7 bölge, İngiltere de 1 bölge) doğal ışıkla beraber fiber optik kullanımının verimi araştırılmıştır [6].

Kazanasmaz 2009 tarafından hazırlanmış olan “Binaların Doğal Aydınlatma Performanslarının Değerlendirilmesi” adlı makalede İzmir İleri Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Bölümüne ait üç derslikte doğal aydınlatma performansı parametrelerinin tanımlanması için bir çalışma yürütülmüştür. İlgili mekanlarda aydınlık seviyeleri ölçülmüş,

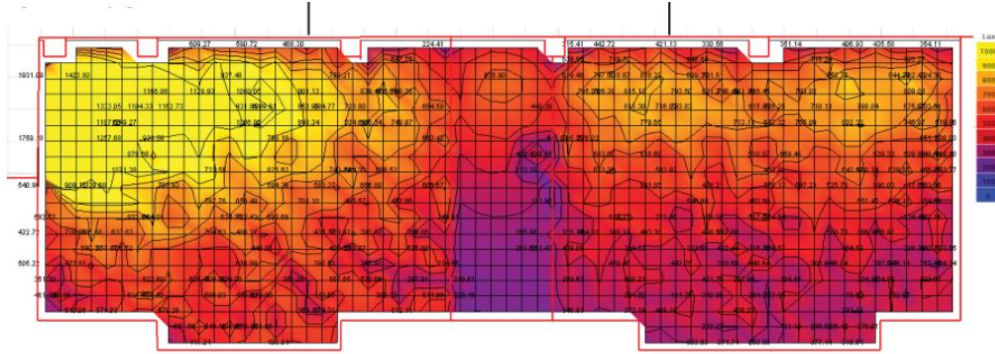
derslikler modellenerek pencerelerin farklı boyut ve pozisyonları için dersliklerin aydınlık seviyeleri incelenmiştir [14].

Yapılan çalışmalarda farklı ofis yüksekliklerinde, enlemlere göre “Doğal aydınlatmada kapalı gök koşullarında farklı enlemler için belirlenen en uygun ışık rafı tasarımı için bir yöntem” ile ilgili bir araştırmaya rastlanmamıştır.

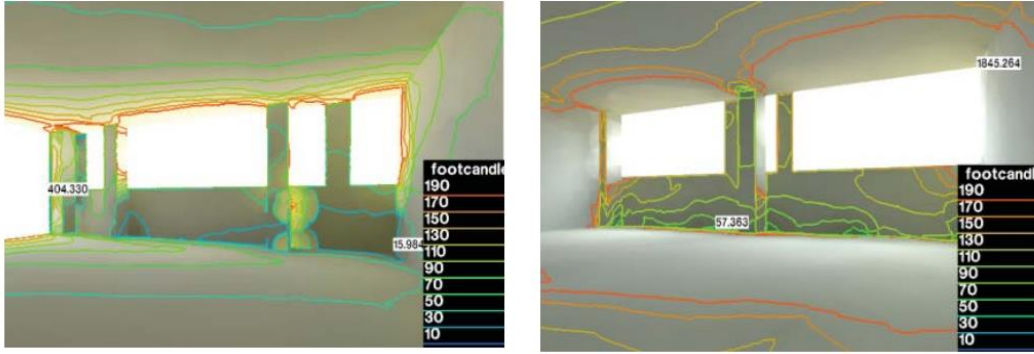
Yöntem

Çalışmada izlenen yol aşağıda özetlenmiştir.

1. Çalışmaya konu olan hacmin ve çevresinin Ecotect yazılımında modellenmesi.
2. Veri girişleri. Çalışmada kullanılan malzemelerin ve yansıtıcılık değer girişlerinin yapılması.
3. Aydınlık değerlerini ölçen sensörlerin mekan içinde modellenmesi. Çalışma düzleminde (döşemeden 75 cm yükseklikte) 50cm Aralıklarla sensörlerin mekan içine yerleştirilmesi. Aşağıdaki örnek şekilde, plan düzleminde gridlere yerleştirilen sensörler gösterilmiştir (Şekil 1.3).



6. Çalışmaya konu olan enlemler de, ilgili ofis yükseklikleri için uygun ışık raf pozisyon ve boyutunun tespit edilmesi.
7. Korelasyon; Çalışmaya konu olan ofis yüksekliklerinde, enlemlerle, ışık rafı boyut ve yerleşimleri arasındaki ilişkinin incelenerek değerlendirilmesi.
8. Eksplorasyon; Çalışmaya konu olan ofis yükseklikleri ve enlemler için belirlenen ışık rafı yerleşim ve boyutlarının farklı enlem ve ofis yükseklikleri için kullanılabilirliğinin araştırılması.
9. CIE standart kapalı gök tipinde çalışmaya konu olan enlemler de, farklı ofis yükseklikleri için uygun yerleşim ve boyutları belirlenen ışık raflarının, CIE standart açık gök tipinde, gün dönümlerin de, 4 ana yön de verimlerinin belirlenmesi.



Şekil 1.5. Radiance yazılımında gün ışığı aydınlığının hacimsel dağılımı

Yukarıdaki örnek şekilde, gün ışığı faktörü (DF) ve gün ışığı aydınlık değer hesaplamaları için indirek yansımaları da hesaplayabilen Radiance yazılımında gün ışığı aydınlığının hacimsel dağılımı gösterilmektedir (Şekil 1.4).

10. Normalizasyon; CIE Standart Kapalı ve CIE standart açık gök tipinde, enlem ve ofis yüksekliği değişkenlerine göre, ışık rafı verimlerinin karşılaştırılarak değerlendirilmesi.
11. Çalışmaya konu olan enlemlerde, ofis yüksekliklerine göre gün ışığı aydınlığının etkili olduğu ofis derinliklerinin tasarım önerisi olarak sunulması.

2. GELİŞMİŞ GÜN IŞIĞI İLE AYDINLATMA SİSTEMLERİ

Mekanları ve içinde bulunan nesneleri gerçek büyüklükleri ve doğal renkleri ile fark edebilmemiz için, doğal (gün ışığı kaynaklı) ve yapay (gün ışığı harici) aydınlatma araçları ile nesnelerin üzerine ışık göndererek görmemizi sağlayan sistemlere “aydınlatma sistemleri” denir [13].

Binalarda gün ışığı ile aydınlatma konusunda en çok kullanılan ve temel çözüm pencerelerdir. Pencereden gelen ışık belli bir alanı yoğun aydınlattığı için iç mekanda homojen bir aydınlatma oluşmaz. Işığın yanı sıra sıcaklık, kamaşma gibi olumsuz özellikleri de beraberinde getirmesi sonucu pencerelere ek kombinasyonlarla ve pencerelerden bağımsız olarak gün ışığını iç mekana alan ‘gelişmiş’ ve ‘yenilikçi’ olarak adlandırılan gün ışığı aydınlatma sistemleri ortaya çıkmıştır [3].

Gelişmiş Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri kullanım amacına göre;

1. Gün ışığını yönlendiren sistemler,
2. Gün ışığını taşıyan sistemler olmak üzere 2 ana başlık altında incelenebilir.

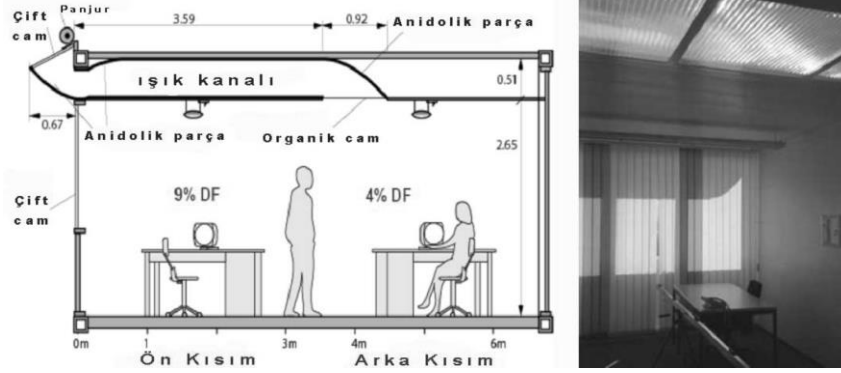
2.1. Gün Işığını Yönlendiren Sistemler

Gün ışığını yönlendiren sistemler, genellikle pencere veya tepe pencerelerinden gelen gün ışığı seviyesinin düzenlenmesi, iç hacimlere doğru yönlendirilmesi veya sıcaklık kontrol (gölgeleme yapılarak) amacıyla kullanılırlar. Işık kaynağı pencerelerden veya tepe ışıklıklarından gelen gün ışığıdır [3]. Gün ışığını yönlendiren sistemler aşağıda sıralanmıştır.

- a. Anidolik sistemler
- b. Prizmatik paneller
- c. Lazer kesim paneller
- d. Holografik optik elemanlar [3]
- e. Soralux [4] ve Işık rafları

Gün ışığı yönlendiren aydınlatma sistemlerinin çalışma prensipleri aşağıda özetlenmiştir. Çalışma konusu olan ışık rafları ise ayrı bir başlık altında ayrıntılı olarak açıklanacaktır.

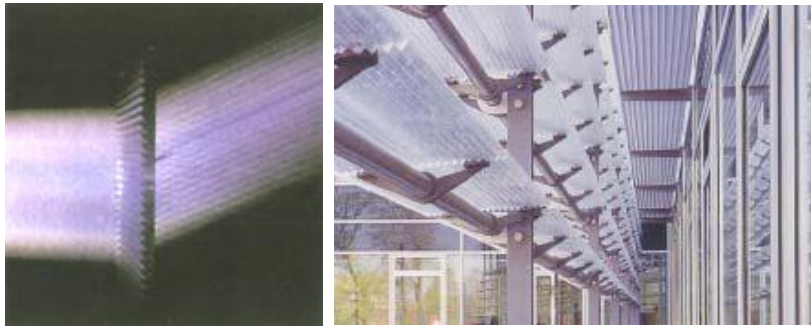
a. Anidolik sistemler



Şekil 2.1. Anidolik sistem çalışma prensibi

Anidolik sistemler, gökyüzünden gelen gün ışığını hacim içerilerine iletirken direk gün ışığının pencere önlerine girmesini engelleyen sistemlerdir [15]. Yukarıdaki şekilde anidolik aydınlatma sistemin çalışma prensibi gösterilmektedir (Şekil 2.1).

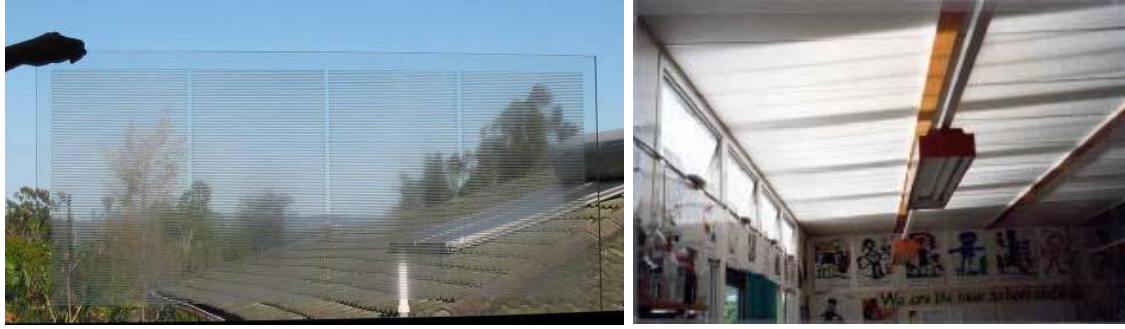
b. Prizmatik paneller



Şekil 2.2. Prizmatik paneller çalışma prensibi

Prizmatik paneller, bir tarafı düz diğer tarafı prizmatik olarak yerleştirilmiş olan saydam materyallerden oluşur (Şekil 2.2). Prizmatik paneller gün ışığını ve güneş ışığını yönlendirmek ve güneş ışığını engellemek için kullanılırlar. Gelen ışığın belli bir kısmını engellediği için ortamdaki gün ışığı faktörü değerini düşürür. Kapalı gök koşullarının bulunduğu iklimler için uygun değildir [16].

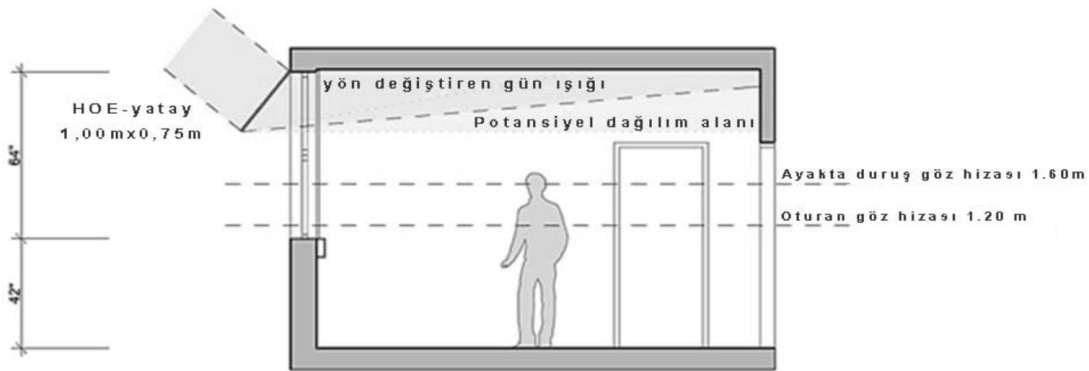
c. Lazer kesim paneller



Şekil 2.3. Lazer kesim paneller ve çalışma prensibi

Lazer kesim paneller, akrilik bir panelin üzerinde birbirine paralel kesikler atılmasıyla oluşur (Şekil 2.3). Lazer kesikleri, panelin ışığı bir ayna gibi yansıtmasına sebep olur, böylece gelen gün ışığı yansyarak odanın iç kısımlarına doğru yönlendirilir. Kamaşmaya neden olacağından göz seviyesinin altında kullanılmamalıdır [17].

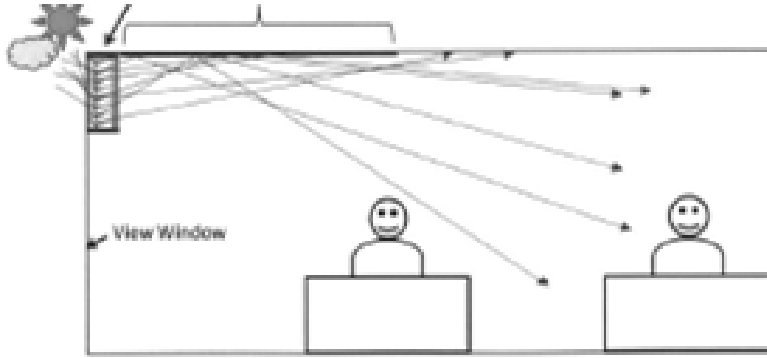
d. Holografik optik elemanlar



Şekil 2.4. Holografik optik elemanların yerleşimi

Temel bileşeni, iki cam panelin arasına lamine edilmiş, holografik ızgaraların olduğu polimerik film tabakasıdır. Holografik eleman gökyüzündeki aydınlığı bina içine yönlendirmektedir (Şekil 2.4). Sistem, güneş ışığında renk bozulmasına sebep olduğu için direk güneş ışığının olmadığı cephede kullanılması gerekmektedir [17].

e. Soralux



Şekil 2.5. Soralux çalışma prensibi

Soralux Gün ışığı Sistemi, çift camlı pencere ünitesi gibi görünmektedir. İki cam arasına yerleştirilen panjur görünümlü sistem elemanları ofis içinde 8-15 m. mesafedeki alanı 2- 10 kat fazla aydınlatır [4] (Şekil 2.5).

2.2. Gün Işığını Taşıyan Sistemler

Gün ışığı taşıyan sistemler, genellikle pencere ile ışık alınamayan karanlık mekanlara gün ışığı girmesi amacıyla kullanılırlar. Işık kaynağı pencerelerden veya tepe ışıklıklarından gelen ışıklar değildir. Dış ortamdaki gün ışığını heliostat denilen ışık toplayıcılar ile taşıma bölgesine aktarırlar. Işığı toplama bölgesi, taşıma bölgesi ve dağıtım bölgesi olmak üzere üç kısımdan oluşurlar [3].

Gün ışığını taşıyan sistemler aşağıda sıralanmıştır.

- Işık kılavuzları
- Gün ışığı tübü
- Fiber optik ile gün ışığı [3]

Gün ışığı yönlendiren aydınlatma sistemlerinin çalışma prensipleri ise aşağıda özetlendiği gibidir.

a. Işık kılavuzları



Şekil 2.6. Işık kılavuzları çalışma prensibi

Heliostatlar güneşi takip eden yansıtıcılardır, ışık kılavuzları ve fiber optik ile güneş ışınlarının aydınlatma sistemine yönlendirilmesi için kullanılırlar (Şekil 2.6). Güneş takibi, basit bir şekilde saatlere göre ayarlanabileceği gibi gelişmiş örneklerde yazılımlarla güneşin yıl içindeki açısına göre de kullanılır [18].

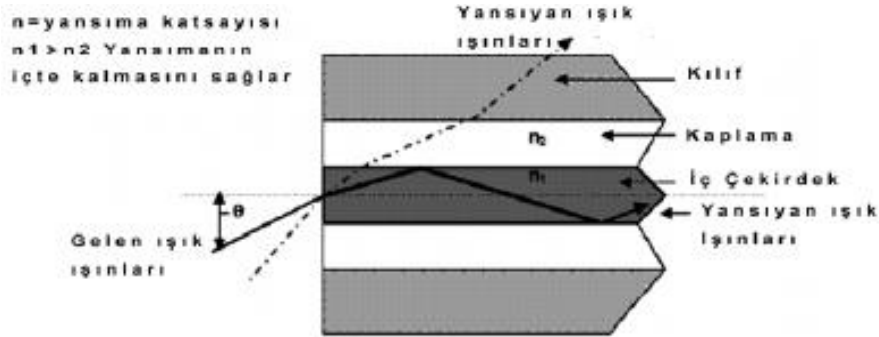
b. Gün ışığı tüpü



Şekil 2.7. Çatıda gün ışığı tübü

Gün ışığı tüpü, gün ışığını taşıyan bir sistemdir (Şekil 2.7). Üst kısımda her yönden gelen güneş ışınlarını tüp içine aktaran şeffaf bir fanus, yansıtma katsayısı çok yüksek olan taşıyıcı tüp ve en altta mekân içine gün ışığının homojen bir şekilde yayılmasını sağlayan ışık yayıcı parçalardan oluşur [3].

c. Fiber optik ile gün ışığı



Şekil 2.8. Fiber optik kablo kesiti

Fiber optik kablolar ince katı fiber kablo içindeki yansımalarla ışığı taşırlar (Şekil 2.8). Günümüzdeki uygulama maliyetleri yüksek olduğu için yaygın bir kullanım alanı bulunmamaktadır [3].

3. IŞIK RAFLARI

Işık rafları, gün ışığı aydınlığını tavandan yansıtarak mekânın içerilerine dağıtan, aydınlık seviyelerini dengeleyen gelişmiş gün ışığı aydınlatma sistemlerinden biridir. Mısırlılardan bu yana kullanılmaktadır [19].



Resim 3.1. Laboratuarda ışık rafı uygulaması, Ash Creek Intermediate School [20]

Işık rafları cephenin bir parçası olabileceği gibi sonradan da monte edilebilir [3]. Pencere cephesinin iç ve/veya dışına, göz seviyesinin üzerine genellikle yatay veya yataya yakın olarak yerleştirilir [19].

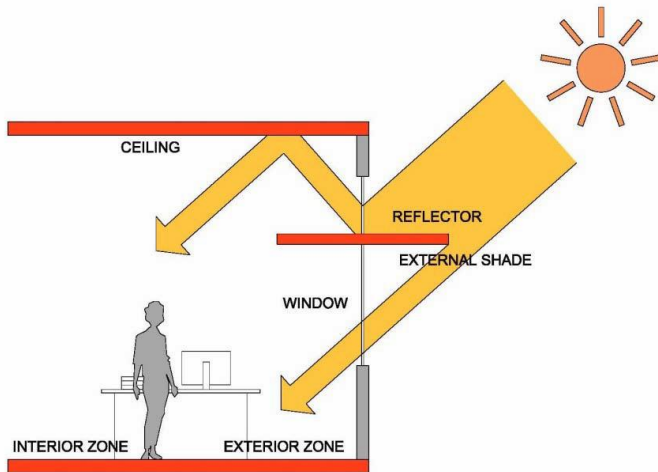
Yukarıdaki şekilde ışık rafları vasıtasıyla tavandan yansıyan gün ışığı aydınlığının mekân içerilerine kadar ulaştığı ve çalışma düzleminde aydınlığın dengelendiği gösterilmektedir (Resim 3.1).

Aşağıdaki bölümde, ışık rafı sistem bileşenleri, özellikleri ve kullanımları açıklanmıştır.

a) Işık rafı sistem bileşenleri

Işık rafı sistemi, aşağıda açıklanan 4 bileşenden oluşur.

1. Işık rafı; dışarıdan gelen ışığı tavana yansıtır, iç mekânda homojen aydınlık seviyesi oluşumuna katkı sağlar, pencere kenarındaki yüksek aydınlık seviyelerini düzenler, gölgeleme elemanı görevi görür. Gün ışığı haricinde herhangi ek bir enerjiye ihtiyaç duymaz.
2. Pencere sistemi; ışık rafının monte edildiği veya birlikte düzenlenildiği, dış aydınlığın içeriye alındığı cephe elemanıdır.
3. Tavan; ışık rafından yansıyan gün ışığını mekânın içerilerine dağıtan yapı elemanıdır. Sistem içinde tavan, yapay aydınlatma elemanı gibidir. Tavan yansıtıcılığının yüksek olduğu yerlerde iç mekândaki aydınlık miktarı da artar.
4. Yardımcı elemanlar(Gölgeleme elemanları); ihtiyaç duyulması halinde, pencere kenarı bölgesindeki kamaşmayı engellemek amacıyla, ışık rafının hemen altında düzenlenen; içeride panjur, jaluzi, dışarıda yatay ışık kırıcılar vb. sabit veya hareketli elemanların sistem içinde kullanılmasıdır [21].

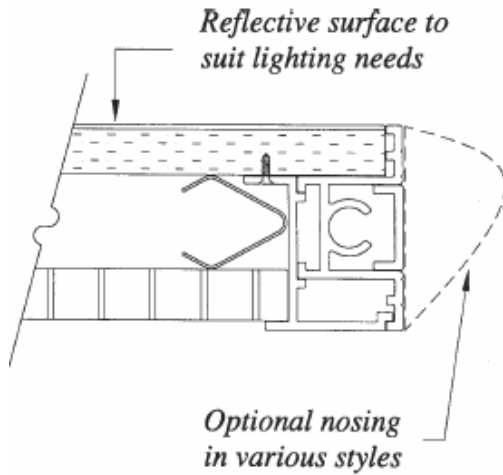


Şekil 3.1. Işık Rafı Sistem Elemanları ve Işık Rafı Çalışma prensibi

Yukarıdaki şekilde ışık rafı sistem elemanları ve gelen aydınlığın içerilere yansımaları gösterilmektedir (Şekil 3.1).

b) Işık rafı malzeme ve konstrüksiyonu

Işık rafları, alüminyum profil konstrüksiyon üzerine ışık, su, nem vb. etkenlerden etkilenmeyen polikarbon panel [22], alüminyum kompozit paneller [23] vb malzemelerin kaplanmasıyla oluşturulabilirler. Aşağıdaki şekilde tipik bir ışık rafı kesiti gösterilmektedir (Şekil 3.2). Rafın ucu güvenlik gerekçisiyle yumuşatılabilir.



Şekil 3.2. Tipik bir ışık rafı kesiti. Alüminyum profil üzerine kompozit kaplama

Dış aydınlığın mekân içerilerine daha fazla iletilmesi için, ışık raflarının üst yüzeyi ayna etkisi yaratmayan, yayınlık yansıma yapan açık renkli malzemelerle renklendirilebilir. Böylece gökyüzünden gelen gün ışığı, farklı açılarla kırılarak mekânın içerilerine daha fazla dağılır.

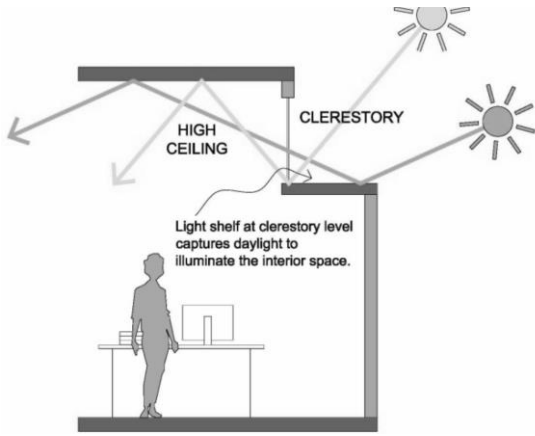
Işık rafı üst yüzeyi, kamaşmaya neden olabileceğinden, kullanıcı tarafından görülmemesi tavsiye edilir. Hem görüşü engellemek, hem de ışık rafından meydana gelebilecek kamaşmayı engellemek amacıyla ışık rafının göz hizasının üzerinde uygulanması uygundur.

Aydınlığın mekânın içerilerine daha fazla iletilmesi için, ışık rafı uygulanacak mekân da, tavan yansıtıcılığı da yüksek olmalıdır. Yansıtıcılığı tavadan daha yüksek olan ışık rafı durumu, yansıtıcılığı ışık rafından daha yüksek olan tavan ortamından daha iyi performans sergiler [21].

c) Işık rafı kullanımının avantajları ve dezavantajları

Işık rafı kullanımının avantajları aşağıdaki gibidir;

1. Işık rafları fabrikalarda prefabrik olarak üretilip, kolayca kurulabilir.
2. İşletmesinde enerjiye ihtiyaç duymaz.
3. Gölge elemanı görevi de görür. Böylece, binanın soğutma yükünü azaltmaya yardımcı olur.
4. Gün ışığı aydınlığının mekân içerilerine ulaşmasına yardımcı olur. Böylece, mekânın yapay aydınlatma ihtiyacını azaltır [24].



Şekil 3.3. Işık rafının tepe penceresiyle kullanımı

5. Işık rafının tepe pencereleriyle beraber kullanımı (Şekil 3.3), gün ışığının mekânın içerilerine daha fazla yayılmasına yardımcı olur [25]. Sistem, gün ışığı aydınlığının homojen dağılımını artırarak, özellikle pencereye yakın olan kısımlarda kamaşmayı azaltır [26].

Işık rafı kullanımının dezavantajları ise;

1. Tedbir alınmadığında, düşük açılı kış güneş ışığı kamaşmayı artırabilir.
2. Özellikle dış ışık rafları temizlenirken zorluklar yaşanabilir.
3. Işık raflarının içeride uygulanması durumunda, kullanıcıların raf üzerini depo olarak kullanmaması konusunda uyarılması gerekir
4. Güneş kaynaklı ısının sorun teşkil ettiği tropik iklim kuşağı ve çöllerde kullanımı uygun olmayabilir [24].

d) Işık rafı uygulama örnekleri

Işık rafı sistemi kullanılan aşağıdaki uygulamalar sırasıyla özetlenmiştir.

1. Clackamas High School
2. Ash Creek Intermediate School
3. Research Support Facility
4. San Francisco Public Utilities Commission Headquarters
5. Ankara Atatürk Lisesi

1. Clackamas High School

Yer: Oregon, ABD

Mimari: Boora Architects

Yapım Yılı: 2002(Açılış) [27]

Alanı: 24,652 m2 [28]



Resim 3.2. Işık raflarının dış cephede görünümü [29]

Yukarıdaki fotoğrafta, kullanılan ışık raflarının dış cephedeki yerleşimi gösterilmektedir (Resim 3.2).

Diğer liselere örnek olması amacıyla “Yeşil Bina” kapsamında tasarlanan Clackamas High School, Amerika’ nın ilk Leed (silver) sertifikalı lisesidir.

Okul tasarımında doğal aydınlatma ve doğal havalandırma dikkate alınmış, yerel malzeme seçimleri yapılmıştır [29]. Sınıflarda kullanılan ışık rafları tepeden gelen yüksek aydınlığı yansıtmanın yanı sıra, gölge sağlayarak, iç mekânın aşırı ısınmasını engellemek amacıyla da kullanılmıştır. Tavan, doğal aydınlığın dağılımını desteklemek amacıyla eğimlendirilmiştir [29].

Aşağıdaki şekilde, ışık raflarının iç mekândaki yerleşimi gösterilmektedir (Resim 3.3). Işık rafları göz hizasının yukarısına konumlandırılmıştır.



Resim 3.3. Işık raflarının iç mekânda görünümü [29]

2. Ash Creek Intermediate School

Yer: Monmouth, Oregon, ABD

Mimari: Boora Architects

Yapım Yılı: 1998

Alanı: 5474 m2 [30]

Leed-silver sertifikalı Ash Creek Intermediate School, sürdürülebilir tasarım anlayışının uygulandığı örneklerden biridir. Bu sayede, bina bütününde %35 enerji tasarrufu sağlanmıştır [30].

Yapıda; gün ışığını içerilere yansıtan ışık rafları, doğal havalandırma sistemleri, sürdürülebilir yerel malzeme, enerji etkin sistemler gibi yüksek performanslı elamanlar uygulanmıştır [31].



Resim 3.4. Yapının genel görünümü [31] ve ışık raflarının güney cephede görünümü [32]

Yukarıdaki şekilde, aşağıdaki pencerelere gölge etkisi yapmak, aşırı ısınmayı engellemek ve gün ışığı aydınlığını içerilere yansıtmak amacıyla yapının güney cephesine yerleştirilen ışık rafları gösterilmektedir [31, 32].

Yapıda gün ışığından etkin şekilde faydalanmak amacıyla cephede ışık raflarıyla birlikte mekânın pencereden uzak bölgelerinde ışık tüpleri kullanılmıştır. Böylece doğal aydınlık sınıfların derinliklerine kadar ulaşabilmiştir [33]. Aşağıdaki şekilde ışık rafının iç mekândaki yerleşimi gösterilmektedir (Resim 3.5).



Resim 3.5. Işık rafının mekân içinden görünümü [32]

3. Research Support Facility (RSF)

Yer: Cole Boulevard, Golden Colorado, ABD

Mimari: RNL

Yapım Yılı: 2010

Alanı: 20,625 m² [34]

RSF, yapının enerji kullanımının araştırılmasında ve gerekli düzenlemelerin yapılmasında, gerçek zamanlı bina performans verilerinin kullanıldığı, yaşayan bir laboratuvardır. ABD’de ticari yapılar için ön görülen enerjinin %50’sinin kullanıldığı yapı, Leed Platinum sertifikasına sahiptir [35].

Aşağıdaki şekilde yapının genel görünümü [36] ve güney cephede kullanılan ışık rafları [37] gösterilmektedir (Resim 3.6).



Resim 3.6. Yapının genel görünümü(üstte) ve güney cephesinde gölge elemanları ve panjurlarla beraber kullanılan ışık rafları(alta)

Gün ışığından etkin bir şekilde faydalanmak yapının tasarımındaki en önemli faktörlerden biridir. Yapının “H” formu, gün ışığının bina içerilerine yayılma ihtiyacını karşılamak amacıyla geliştirilmiştir [37].

Bilgisayarla yapılan kapsamlı modelleme, pencerelerin dikkatli seçimi ve yerleşimi ile doğal aydınlığı mekân içerilerine yansıtan araçlar sayesinde, bina cephesinden itibaren 9m.’ye kadar çalışanların doğal ışıktan faydalanması sağlanmıştır [37].

Aşağıdaki şekil de yapının üst kat, ofis biriminden fotoğraflar gösterilmektedir. Ofisin, iki cephede pencereleri vardır. Güney cepheye, aydınlığı içerilere yansıtan ışık raflı pencereler, kuzey cepheye ısı kaybını azaltmak amacıyla duvar/pencere alan oranı yüksek, ışık rafsız küçük pencereler yerleştirilmiştir (Resim 3.7).



Resim 3.7. Yapının üst katta iç mekân görünümüleri [34, 37]

4. San Francisco Public Utilities Commission Headquarters (SFPUCH)

Yer: 525 Golden Gate Avenue, San Francisco California, ABD

Mimari: KMD Architects

Yapım Yılı: 2012 [38]

Alanı: 25,780 m² [39]

AIA (The American Institute of Architects) 2013 Top ten ödülüne sahip olan yapı Leed Platinum Sertifikalıdır [38].

SFPUCH, tasarımcıları tarafından en yeşil kent bina olması amacıyla projelendirilmiştir. Gelişmiş gün ışığı aydınlatma sistemlerinin kullanıldığı yapıda, aydınlatma da tipik bir binaya göre %45 enerji tasarrufu sağlanmaktadır [38].

Aşağıda, yapının güney cephesi ve cephede kullanılan ışık rafları gösterilmektedir (Resim 3.8). Güneş kontrolü için yatay gölge elemanları ışık raflarıyla beraber kullanılmıştır [39].



Resim 3.8. Yapının genel görünümü [39] ve binanın güney cephesinde yatay gölge elemanlarıyla birlikte ışık raflarının kullanımı [40]

Enerji verimi ve kaliteli aydınlık yapının iki ana hedefidir.

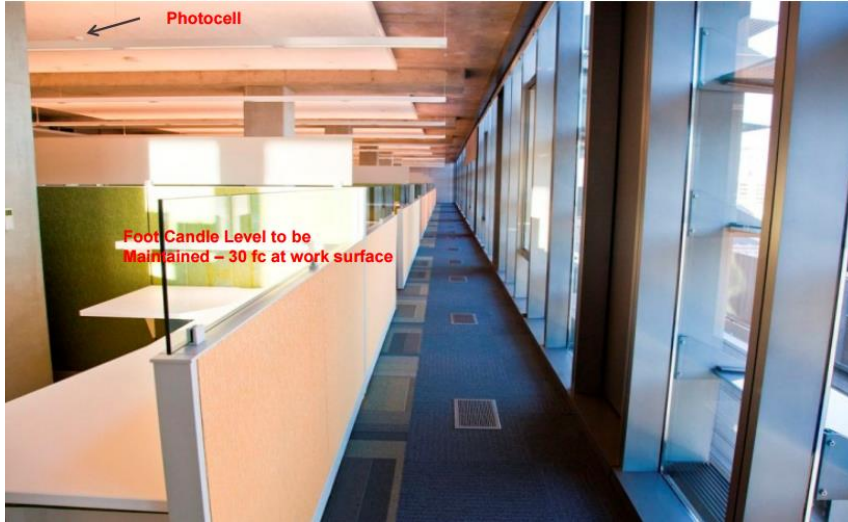
Yapı içindeki tüm mekânların yeterli aydınlık seviyesini sağlamak amacıyla yüksek performanslı, enerji tasarruflu armatürler kullanılmıştır [38].

Binanın açık ofis birimlerinde ise iç mekânın aşırı ısınmasını engellemek, gün ışığından maksimum şekilde faydalanmak amacıyla güney cephe de ışık raflarıyla ve yatay gölge elemanları kullanılmıştır. Ayrıca, kamaşmayı engellemek için binanın Güney, Doğu ve Batı cephelerinde yer yer otomatik gölge elemanları da entegre edilmiştir [40].

Güney cepheye uygulanan bu cephe sistemi sayesinde gün ışığı, cepheden 7,62 m içerilere kadar ulaşabilmiştir [40].

İç mekânı, dış ortamla görsel olarak %91 ilişkilendiren cephe sistemiyle, mesai saatlerinin %60'ına kadar doğal aydınlıktan faydalanılmıştır [38].

Çalışma düzleminde 30 fc (323 Lx) aydınlığın hedeflendiği projeye ilişkin iç mekân görüntüsü Resim 3.9.'da gösterilmiştir [40].



Resim 3.9. Işık raflarının ve yatay gölge elemanlarının iç mekândan görünümü [40]

5. Ankara Atatürk Lisesi

Yeri: Sıhhiye, Ankara, Türkiye

Tasarım: Bruno Taut, Franz Hillinger

Yapım Yılları: 1937-38 [41]

Anadolu'da Türkçe eğitim yapmak üzere kurulan ilk liselerden biridir. Okulun ilk binası, bugünkü Yüksek İhtisas Hastanesi'nin bulunduğu saha üzerine kurulmuş olup Ankara halkı arasında "Taş Mektep" ismiyle tanınmıştır [42].

Simetriden uzak bir anlayışla tasarlanmış olan yapıda, doğu-batı doğrultusunda derslikler ve çok amaçlı mekânlar; kuzey-güney doğrultusunda ise konferans salonu, yemek salonu, spor salonu gibi büyük mekânlar yer almaktadır [41].



Resim 3.10. Binanın genel görünümü ve B Bloкта ışık raflarının kullanımı

Yukarıdaki şekilde binanın genel görünümü ve B Bloкта kullanılan ışık rafları gösterilmektedir (Resim 3.10).

Gün ışığı aydınlığını düzenleyen, kamaşmayı azaltan ve yarattığı gölge etkisiyle mekânın aşırı ısınmasını engellemeye yardımcı olan ışık raflarının kullanıldığı sınıflardan birinin içeriden görünümü aşağıdaki gibidir (Resim 3.11).



Resim 3.11. Işık rafı yerleştirilen sınıfın içeriden görünümü

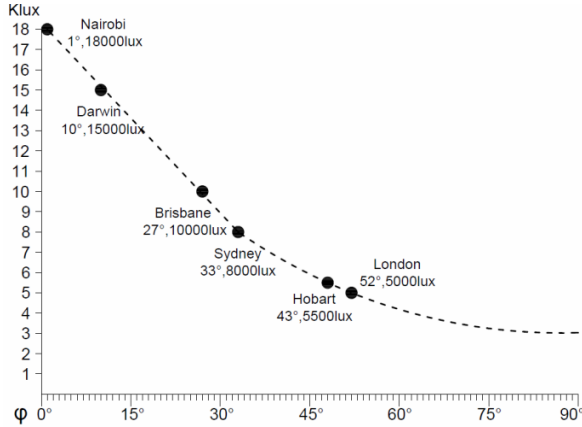
4. DÜNYA ÜZERİNDEKİ KONUMA GÖRE IŞIK RAFI POZİSYON VE BOYUTUNUN BELİRLENMESİ

4.1. Dizayn Gök Aydınlığının Belirlenmesi

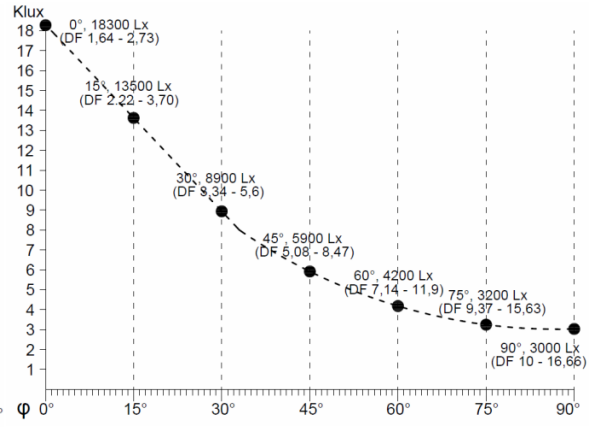
Dizayn Gök Aydınlığı (DGA), mesai saatlerinde (09:00- 17:00 arasında) tüm yılın %85’inde, gün ışığı aydınlığının üzerinde olduğu, gün ışığı aydınlık analizinde kullanılan konservatif değerdir [43].

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 [44].

Enlemlerdeki dizayn gök aydınlık değerleri grafik olarak ifade edildiğinde şekil 4.1’deki çizim elde edilir. Bu çalışmada; 0, 15, 30, 45, 60, 75 derece enlemlerinde hesaplama yapılması planlanmıştır. Çalışmaya esas enlemlere karşılık gelen dizayn gök aydınlık değerleri Şekil 4.2 deki gibidir.



Şekil 4.1. Çeşitli enlemlerde DGA [5]

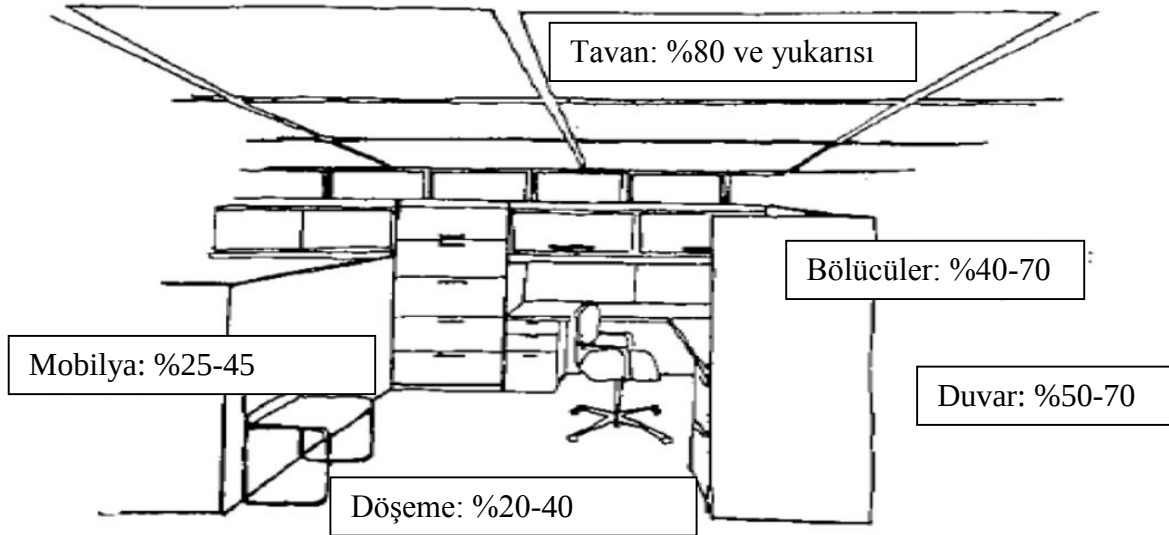


Şekil 4.2. Seçilen enlemlerde DGA

European Standard EN 12464-1’ e göre, ofislerde okuma, yazma, bilgi işlem eylemleri için 500 lx aydınlık seviyesine ihtiyaç vardır [45]. Kabul edilebilir aydınlık seviyesine “aydınlık homojenliği(Uo)” denir. Bu değer, ofis görev alanında EN 12464-1’e göre minimum 0,60’dır. Böylece, ofis içinde istenen aydınlık değer aralığı 300-500 lx olarak elde edilmiştir.

4.3. Ofis İçinde Kullanılan Malzemeler Ve Yansıtıcılık Değerlerinin Belirlenmesi

Ofis hacmindeki görsel etki; renk, parlaklık, aydınlık, bileşenlerine bağlıdır. Aydınlatma parametrelerinin doğru tasarımı konforlu, etkileyici sonuçlar üretir. Doğru renk seçimi, etkileyici bir ofis mekânı oluşturduğu gibi uzun süre aynı ofis ortamında çalışanların performansına olumlu katkı sağlar [46]. Seçilen renkler teknik olarak yansıtıcılık değerleriyle nitelendirilirler. IESNA (Illuminating Engineering Society of North America) tarafından önerilen yansıtıcılık değerleri aşağıdaki şekilde görüldüğü gibidir [46] (Şekil 34). Bu çalışma da ışık kaynağı olarak doğal aydınlık kullanılmıştır.

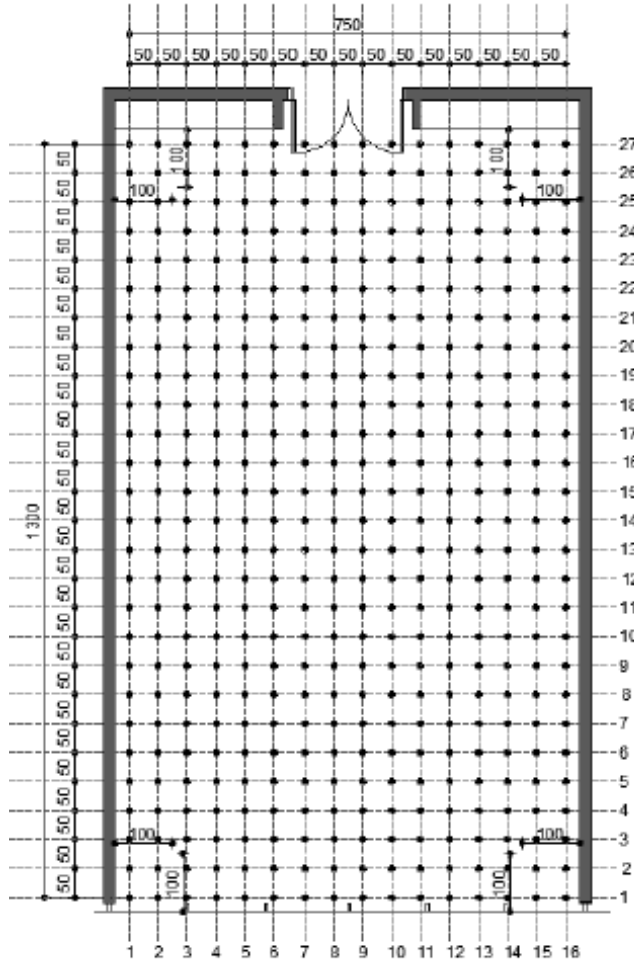


Şekil 4.4. Ofis yüzeyleri ve mobilyaları için önerilen yansıtıcılık değerleri [46]

Ofislerde sıkça kullanılan alüminyum profil, giydirme çift cam cephe sistemi örnek ofis birimine de uygulanmıştır. Ofis birimi tefrişinde kullanılan diğer malzemeler ve yansıtıcılık değerleri; masa-dolap MDF (yansıtıcılık: 0,7), kapı ahşap (yansıtıcılık: 0,7), koltuk konstrüksiyonları alüminyum (yansıtıcılık: 0,75), koltuk yüzeyleri kumaş (yansıtıcılık: 0,4), döşeme halı kaplama (yansıtıcılık: 0,4), duvar alçıpan üzeri boya (yansıtıcılık: 0,7), tavan alçı panel asma tavan (yansıtıcılık: 0,8), ışık rafı kompozit (yansıtıcılık: 0,8), doğrama alüminyum (yansıtıcılık: 0,75), Çift cam geçirgenliği: 0.643 olarak belirlenmiştir. Dış mekânda kullanılan, bina çevresinde olması planlanan; beyaz tretuvar (yansıtıcılık: 0,75), yeşil çim alanın yansıtıcılık değeri ise 0,4'tür.

4.4. Hesaplamaların Yapılacağı Sensör Yerleşim Yerlerinin Belirlenmesi

Sensörler, ofis mekânında ışık rafı yerleşimine ve boyutuna bağlı gün ışığı aydınlık değerlerindeki değişimleri ölçmek amacıyla, 75 cm yükseklikteki çalışma düzlemine yerleştirilmiştir.



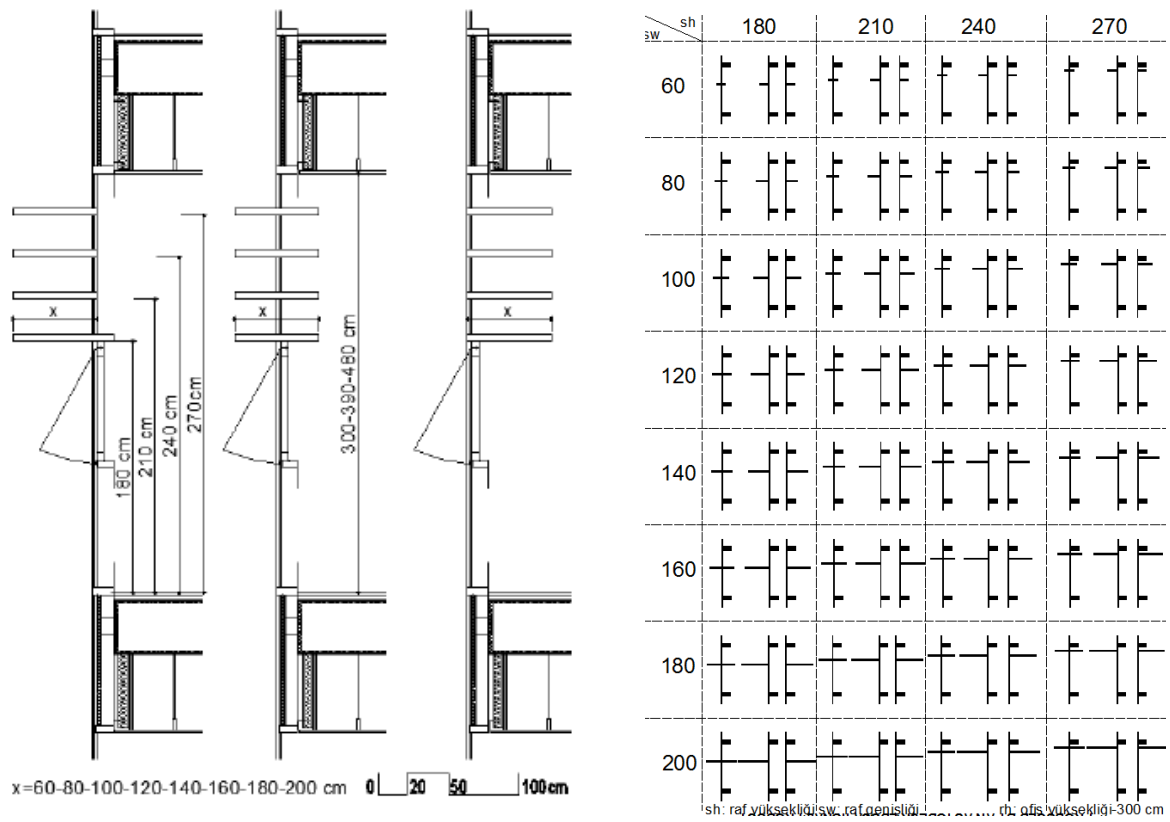
Şekil 4.5. Ofis içinde sensör yerleşimi

Leed v4'e göre hesap yapılan sensör gridleri arasındaki mesafenin 60 cm altında olması gerekmektedir [47]. Hesap hassasiyetini arttırmak ve sürekliliğini sağlamak amacıyla sensör gridleri arası mesafe 50cm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.5).

Hesap yapılan toplam sensör sayısı 432'dir.

4.5. Test edilecek Işık Rafı Pozisyon ve Boyutlarının Belirlenmesi

Raf veriminin belirlenebilmesi için, 60cm eninde ışık rafı için yerleşim biçimleri aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Şekil 4.6). İlk ışık rafı göz seviyesi üzerinde, döşemeden 180 cm yukarıya yerleştirilmiştir. 3 metre yüksekliğindeki ofis için diğer ışık rafı varyasyonları 210, 240, 270 cm yüksekliklere yerleştirilmiştir. Hesaplamaya ilişkin tüm raflar doğramanın iç, dış ve merkez yüzeylerine yerleştirilmiştir.



Şekil 4.6. Sol sistem kesitinde 60 cm genişliğindeki ışık rafı için yerleşim varyasyonları, sağda hesaplamalara esas ışık rafı yerleşim tablosu

Işık Rafı Yerleşim Tablosu; Gün ışığı aydınlık sensör değerleri, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 cm enindeki ışık raflarının 180, 210, 240, 270 cm yükseklikte, iç-merkez-dış pozisyonlarının her biri için (3 metrelik ofis yüksekliği için 96 farklı durum) hesaplanmıştır (Şekil 4.6). Bu işlem 390 cm, 480 cm ofis yüksekliklerinde, ışık rafı yüksekliği 30 cm arttırılarak tekrarlanacaktır.

Kodlama;

Yapılan hesaplamalarda, istenilen değerlere kolayca ulaşılabilmek ve karışıklık olmasını engellemek amacıyla; ofisin bulunduğu enlem, yön, ofis eni, boyu, yüksekliği, ışık rafı yüksekliği, doğrama aksından dışa doğru ışık rafı eni, doğrama aksından içe doğru ışık rafı eni, toplam ışık rafı eni ve uygun ışık rafı pozisyon ve boyutu için belirlenen gün ve saat parametrelerinde yapılan hesaplamaların ifade edildiği bir kodlama sistemi oluşturulmuştur.

Buna göre oluşturulan kod aşağıdaki gibidir.

l-d-wxl-h-sh-ı-e-t-d-m-h-m

Kodun açılımındaki parametreler ise aşağıda açıklamıştır.

l (latitude) = Ofisin bulunduğu enlem,

-d (direction) = yön (İlgili enlemde uygun ışık raf pozisyon ve boyutunun belirlenebilmesi için kapalı gök tipi overcast (ov) ve istenilen gün ve saatlerde yapılacak hesaplamalar için kuzey (n), güney (s), doğu (e) ve batı (w) yönleri)

-w (width) x l (length) = ofis eni-boyu(m),

-h (height) = ofis yüksekliği(cm),

-sh (shelf height) = ışık rafı tabanının yerden yüksekliği(cm),

-i (interior) = ışık rafının doğrama aksından içe doğru olan mesafesi(cm),

-e (exterior) = ışık rafının doğrama aksından dışa doğru olan mesafesi(cm),

-t (total) = giydirmeye cam cepheye boydan boya uygulanan ışık rafının toplam eni(cm)

ve istenilen ay, gün ve saatte hesap yapılan zamanı ifade eden;

-d (day) = hesap yapılmak istenen gün,

-m (month) = hesap yapılmak istenen ay,

-h (hour) = hesap yapılmak istenen saat,

-m (minute) = hesap yapılmak istenen dakika.

Işık rafı kalınlığı standart 5cm kabul edilmiştir.

Örnek;

10°-ds-w8xl14-h300-sh180-i60-e60-t120-d21-m12-h12-M00 kodunun açılımı aşağıdaki gibidir.

10° = Ofis 0 derece enleminde,
 -ds = Güney yönünde,
 -w8 = Ofis eni 8 metre,
 -l14 = Ofis boyu 14 metre,
 -h300 = Ofis yüksekliği 300 cm,
 -sh180 = Işık rafının yerden yüksekliği 180 cm,
 -i60 = Işık rafı cam aksından içeri doğru 60 cm,
 -e60 = Işık Rafı cam aksından Dışarı Doğru 60 cm,
 -t120 = Toplam Işık Raf Eni 120 cm.

CIE Standart kapalı gök durumuna göre uygun pozisyon ve boyutu tespit edilen ışık rafının güney yönüne göre değerlendirilmesinde;

-d21 = Ayın 21. Günü,
 -m12 = 12. Ay,
 -h12 = Saat 12,
 -m00 = 0. Dakika.

4.6. Kullanılan Bilgisayar Simülasyon Programları

Bu çalışmanın amacına uygun olarak; gün ışığı faktör (DF) ve gün ışığı aydınlık değer hesaplamaları için indirek yansımaları da hesaplayabilen Radiance ve Ecotect (modelleme için) programları kullanılmıştır. Simülasyon süresi dikkate alınarak, ilgili ofis birimi ve çevresel faktörler hesaba dâhil edilmiştir.

4.7. Uygulamalar

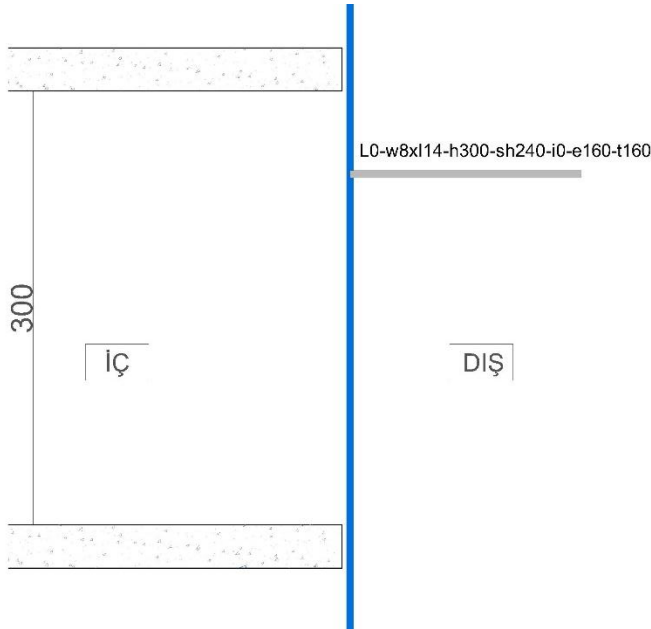
Işık rafı veriminin değerlendirilmesi amacıyla 2 farklı gök tipi kullanılmıştır.

Bunlardan ilki çalışmaya esas, gün ışığı faktör (DF) değerlerinin hesaplanmasında kullanılan, tasarım için en kötü senaryoyu temsil eden CIE standart kapalı gök tipidir[48]. İkincisi ise CIE standart kapalı gök tipinde tespit edilen ışık rafı pozisyon ve boyutlarının 4 ana yönde, belirlenen ay, gün ve saatte etkisinin değerlendirilebileceği CIE standart açık gök tipidir. CIE standart açık gök tipinde, hesaplamaların gün ortasında (12:00) ve gündönümlerinde (21 Haziran ve 21 Aralık) yapılması planlanmıştır. Böylelikle açık gök tipinde, ışık rafının gün ışığının iç mekândaki dağılımına etkisi, gün dönümlerinde, ilgili enlemde, ana yönler için değerlendirilebilecektir.

4.7.1. CIE standart kapalı gök tipinde ışık rafı pozisyon ve boyutlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi

CIE standart kapalı gök tipinde, 3 metre yükseklikte ofis ünitesi için farklı enlemlerde uygun ışık rafı pozisyon ve boyutları

0° Enleminde uygun ışık rafı pozisyon ve boyutları



Şekil 4.7. CIE standart kapalı gök tipinde, 0 derece enleminde uygun ışık raf yerleşimi ve ışık rafı ölçüleri (240 cm yükseklikte, 160 cm genişlikte, dış ışık rafı)

Dizayn Gök Aydınlık değeri 18300 lx olan 0° enleminde, 300-500 lx aydınlık seviyesine karşılık gelen gün ışığı faktörü (DF) 1,64-2,73 aralığı olarak belirlenmiş, gün ışığı aydınlık değerleri bu gün ışığı faktör (DF) aralığında hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda, 160 cm genişlikte, dış ışık rafının 240 cm yükseklikte yerleşiminin uygun olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7).

Aşağıdaki tablo da, tip ofis ünitesi içinde, ışık rafsız ve ışık raflı durumda, 300lx- 500 lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik değişimleri gösterilmektedir (Çizelge 4.1).

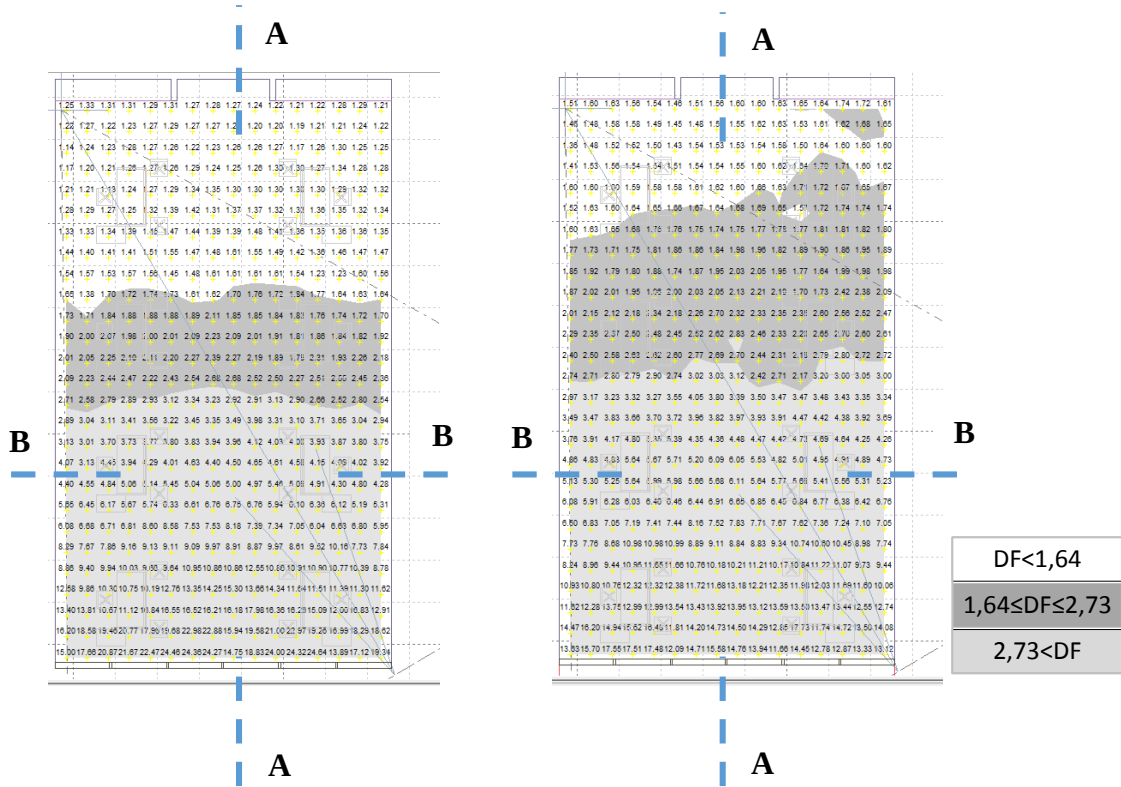
Çizelge 4.1. CIE standart kapalı gök tipinde, 3m ofis yüksekliği için, 0° enleminde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda 300lx-500lx aralığındaki ve 300 lx üzerindeki (max 900 lx) sensör sayıları ve yüzdelik fark

$L=0^{\circ}-H=300CM$		DF Aralığı (en az-en çok)	300lx-500lx Aralığındaki	
			Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L0°-DO-W8XL14-H300-SH0-I0-E0-T0	1,64-2,73	81	18,75
2	L0°-DO-W8XL14-H300-SH240-I0-E160-T160	1,64-2,73	136	31,48
3	FARK	1,64-2,73	55	12,73

1=ışık rafsız durum 2=ışık raflı durum 3=fark

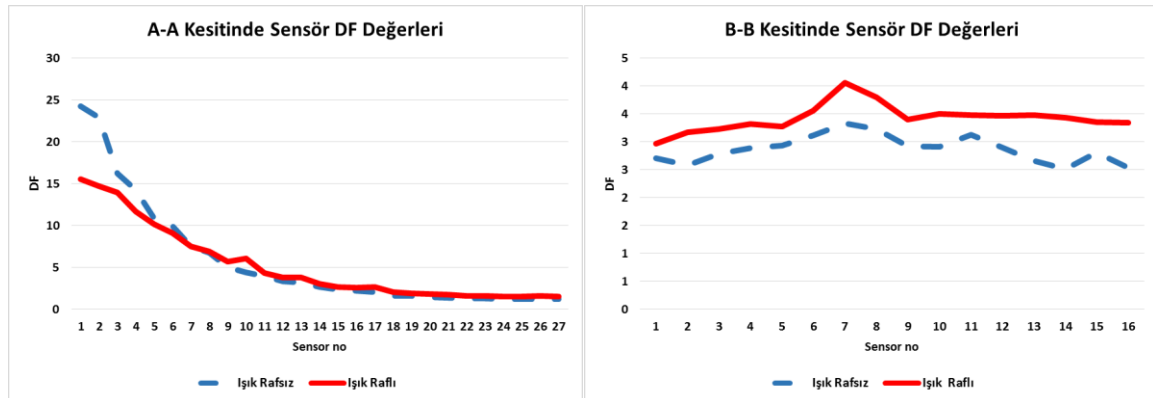
Işık raflı ve ışık rafsız durumlarda istenilen gün ışığı aydınlık değer aralığını sağlayan sensör sayıları Tablo 1.de gösterilmiştir. Toplam 432 sensör için hesaplamaların yapıldığı tip ofis ünitesinde 300-500 lx aralığındaki ışık rafsız durumdaki sensör sayısı 81, ışık raflı durumda 136'dır. Işık rafı, mekân içinde istenen gün ışığı aydınlık değer aralığına %12,73 fayda sağlamıştır.

Aşağıdaki şekilde yukarıdaki tabloya paralel olarak, istenilen gün ışığı aydınlık değerlerine karşılık gelen gün ışığı faktör (DF) değerlerini sağlayan sensörlerin, mekân içindeki dağılımı plan üzerinde gösterilmektedir (Şekil 4.8).



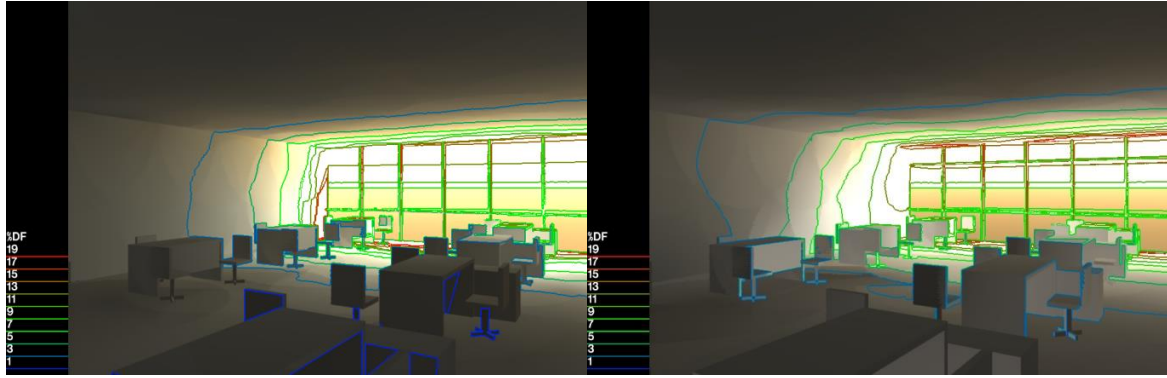
Şekil 4.8. CIE standart kapalı gök tipinde, 0° enleminde, ışık rafsız (solda) ve ışık raflı (sağda) durumlarda, 300 lx'ten az ($DF < 1,64$), 300 lx-500lx aralığındaki ($1,64 \leq DF \leq 2,73$) ve 300 lx üzerindeki ($2,73 < DF$) sensörlerin mekân içindeki dağılımları.

Gün ışığı aydınlığının mekân içerilerine dağılımını gösteren A-A ve B-B kesitleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Işık raflı ve ışık rafsız durumlarda A-A ve B-B Kesitlerinde gün ışığının ofis içindeki dağılımı

Işık rafının gün ışığı aydınlığının homojen dağılımına yardımcı olduğu ve içerilere kadar ulaşmasını sağladığı yukarıdaki şekilde gösterilmektedir (Şekil 4.9).



a. Işık rafsız durum

b. Işık raflı durum

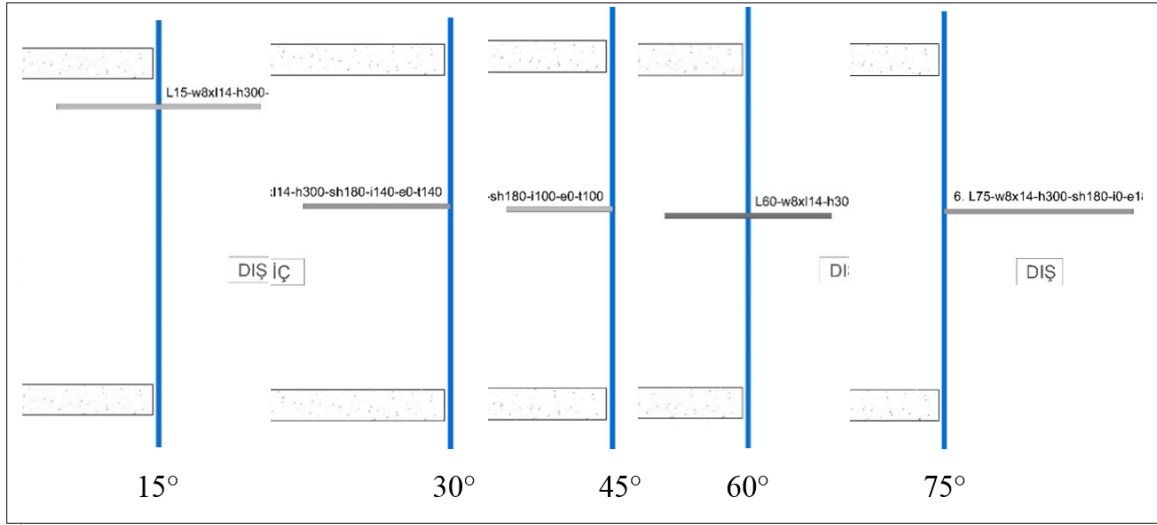
Şekil 4.10. CIE Kapalı Gök Tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, 0° enleminde ışık rafsız(a) ve ışık raflı(b) durumlarda gün ışığı aydınlığının mekân içindeki hacimsel dağılımı

CIE Kapalı Gök Tipinde, 3 metre ofis yüksekliğinde, 0° enleminde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda gün ışığı faktör (DF) değer dağılımları hacimsel olarak incelendiğinde, gün ışığı aydınlık değerlerinin, ışık rafsız durumda plan düzleminde olduğu gibi, keskin değişim göstermekteyken, ışık raflı durumda homojen bir dağılım sergilemekte olduğu görülür (Şekil 4.10.). 0° enleminde ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda gün ışığı aydınlık dağılımı ve değerleri ayrıntılı olarak incelendikten sonra 3 metre ofis yüksekliğinde diğer enlemler için tespit edilen ışık rafı yerleşimleri ve ölçüleri aşağıda sıralanmıştır.

15°, 30°, 45°, 60°, 75° Enlemlerinde Uygun Işık Rafı Pozisyon Ve Boyutları

CIE Kapalı Gök Tipinde, 3 metre ofis yüksekliğinde, diğer enlemler için (15°, 30°, 45°, 60°, 75°) 300lx-500 lx aralığı için yapılan hesaplamalarda, en uygun ışık rafı yerleşimleri;

15° enleminde, 200 cm genişlikte, orta ışık rafı, 270 cm yükseklikte,
 30° enleminde, 140 cm genişlikte, iç ışık rafı, 180 cm yükseklikte,
 45° enleminde, 100 cm genişlikte, iç ışık rafı, 180 cm yükseklikte,
 60° enleminde, 160 cm genişlikte, orta ışık rafı, 180 cm yükseklikte,
 75° enleminde, 180 cm genişlikte, dış ışık rafı, 180 cm yüksekliktedir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. CIE standart kapalı gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, sırasıyla 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde uygun ışık rafı pozisyonları ve boyutları

CIE standart kapalı gök tipinde 3 metre ofis yüksekliğinde, yukarıdaki şekilde (Şekil 4.11) yer alan enlemlerle beraber, 0° enlemindeki ışık rafı pozisyonu incelendiğinde; enlemlere göre uygun ışık rafı yerleşimlerinin, 0° enleminde 240 cm yükseklikte, 15° enleminde 270 cm yükseklikte olduğu görülür. Çalışmaya konu olan diğer enlemler incelendiğinde ise, uygun ışık rafı yüksekliği, 30°, 45°, 60°, 75° enlemleri için 180 cm olup, 30° enleminden 75° enlemine doğru içeriden dışarıya doğru bir yönelim sergilemiştir. 30° ve 45° enlemlerinde 180 cm yükseklikte, iç ışık rafları yerleşimi uygunken, 60° enleminde 180 cm yükseklikte orta ışık rafı, 75° enleminde ise 180 cm yükseklikte dış ışık rafı, ortam gün ışığı aydınlığının iyileşmesine en fazla faydayı sağlamıştır. Işık rafı boyutları incelendiğinde, enlemlere göre uygun ışık rafı ölçüleri birbirlerinden farklı olup 100 cm-200 cm arasında değişmektedir. Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi, 15 dereceden 45 dereceye kadar ışık rafı ölçüsü azalmakta sonra artmaktadır.

CIE Kapalı Gök Tipinde, 3 metre ofis yüksekliğinde ışık rafının enlemlere göre yerleşimi- izlediği yol, diğer ofis yükseklikleriyle beraber bu bölüm sonunda ayrıntılı olarak incelenecektir.

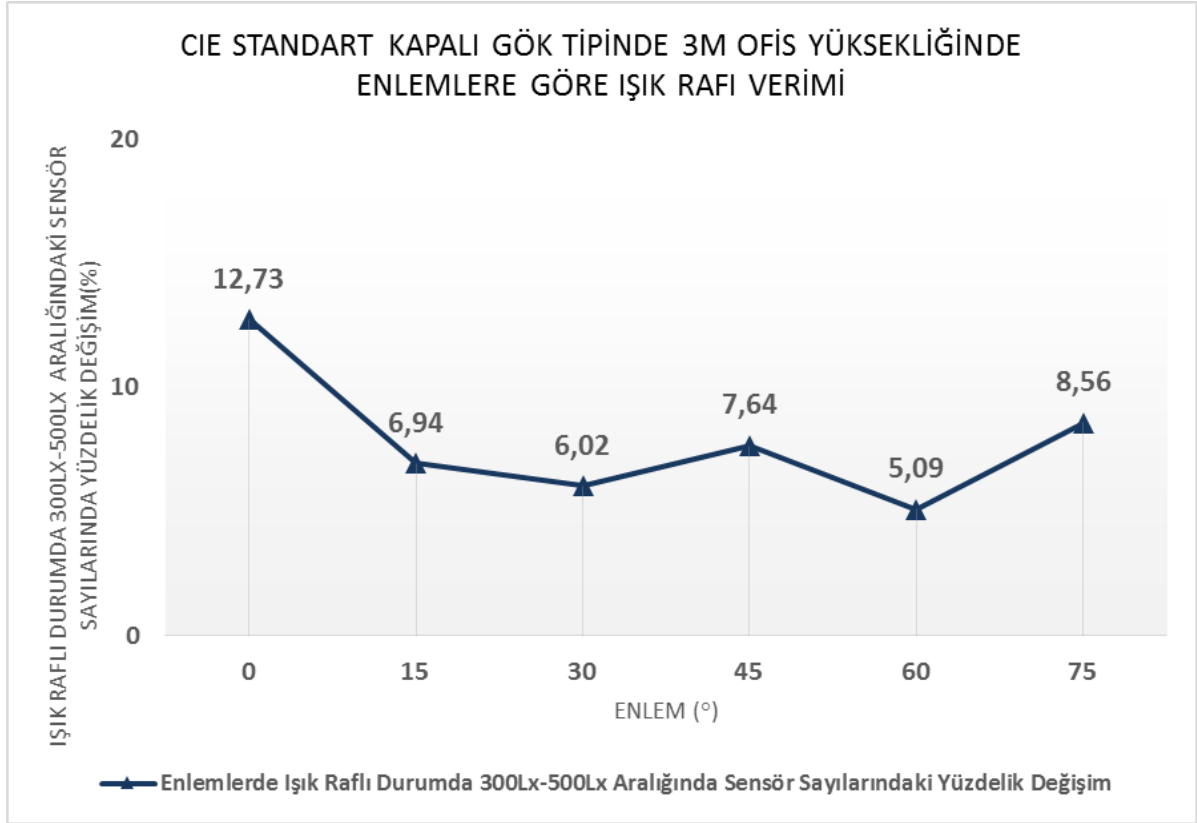
Aşağıdaki tablo da, CIE Kapalı Gök Tipinde, 3 metre yükseklikte tip ofis ünitesi için, ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, 300lx - 500 lx aralığındaki ve 300 lx üzerindeki sensör sayıları ve yüzdelik değişimleri gösterilmektedir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. CIE standart kapalı gök tipinde, 3m ofis yüksekliği için 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda 300lx-500lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik fark

<i>L=15°-H=300CM</i>		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L15°-DO-W8XL14-H300-SH0-I0-E0-T0	2,22-3,7	55	12,73
2	L15°-DO-W8XL14-H300-SH270-I100-E100-T200	2,22-3,7	85	19,68
3	FARK	2,22-3,7	30	6,94
<i>L=30°-H=300CM</i>		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L30°-DO-W8XL14-H300-SH0-I0-E0-T0	3,34-5,6	55	12,73
2	L30°-DO-W8XL14-H300-SH180-I140-E0-T140	3,34-5,6	81	18,75
3	FARK	3,34-5,6	26	6,02
<i>L=45°-H=300CM</i>		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L45°-DO-W8XL14-H300-SH0-I0-E0-T0	5,08-8,47	39	9,03
2	L45°-DO-W8XL14-H300-SH180-I100-E0-T100	5,08-8,47	72	16,67
3	FARK	5,08-8,47	33	7,64
<i>L=60°-H=300CM</i>		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L60°-DO-W8XL14-H300-SH0-I0-E0-T0	7,14-11,9	49	11,34
2	L60°-DO-W8XL14-H300-SH180-I80-E80-T160	7,14-11,9	71	16,44
3	FARK	7,14-11,9	22	5,09
<i>L=75°-H=300CM</i>		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L75°-DO-W8XL14-H300-SH0-I0-E0-T0	9,37-15,63	44	10,19
2	L75°-DO-W8XL14-H300-SH180-I0-E180-T180	9,37-15,63	81	18,75
3	FARK	9,37-15,63	37	8,56

1=ışık rafsız durum 2=ışık raflı durum3=fark

CIE standart kapalı gök tipinde, 3 metre ofis yüksekliği için 15°, 30°, 45°, 60°, 75 enlemlerinde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda istenilen gün ışığı aydınlık değer aralığını sağlayan sensör sayıları Çizelge 4.2.'deki gibidir.



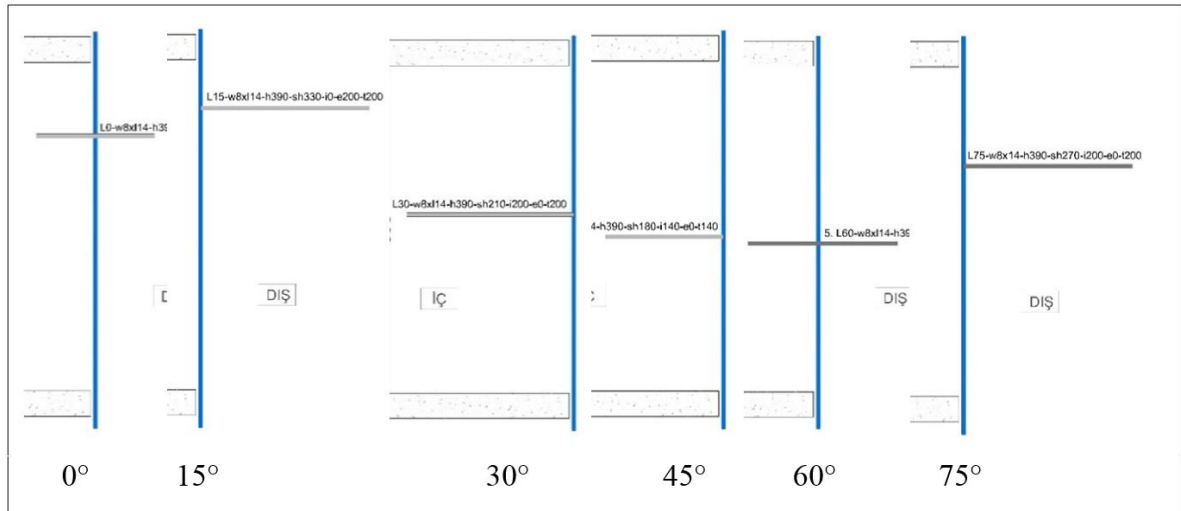
Şekil 4.12. CIE standart kapalı gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, farklı enlemlerde, ışık raflı durumda, 300 lx-500 lx aralığında sensör sayılarındaki yüzdelik değişim

Yukarıdaki şekilde CIE standart kapalı gök tipinde, 3 metre yüksekliğinde tip ofis ünitesi için, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde ışık rafı verimleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.12). Işık rafı, mekân içindeki toplam 432 sensör için yapılan hesaplamalarda, çalışmaya konu olan tüm enlemlerde 300 lx-500 lx aralığındaki gün ışığı aydınlık değerlerindeki artış sağlamıştır. Ofis içinde, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığındaki ışık rafı verim oranı, enlemlere göre sırasıyla 0° enleminde %12,73, 15° enleminde %6,94, 30° enleminde %6,02, 45° enleminde %7,64, 60° enleminde %5,09, 75° enleminde %8,56'dır.

CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9 metre yükseklikte ofis ünitesi için farklı enlemlerde uygun ışık rafı pozisyon ve boyutları

CIE Kapalı Gök Tipinde, 3,9 metre ofis yüksekliğinde, çalışmaya konu olan enlemler için 300lx-500 lx aralığında yapılan hesaplamalarda, en uygun ışık rafı yerleşimleri;

0° enleminde, 140 cm genişlikte, orta ışık rafı, 300 cm yükseklikte,
 15° enleminde, 200 cm genişlikte, dış ışık rafı, 330 cm yükseklikte,
 30° enleminde, 200 cm genişlikte, iç ışık rafı, 210 cm yükseklikte,
 45° enleminde, 140 cm genişlikte, iç ışık rafı, 180 cm yükseklikte,
 60° enleminde, 180 cm genişlikte, orta ışık rafı, 180 cm yükseklikte,
 75° enleminde, 200 cm genişlikte, dış ışık rafı, 270 cm yüksekliktedir (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, sırasıyla 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde uygun ışık rafı pozisyon ve boyutları

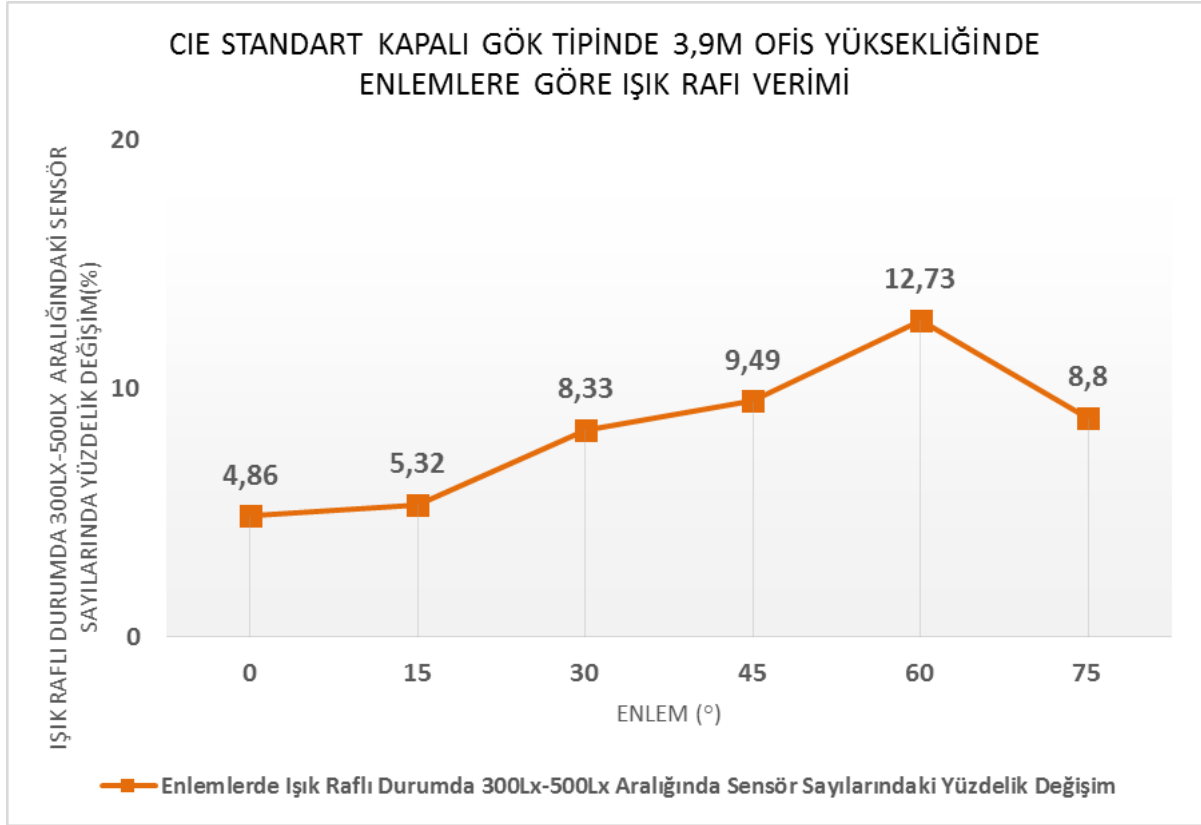
CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9 metre ofis yüksekliğinde, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde ışık rafı pozisyonları incelendiğinde; ışık rafının 0° enleminde 300 cm yüksekliğinde, 15° enleminde 330 cm yüksekliğinde, 30° enleminde 210 cm yüksekliğinde, 45° ve 60° enlemlerinde 180 cm yüksekliğinde, 75° enleminde 270 cm yüksekliğinde olduğu görülür. Enlemlere göre ışık rafı boyutları ise, birbirlerinden farklı olup 140 cm-200 cm arasında değişmektedir. Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi, 15 dereceden 45 dereceye kadar ışık rafı ölçüsü azalmakta sonra artmaktadır.

Çizelge 4.3. CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliği için 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda 300lx-500lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik fark

$L=0^{\circ}-H=390CM$		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L0°-DO-W8XL14-H390-SH0-I0-E0-T0	1,64-2,73	163	37,73
2	L0°-DO-W8XL14-H390-SH300-I70-E70-T140	1,64-2,73	184	42,59
3	FARK	1,64-2,73	21	4,86
$L=15^{\circ}-H=390CM$		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L15°-DO-W8XL14-H390-SH0-I0-E0-T0	2,22-3,7	87	20,14
2	L15°-DO-W8XL14-H390-SH330-I0-E200-T200	2,22-3,7	110	25,46
3	FARK	2,22-3,7	23	5,32
$L=30^{\circ}-H=390CM$		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L30°-DO-W8XL14-H390-SH0-I0-E0-T0	3,34-5,6	63	14,58
2	L30°-DO-W8XL14-H390-SH210-I200-E0-T200	3,34-5,6	99	22,92
3	FARK	3,34-5,6	36	8,33
$L=45^{\circ}-H=390CM$		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L45°-DO-W8XL14-H390-SH0-I0-E0-T0	5,08-8,47	58	13,43
2	L45°-DO-W8XL14-H390-SH180-I140-E0-T140	5,08-8,47	99	22,92
3	FARK	5,08-8,47	41	9,49
$L=60^{\circ}-H=390CM$		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L60°-DO-W8XL14-H390-SH0-I0-E0-T0	7,14-11,9	55	12,73
2	L60°-DO-W8XL14-H390-SH180-I140-E0-T140	7,14-11,9	110	25,46
3	FARK	7,14-11,9	55	12,73
$L=75^{\circ}-H=390CM$		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L75°-DO-W8XL14-H390-SH0-I0-E0-T0	9,37-15,63	57	13,19
2	L75°-DO-W8XL14-H390-SH270-I0-E200-T200	9,37-15,63	95	21,99
3	FARK	9,37-15,63	38	8,80

1=ışık rafsız durum2=ışık raflı durum3=fark

CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9 metre ofis yüksekliği için, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda istenilen gün ışığı aydınlık değer aralığını sağlayan sensör sayıları Çizelge 4.3. deki gibidir.



Şekil 4.14. CIE standart kapalı gök tipinde 3,9m ofis yüksekliğinde, farklı enlemlerde, ışık raflı durumda, 300 lx-500 lx aralığında sensör sayılarındaki yüzdelik değişim

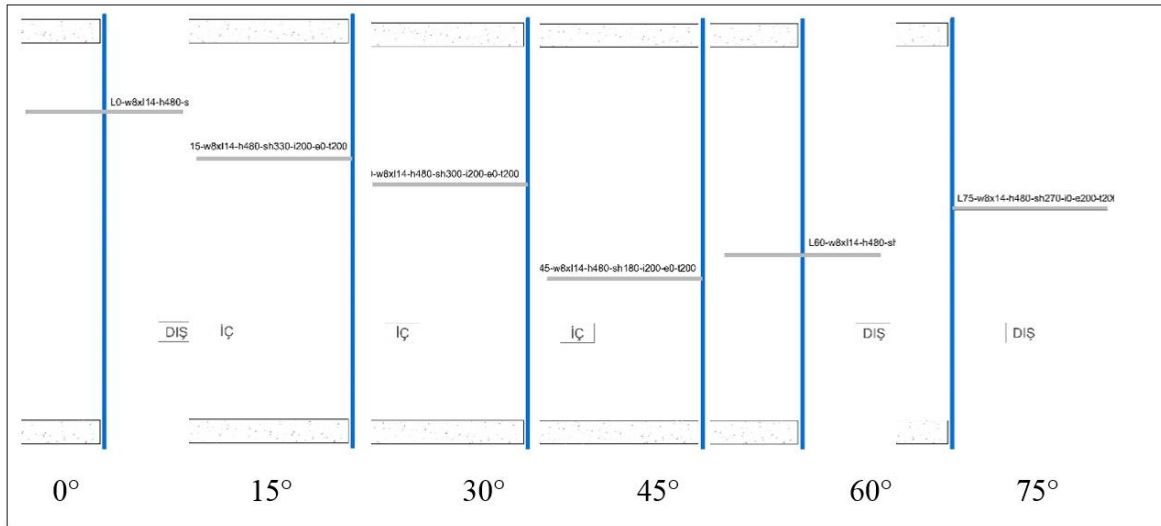
Yukarıdaki şekilde CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9 metre yüksekliğinde tip ofis ünitesi için, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde ışık rafı verimleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.14). Işık rafı, mekân içindeki toplam 432 sensör için yapılan hesaplamalarda, çalışmaya konu olan tüm enlemlerde 300 lx-500 lx aralığındaki gün ışığı aydınlık değerlerinde artış sağlamıştır.

Ofis içinde, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığındaki ışık rafı verim oranı, enlemlere göre sırasıyla 0° enleminde %4,86, 15° enleminde %5,32, 30° enleminde %8,33, 45° enleminde %9,49, 60° enleminde %12,73, 75° enleminde %8,8'dır.

CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8 Metre Yükseklikte Ofis Ünitesi İçin Farklı Enlemlerde Uygun Işık Rafi Pozisyon ve Boyutları

CIE Kapalı Gök Tipinde, 4,8 metre ofis yüksekliğinde, çalışmaya konu olan enlemler için 300lx-500 lx aralığında yapılan hesaplamalarda, en uygun ışık rafi yerleşimleri;

0° enleminde, 200 cm genişlikte, orta ışık rafi, 390 cm yükseklikte,
 15° enleminde, 200 cm genişlikte, iç ışık rafi, 330 cm yükseklikte,
 30° enleminde, 200 cm genişlikte, iç ışık rafi, 300 cm yükseklikte,
 45° enleminde, 200 cm genişlikte, iç ışık rafi, 180 cm yükseklikte,
 60° enleminde, 200 cm genişlikte, orta ışık rafi, 210 cm yükseklikte,
 75° enleminde, 200 cm genişlikte, dış ışık rafi, 270 cm yüksekliktedir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, sırasıyla 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde uygun ışık rafi pozisyon ve boyutları

CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8 metre ofis yüksekliğinde, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde ışık rafi pozisyonları incelendiğinde; ışık rafinin 0° enleminde 390 cm yüksekliğinde, 15° enleminde 330 cm yüksekliğinde, 30° enleminde 300 cm yüksekliğinde, 45° enleminde 180 cm yüksekliğinde, 60° enleminde 210 cm yüksekliğinde, 75° enleminde 270 cm yüksekliğinde olduğu görülür. Işık rafi yüksekliği, 45° enlemine kadar azalmış, sonrasında dışarı doğru artmıştır. Tüm enlemlerde ışık rafi ölçüsü 200 cm'dir.

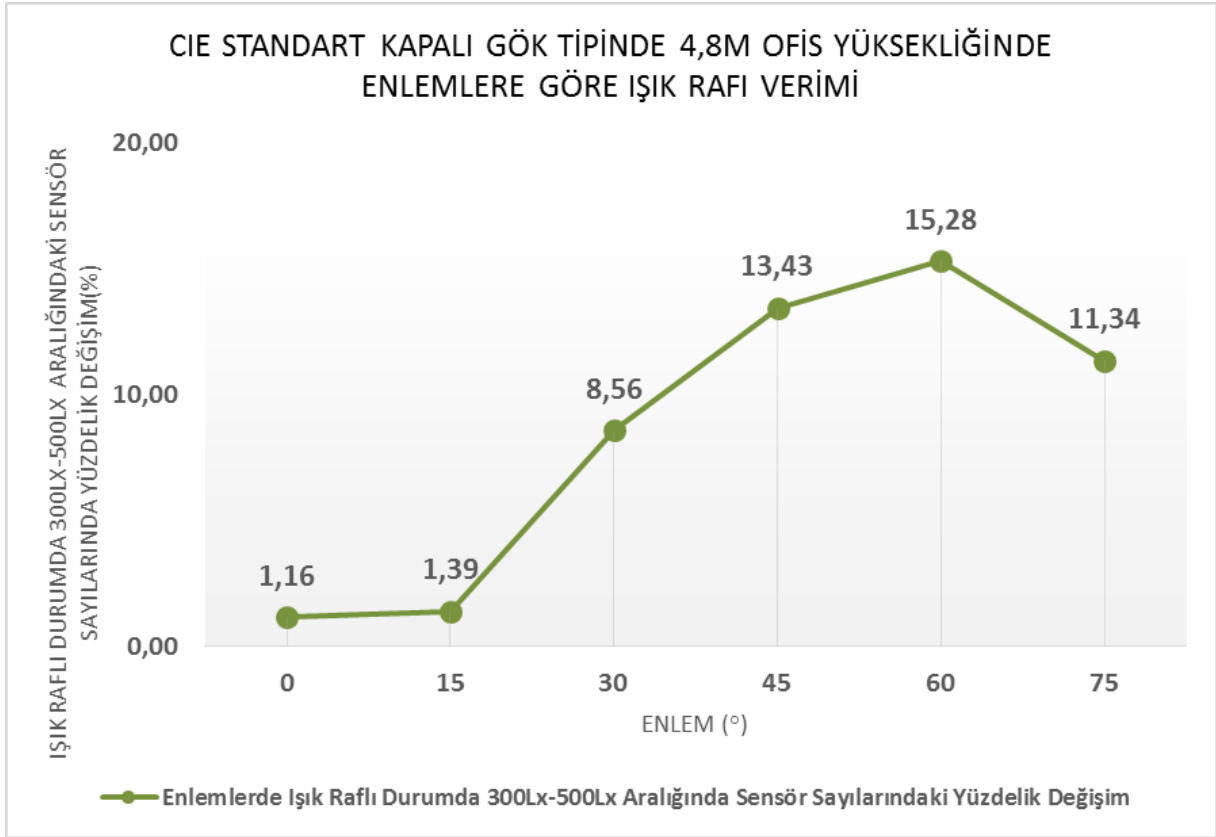
Çizelge 4.4. CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliği için 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°enlemlerinde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda 300lx-500lx aralığındaki ve 300 lx üzerindeki(max 900 lx) sensör sayıları ve yüzdelik fark

<i>L=0°-H=480CM</i>		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L0°-DO-W8XL14-H480-SH0-I0-E0-T0	1,64-2,73	97	22,45
2	L0°-DO-W8XL14-H480-SH390-I100-E100-T200	1,64-2,73	102	23,61
3	FARK	1,64-2,73	5	1,16
<i>L=15°-H=480CM</i>		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L15°-DO-W8XL14-H480-SH0-I0-E0-T0	2,22-3,7	179	41,44
2	L15°-DO-W8XL14-H480-SH330-I200-E0-T200	2,22-3,7	185	42,82
3	FARK	2,22-3,7	6	1,39
<i>L=30°-H=480CM</i>		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L30°-DO-W8XL14-H480-SH0-I0-E0-T0	3,34-5,6	84	19,44
2	L30°-DO-W8XL14-H480-SH300-I200-E0-T200	3,34-5,6	121	28,01
3	FARK	3,34-5,6	37	8,56
<i>L=45°-H=480CM</i>		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L45°-DO-W8XL14-H480-SH0-I0-E0-T0	5,08-8,47	66	15,28
2	L45°-DO-W8XL14-H480-SH180-I200-E0-T200	5,08-8,47	124	28,70
3	FARK	5,08-8,47	58	13,43
<i>L=60°-H=480CM</i>		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L60°-DO-W8XL14-H480-SH0-I0-E0-T0	7,14-11,9	60	13,89
2	L60°-DO-W8XL14-H480-SH210-I100-E100-T200	7,14-11,9	126	29,17
3	FARK	7,14-11,9	66	15,28
<i>L=75°-H=480CM</i>		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L75°-DO-W8XL14-H480-SH0-I0-E0-T0	9,37-15,63	66	15,28
2	L75°-DO-W8XL14-H480-SH270-I0-E200-T200	9,37-15,63	115	26,62
3	FARK	9,37-15,63	49	11,34

1=ışık rafsız durum 2=ışık raflı durum3=fark

CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8 metre ofis yüksekliği için, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda istenilen gün ışığı aydınlık değer aralığını sağlayan sensör sayıları Çizelge 4.4. deki gibidir.

4,8 m. ofis yüksekliğinde, 300 lx-500 lx aralığındaki ve 300 lx üzerindeki, ışık rafsız ve ışık raflı durumdaki sensör sayıları ve yüzdelik değişimler aşağıdaki grafiklerdeki gibidir (Şekil 4.16).



Şekil 4.16. CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, farklı enlemlerde, ışık raflı durumda, 300 lx-500 lx aralığında sensör sayılarındaki yüzdelik değişim

Yukarıdaki şekilde CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9 metre yüksekliğinde tip ofis ünitesi için, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde ışık rafı verimleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.16). Işık rafı, mekân içindeki toplam 432 sensör için yapılan hesaplamalarda, çalışmaya konu olan tüm enlemlerde 300 lx-500 lx aralığındaki gün ışığı aydınlık değerlerinde artış sağlamıştır.

Ofis içinde, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığındaki ışık rafı verim oranı, enlemlere göre sırasıyla 0° enleminde %1,16, 15° enleminde %1,39, 30° enleminde %8,56, 45° enleminde %13,43, 60° enleminde %15,28, 75° enleminde %11,34'dür.

Işık rafı yerleşimlerinin farklı enlem ve farklı ofis yükseklikleri için kullanılabilirliğinin belirlenmesi

Çalışmanın bu aşamasında, çalışmaya esas 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemleri ve 3 m, 3,9 m. ve 4,8 m. ofis yüksekliklerinden farklı durumlar için (örn: 3,45 m ofis yüksekliği veya 22,5° enlemi), ışık rafı yerleşimlerinin kullanılabilirliği belirlenecektir. Bunun için ışık rafı yerleşimleri hesap ve interpolasyon yöntemleriyle belirlenecek ve ışık rafı verimleri karşılaştırılarak değerlendirilecektir.

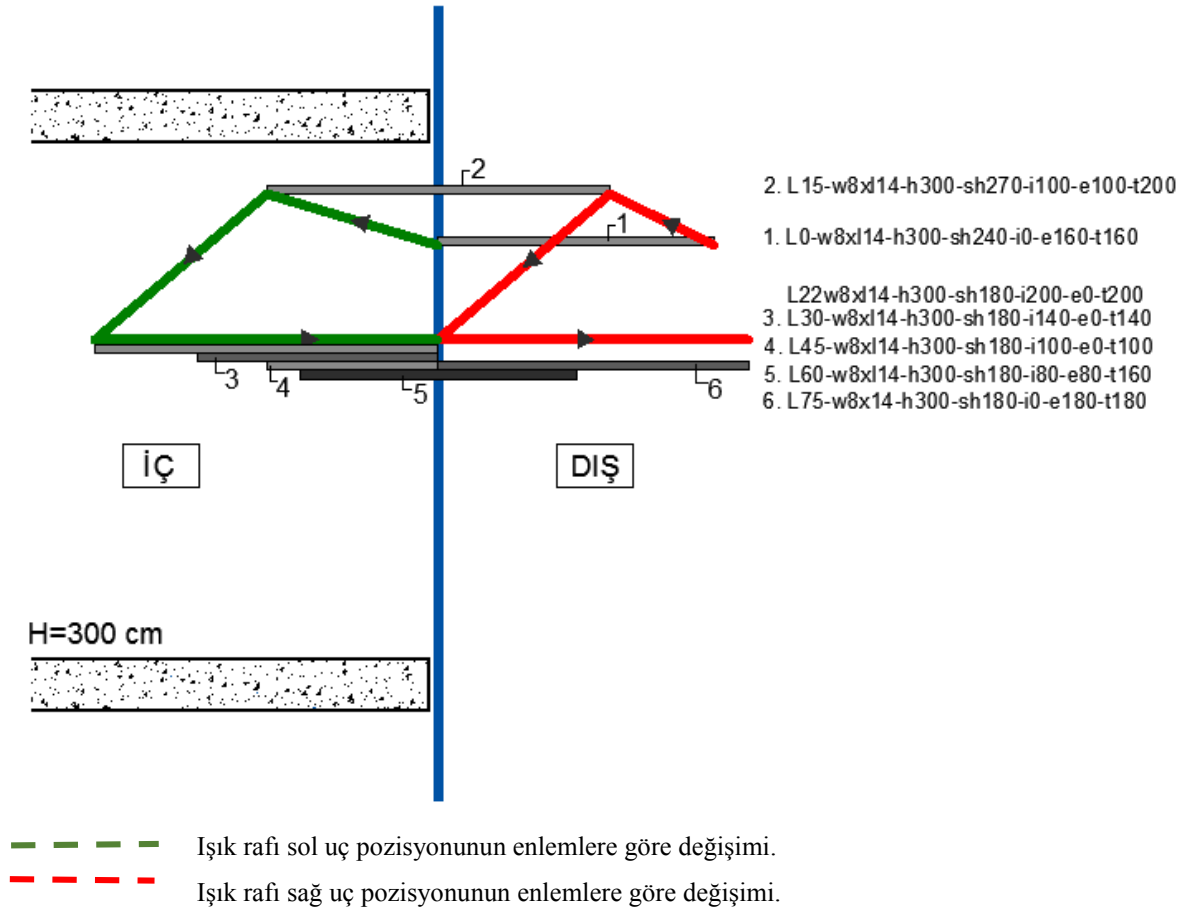
Öncelikle, CIE standart kapalı gök tipinde, 3m, 3,9m ve 4,8m ofis yüksekliklerinde, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde belirlenen ışık rafı yerleşimleri incelenerek, 0° enleminden 75° enlemine nasıl bir yol (ışık rafı yerleşim eğrileri) izlediği belirlenecektir. Belirlenen bu eğriler yardımıyla, farklı enlemler için interpolasyonla elde edilecek ışık rafının verimi hesaplanacaktır. Interpolasyonla elde edilen ışık rafı verimi, ilgili enlem için ışık rafı yerleşim varyasyonlarındaki maksimum verimin baz alındığı, hesapla elde edilen ışık rafı verimiyle karşılaştırılacaktır. Böylece, çalışmaya konu olan ofis yüksekliklerinde 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemleri için elde edilen ışık rafı yerleşim eğrilerinin farklı enlemlerde (örn: 22,5° enlemi) ne ölçüde kullanılabileceği tespit edilecektir.

Interpolasyon ve hesapla belirlenen ışık rafı yerleşim verimlerinin karşılaştırıldığı aynı yöntem, farklı ofis yükseklikleri için de uygulanacaktır. Çalışmaya esas 3m, 3,9m ve 4,8m haricindeki ofis yükseklikleri için 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde interpolasyon ve hesapla elde edilen ışık rafı yerleşim verimleri karşılaştırılıp, farklı ofis yüksekliklerinde (örn: 3.45m ofis yüksekliği) interpolasyonla belirlenen ışık rafı yerleşimlerinin kullanılabilirliği ölçülecektir.

Interpolasyon ve hesapla elde edilen ışık rafı yerleşim verimlerinin birbirine yakın sonuçlar vermesi, ışık rafı yerleşim eğrilerinin pratikteki kullanım uygunluğu arttıracaktır.

CIE standart kapalı gök tipinde Farklı Enlemlerde Ofis Yüksekliklerine Göre Işık Rafı Yerleşimleri ve Enterpolasyonu

CIE standart kapalı gök tipinde, 3 Metre Yükseklikte Ofis Ünitesi İçin, 0° Enleminden 75° Enlemine Işık Rafı Yerleşimlerinin Değişimi



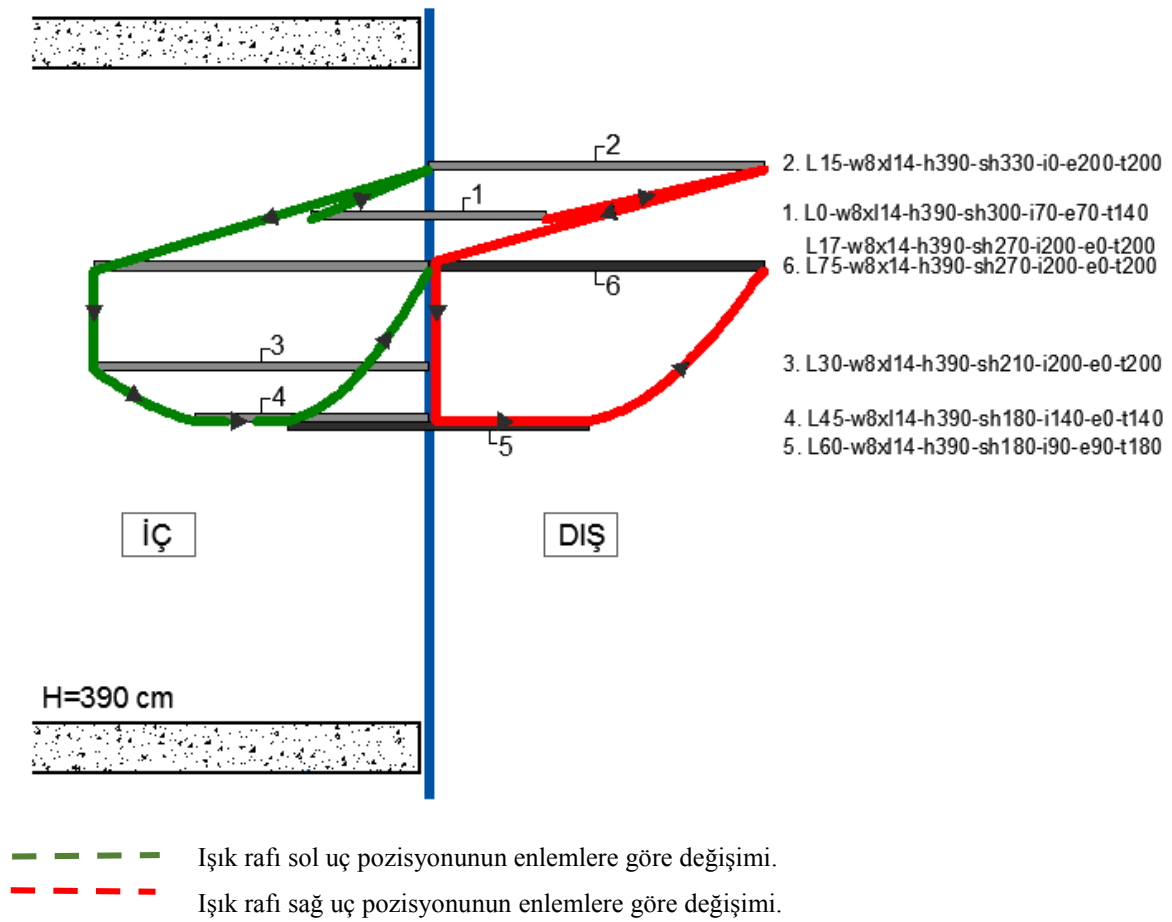
1 no.lu ışık rafı 0°, 2-15°, 3-30°, 4-45°, 5-60°, 6-75° enlemleri için uygun ışık rafı yerleşimini ifade eder.

Şekil 4.17. CIE standart kapalı gök tipinde, 3m yüksekliğindeki tip ofis ünitesi için ışık rafı yerleşimlerinin enlemlere göre değişimi

Yukarıdaki şekilde, CIE standart kapalı gök tipinde, 3 metre yüksekliğindeki tip ofis ünitesi için enlemlere göre belirlenen ışık raf pozisyon ve boyutlarındaki değişim gösterilmektedir (Şekil 4.17). Işık raflarının enlemlere göre hareketleri incelendiğinde, keskin geçişlerin olduğu gözlemlenmektedir. Rafların enlemlere göre dizilişindeki sert geçişlerle beraber 3. Raftan (30° enlemi) sonra 6. Rafa (75° enlemi) kadar içeriden, dışarıya doğru aynı yükseklik üzerinde (180 cm) süreklilik arz eden çizgisel bir geçiş vardır. Bu çizgisel geçişin hangi enlemden itibaren başladığını tespit etmek amacıyla ara enlem

değerleriyle de hesaplamalar yapılmış, 22° enleminden itibaren bu çizgisel hareketin başladığı belirlenerek, ilgili ışık rafı şekle eklenmiştir. 1 ve 2 numaralı raflar bahsedilen rafların üstünde olup, 1 numaralı (0° enlemi) raftan, 2 numaralı rafa (15° enlemi) yukarı doğru bir hareket göze çarpmaktadır. Rafların bütününe bakıldığında, ışık rafları, 0° enleminden 75° enlemine yukarıdan-aşağıya, içten-dışa doğru hareket sergilemiştir.

CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9 metre yükseklikte ofis ünitesi için, 0° enleminden 75° enlemine ışık rafı yerleşimlerinin değişimi



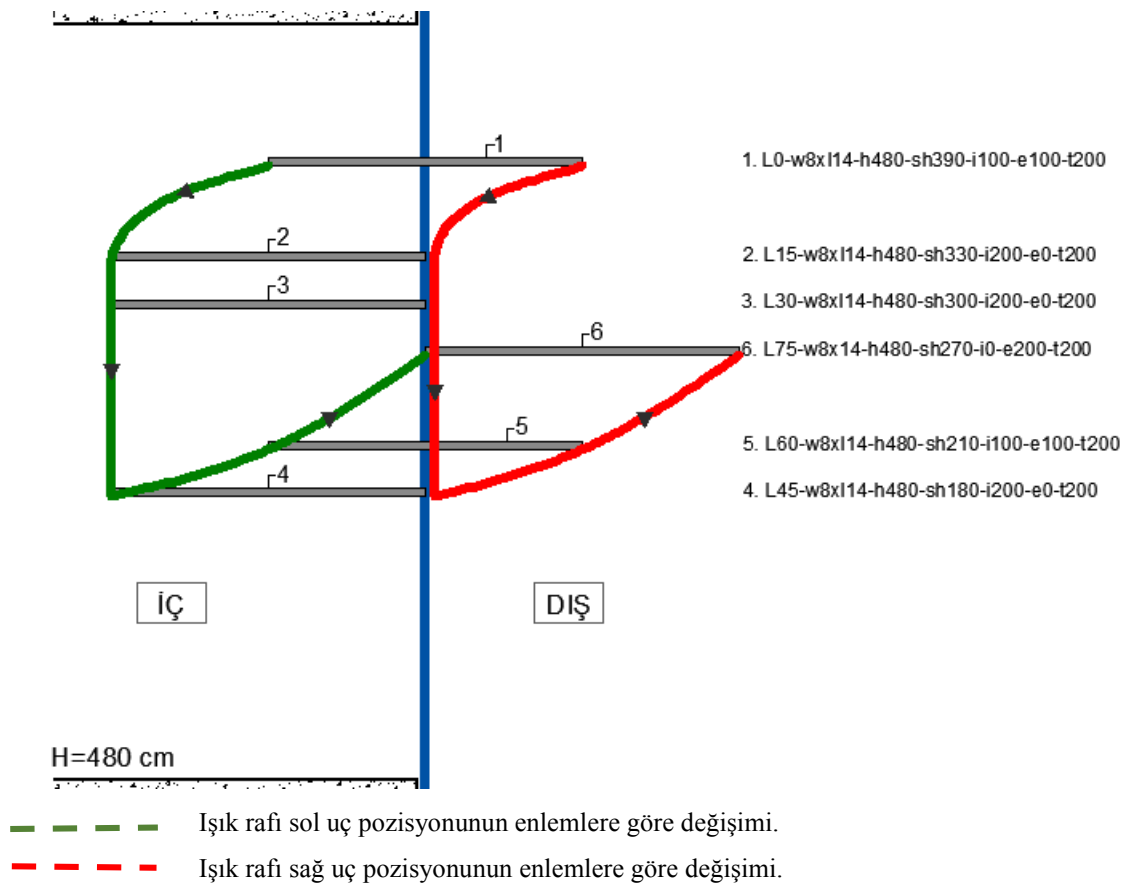
1 no.lu ışık rafı 0° , 2- 15° , 3- 30° , 4- 45° , 5- 60° , 6- 75° enlemleri için uygun ışık rafı yerleşimini ifade eder.

Şekil 4.18. CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9m yüksekliğindeki tip ofis ünitesi için ışık rafı yerleşimlerinin enlemlere göre değişimi

Yukarıdaki şekilde, CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9 metre yüksekliğindeki tip ofis ünitesi için enlemlere göre belirlenen ışık raf pozisyon ve boyutlarındaki değişim gösterilmektedir (Şekil 4.18).

Işık raflarının enlemlere göre hareketleri incelendiğinde, keskin geçişler ve sürekliliğin olduğu bölgeler gözlemlenmektedir. Işık raflarının enlemlere göre yerleşimi genel olarak yukarıdan aşağıya doğru iken, 1 numaralı (0° enlemi) raftan, 2 numaralı rafa (15° enlemi) yukarı doğru bir hareket göze çarpmaktadır. 3. Raftan (30° enlemi) itibaren, raflar arasındaki geçişlerde ise bir süreklilik meydana gelmiştir. Raf uçları birleştirildiğinde ışık raflarının; içeriden-dışarı, aşağıdan-yukarı hareketi belirginleşmiştir. 3 no'lu (30° enlemi) raftan sonra başlayan sürekliliğin hangi enlemden sonra sağlandığının belirlenmesi amacıyla ara enlem değerleriyle hesaplamalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamalarla 17° enlemindeki rafların yerleşiminden itibaren sürekliliğin sağlandığı belirlenmiş, bu enlemdeki raf yerleşimi de şekle dahil edilmiştir (1. ve 3. raflar arasında).

CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8 Metre Yükseklikte Ofis Ünitesi İçin, 0° Enleminden 75° Enlemine Işık Rafı Yerleşimlerinin Değişimi



1 no.lu ışık rafı 0° , 2- 15° , 3- 30° , 4- 45° , 5- 60° , 6- 75° enlemleri için uygun ışık rafı yerleşimini ifade eder.

Şekil 4.19. CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8m yüksekliğindeki tip ofis ünitesi için ışık rafı yerleşimlerinin enlemlere göre değişimi

Yukarıdaki şekilde, CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8 metre yüksekliğindeki tip ofis ünitesi için enlemlere göre belirlenen ışık raf pozisyon ve boyutlarındaki değişim gösterilmektedir (Şekil 4.19). 0° enleminden, 75° enlemine ışık raflarının hareketleri incelendiğinde, ışık rafı yerleşimlerinde sıra ve süreklilik göze çarpmaktadır. 1 no'lu ışık rafından, 4 no'lu ışık rafına doğru, yukarıdan-aşağıya, dıştan-içe, 4 no'lu ışık rafından, 6 no'lu ışık rafına aşağıdan-yukarı, içten-dışa hareket söz konusudur.

CIE standart kapalı gök tipinde, çalışmaya konu olan enlemlerde farklı ofis yükseklikleri için belirlenen ışık rafı yerleşim eğrilerinin farklı enlemler için kullanımının değerlendirilmesi

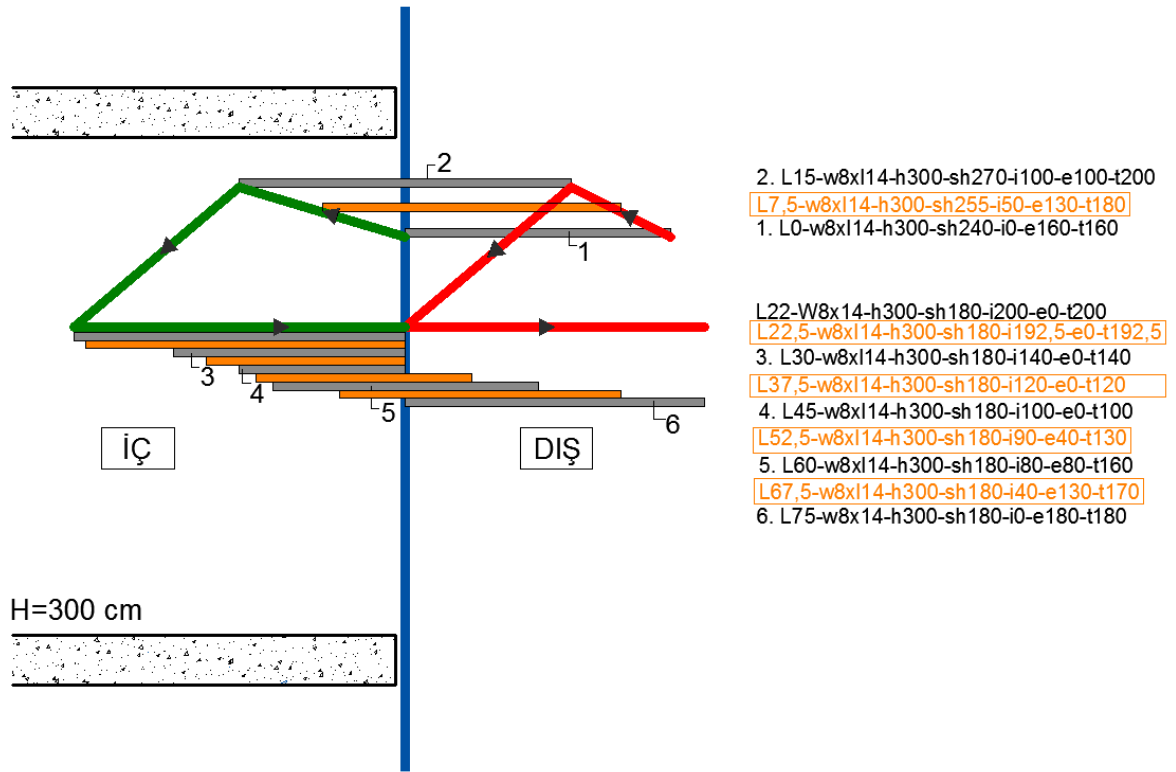
Çalışmanın bu bölümünde, yukarıda her bir ofis yüksekliği için belirlenen ışık rafı yerleşim eğrilerinin, ışık rafı verimi hesaplanmayan farklı enlemler için kullanılabilirliği ölçülecektir.

Bunun için;

1. Çalışmada ışık rafı verimi hesaplanmayan enlemlerde ($7,5^\circ$; $22,5^\circ$; $37,5^\circ$; $52,5^\circ$; $67,5^\circ$) istenilen aydınlık değer Aralıklarını sağlayan uygun ışık rafı yerleşim ve boyutlarının belirlenmesiyle, ışık raflarının maksimum verimleri elde edilmiştir.
2. Işık rafı eğrilerinden enterpolasyonla elde edilen ışık raf yerleşim ve boyutlarının, verimleri belirlenmiştir.
 - a. Işık rafı veriminin karşılaştırılması istenen enleme en yakın alt ve üst enlemlerdeki ışık raf pozisyon ve boyutu dikkate alınmıştır.(örn: $22,5^\circ$ enlemi için 15° ve 30° enlemleri),
 - b. İlgili enlemde, ışık rafı yüksekliği belirlenmiştir. İç ve dış ışık rafı eğrilerinin aksı yükseklik belirlenmesi için kullanılmıştır. Örneğin; $22,5^\circ$ de ışık rafı yüksekliğinin belirlenebilmesi için 15° ve 30° enlemlerinde yer alan iç ve dış ışık rafı eğri aksının orta noktası alınmıştır.
 - c. İlgili enlemde, ışık rafı ölçüsü belirlenmiştir. Işık rafının belirlenen yükseklik noktasından yatay çizilen çizginin, iç ve dış ışık rafı eğrisiyle kesiştiği noktalar, ışık rafının en boyutunu verecektir. Işık rafı yüksekliği, standart 5cm kabul edilmiştir.
3. Hesapla elde edilen ışık rafı verimiyle, enterpolasyonla elde edilen ışık rafı verimi karşılaştırılmıştır.

Hesap ve interpolasyonla elde edilen ışık rafi verimleri arasındaki farkın az olması, çalışmada elde edilen ışık rafi yerleşim eğrilerinin pratikte kullanılabilirliğini arttıracaktır. Her bir ofis yüksekliği için 5 ara enlem değeri için hesaplamalar gerçekleştirilecektir. 0° - 75° aralığındaki enlemlerde, 3 ofis yüksekliğinde, uygun ışık rafi yerleşiminin belirlenebilmesi amacıyla eğrilerin kullanımı sonuç bölümünde örneklenerek açıklanmıştır.

CIE standart kapalı gök tipinde, 3 metre ofis yüksekliği için belirlenen ışık rafi yerleşim eğrisinin farklı enlemler için kullanımının değerlendirilmesi



Şekil 4.20. CIE standart kapalı gök tipinde, 3m ofis yüksekliği için belirlenen ışık rafi yerleşim eğrisinde, $7,5^{\circ}$; $22,5^{\circ}$; $37,5^{\circ}$; $52,5^{\circ}$; $67,5^{\circ}$ enlemlerinde interpolasyon metoduyla elde edilen ışık rafi pozisyon ve boyutları

Yukarıdaki şekilde, CIE standart kapalı gök tipinde, 3 metre ofis yüksekliği için $7,5^{\circ}$; $22,5^{\circ}$; $37,5^{\circ}$; $52,5^{\circ}$; $67,5^{\circ}$ enlemlerinde interpolasyonla elde edilen ışık rafi yerleşimleri ve boyutları gösterilmiştir (Şekil 4.20). Aşağıdaki tabloda ise $7,5^{\circ}$; $22,5^{\circ}$; $37,5^{\circ}$; $52,5^{\circ}$; $67,5^{\circ}$ enlemleri için interpolasyon ve hesaplama ile elde edilen ışık rafi yerleşimleri ve verimleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. 3m tip ofis ünitesinde 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemleri için hesapla ve enterpolasyonla elde edilen ışık rafı verimlerinin karşılaştırılması

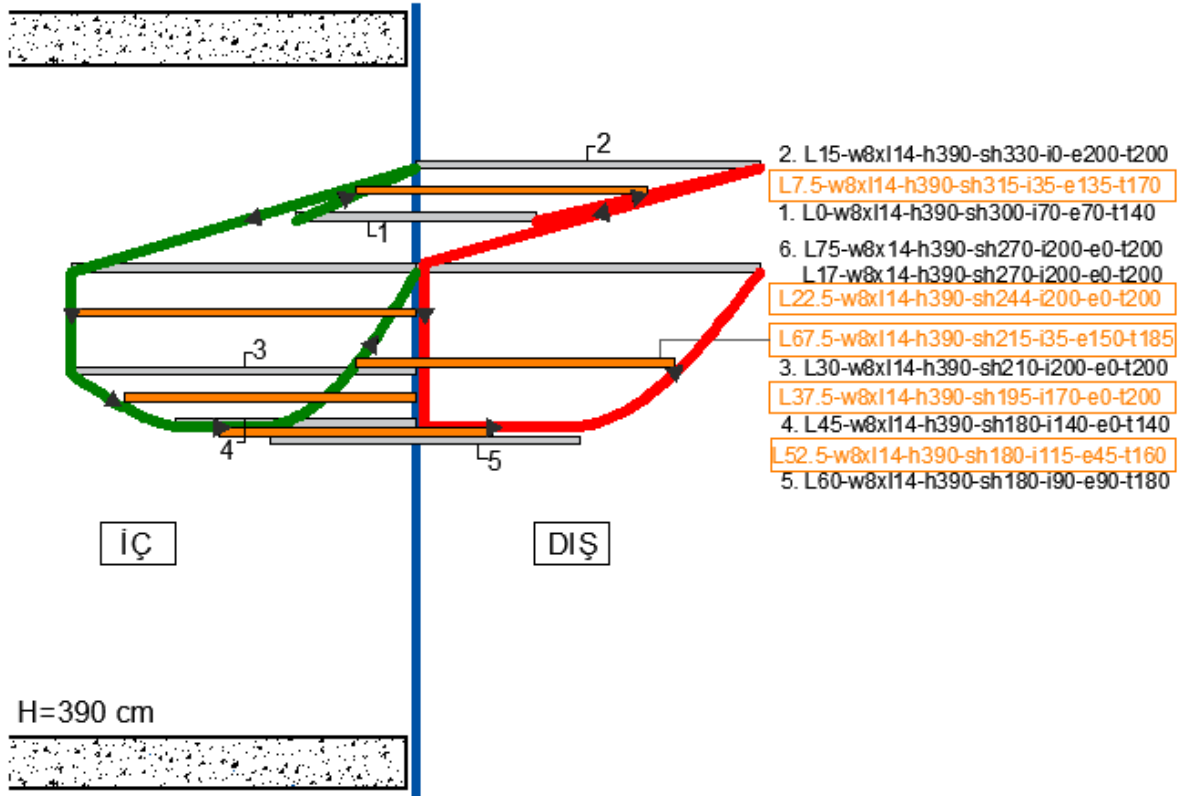
L=7,5°-H=300		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L7,5°-DO-W8XL14-H300-SH240-I0-E200-T200	1,88-3,13	93	21,53
2	L7,5°-DO-W8XL14-H300-SH255-I50-E130-T180	1,88-3,13	89	20,60
3	FARK	1,88-3,13	-4	-0,93
L=22,5°-H=300		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L22,5°-DO-W8XL14-H300-SH180-I200-E0-T200	2,66-4,43	90	20,83
2	L22,5°-DO-W8XL14-H300-SH180-I192,5-E0-T192,5	2,66-4,43	81	18,75
3	FARK	2,66-4,43	-9	-2,08
L=37,5°-H=300		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L32,5°-DO-W8XL14-H300-SH210-I80-E80-T160	4,2-7	76	17,59
2	L7,5°-DO-W8XL14-H300-SH255-I50-E130-T180	4,2-7	71	16,44
3	FARK	4,2-7	-5	-1,15
L=52,5°-H=300		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L52,5°-DO-W8XL14-H300-SH180-I70-E70-T140	6,07-10,12	72	16,67
2	L52,5°-DO-W8XL14-H300-SH180-I90-E40-T130	6,07-10,12	60	13,89
3	FARK	6,07-10,12	-12	-2,78
L=67,5°-H=300		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L67,5°-DO-W8XL14-H300-SH210-I0-E140-T140	8,28-13,8	77	17,82
2	L67,5°-DO-W8XL14-H300-SH180-I40-E130-T170	8,28-13,8	73	16,90
3	FARK	8,28-13,8	-4	-0,92

1=hesapla ışık rafı verimi, 2=enterpolasyonla ışık rafı verimi, 3= sensör sayısı ve yüzdelik verim farkı
Değerlendirilen Toplam Sensör Sayısı=432, 300lx-500lx aralığı için.

Yukarıdaki tabloda, 3 m ofis yüksekliği için 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemlerinde yapılan hesaplamalarla ve enterpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşimlerinde, 300 lx – 500 lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar gösterilmektedir (Çizelge 4.5).

Toplam 432 sensör için hesaplamaların yapıldığı tip ofis ünitesinde, hesapla elde edilen ışık rafı yerleşiminde 300 lx – 500 lx aralığındaki sensör sayısı; 7,5° enleminde 93, 22,5° enleminde 90, 37,5° enleminde 76, 52,5° enleminde 72, 67,5° enleminde 77'dir. Enterpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşiminde sensör sayısı ise 7,5° enleminde 89, 22,5° enleminde 81, 37,5° enleminde 71, 52,5° enleminde 60, 67,5° enleminde 73'dir. Bu durumda, istenilen aydınlık değer aralığında oluşan yüzdelik farklar sırasıyla %0,93; %2,08; %1,15; %2,78; %0,92, ortalama %1,57'dir.

CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9 metre ofis yüksekliği için belirlenen ışık rafı yerleşim eğrisinin farklı enlemler için kullanımının değerlendirilmesi



Şekil 4.21. CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliği için belirlenen ışık rafı yerleşim eğrisinde, 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemlerinde enterpolasyon metoduyla elde edilen ışık rafı pozisyon ve boyutları

Yukarıdaki şekilde, CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9 metre ofis yüksekliği için 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemlerinde interpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşimleri ve boyutları gösterilmiştir (Şekil 4.21).

Aşağıdaki tabloda ise 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemleri için interpolasyon ve hesaplama ile elde edilen ışık rafı yerleşimleri ve verimleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. 3,9m tip ofis ünitesinde 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemleri için hesaplama ve interpolasyonla elde edilen ışık rafı verimlerinin karşılaştırılması

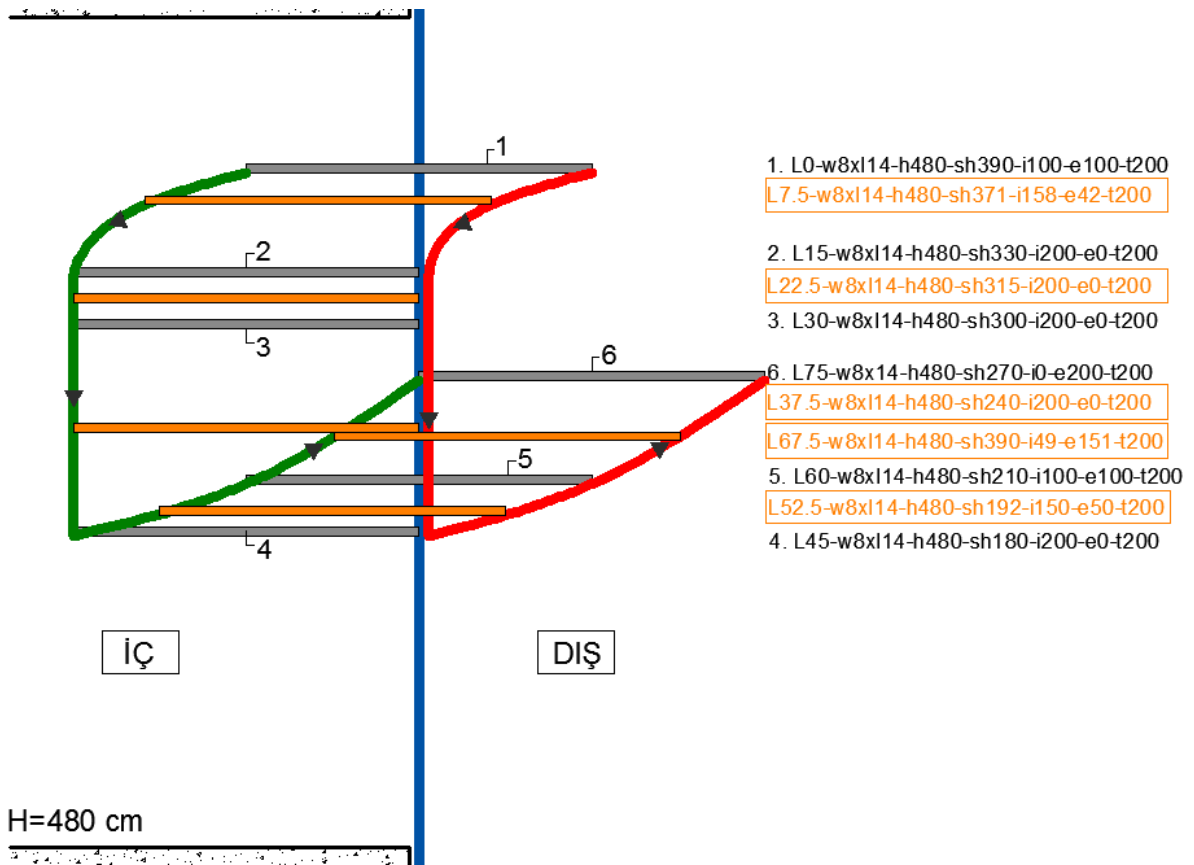
L=7,5°-H=390		DF Aralığı (en az-en çok)	300lx-500lx Aralığındaki	
			Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L7,5°-DO-W8XL14-H390-SH330-I0-E200-T200	1,88-3,13	154	35,65
2	L7,5°-DO-W8XL14-H390-SH315-I35-E135-T170	1,88-3,13	115	26,62
3	FARK	1,88-3,13	-39	-9,03
L=22,5°-H=390		DF Aralığı (en az-en çok)	300lx-500lx Aralığındaki	
			Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L22,5°-DO-W8XL14-H390-SH240-I200-E0-T200	2,66-4,43	98	22,69
2	L22,5°-DO-W8XL14-H390-SH244-I200-E0-T200	2,66-4,43	98	22,69
3	FARK	2,66-4,43	0	0,00
L=37,5°-H=390		DF Aralığı (en az-en çok)	300lx-500lx Aralığındaki	
			Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L37,5°-DO-W8XL14-H390-SH180-I200-E0-T200	4,2-7	106	24,54
2	L37,5°-DO-W8XL14-H390-SH195-I170-E0-T170	4,2-7	99	22,92
3	FARK	4,2-7	-7	-1,62
L=52,5°-H=390		DF Aralığı (en az-en çok)	300lx-500lx Aralığındaki	
			Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L52,5°-DO-W8XL14-H390-SH210-I90-E90-180	6,07-10,12	106	24,54
2	L52,5°-DO-W8XL14-H390-SH180-I115-E45-T160	6,07-10,12	87	20,14
3	FARK	6,07-10,12	-19	-4,40
L=67,5°-H=390		DF Aralığı (en az-en çok)	300lx-500lx Aralığındaki	
			Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L67,5°-DO-W8XL14-H390-SH180-I90-E90-180	8,28-13,8	99	22,92
2	L67,5°-DO-W8XL14-H390-SH215-I35-E150-T185	8,28-13,8	99	22,92
3	FARK	8,28-13,8	0	0,00

1=hesapla ışık rafı verimi, 2=interpolasyonla ışık rafı verimi, 3= sensör sayısı ve yüzdelik verim farkı
Değerlendirilen Toplam Sensör Sayısı=432, 300lx-500lx aralığı için.

Yukarıdaki tabloda, 3,9 m ofis yüksekliği için 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemlerinde yapılan hesaplamalarla ve enterpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşimlerinde, 300 lx – 500 lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar gösterilmektedir (Çizelge 4.6).

Toplam 432 sensör için hesaplamaların yapıldığı tip ofis ünitesinde, hesapla elde edilen ışık rafı yerleşiminde 300 lx – 500 lx aralığındaki sensör sayısı; 7,5° enleminde 154, 22,5° enleminde 98, 37,5° enleminde 106, 52,5° enleminde 106, 67,5° enleminde 99'dir. Enterpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşiminde sensör sayısı ise 7,5° enleminde 115, 22,5° enleminde 98, 37,5° enleminde 99, 52,5° enleminde 87, 67,5° enleminde 99'dir. Bu durumda, istenilen aydınlık değer aralığında oluşan yüzdelik farklar sırasıyla %9,03; %0; %1,62; %4,40; %0, ortalama %3'tür.

CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8 metre ofis yüksekliği için belirlenen ışık rafı yerleşim eğrisinin farklı enlemler için kullanımının değerlendirilmesi



Şekil 4.22. CIE standart kapalı gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliği için belirlenen ışık rafı yerleşim eğrisinde, 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemlerinde enterpolasyon metoduyla elde edilen ışık rafı pozisyon ve boyutları

Yukarıdaki şekilde, CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9 metre ofis yüksekliği için 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemlerinde interpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşimleri ve boyutları gösterilmiştir (Şekil 4.22).

Aşağıdaki tabloda ise 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemleri için interpolasyon ve hesaplama ile elde edilen ışık rafı yerleşimleri ve verimleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. 4,8m tip ofis ünitesinde 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemleri için hesaplama ve interpolasyonla elde edilen ışık rafı verimlerinin karşılaştırılması

L=7,5°-H=480		DF Aralığı (en az-en çok)	300lx-500lx Aralığındaki	
			Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L7,5°-DO-W8XL14-H480-SH390-I100-E100-T200	1,88-3,13	167	38,66
2	L7,5°-DO-W8XL14-H480-SH71-I158-E42-T200	1,88-3,13	166	38,43
3	FARK	1,88-3,13	-1	-0,23
L=22,5°-H=480		DF Aralığı (en az-en çok)	300lx-500lx Aralığındaki	
			Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L22,5°-DO-W8XL14-H480-SH240-I60-E0-T60	2,66-4,43	135	31,25
2	L22,5°-DO-W8XL14-H480-SH315-I200-E0-T200	2,66-4,43	124	28,70
3	FARK	2,66-4,43	-11	-2,55
L=37,5°-H=480		DF Aralığı (en az-en çok)	300lx-500lx Aralığındaki	
			Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L37,5°-DO-W8XL14-H480-SH180-I180-E0-T180	4,2-7	120	27,78
2	L37,5°-DO-W8XL14-H480-SH192-I150-E50-T200	4,2-7	120	27,78
3	FARK	4,2-7	0	0,00
L=52,5°-H=480		DF Aralığı (en az-en çok)	300lx-500lx Aralığındaki	
			Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L52,5°-DO-W8XL14-H480-SH180-I180-E0-T180	6,07-10,12	135	31,25
2	L52,5°-DO-W8XL14-H480-SH192-I150-E50-T200	6,07-10,12	126	29,17
3	FARK	6,07-10,12	-9	-2,08
L=67,5°-H=480		DF Aralığı (en az-en çok)	300lx-500lx Aralığındaki	
			Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L67,5°-DO-W8XL14-H480-SH180-I80-E80-T160	8,28-13,8	123	28,47
2	L52,5°-DO-W8XL14-H480-SH192-I150-E50-T200	8,28-13,8	116	26,85
3	FARK	8,28-13,8	-7	-1,62

1=hesaplama ışık rafı verimi, 2=interpolasyonla ışık rafı verimi, 3= sensör sayısı ve yüzdelik verim farkı

Değerlendirilen Toplam Sensör Sayısı=432, 300lx-500lx aralığı için.

Yukarıdaki tabloda, 4,8 m ofis yüksekliği için 7,5°; 22,5°; 37,5°; 52,5°; 67,5° enlemlerinde yapılan hesaplamalarla ve enterpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşimlerinde, 300 lx – 500 lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar gösterilmektedir (Çizelge 4.7).

Toplam 432 sensör için hesaplamaların yapıldığı tip ofis ünitesinde, hesapla elde edilen ışık rafı yerleşiminde 300 lx – 500 lx aralığındaki sensör sayısı; 7,5° enleminde 167, 22,5° enleminde 135, 37,5° enleminde 120, 52,5° enleminde 135, 67,5° enleminde 123'tür. Enterpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşiminde sensör sayısı ise 7,5° enleminde 166, 22,5° enleminde 124, 37,5° enleminde 120, 52,5° enleminde 126, 67,5° enleminde 116'dır. Bu durumda, istenilen aydınlık değer aralığında oluşan yüzdelik farklar sırasıyla %0,23; %2,55; %0; %2,08; %1,62, ortalama %1,29'dur.

CIE standart kapalı gök tipinde, çalışmaya konu olan ofis yüksekliklerinde farklı enlemlerle belirlenen ışık rafı yerleşim eğrisinin farklı ofis yükseklikleri için kullanımının değerlendirilmesi

Çalışmanın bu bölümünde, çalışmaya konu olan, 3m, 3,9m, 4,8m ofis yükseklikleri için belirlenen ışık rafı yerleşim eğrilerinin, çalışmada hesaplanmayan farklı ofis yükseklikleri için kullanılabilirliği ölçülecektir.

Bunun için;

1. Çalışma da ışık rafı verimi hesaplanmayan farklı ara ofis yüksekliklerinde (3,45m, 4,35m), istenilen aydınlık değer Aralıklarını sağlayan uygun ışık rafı yerleşim ve boyutlarının belirlenmesiyle, ışık raflarının maksimum verimleri elde edilmiştir.
2. Işık rafı eğrilerinden enterpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşim ve boyutlarının, verimleri belirlenmiştir.
 - a. Değerlendirilmesi istenen ofis yüksekliğinin, alt ve üst ofis yüksekliklerindeki ışık rafı pozisyon ve boyutu dikkate alınmıştır.(örn: 3,45m ofis yüksekliği için 3m ve 3,9m ofis yüksekliklerindeki ışık rafı yerleşim ve boyutları),
 - b. İlgili ofis yüksekliğinde, ışık rafı yüksekliği belirlenmiştir. Öncelikle, alt ve üst yükseklikteki ofis pencere kesiti arasına yüksekliği oranında yeni yükseklikteki ofis birimi kesiti yerleştirilmiştir. Sonrasında, mevcut ofis yüksekliklerinde pencere-ışık rafının kesiştiği noktalar birleştirilerek yeni yükseklikteki ofis biriminde ışık rafı

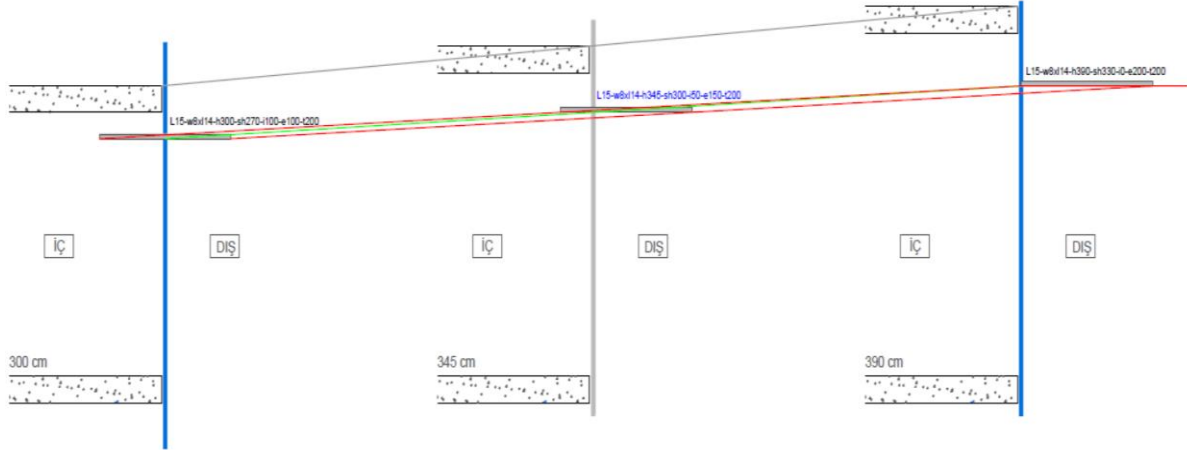
- yüksekliği belirlenmiştir. (örn: 3,45m yeni ofis yüksekliği pencere kesiti 3m ve 3,9m ofis pencere kesitlerinin tam ortasına yerleştirilmiştir. 0° enlemi için 3m ve 3,9m ofis yüksekliklerinde pencereyle ışık rafının kesiştiği noktalar birleştirilerek, 3,45m yeni ofis yüksekliğinde ışık rafı yüksekliği bulunmuştur.)
- c. Ve son olarak yeni ofis yüksekliğinde, ışık rafı ölçüsü belirlenmiştir. Bunun için mevcut yükseklikteki ofis kesitlerindeki ışık raflarının iç ve dış uçları birleştirilerek, yeni ofis kesitinde yüksekliği belirlenmiş hizadan çizilen yatay çizginin kesiştiği noktalarla yeni yükseklikteki ofis kesitindeki ışık rafı yerleşimi belirlenmiştir. Işık rafı yüksekliği, standart 5 cm kabul edilmiştir.(örn: 3,45m yeni ofis yüksekliğinde, 0° enleminde ışık rafı boyutunu tespit etmek amacıyla 3m ve 3,9m ofis yüksekliğinde 0° enlemindeki ışık raflarının iç ve dış uçları birleştirilmiştir. 3,45m ofis yüksekliğinde b maddesinde açıklandığı gibi belirlenen ışık rafı yüksekliğinden çizilen döşemeye paralel çizgiyle, 3m ve 3,9m ofis yüksekliklerindeki iç ve dış ışık raflarını birleştiren çizgilerin kesişimi yeni ofis yüksekliğindeki ışık rafı boyutunu vermiştir.)
3. Hesapla elde edilen ışık rafı verimiyle, enterpolasyonla elde edilen ışık rafı verimi karşılaştırılmıştır.

Farklı ofis yükseklikleri için hesap ve enterpolasyonla elde edilen ışık rafı verimleri arasındaki farkın az olması, çalışmada elde edilen ışık rafı yerleşim eğrilerinin pratikteki kullanılabilirliğini arttıracaktır.

3m – 4,8m aralığındaki ofis yüksekliklerinde, 0°-75° enlemleri aralığında uygun ışık rafı yerleşiminin tespit edilebilmesi amacıyla eğrilerin kullanımı, sonuç bölümünde örneklenerek açıklanmıştır.

Işık rafı yerleşimlerinin test edileceği her bir ara ofis yüksekliği için (3,45m, 4,35m), 6 enlem değerinde(0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75°) hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

CIE standart kapalı gök tipinde, 3 metre ve 3,90 metre yüksekliklerdeki ofis üniteleri için farklı enlemlerde belirlenen ışık rafı yerleşimlerinin 3,45 metre ofis yüksekliği için kullanımının değerlendirilmesi



Şekil 4.23. CIE standart kapalı gök tipinde, 3m ve 3,9m ofis yüksekliklerinde 15° enlemi için belirlenen uygun ışık rafı yerleşim ve boyutlarının 3,45m yüksekliğindeki ofis biriminde ışık rafı yerleşim ve boyutlarının belirlenmesi amacıyla kullanımı

Yukarıdaki şekilde, CIE standart kapalı gök tipinde, 3,45m ofis yüksekliği için 15° enleminde interpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşimleri ve boyutları gösterilmiştir (Şekil 4.23). 3,45m ofis yüksekliğinde çalışmaya esas diğer enlemler için ışık rafı yerleşim ve boyutlarının belirlenebilmesi için de aynı metod kullanılmıştır.

Ayrıca 3,45m ofis yüksekliğinde 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemleri için uygun ışık rafı yerleşim ve boyutları, değişik varyasyonlardaki ışık raflarının, verim açısından test edildiği hesap yöntemiyle de belirlenmiştir.

Aşağıdaki tabloda, 3,45m ofis yüksekliği için 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde interpolasyon ve hesaplara elde edilen ışık rafı yerleşimleri ve verimleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. 3,45m tip ofis ünitesinde 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde hesapla ve enterpolasyonla elde edilen ışık rafı verimlerinin karşılaştırılması

L=0°-H=345		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L0°-DO-W8XL14-H345-SH330-I0-E200-T200	1,64-2,73	164	37,96
2	L0°-DO-W8XL14-H345-SH270-I35-E115-T150	1,64-2,73	132	30,56
3	FARK	1,64-2,73	-32	-7,41
L=15°-H=345		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L15°-DO-W8XL14-H345-SH240-I160-E0-T160	2,22-3,7	96	22,22
2	L15°-DO-W8XL14-H360-SH180-I127-E0-T127	2,22-3,7	84	19,44
3	FARK	2,22-3,7	-12	-2,78
L=30°-H=345		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L30°-DO-W8XL14-H345-SH180-I180-E0-T180	3,34-5,6	94	21,76
2	L30°-DO-W8XL14-H345-SH180-I180-E0-T180	3,34-5,6	90	20,83
3	FARK	3,34-5,6	-4	-0,93
L=45°-H=345		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L45°-DO-W8XL14-H345-SH180-I100-E100-T200	5,08-8,47	91	21,06
2	L45°-DO-W8XL14-H345-SH180-I9120-E90-T120	5,08-8,47	81	18,75
3	FARK	5,08-8,47	-10	-2,31
L=60°-H=345		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L60°-DO-W8XL14-H345-SH180-I60-E60-T120	7,14-11,9	85	19,68
2	L60°-DO-W8XL14-H345-SH180-I85-E85-T170	7,14-11,9	88	20,37
3	FARK	7,14-11,9	3	0,69
L=75°-H=345		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L75°-DO-W8XL14-H345-SH180-I0-E160-T160	9,37-15,63	90	20,83
2	L75°-DO-W8XL14-H345-SH225-I0-E190-T190	9,37-15,63	85	19,68
3	FARK	9,37-15,63	-5	-1,16

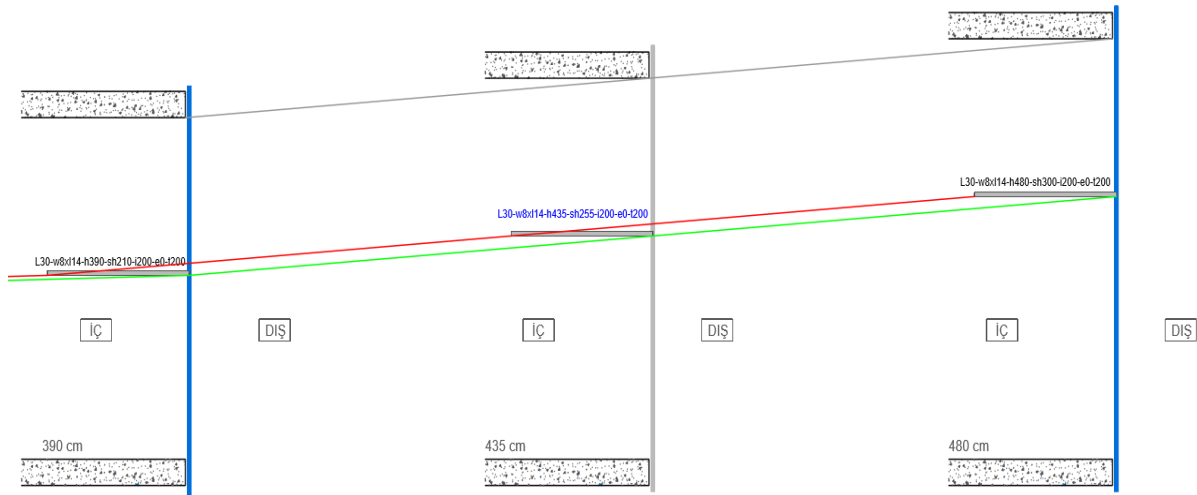
1=hesapla ışık rafı verimi, 2=enterpolasyonla ışık rafı verimi, 3= sensör sayısı ve yüzdelik verim farkı

Değerlendirilen Toplam Sensör Sayısı=432, 300lx-500lx aralığı için.

Yukarıdaki tabloda, 3,45 m ofis yüksekliği için 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° enlemlerinde yapılan hesaplamalarla ve enterpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşimlerinde, 300 lx – 500 lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar gösterilmektedir (Çizelge 4.8).

Toplam 432 sensör için hesaplamaların yapıldığı tip ofis ünitesinde, hesapla elde edilen ışık rafı yerleşiminde 300 lx – 500 lx aralığındaki sensör sayısı; 0° enleminde 164, 15° enleminde 96, 30° enleminde 94, 45° enleminde 91, 60° enleminde 85, 75° enleminde 90'dır. Enterpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşiminde sensör sayısı ise 0° enleminde 132, 15° enleminde 84, 30° enleminde 90, 45° enleminde 81, 60° enleminde 88, 75° enleminde 85'dir. Bu durumda, istenilen aydınlık değer aralığında oluşan yüzdelik farklar sırasıyla %7,41; %2,78; %0,93; %2,31; %0,69; %1,16, ortalama %2,54'tür.

CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9 metre ve 4,80 metre yüksekliklerdeki ofis üniteleri için farklı enlemlerde belirlenen ışık rafı yerleşimlerinin 4,35 metre ofis yüksekliği için kullanımının değerlendirilmesi



Şekil 4.24. CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9m ve 4,8m ofis yüksekliklerinde 30° enlemi için belirlenen uygun ışık rafı yerleşim ve boyutlarının 4,35m yüksekliğindeki ofis biriminde ışık rafı yerleşim ve boyutlarının belirlenmesi amacıyla kullanımı

Yukarıdaki şekilde, CIE standart kapalı gök tipinde, 4,35m ofis yüksekliği için 15° enleminde enterpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşimleri ve boyutları gösterilmiştir (Şekil

4.24). 4,35m ofis yüksekliğinde çalışmaya esas diğer enlemler için ışık rafı yerleşim ve boyutlarının belirlenebilmesi için de aynı metod kullanılmıştır.

Ayrıca 4,35m ofis yüksekliğinde 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° enlemleri için uygun ışık rafı yerleşim ve boyutları, değişik varyasyonlardaki ışık raflarının, verim açısından test edildiği hesap yöntemiyle de belirlenmiştir.

Aşağıdaki tabloda, 4,35m ofis yüksekliği için 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° enlemlerinde enterpolasyon ve hesapla elde edilen ışık rafı yerleşimleri ve verimleri karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. 4,35m tip ofis ünitesinde 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde hesapla ve enterpolasyonla elde edilen ışık rafı verimlerinin karşılaştırılması

L=0°-H=435		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L0°-DO-W8XL14-H435-SH330-I200-E0-T200	1,64-2,73	176	40,74
2	L0°-DO-W8XL14-H435-SH345-I85-E85-T170	1,64-2,73	146	33,80
3	FARK	1,64-2,73	-30	-6,94
L=15°-H=435		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L15°-DO-W8XL14-H435-SH210-I80-E80-T160	2,22-3,7	145	33,56
2	L15°-DO-W8XL14-H435-SH330-I100-E100-T200	2,22-3,7	122	28,24
3	FARK	2,22-3,7	-23	-5,32
L=30°-H=435		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L30°-DO-W8XL14-H435-SH330-I80-E80-T160	3,34-5,6	103	23,84
2	L30°-DO-W8XL14-H435-SH255-I200-E0-T200	3,34-5,6	99	22,92
3	FARK	3,34-5,6	-4	-0,93
L=45°-H=435		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L45°-DO-W8XL14-H345-SH180-I100-E100-T200	5,08-8,47	129	29,86
2	L45°-DO-W8XL14-H435-SH180-I170-E0-T170	5,08-8,47	125	28,94
3	FARK	5,08-8,47	-4	-0,93
L=60°-H=435		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L60°-DO-W8XL14-H345-SH210-I100-E100-T200	7,14-11,9	116	26,85
2	L60°-DO-W8XL14-H435-SH195-I95-E95-T190	7,14-11,9	111	25,69
3	FARK	7,14-11,9	-5	-1,16
L=75°-H=435		DF Aralığı	300lx-500lx Aralığındaki	
		(en az-en çok)	Sensör sayısı	Değişim(%)
1	L75°-DO-W8XL14-H435-SH270-I0-E180-T180	9,37-15,63	105	24,31
2	L75°-DO-W8XL14-H345-SH225-I0-E190-T190	9,37-15,63	99	22,92
3	FARK	9,37-15,63	-6	-1,39

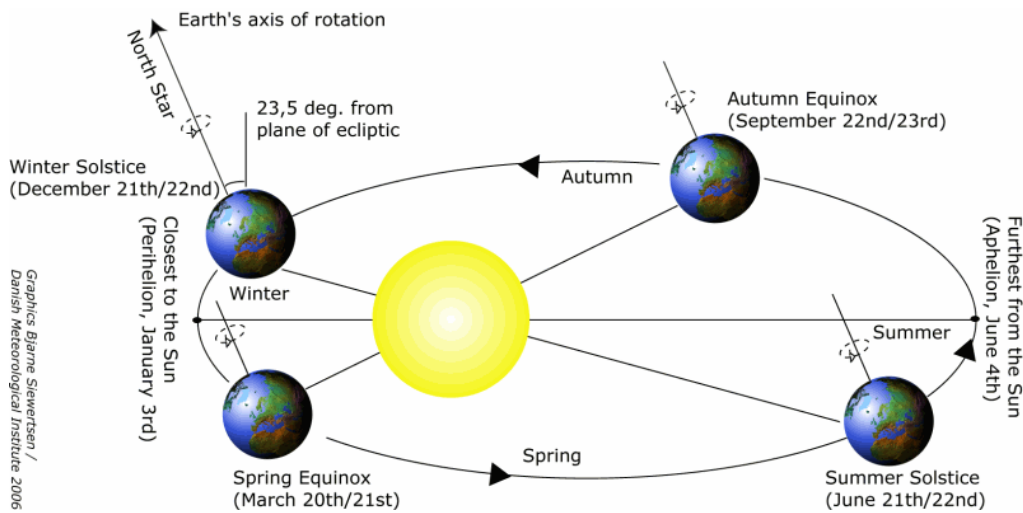
1=hesapla ışık rafı verimi, 2=enterpolasyonla ışık rafı verimi, 3= sensör sayısı ve yüzdelik verim farkı
Değerlendirilen Toplam Sensör Sayısı=432, 300lx-500lx aralığı için.

Yukarıdaki tabloda, 4,35m ofis yüksekliği için 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° enlemlerinde yapılan hesaplamalarla ve enterpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşimlerinde, 300 lx – 500 lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar gösterilmektedir (Çizelge 4.9).

Toplam 432 sensör için hesaplamaların yapıldığı tip ofis ünitesinde, hesapla elde edilen ışık rafı yerleşiminde 300 lx – 500 lx aralığındaki sensör sayısı; 0° enleminde 176, 15° enleminde 145, 30° enleminde 103, 45° enleminde 129, 60° enleminde 116, 75° enleminde 105'dir. Enterpolasyonla elde edilen ışık rafı yerleşiminde sensör sayısı ise 0° enleminde 146, 15° enleminde 122, 30° enleminde 99, 45° enleminde 125, 60° enleminde 111, 75° enleminde 99'dir. Bu durumda, istenilen aydınlık değer aralığında oluşan yüzdelik farklar sırasıyla %6,94; %5,32; %0,93; %0,93; %1,16; %1,39, ortalama %2,77'dir.

Ara enlemler ve farklı ofis yükseklikleriyle ilgili yapılan hesaplamalara göre, elde edilen ışık rafı eğrileri, farklı enlemler ve farklı ofis yükseklikleri için sırasıyla ortalama %1,95 ve %2,65 sapmayla kullanılabilir.

4.7.2. CIE standart açık gök tipinde, gündönümlerinde ışık rafı veriminin değerlendirilmesi



Şekil 4.25. Ekinoks ve gün dönümleri [49]

Çalışmanın bu bölümünde, CIE standart kapalı gök tipinde, 3m, 3,90m, 4,80m yüksekliklerindeki tip ofis ünitelerinde 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemleri için elde edilen uygun ışık raf pozisyon ve boyutlarının verimi, CIE standart açık gök tipinde, güneşin minimum ve maksimum açılı olduğu gün dönümlerinde (21 Haziran, 21 Aralık), gün ortasında (12.00) ,4 ana yönde (Kuzey, Güney, Doğu, Batı) değerlendirilmiştir (Şekil 4.25).

Dünya üzerindeki konumları Çizelge 4.10’da gösterilen; 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerindeki yerleşimlerin iklim parametrelerinde; dünyanın çeşitli yerlerinde, 18 yıldan fazla, saatlik ölçümlere dayanan ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) veya yerel meteoroloji verileri (örn: ISHRAE- Indian SHRAE) kullanılmıştır [50]. Hesaplamalar Kuzey Yarımküre için gerçekleştirilmiştir.

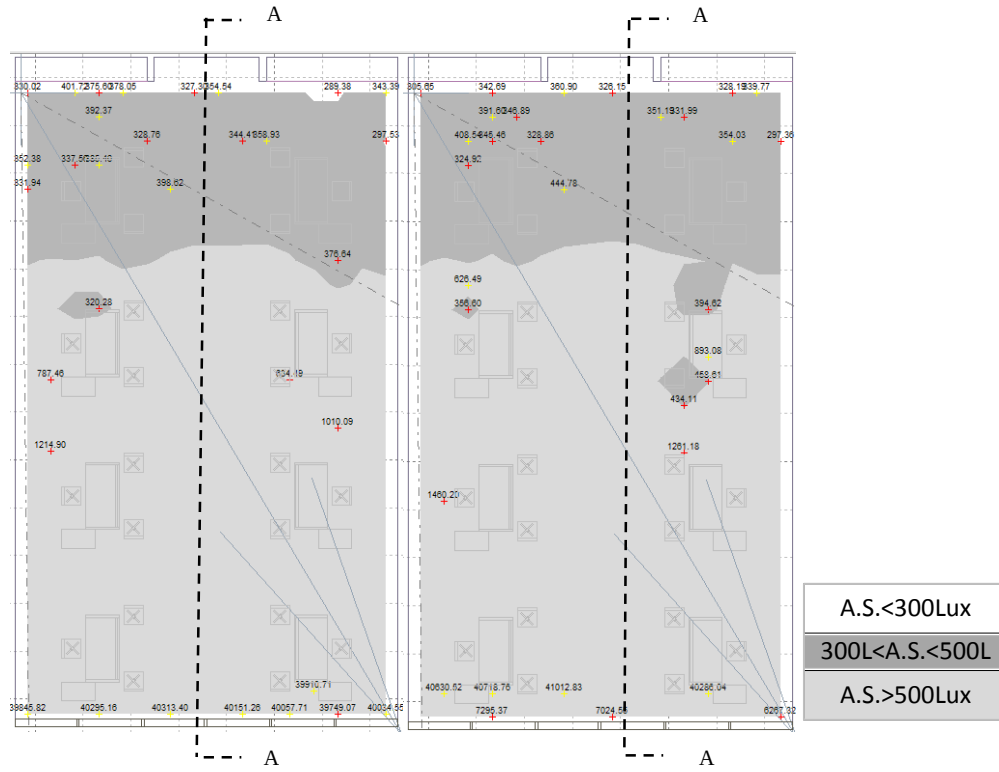
Çizelge 4.10. Çalışmaya konu olan enlemler ve yerleşim yerleri

ENLEM(°)	YER
0	Quito, Ecuador
15	Panjin, India
30	Shangai, China
45	Milano, Italy
60	Whitehorse, Canada
75	Resolute, Canada

Öncelikle, yapılan işlem 0° enleminde, 3 metre ofis yüksekliği için ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Sonrasında tüm ofis yüksekliklerinde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda, gün dönümlerinde, 4 ana yönde, 300 lx – 500 lx aralığındaki ve 300 lx üzerindeki sensör sayıları farklı ofis yüksekliklerinde enlemlere göre liste halinde sıralanmıştır. Bu gruplar içinde, ışık rafının, mekân içindeki gün ışığı aydınlık değerlerine pozitif ve negatif etkileri işaretlenmiştir.

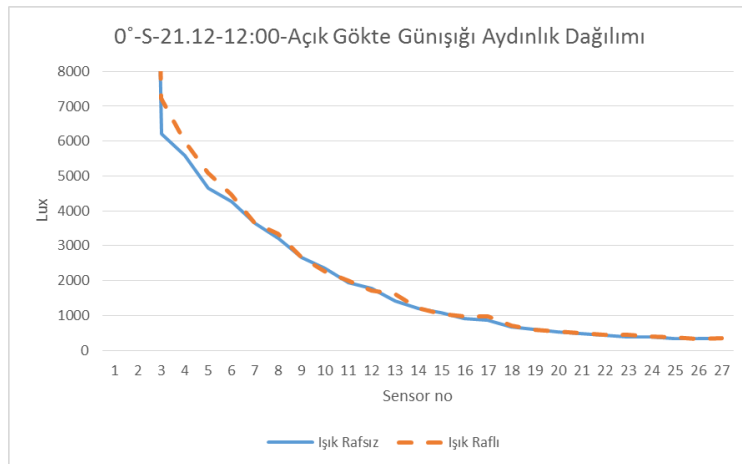
CIE standart kapalı gök tipinde, 0° enleminde, 3 metre ofis yüksekliğinde; 240 cm yükseklikte, 160 cm genişlikte, dış ışık rafı, 300 lx-500 lx gün ışığı aydınlık değer aralığı için en iyi sonuçları vermiştir. Aşağıda CIE standart açık gök tipinde, 0° enleminde, 21 Aralık günü saat 12.00 ‘de mekân içindeki gün ışığı aydınlık dağılımları gösterilmiştir (Şekil 4.26).

Güney Yönü - 21.Aralık, Saat 12:00 Doğal Aydınlık Dağılımı



Şekil 4.26. Işık rafsız(solda) ve ışık raflı durumlarda, 21 Aralık'ta, Güney yönünde Gün ışığı aydınlık seviyeleri dağılımları

A-A kesitinde ışık rafsız ve ışık raflı durumda, pencere yüzeyinden içerilere doğru doğal aydınlık seviyelerindeki değişim aşağıdaki grafikteki gibidir (Şekil 4.26).



Şekil 4.27. Güney - 21 Aralık, doğal aydınlığın a-a kesitindeki değişim grafiği

Yukarıdaki şekilde (Şekil 4.27), özellikle pencereden itibaren 3. Sensör sırasına kadar olan kısımda, gün ışığı aydınlık seviyeleri oldukça yüksek gösterilmektedir. Bu durum, güneşin iç mekâna doğrudan girmesiyle oluşan güneş lekelerinden kaynaklanmaktadır (Şekil 4.28). CIE Açık gök tipinde, belirlenen gün ve saatte meydana gelebilecek bu durum hesaplamalara dâhil edilmiştir.



Şekil 4.28. Güneş lekeleri

Çalışmanın bu aşamasında, CIE standart açık gök tipinde, güneşin minimum ve maksimum açılı olduğu gün dönümlerinde, saat 12 00 da çalışmaya konu olan tüm ofis yüksekliklerinde, farklı enlemlerde, yönlere göre, 300 lx – 500 lx aralığındaki aydınlık değerlerine ait sensör sayıları ve yüzdelik oranlar hesaplanmıştır.

3 metre ofis yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, farklı enlemlerde, gündönümlerinde, 4 ana yönde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlar için 300 lx- 500 lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar

3 Metre Ofis Yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, ışık raflı ve ışık rafsız durumlarda, 300 Lx- 500 Lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik değişimler Çizelge 4.11'deki gibidir. İlgili yönde, istenilen aydınlık değer aralığındaki yüzdelik oranlarında meydana gelen ortalama %5 ve üzerindeki değişimlerde, ışık rafı kullanımı uygun olarak değerlendirilmiş, yeşil renkle işaretlenmiştir. Işık rafı kullanımı uygun olmayan durumlar ise turuncu renktedir. Örneğin; 15° enleminde, doğu yönünde, ortalama değişim yüzdesi pozitif olduğundan ışık rafı kullanımı uygundur.

Çizelge 4.11. 3m ofis yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, 0°, 15° ve 30° enlemlerinde, gündönümlerinde, 4 ana yönde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlar için 300 lx- 500 lx aydınlık seviyesi(a.s.) aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar

L=0°, H=300 CM, L0-w8x14-h300-sh240-i0-e160-t160								
ho=300 cm saat=12.00	Enlem		0°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	81	122	41	119	128	9
		%	18,75	28,24	9,49	27,55	29,63	2,08
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	77	126	49	82	125	43
		%	17,82	29,17	11,34	18,98	28,94	9,95
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	115	111	-4	106	111	5
		%	26,62	25,69	-0,93	24,54	25,69	1,16
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	76	118	42	83	124	41
		%	17,59	27,31	9,72	19,21	28,70	9,49
L=15°, H=300 CM, L15-w8x14-h300-sh270-i100-e100-t200								
ho=300 cm saat=12.00	Enlem		15°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	94	109	15	79	115	36
		%	21,76	25,23	3,47	18,29	26,62	8,33
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	124	119	-5	67	114	47
		%	28,70	27,55	-1,16	15,51	26,39	10,88
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	121	114	-7	72	76	4
		%	28,01	26,39	-1,62	16,67	17,59	0,93
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	131	131	0	72	124	52
		%	30,32	30,32	0,00	16,67	28,70	12,04
L=30°, H=300 CM, L30-w8x14-h300-sh180-i140-e0-t140								
ho=300 cm saat=12.00	Enlem		30°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	124	124	0	14	60	46
		%	28,70	28,70	0,00	3,24	13,89	10,65
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	129	127	-2	68	66	-2
		%	29,86	29,40	-0,46	15,74	15,28	-0,46
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	127	121	-6	66	73	7
		%	29,40	28,01	-1,39	15,28	16,90	1,62
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	122	98	-24	65	67	2
		%	28,24	22,69	-5,56	15,05	15,51	0,46



Işık Rafi Kullanımı Uygun



Işık Rafi Kullanımı Uygun Değil

Çizelge 4.11. (devamı) 3m Ofis Yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, 45°, 60° ve 75° enlemlerinde, Gündönümlerinde, 4 Ana Yönde, Işık Rafsız Ve Işık Rafılı Durumlar İçin 300 Lx- 500 Lx Aydınlık Seviyesi(a.s.) Aralığındaki Sensör Sayıları Ve Yüzdelik Farklar

L=45°, H=300 CM, L45-w8xl14-h300-sh180-i100-e0-t100								
ho=300 cm saat=12.00	Enlem		45°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	118	122	4	0	0	0
		%	27,31	28,24	0,93	0,00	0,00	0,00
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	103	74	-29	63	56	-7
		%	23,84	17,13	-6,71	14,58	12,96	-1,62
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	84	102	18	58	61	3
		%	19,44	23,61	4,17	13,43	14,12	0,69
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	95	73	-22	54	52	-2
		%	21,99	16,90	-5,09	12,50	12,04	-0,46
L=60°, H=300 CM, L60-w8xl14-h300-sh180-i80-e80-t160								
ho=300 cm saat=12.00	Enlem		60°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	87	107	20	0	0	0
		%	20,14	24,77	4,63	0,00	0,00	0,00
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	112	75	-37	58	51	-7
		%	25,93	17,36	-8,56	13,43	11,81	-1,62
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	70	78	8	67	60	-7
		%	16,20	18,06	1,85	15,51	13,89	-1,62
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	68	100	32	57	57	0
		%	15,74	23,15	7,41	13,19	13,19	0,00
L=75°, H=300 CM, L75-w8xl14-h300-sh180-i0-e180-t180								
ho=300 cm saat=12.00	Enlem		75°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	23	80	57	0	0	0
		%	5,32	18,52	13,19	0,00	0,00	0,00
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	71	63	-8	0	0	0
		%	16,44	14,58	-1,85	0,00	0,00	0,00
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	72	69	-3	0	0	0
		%	16,67	15,97	-0,69	0,00	0,00	0,00
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	59	64	5	0	0	0
		%	13,66	14,81	1,16	0,00	0,00	0,00

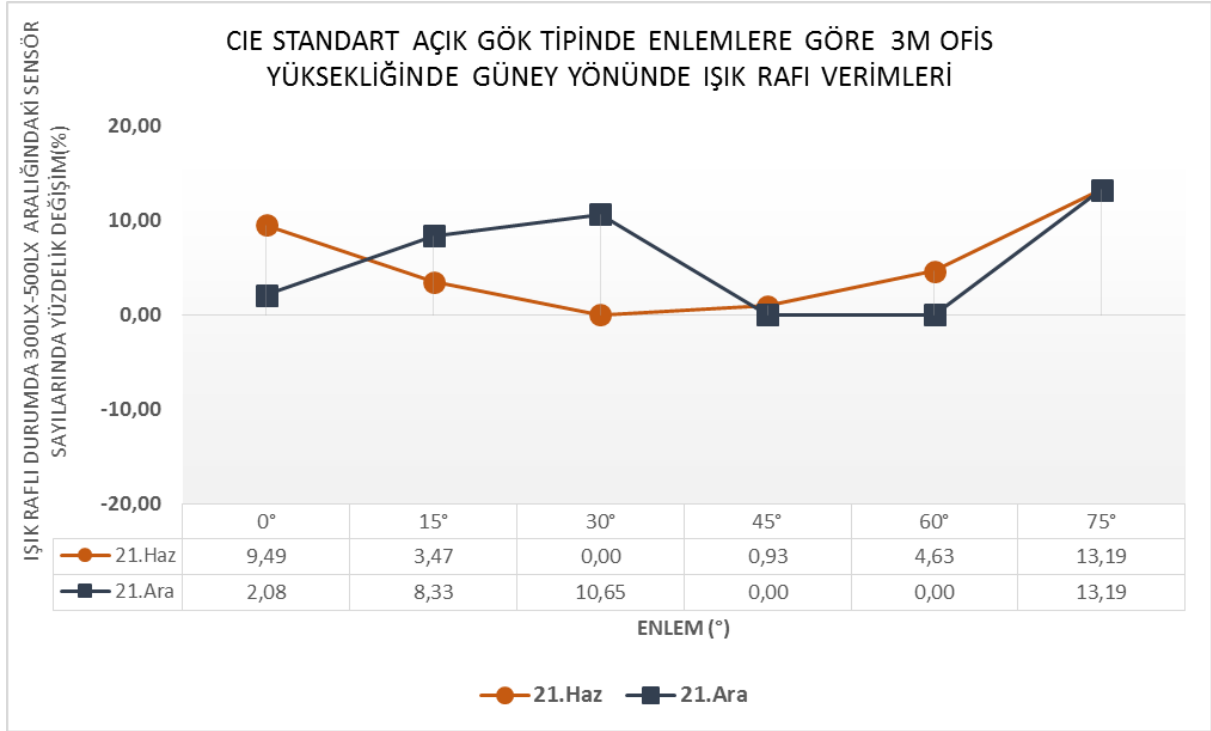


Işık Rafı Kullanımı Uygun



Işık Rafı Kullanımı Uygun Değil

CIE standart açık gök tipinde, 3 metre yüksekliğinde tip ofis ünitesi için, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, farklı yönlere göre gün dönümlerindeki ışık rafı verimleri grafik olarak aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir

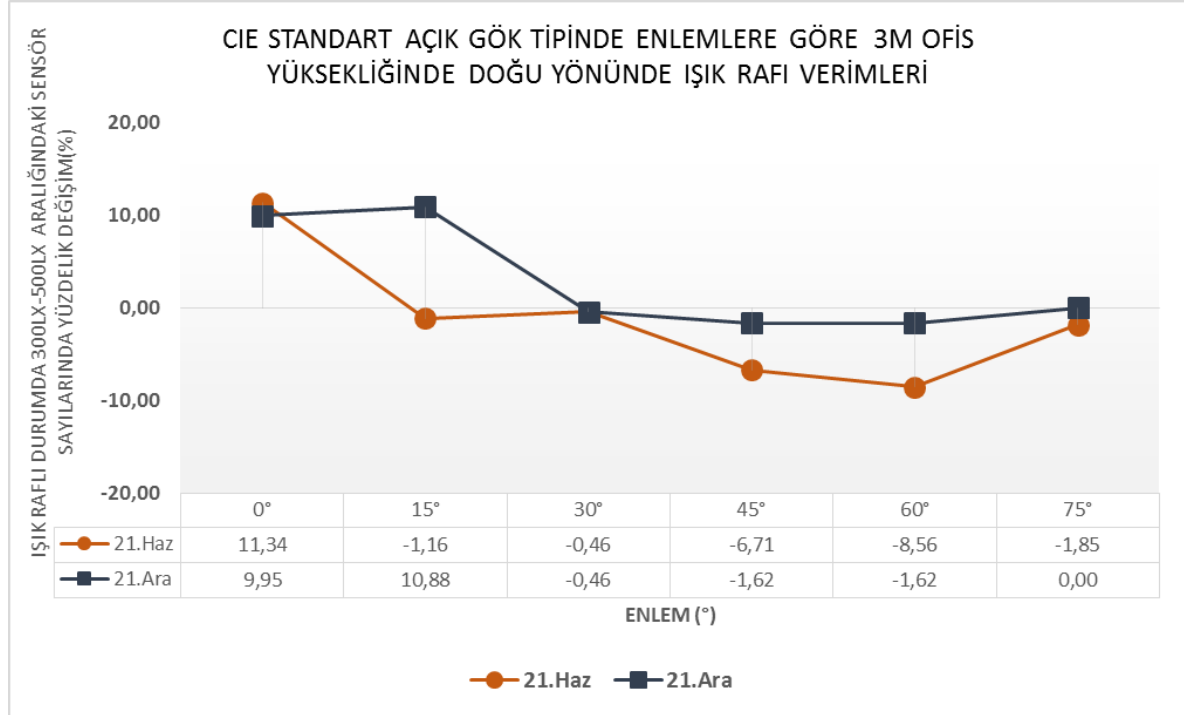


Şekil 4.29. CIE standart açık gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, Güney yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

Yukarıdaki şekilde CIE standart açık gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, Güney yönünde, güneşin maksimum ve minimum açılı olduğu 21 Haziran ve 21 Aralık da ışık rafı verimleri 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.29).

Ofis içinde, ışık raflı durumda, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığında sensör sayılarındaki değişim oranı, enlemlere göre sırasıyla;

- 21 Haziran da, 0° enleminde %9,49, 15° enleminde %3,47, 30° enleminde %0, 45° enleminde %0,93, 60° enleminde %4,63, 75° enleminde %13,19,
- 21 Aralık da, 0° enleminde %2,08, 15° enleminde %8,33, 30° enleminde %10, 45° enleminde %0,00, 60° enleminde %0,00, 75° enleminde %13,19,'dur.

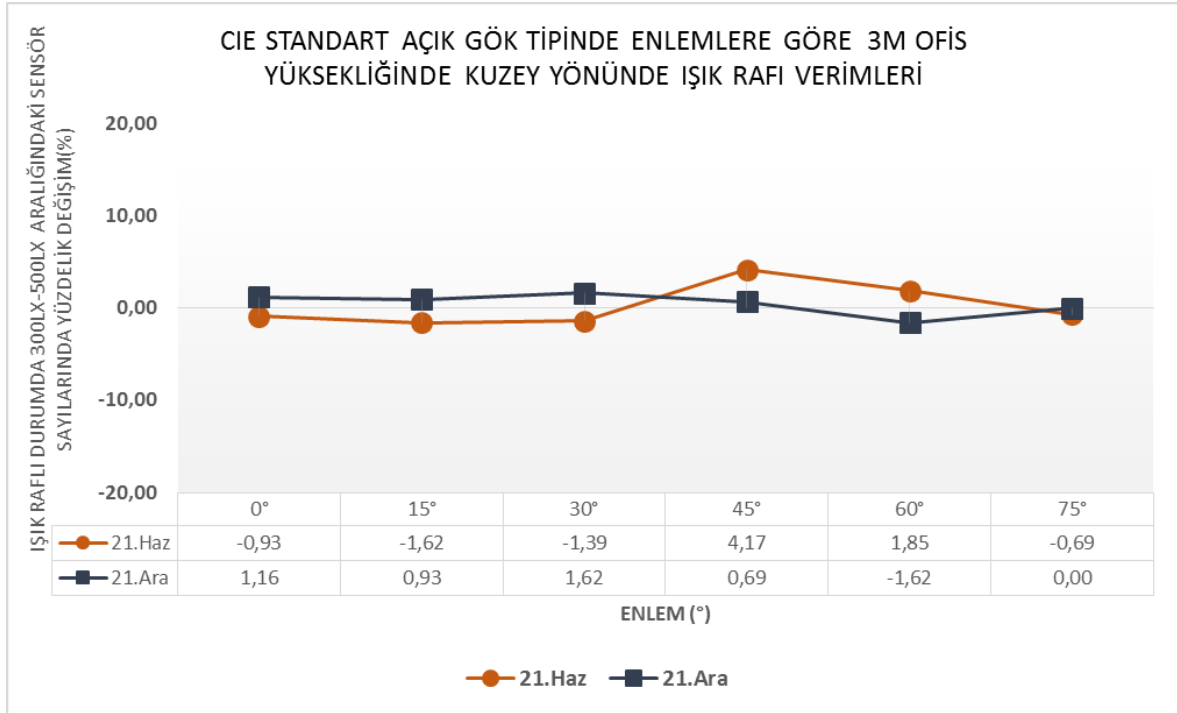


Şekil 4.30. CIE standart açık gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, Doğu yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

Yukarıdaki şekilde CIE standart açık gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, Doğu yönünde, güneşin maksimum ve minimum açılı olduğu 21 Haziran ve 21 Aralık da ışık rafı verimleri 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.30).

Ofis içinde, ışık raflı durumda, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığında sensör sayılarındaki değişim oranı, enlemlere göre sırasıyla;

- a) 21 Haziran da, 0° enleminde %11,34, 15° enleminde %-1,16, 30° enleminde %-0,46, 45° enleminde %-6,71, 60° enleminde %-8,56, 75° enleminde %-1,85,
- b) 21 Aralık da, 0° enleminde %9,95, 15° enleminde %10,88, 30° enleminde %-0,46, 45° enleminde %-1,62, 60° enleminde %-1,62, 75° enleminde %0,'dır.

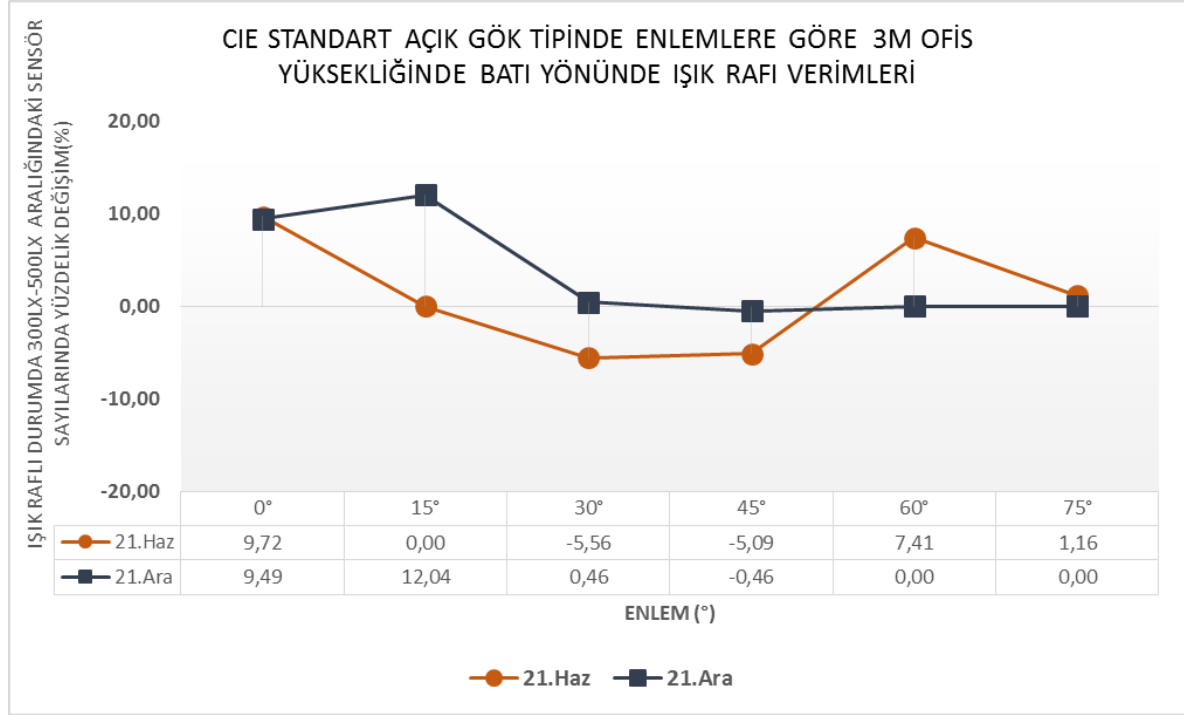


Şekil 4.31. CIE standart açık gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, kuzey yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

Yukarıdaki şekilde CIE standart açık gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, Kuzey yönünde, güneşin maksimum ve minimum açılı olduğu 21 Haziran ve 21 Aralık da ışık rafı verimleri 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.31).

Ofis içinde, ışık raflı durumda, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığında sensör sayılarındaki değişim oranı, enlemlere göre sırasıyla;

- a) 21 Haziran da, 0° enleminde %-0,93, 15° enleminde %-1,62, 30° enleminde %-1,39, 45° enleminde %4,17, 60° enleminde %1,85, 75° enleminde %-0,69,
- b) 21 Aralık da, 0° enleminde %1,16, 15° enleminde %0,93, 30° enleminde %1,62, 45° enleminde %0,69, 60° enleminde %-1,62, 75° enleminde %0,00'dır.



Şekil 4.32. CIE standart açık gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, batı yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

Yukarıdaki şekilde CIE standart açık gök tipinde, 3m ofis yüksekliğinde, Batı yönünde, güneşin maksimum ve minimum açılı olduğu 21 Haziran ve 21 Aralık da ışık rafı verimleri 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.32).

Ofis içinde, ışık raflı durumda, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığında sensör sayılarındaki değişim oranı, enlemlere göre sırasıyla;

- 21 Haziran da, 0° enleminde %9,72, 15° enleminde %0, 30° enleminde %-5,56, 45° enleminde %-5,09, 60° enleminde %7,41, 75° enleminde %1,16,
- 21 Aralık da, 0° enleminde %9,49, 15° enleminde %12,04, 30° enleminde %0,46, 45° enleminde %-0,46, 60° enleminde %0, 75° enleminde %0, 'dır.

3,9 metre ofis yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, farklı enlemlerde, gündönümlerinde, 4 ana yönde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlar için 300 lx- 500 lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar

3,9 Metre Ofis Yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, ışık raflı ve ışık rafsız durumlarda, 300 Lx- 500 Lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik değişimler Çizelge 4.12'deki gibidir. İlgili yönde, istenilen aydınlık değer aralığındaki ortalama yüzdelik oranlarında meydana gelen pozitif değişimlerde, ışık rafı kullanımı uygun olarak değerlendirilmiş, yeşil renkle işaretlenmiştir. Işık rafı kullanımı uygun olmayan durumlar ise turuncu renktedir.

Çizelge 4.12. 3,9m ofis yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, 0°, 15° ve 30° enlemlerinde, gündönümlerinde, 4 ana yönde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlar için 300 lx- 500 lx aydınlık seviyesi(a.s.) aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar

L=0°, H=390 CM, L0-w8x14-h390-sh300-i70-e70-t140								
Ho=390 cm Saat=12.00	Enlem		0°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	55	93	38	0	10	10
		%	12,73	21,53	8,80	0,00	2,31	2,31
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	23	49	26	63	77	14
		%	5,32	11,34	6,02	14,58	17,82	3,24
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	72	43	-29
		%	0,00	0,00	0,00	16,67	9,95	-6,71
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	59	63	4	65	51	-14
		%	13,66	14,58	0,93	15,05	11,81	-3,24
L=15°, H=390 CM, L15-w8x14-h390-sh300-i0-e200-t200								
Ho=390 cm Saat=12.00	Enlem		15°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	8	0	-8	0	0	0
		%	1,85	0,00	-1,85	0,00	0,00	0,00
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	1	0	-1	91	48	-43
		%	0,23	0,00	-0,23	21,06	11,11	-9,95
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	5	0	-5	94	77	-17
		%	1,16	0,00	-1,16	21,76	17,82	-3,94
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	6	0	-6	96	71	-25
		%	1,39	0,00	-1,39	22,22	16,44	-5,79
L=30°, H=390 CM, L30-e-w8x14-h390-sh210-i200-e0-t200								
Ho=390 cm Saat=12.00	Enlem		30°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	21	21	0	0	0
		%	0,00	4,86	4,86	0,00	0,00	0,00
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	14	14	130	112	-18
		%	0,00	3,24	3,24	30,09	25,93	-4,17
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	1	37	36	137	119	-18
		%	0,23	8,56	8,33	31,71	27,55	-4,17
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	2	20	18	132	126	-6
		%	0,46	4,63	4,17	30,56	29,17	-1,39

Işık Rafi Kullanımı Uygun

Işık Rafi Kullanımı Uygun Değil

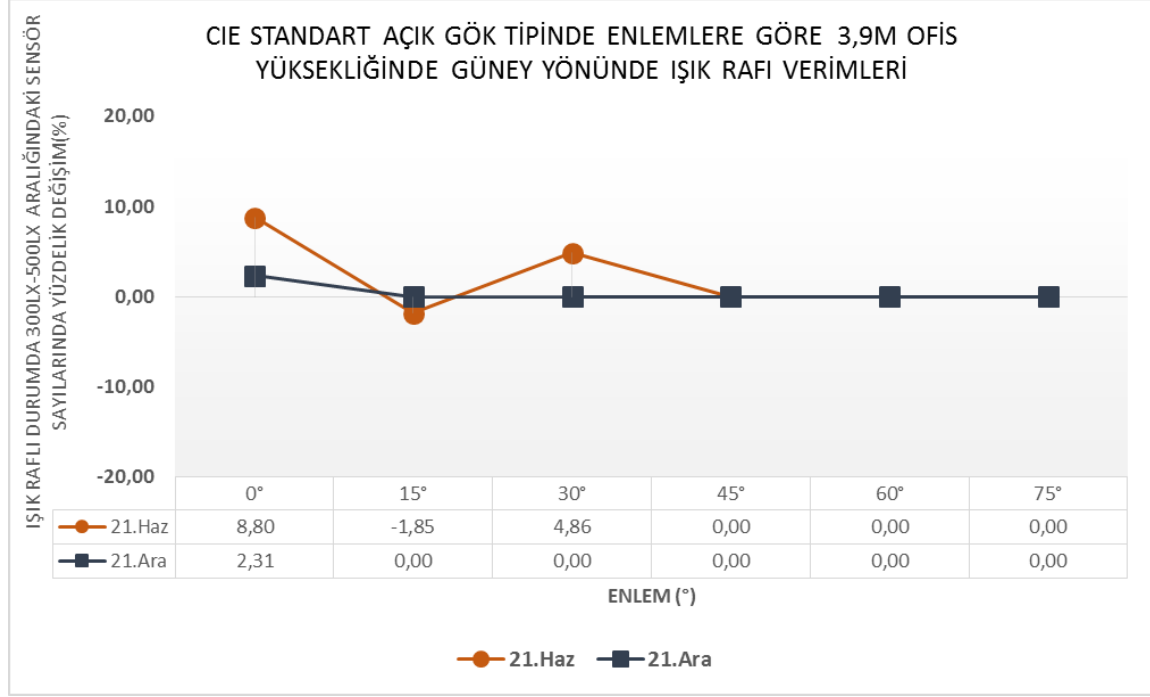
Çizelge 4.12. (devamı) 3,9m ofis yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, 45°, 60° ve 75° enlemlerinde, gündönümlerinde, 4 ana yönde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlar için 300 lx- 500 lx aydınlık seviyesi(a.s.) aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar

L=45°, H=390 CM, L45-w8xl14-h390-sh180-i140-e0-t140								
Ho=390 cm Saat=12.00	Enlem		45°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	0	0	0
		%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	64	91	27	81	88	7
		%	14,81	21,06	6,25	18,75	20,37	1,62
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	54	113	59	90	93	3
		%	12,50	26,16	13,66	20,83	21,53	0,69
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	62	99	37	69	80	11
		%	14,35	22,92	8,56	15,97	18,52	2,55
L=60°, H=390 CM, L60-w8xl14-h390-sh180-i90-e90-t180								
Ho=390 cm Saat=12.00	Enlem		60°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	0	0	0
		%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	32	62	30	65	68	3
		%	7,41	14,35	6,94	15,05	15,74	0,69
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	106	139	33	77	93	16
		%	24,54	32,18	7,64	17,82	21,53	3,70
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	100	128	28	63	95	32
		%	23,15	29,63	6,48	14,58	21,99	7,41
L=75°, H=390 CM,L75-w8xl14-h390-sh270-i0-e200-t200								
Ho=390 cm Saat=12.00	Enlem		75°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	0	0	0
		%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	125	91	-34	0	0	0
		%	28,94	21,06	-7,87	0,00	0,00	0,00
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	128	126	-2	0	0	0
		%	29,63	29,17	-0,46	0,00	0,00	0,00
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	125	113	-12	0	0	0
		%	28,94	26,16	-2,78	0,00	0,00	0,00

Işık Rafi Kullanımı Uygun

Işık Rafi Kullanımı Uygun Değil

CIE standart açık gök tipinde, 3,9 metre yüksekliğinde tip ofis ünitesi için, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, farklı yönlere göre gün dönümlerindeki ışık rafı verimleri grafik olarak aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.

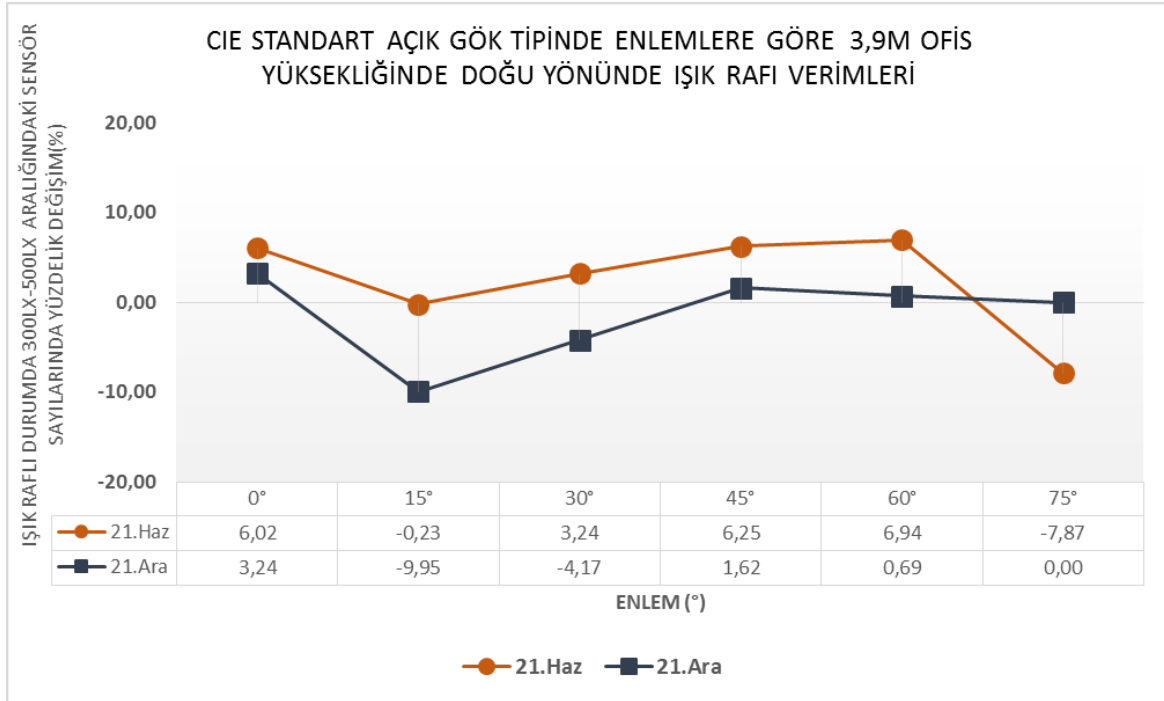


Şekil 4.33. CIE standart açık gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, güney yönünde, 21 .Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

Yukarıdaki şekilde CIE standart açık gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, güney yönünde, güneşin maksimum ve minimum açıyla yeryüzüne düştüğü 21 Haziran ve 21 Aralık da ışık rafı verimleri 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.33).

Ofis içinde, ışık raflı durumda, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığında sensör sayılarındaki değişim oranı, enlemlere göre sırasıyla;

- 21 Haziran da, 0° enleminde %8,80, 15° enleminde %-1,85, 30° enleminde %4,86, 45° enleminde %0,60° enleminde %0,75° enleminde %0,
- 21 Aralık da, 0° enleminde %2,31, 15° enleminde %0,30° enleminde %0, 45° enleminde %0, 60° enleminde %0,75° enleminde %0'dır.

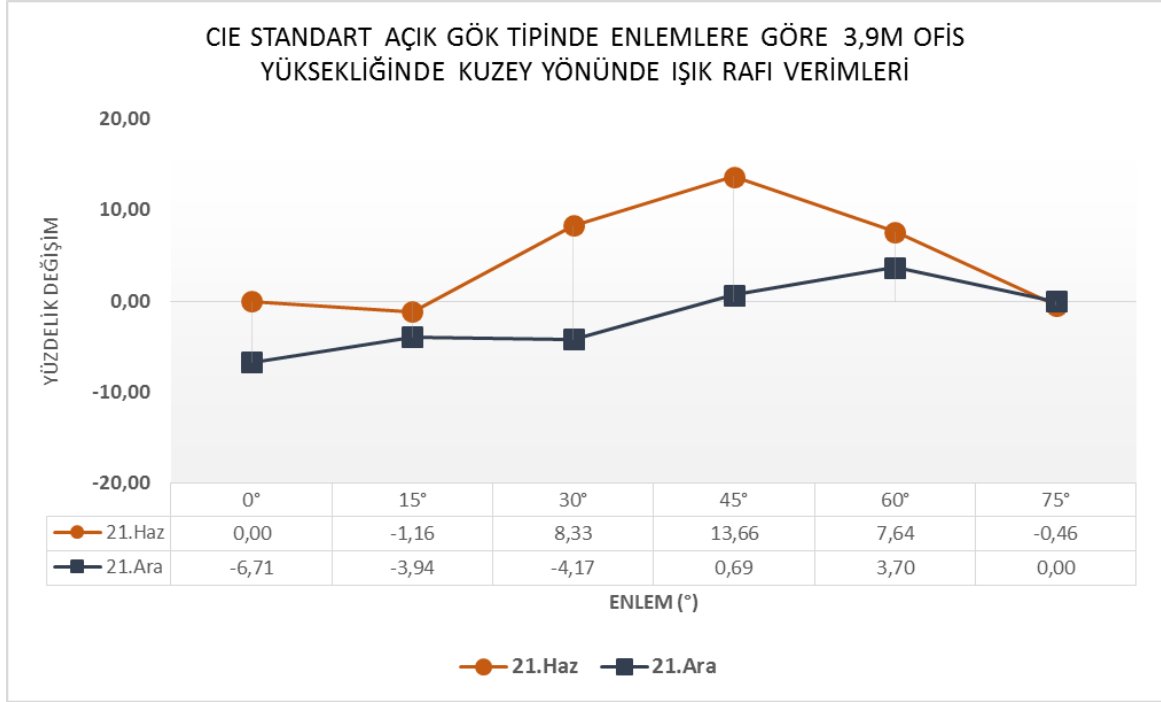


Şekil 4.34. CIE standart açık gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, doğu yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

Yukarıdaki şekilde CIE standart açık gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, Doğu yönünde, güneşin maksimum ve minimum açıyla yeryüzüne düştüğü 21 Haziran ve 21 Aralık da ışık rafı verimleri 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.34).

Ofis içinde, ışık raflı durumda, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığında sensör sayılarındaki değişim oranı, enlemlere göre sırasıyla;

- 21 Haziran da, 0° enleminde %6,02, 15° enleminde %-0,23, 30° enleminde %3,24, 45° enleminde %6,25, 60° enleminde %6,94, 75° enleminde %-7,87,
- 21 Aralık da, 0° enleminde %3,24, 15° enleminde %-9,95, 30° enleminde %-4,17, 45° enleminde %1,62, 60° enleminde %0,69, 75° enleminde %0'dır.

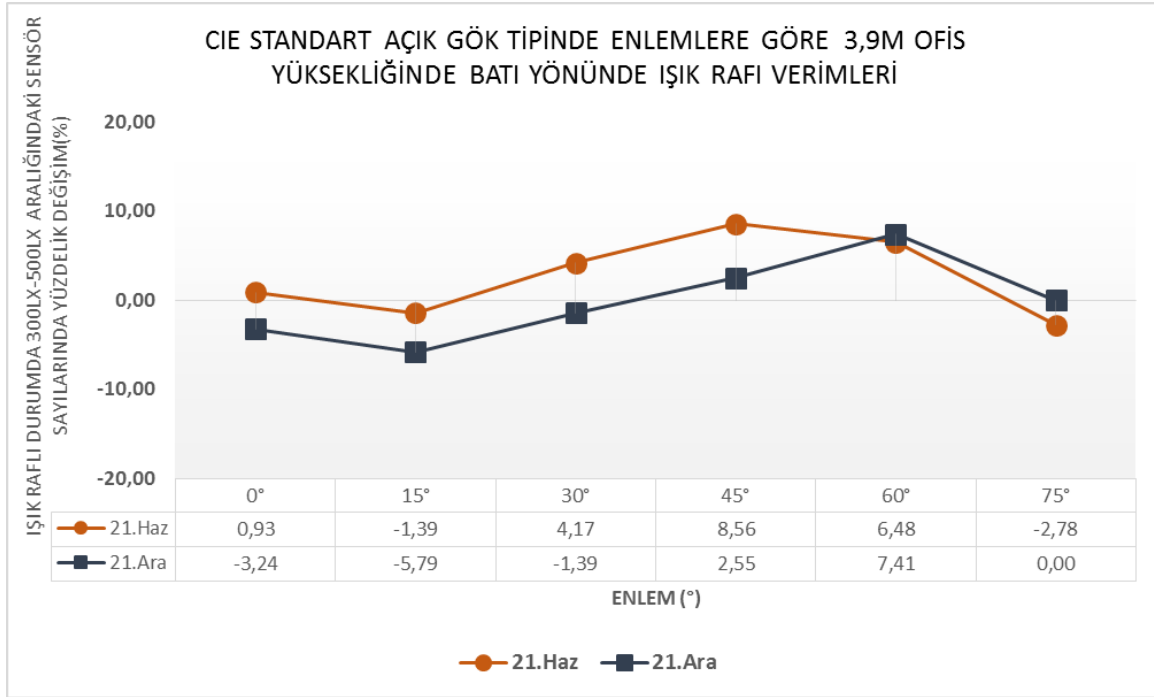


Şekil 4.35. CIE standart açık gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, kuzey yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

Yukarıdaki şekilde CIE standart açık gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, Kuzey yönünde, güneşin maksimum ve minimum açıyla yeryüzüne düştüğü 21 Haziran ve 21 Aralık da ışık rafı verimleri 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.35).

Ofis içinde, ışık raflı durumda, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığında sensör sayılarındaki değişim oranı, enlemlere göre sırasıyla;

- a) 21 Haziran da, 0° enleminde %0, 15° enleminde %-1,16, 30° enleminde %8,33, 45° enleminde %13,66, 60° enleminde %7,64, 75° enleminde %-0,46,
- b) 21 Aralık da, 0° enleminde %-6,71, 15° enleminde %-3,94, 30° enleminde %-4,17, 45° enleminde %0,69, 60° enleminde %3,70, 75° enleminde %0'dır.



Şekil 4.36. CIE standart açık gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, batı yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

Yukarıdaki şekilde CIE standart açık gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, Batı yönünde, güneşin maksimum ve minimum açıyla yeryüzüne düştüğü 21 Haziran ve 21 Aralık da ışık rafı verimleri 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.36).

Ofis içinde, ışık raflı durumda, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığında sensör sayılarındaki değişim oranı, enlemlere göre sırasıyla;

- a) 21 Haziran da, 0° enleminde %0,93, 15° enleminde %-1,39, 30° enleminde %4,17, 45° enleminde %8,56, 60° enleminde %6,48, 75° enleminde %-2,78,
- b) 21 Aralık da, 0° enleminde %-3,24, 15° enleminde %-5,79, 30° enleminde %-1,39, 45° enleminde %2,55, 60° enleminde %7,41, 75° enleminde %0'dır.

4,8 metre ofis yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, farklı enlemlerde, gündönümlerinde, 4 ana yönde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlar için 300 lx- 500 lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar

4,8 Metre Ofis Yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, ışık raflı ve ışık rafsız durumlarda, 300 Lx- 500 Lx aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik değişimler Çizelge 4.13'deki gibidir. İlgili yönde, istenilen aydınlık değer aralığındaki ortalama yüzdelik oranlarında meydana gelen pozitif değişimlerde, ışık rafı kullanımı uygun olarak değerlendirilmiş, yeşil renkle işaretlenmiştir. Işık rafı kullanımı uygun olmayan durumlar ise turuncu renktedir.

Çizelge 4.13. 4,8m ofis yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, 0°, 15° ve 30° enlemlerinde, gündönümlerinde, 4 ana yönde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlar için 300 lx- 500 lx aydınlık seviyesi(a.s.) aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar

L=0°, H=480 CM, L0-W8XL14-H480-SH390-I100-E100-T200								
ho=480 cm saat=12.00	Enlem		0°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	0	0	0
		%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	0	0	0
		%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	0	0	0
		%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	0	0	0
		%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L=15°, H=480 CM, L15-w8xl14-h480-SH330-I200-e0-T200								
ho=480 cm saat=12.00	Enlem		15°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	0	0	0
		%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	0	0	0
		%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	1	29	28
		%	0,00	0,00	0,00	0,23	6,71	6,48
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	0	14	14
		%	0,00	0,00	0,00	0,00	3,24	3,24
L=30°, H=480 CM, L30-W8XL14-H480-SH300-I200-E0-T200								
ho=480 cm saat=12.00	Enlem		30°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	0	0	0
		%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	49	95	46
		%	0,00	0,00	0,00	11,34	21,99	10,65
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	59	108	49
		%	0,00	0,00	0,00	13,66	25,00	11,34
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	39	102	63
		%	0,00	0,00	0,00	9,03	23,61	14,58

Işık Rafi Kullanımı Uygun

Işık Rafi Kullanımı Uygun Değil

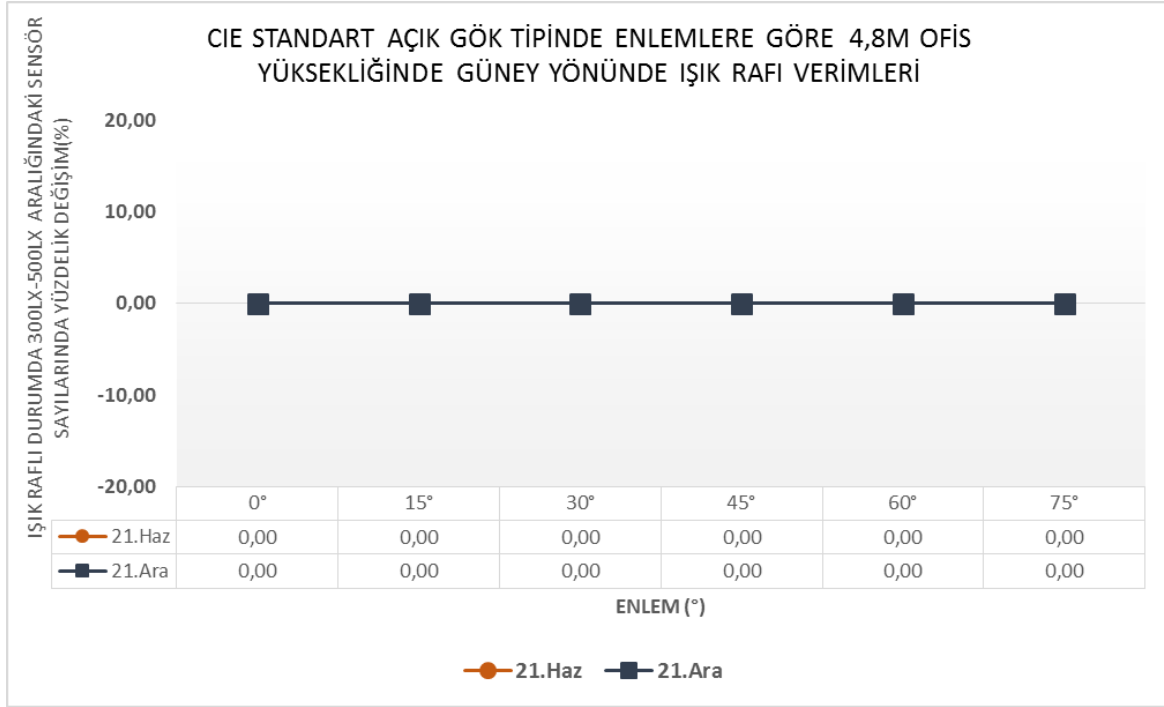
Çizelge 4.13.(devamı) 4,8m ofis yüksekliğinde, CIE standart açık gök tipinde, 45°, 60° ve 75° enlemlerinde, gündönümlerinde, 4 ana yönde, ışık rafsız ve ışık raflı durumlar için 300 lx- 500 lx aydınlık seviyesi(a.s.) aralığındaki sensör sayıları ve yüzdelik farklar

L=45°, H=480 CM, L45-W8xL14-H480-SH180-İ200-E0-T200								
ho=480 cm saat=12.00	Enlem		45°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	0	0	0
		%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	91	91	141	162	21
		%	0,00	21,06	21,06	32,64	37,50	4,86
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	155	170	15
		%	0,00	0,00	0,00	35,88	39,35	3,47
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	144	122	-22
		%	0,00	0,00	0,00	33,33	28,24	-5,09
L=60°, H=480 CM, L60-W8xL14-h480-sh210-i100-e100-t200								
ho=480 cm saat=12.00	Enlem		60°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	0	0	0
		%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	76	86	10
		%	0,00	0,00	0,00	17,59	19,91	2,31
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	3	18	15	96	117	21
		%	0,69	4,17	3,47	22,22	27,08	4,86
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	21	21	89	101	12
		%	0,00	4,86	4,86	20,60	23,38	2,78
L=75°, H=480 CM, L75-W8xL14-h480-sh270-i0-e200-t200								
ho=480 cm saat=12.00	Enlem		75°					
	Tarih		D:21.06			D:21.12		
	Durum		Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim	Işık Rafsız	Işık Raflı	Değişim
G	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	0	0	0	0	0	0
		%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	5	2	-3	0	0	0
		%	1,16	0,46	-0,69	0,00	0,00	0,00
K	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	24	33	9	0	0	0
		%	5,56	7,64	2,08	0,00	0,00	0,00
B	300 lx<a.s.<500 lx	Sensör no	21	3	-18	0	0	0
		%	4,86	0,69	-4,17	0,00	0,00	0,00

Işık Rafı Kullanımı Uygun

Işık Rafı Kullanımı Uygun Değil

CIE standart açık gök tipinde, 4,8 metre yüksekliğinde tip ofis ünitesi için, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, farklı yönlere göre gün dönümlerindeki ışık rafı verimleri grafik olarak aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir

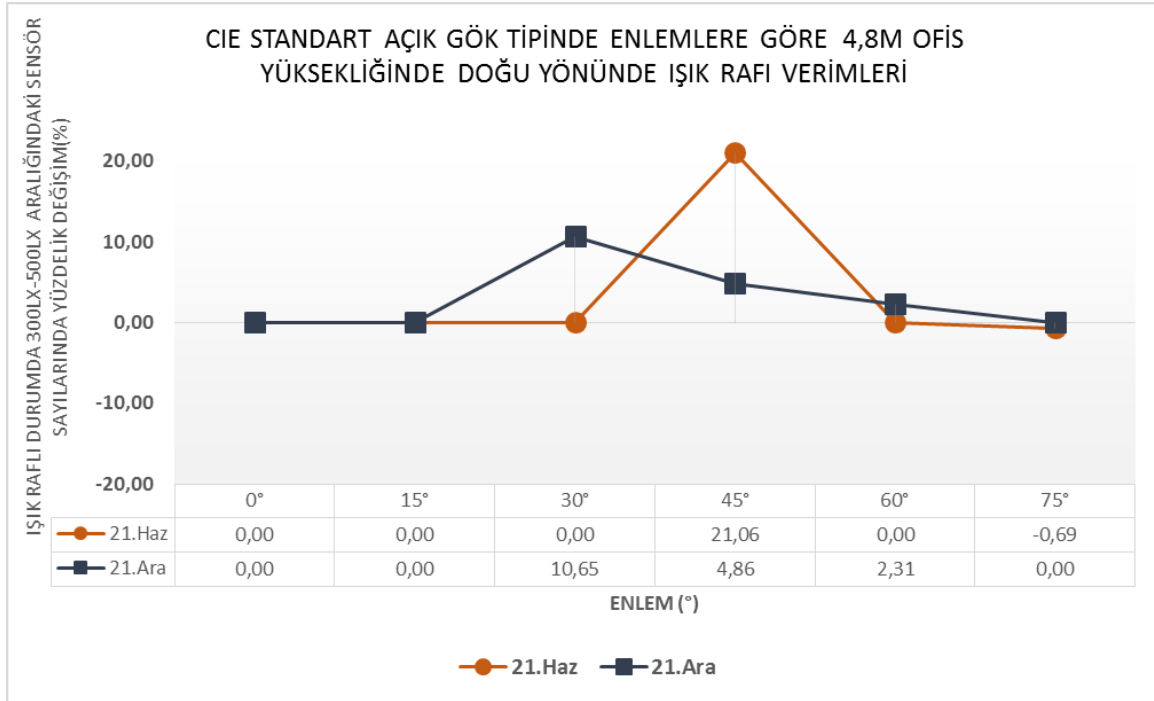


Şekil 4.37. CIE standart açık gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, güney yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelerik etkisi

Yukarıdaki şekilde CIE standart açık gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, güney yönünde, güneşin maksimum ve minimum açıyla yeryüzüne düştüğü 21 Haziran ve 21 Aralık da ışık rafı verimleri 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.37).

Ofis içinde, ışık rafı durumunda, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığında sensör sayılarındaki değişim oranı, enlemlere göre sırasıyla;

- 21 Haziran da, 0° enleminde %0, 15° enleminde %0, 30° enleminde %0, 45° enleminde %0, 60° enleminde %0, 75° enleminde %0,
- 21 Aralık da, 0° enleminde %0, 15° enleminde %0, 30° enleminde %0, 45° enleminde %0, 60° enleminde %0, 75° enleminde %0'dır.

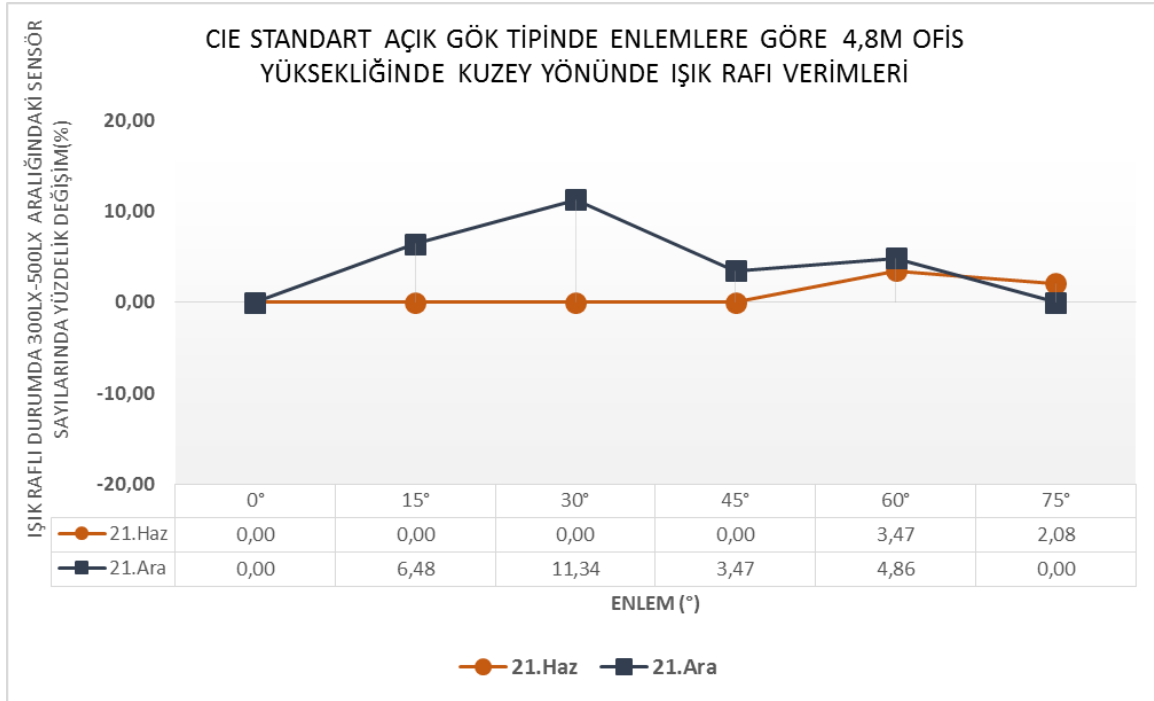


Şekil 4.38. CIE standart açık gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, doğu yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

Yukarıdaki şekilde CIE standart açık gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, Doğu yönünde güneşin maksimum ve minimum açıyla yeryüzüne düştüğü 21 Haziran ve 21 Aralık da ışık rafı verimleri 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.38).

Ofis içinde, ışık raflı durumda, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığında sensör sayılarındaki değişim oranı, enlemlere göre sırasıyla;

- 21 Haziran da, 0° enleminde %0, 15° enleminde %0, 30° enleminde %0, 45° enleminde %21,06, 60° enleminde %0, 75° enleminde %-0,69,
- 21 Aralık da, 0° enleminde %0, 15° enleminde %0, 30° enleminde %10,65, 45° enleminde %4,86, 60° enleminde %2,31, 75° enleminde %0'dır.

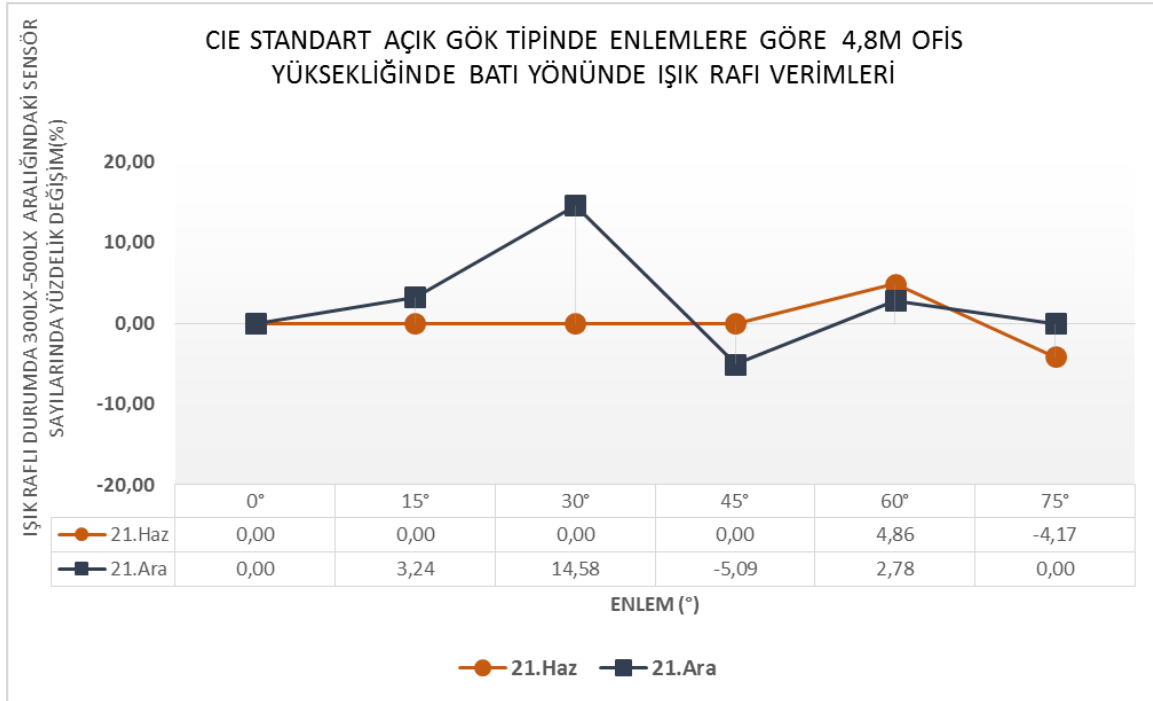


Şekil 4.39. CIE standart açık gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, kuzey yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

Yukarıdaki şekilde CIE standart açık gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, Kuzey yönünde, güneşin maksimum ve minimum açıyla yeryüzüne düştüğü 21 Haziran ve 21 Aralık da ışık rafı verimleri 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.39).

Ofis içinde, ışık raflı durumda, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığında sensör sayılarındaki değişim oranı, enlemlere göre sırasıyla;

- a) 21 Haziran da, 0° enleminde %0, 15° enleminde %0, 30° enleminde %0, 45° enleminde %0, 60° enleminde %3,47, 75° enleminde %2,08,
- b) 21 Aralık da, 0° enleminde %0, 15° enleminde %6,48, 30° enleminde %11,34, 45° enleminde %3,47, 60° enleminde %4,86, 75° enleminde %0'dır.



Şekil 4.40. CIE standart açık gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, batı yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık da, farklı enlemlerde, ışık rafının 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

Yukarıdaki şekilde CIE standart açık gök tipinde, 4,8m ofis yüksekliğinde, Batı yönünde, güneşin maksimum ve minimum açıyla yeryüzüne düştüğü 21 Haziran ve 21 Aralık da ışık rafı verimleri 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 4.40).

Ofis içinde, ışık raflı durumda, okuma-yazma-bilgi işlem için istenen aydınlık değer aralığında sensör sayılarındaki değişim oranı, enlemlere göre sırasıyla;

- 21 Haziran da, 0° enleminde %0, 15° enleminde %0, 30° enleminde %0, 45° enleminde %0, 60° enleminde %4,86, 75° enleminde %-4,17,
- 21 Aralık da, 0° enleminde %0, 15° enleminde %3,24, 30° enleminde %14,58, 45° enleminde %-5,09, 60° enleminde %2,78, 75° enleminde %0'dır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya üzerindeki konumun, standart pencere boyutuna sahip örnek bir hacme uygulanan ışık rafı pozisyon ve boyutuna etkisinin tespit edilmesi ve enlemlerdeki iç mekân yükseklik değişikliklerinin ışık rafı pozisyon ve boyutuna etkisinin belirlenmesinin amaçlandığı çalışma da; 3m, 3,9m. ve 4,8m yüksekliklerindeki ofis üniteleri için 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde uygun ışık rafı yerleşim ve boyutlarının belirlenebilmesi amacıyla hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle, gün ışığı faktörü (DF) hesaplamalarına esas CIE standart kapalı gök tipinde, çalışmaya konu olan her bir ofis yüksekliğinde, farklı enlemler de, istenilen gün ışığı aydınlık değer aralığını (300lx-500lx) maksimum seviyede sağlayan uygun ışık rafı yerleşim ve boyutları belirlenmiştir. Sonrasında, uygun yerleşim ve boyutları belirlenmiş olan ışık raflarının verimi CIE standart açık gök tipi için hesaplanmıştır. CIE standart açık gök tipinde ışık rafı verimi, güneşin minimum ve maksimum açıyla yeryüzüne ulaştığı gün dönümlerinde (21 Haziran, 21 Aralık), gün ortasında (saat 12.00), 4 ana yönde (kuzey, güney, doğu, batı) saptanmıştır. Böylelikle, hem CIE standart kapalı gök tipinde hem de CIE standart açık gök tipinde, ışık rafının yıl içindeki verimi, farklı yükseklikteki tip ofis birimleri için değerlendirilebilmiştir. Gün ışığının, iç mekândaki dağılımının rahatça gözlenebilmesi amacıyla; boy/en oranı yüksek bir ofis alanı (8m x 14m) çalışmaya dahil edilmiştir.

Sonuç ve öneriler 3 ana başlıkta incelenmiş, çalışma içinde yapılan değerlendirmelere paralel olarak biçimlenmiştir. Bunlar;

1. Işık rafı yerleşim eğrilerinin oluşturulması ve ışık rafı yerleşim eğrilerinin farklı enlemlerde ve farklı ofis yüksekliklerinde kullanım metotları
 - a) 3m, 3,9m, 4,8m ofis yüksekliklerinde 0°-75° arasındaki tüm enlemlerde ışık rafı yerleşim eğrilerinin kullanılması
 - b) 3m - 4,8m yükseklikleri arasında kalan hacimlerde ışık rafı yerleşim eğrilerinin kullanılması
 - c) 3m, 3,9m, 4,8m ofis yüksekliklerinde, ışık rafı yerleşim eğri şekilleri arasındaki farklar ve benzerlikler

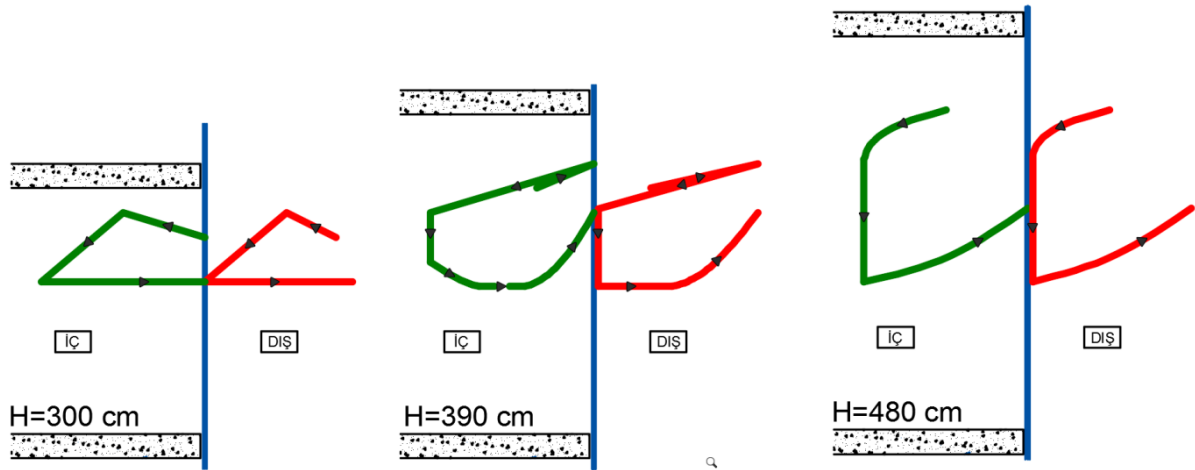
2. Ofis yüksekliklerine göre ışık rafı kullanım uygunluğunun karşılaştırılması ve ışık rafı kullanım önerileri,
3. Işık rafının, mekân içinde istenilen aydınlık değer aralığına plan düzleminde etkisinin incelenmesi ve enlemlere göre ofis tasarım önerileridir.

Sonuç ve önerilere ilişkin yukarıdaki başlıklar aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

1. Işık rafı yerleşim eğrilerinin oluşturulması ve ışık rafı yerleşim eğrilerinin farklı enlemlerde ve farklı ofis yüksekliklerinde kullanım metotları

Çalışmaya konu olan 3m, 3,9m, 4,8m ofis yüksekliklerinde, belirlenen koşullarda, 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° enlemlerinde, uygun ışık rafı yerleşim ve boyutlarının tespit edilmesiyle ışık rafı yerleşim eğrileri oluşturulmuştur. Oluşturulan ışık rafı eğrileri “Cun-Okay” eğrileri olarak isimlendirilmiştir.

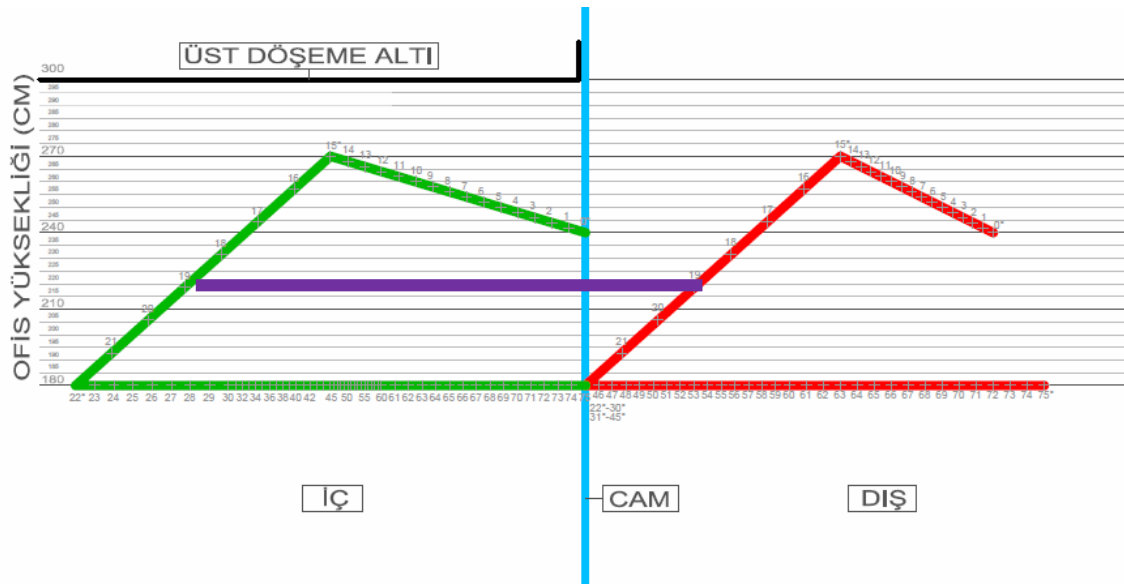
Aşağıdaki şekilde, 3m, 3,9m, 4,8m ofis yükseklikleri için oluşturulan Cun-Okay eğrileri gösterilmektedir (Şekil 5.1). 0° enleminden 75° enlemine kadar ışık rafı yerleşimini ifade eden eğrilerde; yeşil renk, ışık rafının iç mekândaki ucunu, kırmızı renk, dış mekândaki ucunu ifade etmektedir. Işık rafı kalınlığı standart 5 cm kabul edilmiştir.



Şekil 5.1. 3m, 3,9m, 4,8m ofis yükseklikleri için Cun-Okay eğrileri

- a) 3m, 3,9m, 4,8m ofis yüksekliklerinde 0° - 75° arasındaki tüm enlemlerde ışık rafı yerleşim eğrilerinin kullanılması

Cun-Okay eğrilerinin pratikteki kullanımını sağlamak amacıyla çalışmaya konu olan her bir ofis yüksekliği için enlemlere göre ışık rafı yerleşim şablonları oluşturulmuştur. Aşağıdaki şekilde, 3m ofis yüksekliğinde 0° - 75° enlemleri arasında ışık rafı yerleşimi için oluşturulan Cun-Okay eğri şablonu gösterilmektedir (Şekil 5.2).



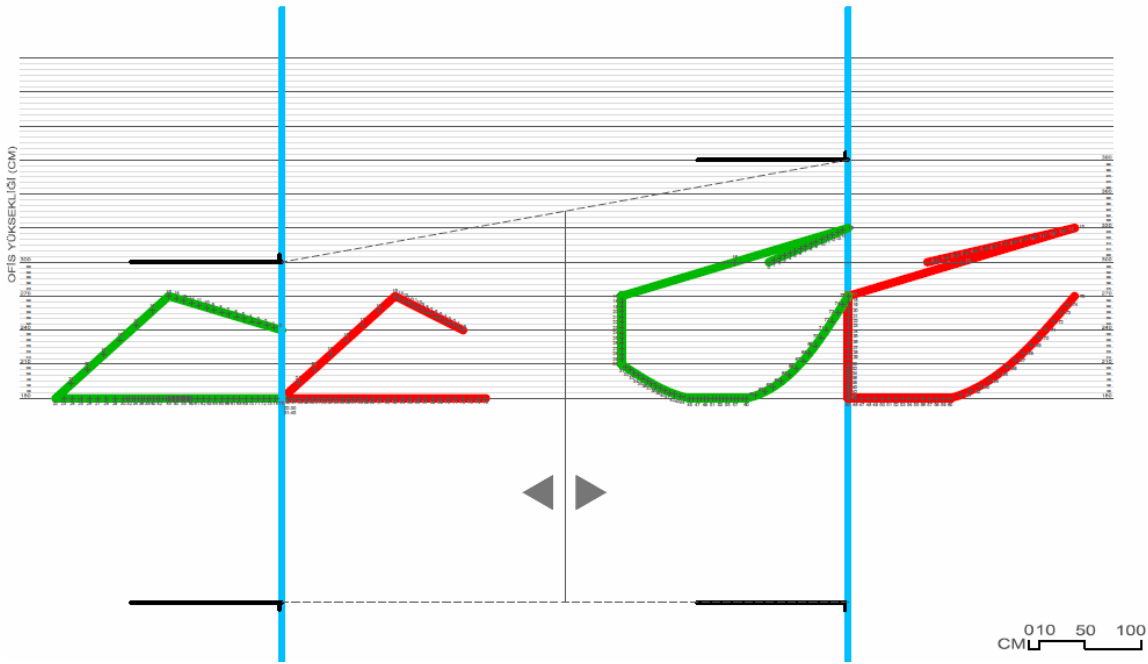
Şekil 5.2. 3m ofis yüksekliğinde 0° - 75° enlemi aralığında kullanılabilecek Cun-Okay eğri şablonu

Yukarıdaki şekilde ışık rafı yerleşim eğrilerinin enlemlere göre numaralandığı gösterilmektedir. 3m ofis yüksekliğinde, istenen enleme göre ışık rafı yerleşiminin belirlenebilmesi için ilgili enlemin numaralarının bulunduğu iki ucun birleştirilmesi gerekir. Örneğin; 3m ofis yüksekliğinde, 19° enlemi için uygun ışık rafı yerleşimini mor renkli yatay çizgi ifade eder. Buna göre, 3m ofis yüksekliğinde, 19° enleminde, 157 cm-iç, 43cm-dış, 218,5 cm yükseklikteki ışık rafı yerleşiminin uygun olduğu Cun-Okay eğrileri kullanılarak belirlenmiştir. Işık rafı kalınlığı yerleşim çizgisi üzerinde standart 5 cm kabul edilmiştir.

3m, 3,9m, 4,8m ofis yüksekliklerinde 0° - 75° enlemleri arasında ışık rafı yerleşimi için oluşturulan ölçekli şablonlar Ek-1'dedir.

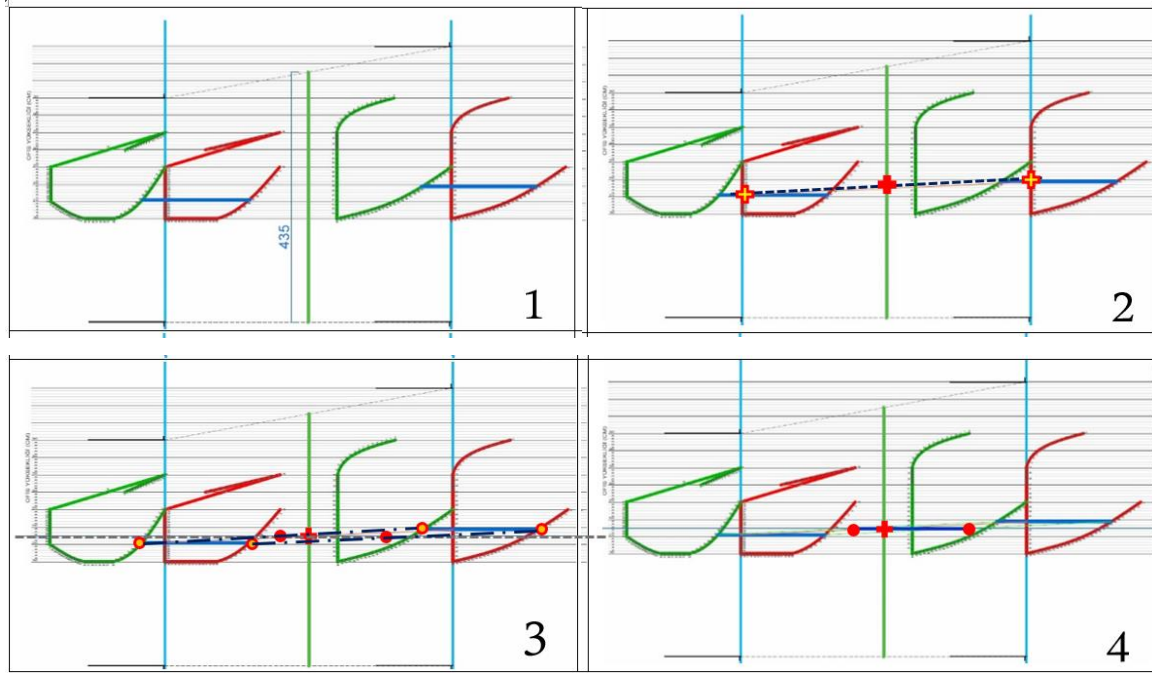
b) 3m - 4,8m yükseklikleri arasında kalan hacimlerde ışık rafı yerleşim eğrilerinin kullanılması

Cun-Okay eğrilerinin 3m-4,8m aralığındaki ofis yüksekliklerinde, için 0° - 75° enlemleri aralığında uygun ışık rafı yerleşiminin belirlenmesi amacıyla 3m-3,9m, 3,9m-4,8m şablon çiftleri oluşturulmuştur. Aşağıdaki şekilde 3m-3,9m ofis yükseklikleri arasında kullanılabilecek Cun-Okay eğrileri yerleşim şablonu gösterilmektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. 3m-3,9m aralığındaki ofis yüksekliği için 0° - 75° enlem aralığında kullanılabilecek Cun-Okay eğri şablonu

Aşağıdaki örnek şekilde, 4,35 m ofis yüksekliğinde, 30° enleminde uygun ışık rafı yerleşimi, 3,9m ve 4,8m ofis yükseklikleri için belirlenen Cun-Okay eğrileri yardımıyla tespit edilmiştir (Şekil 5.4). Bunun için öncelikle 3,9m ve 4,8m ofis yükseklikleri için 30° enlemindeki ışık rafı yerleşimleri belirlenmiş ve enterpolasyonla 4,35m ofis yüksekliği için uygun ışık rafı yerleşimi tespit edilmiştir. Yapılması gereken işlemler sırasıyla şeklin altında özetlenmiştir.



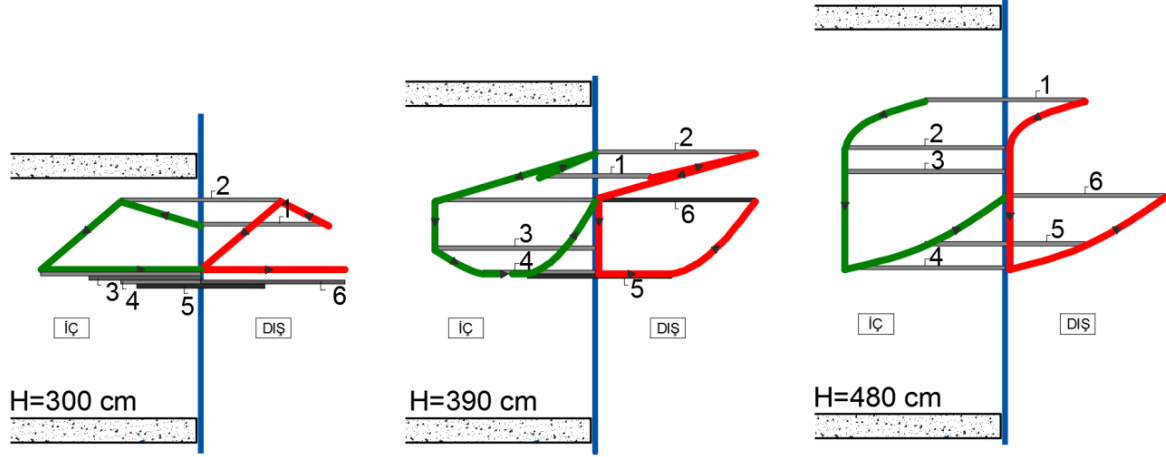
Şekil 5.4. 4,35m ofis yüksekliği için, 30° enleminde ışık rafı yerleşiminin belirlenmesi

4,35m ofis yüksekliğinde, 30° enlemi için uygun ışık rafı yerleşiminin belirlenmesi için yapılması gerekenler işlemler yukarıdaki şekle göre sırasıyla (Şekil 5.4);

1. 30° enlemi için 3,9m ve 4,8m ofis yüksekliklerinde uygun ışık rafı yerleşimleri (yatay lacivert çizgiler) belirlenir. İki ofis yüksekliği arasındaki 4,35m ofis yüksekliği için kesit yeri (düşey yeşil çizgi) tespit edilir.
2. 3,9m ve 4,8m ofis yüksekliklerinde, ışık rafıyla cephe kesişimlerinden (içi sarı noktalar) çizilen kesikli çizginin 4,35m yükseklikteki kesiti kestiği yer(içi kırmızı nokta) ışık rafının alt yerleşim hizasıdır.
3. 4,35m kesiti üzerindeki, içi kırmızı noktadan yer düzlemine paralel çizilir ve 3,9m ve 4,8m ofis yüksekliklerindeki ışık rafları uçlarından(içi sarı noktalar) çizilen çizgilerin, paralel çizgiyi kestiği yerler(içi kırmızı noktalar) işaretlenir.
4. 4,35m ofis yüksekliği için ışık rafı yerleşim çizgisi belirlenir. Işık rafı kalınlığı yerleşim çizgisi üzerinde standart 5 cm kabul edilmiştir.

3m-4,8m ofis yüksekliği aralığında kullanılabilecek ölçekli orijinal şablon çiftleri (3m-3.9m ve 3,9m-4,8m ofis yüksekliği Aralıklarında) Ek-2'dedir.

c) 3m, 3,9m, 4,8m Ofis Yüksekliklerinde, Işı Rafı Yerleşim Eğrileri Arasındaki Farklar ve Benzerlikler



Şekil 5.5. CIE standart kapalı gök tipinde, soldan-sağa sırasıyla 3m, 3,9m, 4,8m yüksekliklerindeki ofis üniteleri için ışık rafı yerleşim ve boyutlarının 0°(1)- 15°(2)- 30°(3)-45° (4)-60°(5)-75°(6) enlemlerine göre değişimi ve ışık rafı yerleşim eğrileri

Farklı ofis yüksekliklerinde, enlemlere göre ışık rafı hareketleri incelendiğinde, ışık raflarının yerleşimlerinde ve boyutlarında bazı farklar ve benzerlikler göze çarpmaktadır (Şekil 5.5).

Bu farklar;

1. Farklı ofis yüksekliklerinde ışık rafları, aynı enlemlerde farklı yüksekliklerde konumlanabilmektedir. Örneğin; 0° enleminde, 3m ofis yüksekliğinde ışık rafı yüksekliği 240 cm, 3,9m ofis yüksekliğinde ışık rafı yüksekliği 300 cm, 4,8m ofis yüksekliğinde ışık rafı yüksekliği 390 cm'dedir.
2. Farklı ofis yüksekliklerinde, aynı enlemlerde, raf genişliklerinde farklılıklar vardır. Örneğin; 45° enleminde, 3m ofis yüksekliğinde ışık rafı genişliği 100 cm, 3,9m ofis yüksekliğinde ışık rafı genişliği 140 cm, 4,8 m ofis yüksekliğinde ışık rafı genişliği 200 cm'dedir.
3. Farklı ofis yüksekliklerinde, ışık rafı hareketi enlemlere göre genel olarak yukarıdan-aşağıya, içten-dışa doğruyken, 3m ve 3,9m ofis yüksekliklerinde 0° enleminden 15° enlemine, ışık rafları aşağıdan yukarı uygun pozisyon bulmuştur.

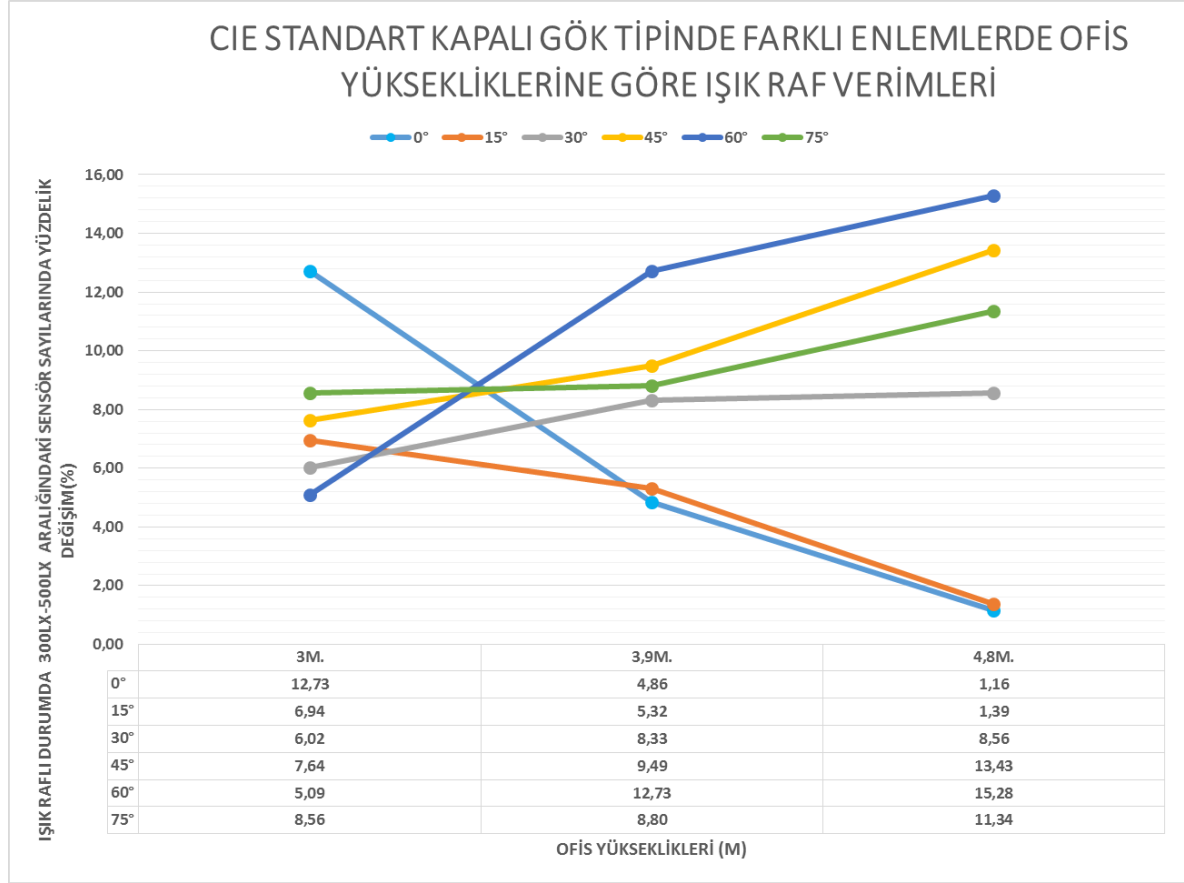
Benzerlikler ise;

1. Tüm ofis yüksekliklerinde, 0° enleminden 75° enlem kuşağına, ışık raflarının hareketi genel olarak yukarıdan aşağıya, içten dışa doğrudur.
2. Ofis yüksekliğinin artmasıyla beraber ışık raflarının değişim mesafesi artmış, enlemlere göre ışık rafı yerleşiminin yukarıdan-aşağıya, içten-dışa hareketi daha da belirginleşmiştir.
3. Ofis yüksekliklerinin artmasıyla uygun ışık raf genişlikleri genel olarak artmıştır. Örneğin; 45° enleminde, 3m ofis yüksekliğinde ortalama ışık rafı genişliği 156 cm, 3,9m ofis yüksekliğinde ortalama ışık rafı genişliği 176 cm iken 4,8m ofis yüksekliğinde ortalama ışık rafı genişliği 200 cm'dir.

2. Ofis yüksekliklerine göre ışık rafı kullanım uygunluğunun karşılaştırılması ve ışık rafı kullanım önerileri

Çalışmaya esas 3,0m, 3,9m, 4,8m. Ofis yükseklikleri için 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, CIE standart kapalı gök tipinde uygun pozisyon ve boyutları belirlenen ışık rafı verimleri ve CIE standart açık gök tipinde, 4 ana yönde, gün dönümlerinde, gün ortasında hesaplanan ışık rafı verimleri, ofis yüksekliklerine göre karşılaştırmalı olarak aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Böylece, farklı yükseklikteki ofis birimlerine uygulanabilecek ışık raflarının, farklı enlemlerdeki kullanımı belirlenen koşullar içinde yorumlanabilmektedir. Pasif gün ışığı aydınlık sistemlerinden ışık rafının, veriminin %5'i geçtiği yerlerde kullanımı uygun olarak değerlendirilmiştir.

CIE standart kapalı gök tipinde farklı enlemlerde, ofis yüksekliklerine göre ışık rafı kullanım uygunluğunun karşılaştırılması ve ışık rafı kullanım önerileri



Şekil 5.6. CIE standart kapalı gök tipinde, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, 3m, 3,9m, 4,8m yüksekliklerinde, ışık rafının 300 lx - 500 lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

Işık rafının, farklı enlemlerde ofis yüksekliklerine göre etkisi şekil üzerinde genel olarak incelendiğinde, ışık rafı verimi; 0° ve 15° enlemlerinde ofis yüksekliği arttıkça azalmış, 30° enleminde ofis yüksekliğine bağlı olarak artmakla beraber, 45°, 60° ve 75° enlemlerinde ofis yüksekliğiyle beraber ışık rafı verimindeki artış belirginleşmiştir (Şekil 5.6).

Işık rafı verimi, farklı enlemlerde çalışmaya konu olan ofis yüksekliklerine göre şekil üzerinde incelendiğinde (Şekil 5.6);

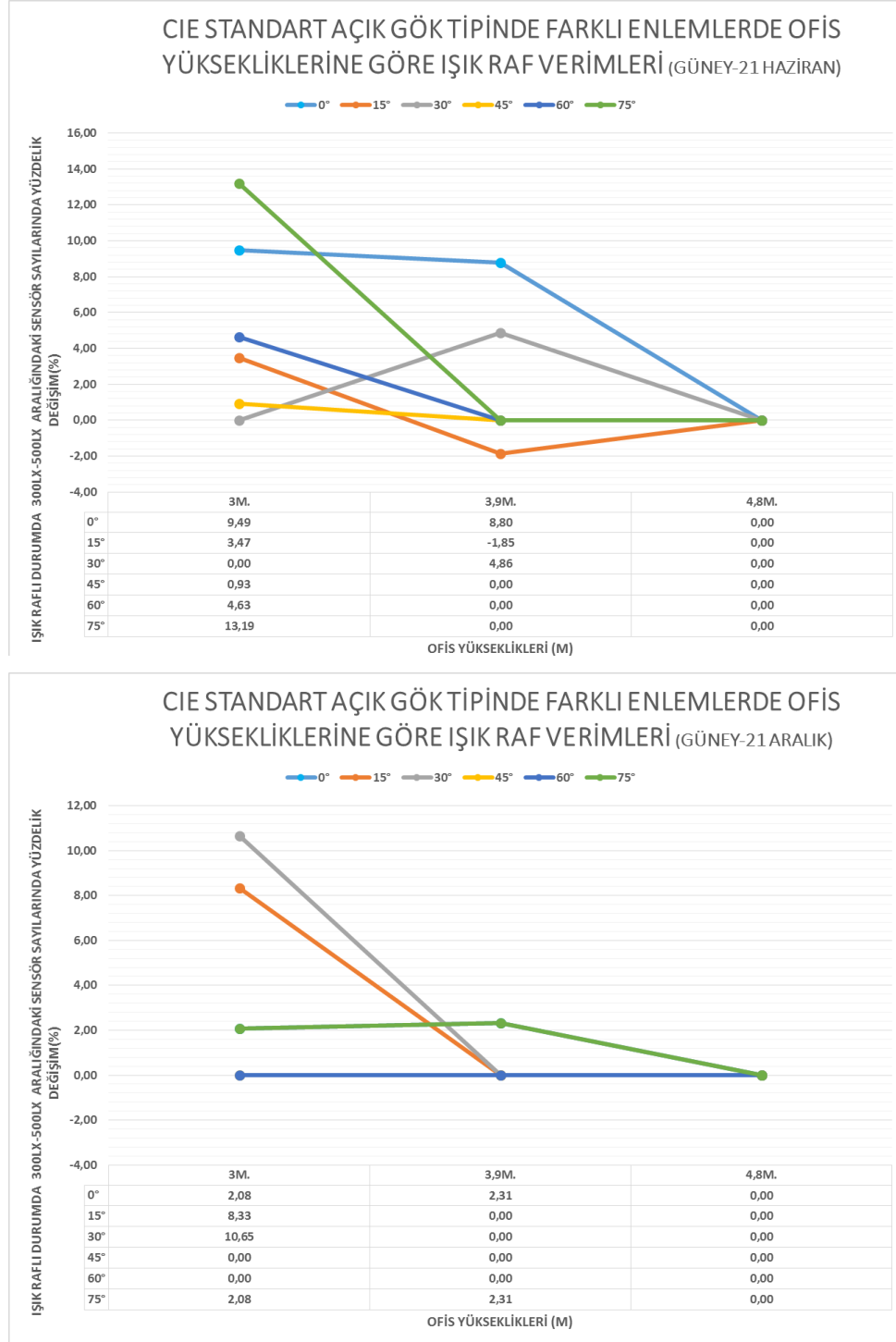
- 3m ofis yüksekliğinde, ışık rafı verimi; 0° enleminde %12,73, 15° enleminde %6,94, 30° enleminde %6,02, 45° enleminde %7,64, 60° enleminde %5,09, 75° enleminde %8,56'dır. Işık rafı verimi, çalışmaya konu olan tüm enlemler de, öngörülen minimum

verim değeri %5'i geçtiğinden, tüm enlemler de 3m ofis yüksekliğinde ışık rafı kullanımı tavsiye edilmektedir.

- 3,9m ofis yüksekliğinde, ışık rafı verimi; 0° enleminde %4,86, 15° enleminde %5,32, 30° enleminde %8,33, 45° enleminde %9,49, 60° enleminde %12,73, 75° enleminde %8,80'dır. 3,9m ofis yüksekliğinde; ışık rafı verimi 0° enleminde %5'in altında pozitif bir değer olmakla beraber, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde ışık rafı kullanımı tavsiye edilmektedir.
- 4,8m ofis yüksekliğinde, ışık rafı verimi; 0° enleminde %1,16, 15° enleminde %5,32, 30° enleminde %8,33, 45° enleminde %9,49, 60° enleminde %12,73, 75° enleminde %8,80'dır. Çalışmaya konu olan tüm enlemler de 3,9m ofis yüksekliğinde ışık rafı kullanımı tavsiye edilmektedir.

Aşağıda, 3m, 3,9m, 4,8m ofis yüksekliklerinde, CIE standart kapalı gök tipinde 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemleri için elde edilen uygun ışık rafı yerleşimlerinin CIE standart açık gök tipindeki verimleri her bir ofis yüksekliği için 4 ana yöne göre (güney, doğu, kuzey, batı) karşılaştırmalı olarak açıklanmıştır.

CIE standart açık gök tipinde, güney yönünde, farklı enlemlerde, ofis yüksekliklerine göre ışık rafı verimleri

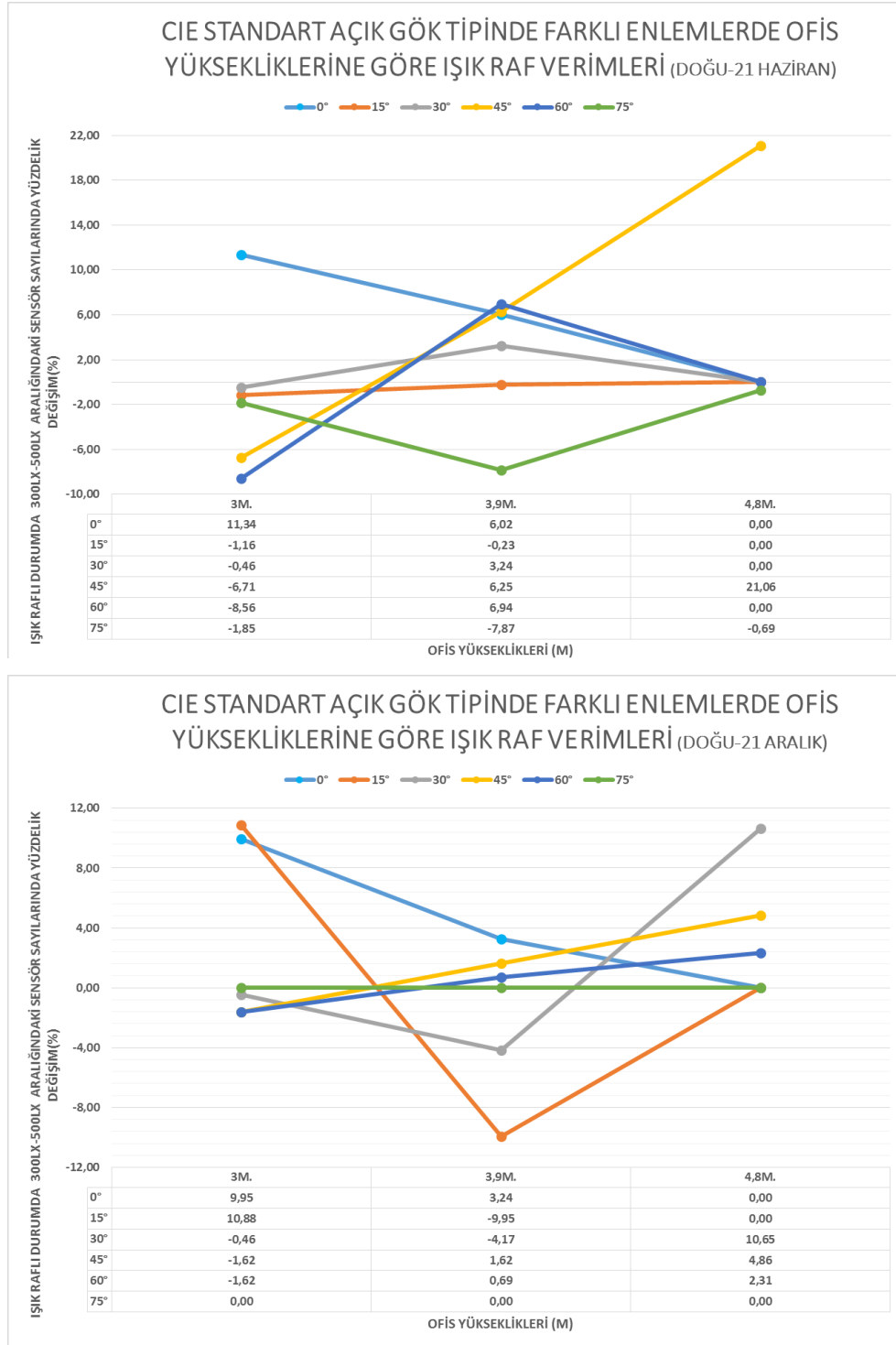


Şekil 5.7. CIE standart açık gök tipinde, Güney Yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık ta, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, 3m, 3,9m, 4,8m yüksekliklerinde, ışık rafının 300 lx-500 lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

CIE standart açık gök tipinde, Güney cephede, güneşin maksimum ve minimum açıyla yeryüzüne düştüğü 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, farklı enlemlerdeki ışık rafı verimleri ofis yüksekliklerine göre şekil üzerinde incelendiğinde (Şekil 5.7);

- 3m ofis yüksekliğinde, ışık rafı etkisi; 21 Haziran da, 0° enleminde %9,49, 15° enleminde %3,47, 30° enleminde %0, 45° enleminde %0,93, 60° enleminde %5,09, 75° enleminde %13,19'dir. 21 Aralık ta ise, 0° enleminde %2,08, 15° enleminde %8,33, 30° enleminde %10,65, 45° enleminde %0, 60° enleminde %0, 75° enleminde %2,08'dir. Her iki zaman dilimi dikkate alındığında, 3m ofis yüksekliğinde ışık rafının, güney cephe de 0°, 15°, 30° ve 75° enlemlerinde kullanılması tavsiye edilmektedir.
- 3,9m ofis yüksekliğinde, ışık rafı etkisi; 21 Haziran da, 0° enleminde %8,80, 15° enleminde %-1,85, 30° enleminde %4,86, 45° enleminde %0, 60° enleminde %0, 75° enleminde %0'dır. 21 Aralık ta ise, 0° enleminde %2,31, 15° enleminde %0, 30° enleminde %0, 45° enleminde %0, 60° enleminde %0, 75° enleminde %2,31'dir. Her iki zaman dilimi dikkate alındığında, 3,9m ofis yüksekliğinde ışık rafının, güney cephe de çalışmaya konu olan enlemler de kullanılması önerilmemektedir.
- 4,8m ofis yüksekliğinde, 21 Haziran ve 21 Aralık ta ışık rafı, istenilen iç ortam aydınlık seviyesi aralığında değişime neden olmamıştır. Bu nedenle, 4,8m ofis yüksekliğinde ışık rafının, çalışmaya konu olan enlemler de kullanılması tavsiye edilmemektedir.

CIE standart açık gök tipinde, doğu yönünde, farklı enlemlerde, ofis yüksekliklerine göre ışık rafı verimleri

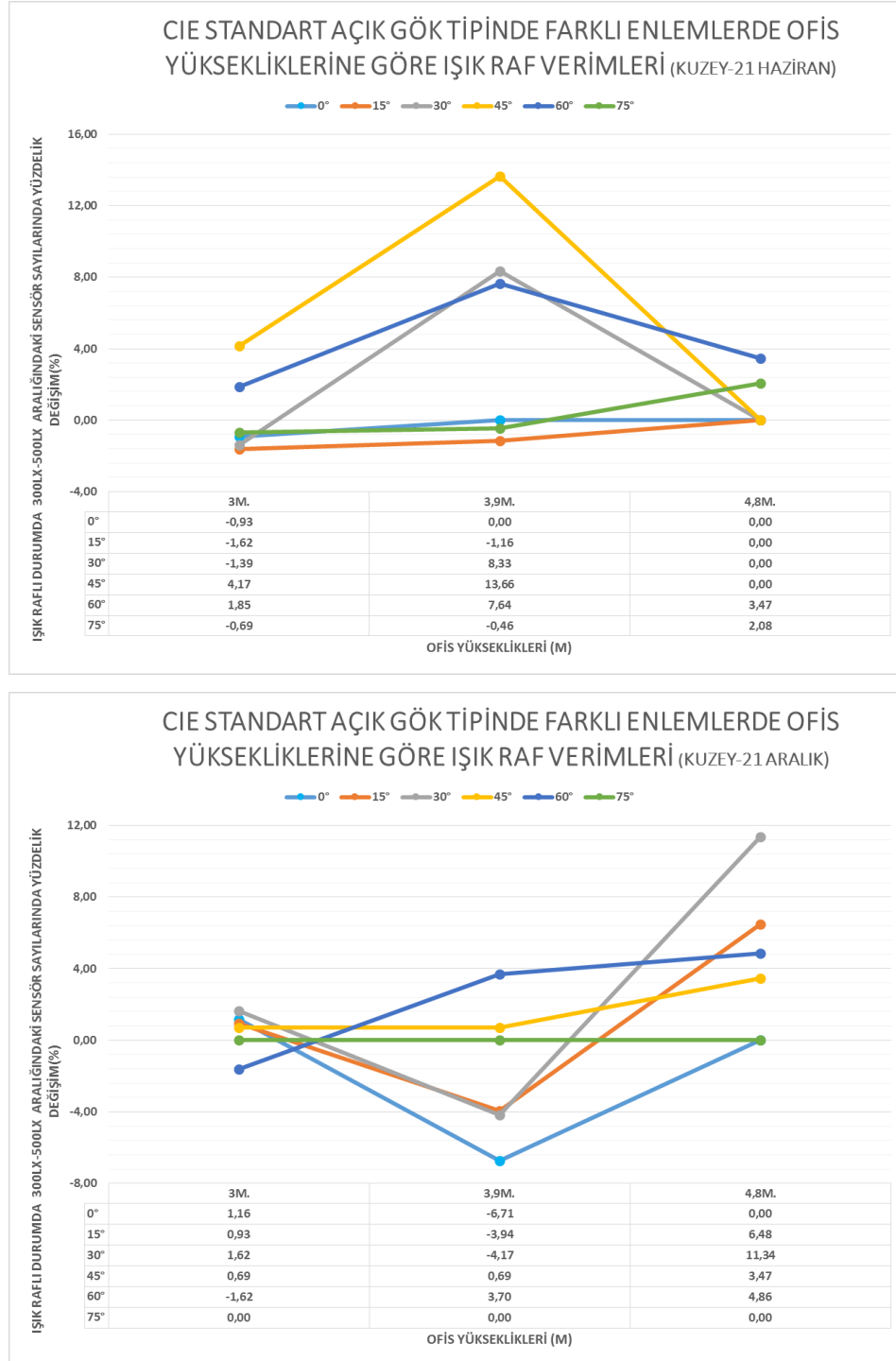


Şekil 5.8. CIE standart açık gök tipinde, Doğu Yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık ta, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, 3m, 3,9m, 4,8m yüksekliklerinde, ışık rafının 300 lx-500 lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

CIE standart açık gök tipinde, Doğu cephede, güneşin maksimum ve minimum açıyla yeryüzüne düştüğü 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, farklı enlemlerdeki ışık rafı verimleri ofis yüksekliklerine göre şekil üzerinde incelendiğinde (Şekil 5.8);

- 3m ofis yüksekliğinde, ışık rafı etkisi; 21 Haziran da, 0° enleminde %11,34, 15° enleminde %-1,16, 30° enleminde %-0,46, 45° enleminde %-6,71, 60° enleminde %-8,56, 75° enleminde %-1,85'dir. 21 Aralık ta ise, 0° enleminde %9,95, 15° enleminde %10,88, 30° enleminde %-0,46, 45° enleminde %-1,62, 60° enleminde %-1,62, 75° enleminde %0'dır. Her iki zaman dilimi dikkate alındığında, 3m ofis yüksekliğinde ışık rafının, Doğu cephe de 0°enleminde kullanılması tavsiye edilmektedir.
- 3,9m ofis yüksekliğinde, ışık rafı etkisi; 21 Haziran da, 0° enleminde %6,02, 15° enleminde %-0,23, 30° enleminde %3,24, 45° enleminde %6,25, 60° enleminde %6,94, 75° enleminde %-7,87'dır. 21 Aralık ta ise, 0° enleminde %3,24, 15° enleminde %-9,95, 30° enleminde %-4,17, 45° enleminde %1,62, 60° enleminde %0,69, 75° enleminde %0'dır. Her iki zaman dilimi dikkate alındığında, 3,9m ofis yüksekliğinde ışık rafının, doğu cephe de çalışmaya konu olan enlemler de kullanılması önerilmemektedir.
- 4,8m ofis yüksekliğinde, ışık rafı etkisi; 21 Haziran da, 0° enleminde %0, 15° enleminde %0, 30° enleminde %0, 45° enleminde %21,06, 60° enleminde %0, 75° enleminde %-0,69'dur. 21 Aralık ta ise, 0° enleminde %0, 15° enleminde %0, 30° enleminde %10,65, 45° enleminde %4,86, 60° enleminde %2,31, 75° enleminde %0'dır. Her iki zaman dilimi dikkate alındığında, 4,8m ofis yüksekliğinde ışık rafının, Doğu cephe de sırasıyla 45° ve 30° enlemlerinde kullanılması tavsiye edilmektedir.

CIE standart açık gök tipinde, kuzey yönünde, farklı enlemlerde, ofis yüksekliklerine göre ışık rafı verimleri

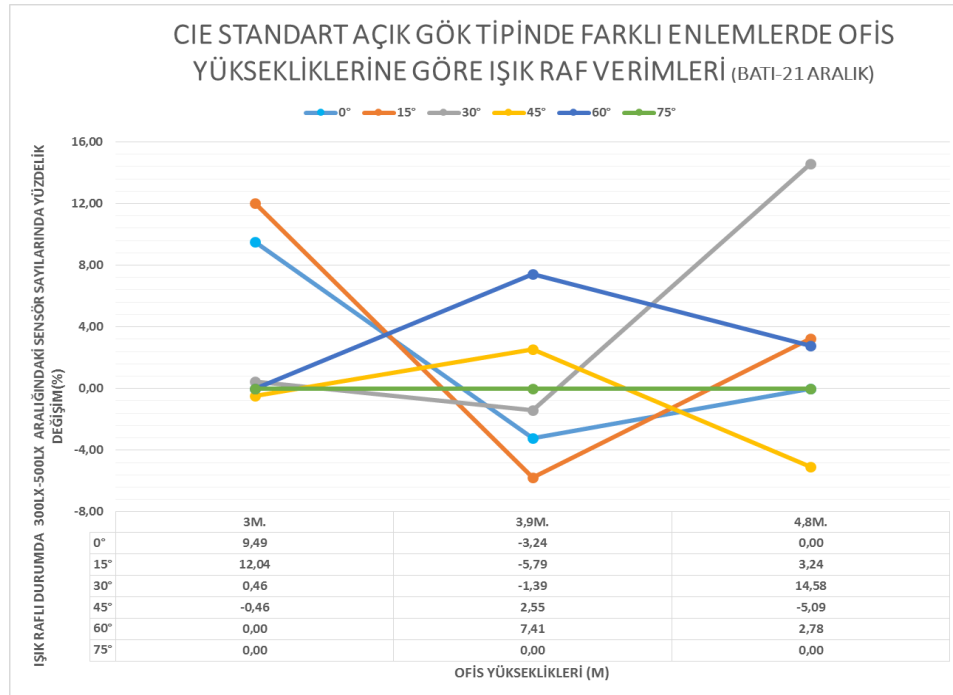
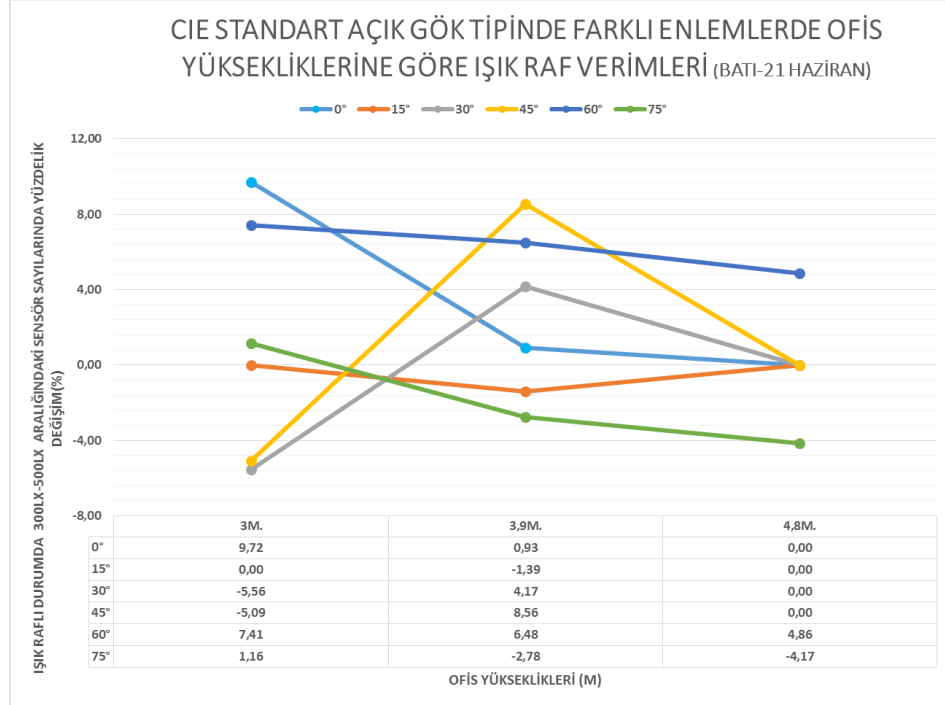


Şekil 5.9. CIE standart açık gök tipinde, Kuzey Yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık ta, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, 3m, 3,9m, 4,8m yüksekliklerinde, ışık rafının 300 lx-500 lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

CIE standart açık gök tipinde, Kuzey cephede, ışık rafı verimleri, ofis yüksekliklerine göre güneşin maksimum ve minimum açıyla yeryüzüne düştüğü 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, şekil üzerinde incelendiğinde (Şekil 5.9);

- 3m ofis yüksekliğinde, ışık rafı etkisi; 21 Haziran da, 0° enleminde %-0,93, 15° enleminde %-1,62, 30° enleminde %-1,39, 45° enleminde %4,17, 60° enleminde %1,85, 75° enleminde %-0,69'dır. 21 Aralık ta ise, 0° enleminde %1,16, 15° enleminde %0,93, 30° enleminde %1,62, 45° enleminde %0,69, 60° enleminde %-1,62, 75° enleminde %0'dır. Her iki zaman dilimi dikkate alındığında, 3m ofis yüksekliğinde ışık rafının, Kuzey cephe de çalışmaya konu olan enlemler de kullanılması önerilmemektedir.
- 3,9m ofis yüksekliğinde, ışık rafı etkisi; 21 Haziran da, 0° enleminde %0, 15° enleminde %-1,16, 30° enleminde %8,33, 45° enleminde %13,66, 60° enleminde %7,64, 75° enleminde %-0,46'dır. 21 Aralık ta ise, 0° enleminde %-6,71, 15° enleminde %-3,94, 30° enleminde %-4,17, 45° enleminde %0,69, 60° enleminde %3,70, 75° enleminde %0'dır. Her iki zaman dilimi dikkate alındığında, 3,9m ofis yüksekliğinde ışık rafının, Kuzey cephe de sırasıyla 45° ve 60° enlemlerinde kullanılması tavsiye edilmektedir.
- 4,8m ofis yüksekliğinde, ışık rafı etkisi; 21 Haziran da, 0° enleminde %0, 15° enleminde %0, 30° enleminde %0, 45° enleminde %0, 60° enleminde %3,47, 75° enleminde %2,08'dir. 21 Aralık ta ise, 0° enleminde %0, 15° enleminde %6,48, 30° enleminde %11,34, 45° enleminde %3,47, 60° enleminde %4,86, 75° enleminde %0'dır. Her iki zaman dilimi dikkate alındığında, 4,8m ofis yüksekliğinde ışık rafının, Kuzey cephe de 30° enleminde kullanılması tavsiye edilmektedir.

CIE standart açık gök tipinde, batı yönünde, farklı enlemlerde, ofis yüksekliklerine göre ışık raf verimleri



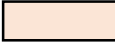
Şekil 5.10. CIE standart açık gök tipinde, Batı Yönünde, 21 Haziran ve 21 Aralık ta, 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° enlemlerinde, 3m, 3,9m, 4,8m yüksekliklerinde, ışık rafının 300 lx-500 lx aralığındaki gün ışığı aydınlığına yüzdelik etkisi

CIE standart açık gök tipinde, Batı cephede, ışık rafı verimleri, ofis yüksekliklerine göre güneşin maksimum ve minimum açıyla yeryüzüne düştüğü 21 Haziran ve 21 Aralık günlerinde, şekil üzerinde incelendiğinde (Şekil 5.10);

- 3m ofis yüksekliğinde, ışık rafı etkisi; 21 Haziran da, 0° enleminde %-9,72, 15° enleminde %0, 30° enleminde %-5,56, 45° enleminde %-5,09, 60° enleminde %7,41, 75° enleminde %-1,56'dır. 21 Aralık ta ise, 0° enleminde %9,49, 15° enleminde %12,04, 30° enleminde %0,46, 45° enleminde %-0,46, 60° enleminde %-0, 75° enleminde %0'dır. Her iki zaman dilimi dikkate alındığında, 3m ofis yüksekliğinde ışık rafının, Batı cephe de sırasıyla 0° ve 15° enlemlerinde kullanılması tavsiye edilmektedir.
- 3,9m ofis yüksekliğinde, ışık rafı etkisi; 21 Haziran da, 0° enleminde %0,93, 15° enleminde %-1,39, 30° enleminde %4,37, 45° enleminde %8,56, 60° enleminde %6,48, 75° enleminde %-2,78'dir. 21 Aralık ta ise, 0° enleminde %-3,24, 15° enleminde %-5,79, 30° enleminde %-1,39, 45° enleminde %2,55, 60° enleminde %7,41, 75° enleminde %0'dır. Her iki zaman dilimi dikkate alındığında, 3,9m ofis yüksekliğinde ışık rafının, Batı cephe de sırasıyla 60° ve 45° enlemlerinde kullanılması tavsiye edilmektedir.
- 4,8m ofis yüksekliğinde, ışık rafı etkisi; 21 Haziran da, 0° enleminde %0, 15° enleminde %0, 30° enleminde %0, 45° enleminde %0, 60° enleminde %4,86, 75° enleminde %-4,17'dir. 21 Aralık ta ise, 0° enleminde %0, 15° enleminde %3,24, 30° enleminde %14,58, 45° enleminde %-5,09, 60° enleminde %2,78, 75° enleminde %0'dır. Her iki zaman dilimi dikkate alındığında, 4,8m ofis yüksekliğinde ışık rafının, Batı cephe de 30° enleminde kullanılması tavsiye edilmektedir.

Çizelge 5.1. Farklı ofis yüksekliklerinde enlemlere göre uygun ışık rafı yerleşim - boyutları ve ışık rafının CIE standart kapalı gök tipi ve cie standart açık gök tipinde (gündönümlerinde, 4 ana yönde), 300lx-500lx aralığındaki sensör sayılarında meydana getirdiği yüzdelik değişimler

OFİS YÜK. (CM)	ENLE M (°)	RAF YÜK. (CM)	RAF POZİSYONU			RAF GEN. (CM)	KAPALI GÖK DEĞİŞİ M (%)	AÇIK GÖK DEĞİŞİM(%)							
								GÜNEY		DOĞU		KUZEY		BATI	
			21.Haz	21.Ara	21.Haz			21.Ara	21.Haz	21.Ara	21.Haz	21.Ara			
300	0	240	X			160	12,73	9,49	2,08	11,34	9,95	-0,93	1,16	9,72	9,49
	15	270		X		200	6,94	3,47	8,33	-1,16	10,88	-1,62	0,93	0	12,04
	30	180			X	140	6,02	0	10,65	-0,46	-0,46	-1,39	1,62	-5,56	0,46
	45	180			X	100	7,64	0,93	0	-6,71	-1,62	4,17	0,69	-5,09	-0,46
	60	180		X		160	5,09	4,63	0	-8,56	-1,62	1,85	-1,62	7,41	0
	75	180	X			180	8,56	13,19	0	-1,85	0	-0,69	0	1,16	0
390	0	300		X		140	4,86	8,8	2,31	6,02	3,24	0	-6,71	0,93	-3,24
	15	330	X			200	5,32	-1,85	0	-0,23	-9,95	-1,16	-3,94	-1,39	-5,79
	30	210			X	200	8,33	4,86	0	3,24	-4,17	8,33	-4,17	4,17	-1,39
	45	180			X	140	9,49	0	0	6,25	1,62	13,66	0,69	8,56	2,55
	60	180		X		180	12,73	0	0	6,94	0,69	7,64	3,7	6,48	7,41
	75	270	X			200	8,8	0	0	-7,87	0	-0,46	0	-2,78	0
480	0	390		X		200	1,16	0	0	0	0	0	0	0	0
	15	330			X	200	1,39	0	0	0	0	0	6,48	0	3,24
	30	300			X	200	8,56	0	0	0	10,65	0	11,34	0	14,58
	45	180			X	200	13,43	0	0	21,06	4,86	0	3,47	0	-5,09
	60	210		X		200	15,28	0	0	0	2,31	3,47	4,86	4,86	2,78
	75	270	X			200	11,34	0	0	-0,69	0	2,08	0	-4,17	0

 Işık rafı kullanımı uygun  Işık rafı kullanımı uygun değil

Çizelgenin enlemlere göre düzenlenmiş şekli Ek-3'tedir.

Ofis yüksekliklerine göre, farklı enlemlerde ışık rafı verimi yukarıdaki tabloya göre incelendiğinde, CIE standart kapalı gök tipinde, 3,9m ofis yüksekliğinde, 0° enlemi ile 4,8m ofis yüksekliğinde, 0° ve 15° enlemleri haricinde %5'in üzerindedir (Çizelge 5.1). CIE standart açık gök tipinde ise 3 m ofis yüksekliğinde Güney yönünde, 3,9 m ve 4,8m ofis yüksekliklerinde Kuzey ve Batı yönlerinde yoğunlaşmıştır. Işık rafı uygulanmasında, CIE standart kapalı gök tipindeki ışık rafı verimiyle beraber, yönler göre CIE standart açık gök tipindeki ışık rafı verimlerinin de dikkate alınması tavsiye edilmektedir.

3. Işık rafının, istenilen aydınlık değer aralığının mekân içindeki dağılımına etkisinin incelenmesi ve tasarım önerileri

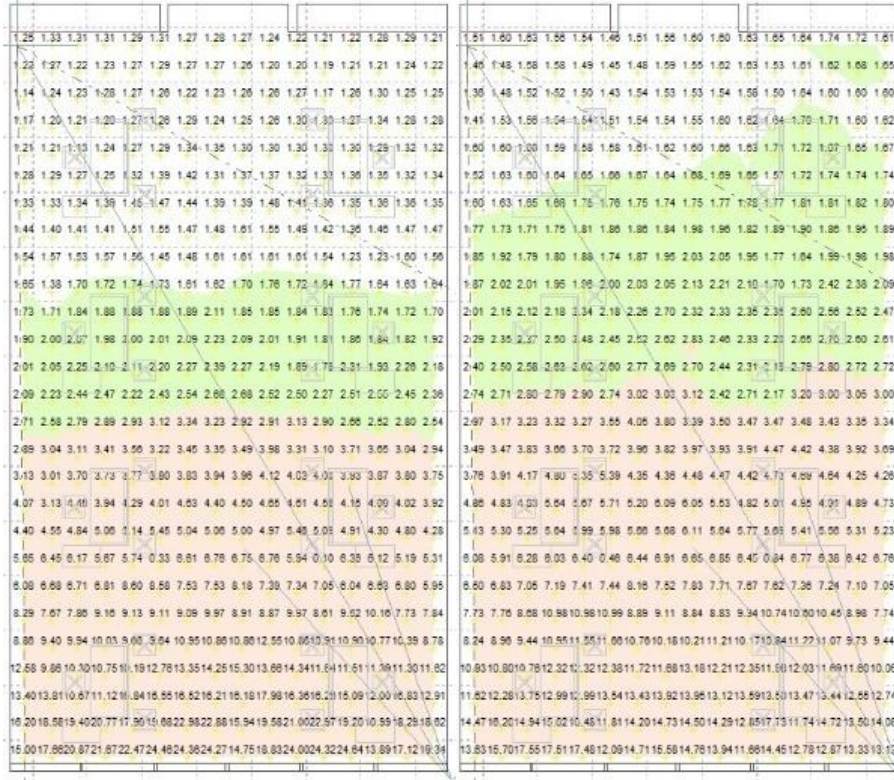
Çizelge 5.2. Farklı ofis yüksekliklerinde enlemlere göre ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda, CIE standart kapalı gök tipinde 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlık değerlerinin pencereden minimum ve maksimum mesafeleri

Farklı enlemlerde, Ofis (8mx14m) Yüksekliklerine Göre 300lx-500lx aydınlık seviyesinin Işık Raflı ve Işık Rafsız Durumda İç Mekandaki Dağılımı						
Enlem(°)	3M		3,9M		4,8M	
	ışık rafsız(m)	ışık raflı(m)	ışık rafsız(m)	ışık raflı(m)	ışık rafsız(m)	ışık raflı(m)
0°	6,5-9	6,5-13,5	8,5-13,5	7,5-13,5	9,5-13,5	9-13,5
15°	5-7,5	5,5-8,5	7-10	6-11	7-13,5	6,5-13,5
30°	3,5-6	2,5-5,5	5-7,5	3-7	5,5-9	4-8,5
45°	2,5-4,5	1,5-4,5	3,5-6,5	1,5-5,5	4-7	2,5-7
60°	1,5-3,5	0,5-4,5	2,5-4,5	0,5-4,5	3-5	0,5-5
75°	1-2,5	0,5-2,5	1,5-3,5	0-3,5	2,5-4	0-4

Yukarıdaki çizelge de, CIE standart kapalı gök tipinde, çalışmaya konu olan ofis yüksekliklerinde, enlemlere göre ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda, pencereden itibaren 300lx-500lx aralığındaki gün ışığı aydınlıklarının iç mekândaki derinlik mesafeleri gösterilmiştir (Çizelge 5. 2).

Örneğin; 3m ofis yüksekliğinde, 0° enleminde ışık rafsız durumda istenilen aydınlık değerleri pencereden itibaren minimum 6,5m – maksimum 9m aralığındayken, ışık raflı durumda minimum 6,5m - maksimum 13,5m aralığındadır. Böylece, hem istenilen aydınlık değerlerinin bulunduğu Aralık artmış, hem de gün ışığı aydınlığı mekânın içerilerine ulaşabilmiştir.

Mekân tasarımında, ışık rafının oluşturduğu etki dikkate alınabilir. 0° enleminde, 3m ofis yüksekliğinde, ışık rafsız durumda doğal aydınlık 9m içerilere kadar ulaşıyorken, ışık raflı durumda 13,5m'ye kadar ulaşabilmiştir. Bir başka deyişle, doğal aydınlığın dikkate alındığı bir tasarımda, ofis derinliği 9m uygulanabilirken, ışık raflı durumda 13,5 m uygulanabilir. Bu boyuta 1 m – 2 m sirkülasyon, dolap vb. alanı da ilave edilebilir.



Şekil 5.11. 0° enleminde, 3m ofis yüksekliğinde, ışık rafsız (solda) ve ışık raflı (sağda) durumlardaki aydınlık dağılımları

Yukarıdaki şekilde 0° enleminde, 3m ofis yüksekliğinde, ışık rafsız (solda) ve ışık raflı (sağda) durumlarda, 300lx-500lx aralığındaki sensörlerin yerleşim Aralıkları karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir (Şekil 5.11). Sensörler, döşemeden 75 cm yükseklikteki çalışma düzleminde, 50 cm Aralıklarla konumlandırılmıştır. 300-500 Lx aralığındaki sensör yerleşimleri yeşil renkle, 500 Lx üzerindeki sensör yerleşimleri turuncu renkle, 300 Lx'ten az olan sensör yerleşimleri beyaz renkle işaretlenmiştir. Çalışmaya esas diğer enlemler ve ofis yüksekliklerine ilişkin karşılaştırmalı sensör yerleşimleri Ek-4'tedir.

KAYNAKLAR

1. Aykal, E., Gümüş, B., Akça, B. (2009). *Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir Ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması*, Yeksem 09-Emo Yayın, 78.
2. Ercoşkun, Ö. (2007). *Sürdürülebilir Kent İçin Ekolojik-teknolojik (Eko-tek) Tasarım: Ankara- Güzül Örneği*, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
3. Okutan, H. (2008). *Gün Işığı ile Aydınlatmanın Temel İlkeleri Ve Gelişmiş Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri*, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.
4. Thuot, K. W. (2011). *The Soralux Daylighting System: Passive Solar Illumination for Deep-Plan Building Spaces*, Master of Science In Mechanical Engineering, MIT.
5. Yener, A. K. (2007). *Binalarda Gün ışığından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler*, 8. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Sempozyum Bildirisi, İzmir.
6. Ghisi, E. (2002). *The Use Of Fibre Optics On Energy Efficient Lighting In Buildings*, Doctor of Philosophy, School of Civil Engineering University of Leeds.
7. Silvi, C. (2004). *World Energy Council*, Elsevier Press, Netherlands.
8. İnternet: Çetegen, D., Enarun, D., Yener, A.K., Batman A. Gün ışığı – Yapay Işık Entegrasyonunu Sağlayan Işık Rafı Sisteminin İncelenmesi. URL: <http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fdocplayer.biz.tr%2F11452774-Gunisigi-yapay-isik-entegrasyonunu-saglayan-isik-rafi-sisteminin-incelenmesi-duygu-cetegen-dilek-enarun-alpin-koknel-yener-alp-batman.html&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
9. Kleindiest, S. A. (2006). *Improving the Daylighting Conditions of Existing Buildings: the benefits and limitations of integrating anidolic daylighting systems using the American classroom as a model*, Department Of Architecture, MIT.
10. Rice, E. O. (2006). *Daylight in Facade Renewal: Using new metrics to inform the retrofitting of aging modern-era facade types*, Department of Architecture, MIT.
11. Joarder1, A. R., Ahmed, Z. N., Price, A., Mourshed, M. (2009). *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, Glasgow, Scotland.
12. Samant, S. (2011) *A Parametric Investigation of The Influence of Atrium Facades on the Daylight Performance Of Atrium Buildings*, Doctorate Thesis, The University of Nottingham.

13. Öztürk, Ç. (2006) *Gelişmiş Doğal Aydınlatma Sistemleri ve Uygulama Örnekleri*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
14. İnternet: Kazanasmaz, Z. T., Binaların Doğal Aydınlatma Performanslarının Değerlendirilmesi. URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.emo.org.tr%2Fekler%2F69de2344203534f_ek.pdf&date=2016-01-17 Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
15. İnternet: Ünalı, G., Çategen, D., Enarun, D., Gelişmiş Aydınlatma Sistemleri, URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.emo.org.tr%2Fekler%2F60d060b946d6dd6_ek.pdf&date=2016-01-17 Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
16. Baker, N., Steemers, N. (2002), *Daylight Design of Buildings: A Handbook For Architects and Engineers*, Science Publishers, London.
17. Aschehoug, Ø., Christoffersen, J., Jakobiak, R., Johnsen, K., Lee, E., Ruck, N., Selkowitz, S. (editörler) (2009), *Daylight in Buildings, A Source Book on Daylighting Systems and Components, A Report of IEA SHC Task 21 / ECBCS Annex*, International Energy Agency Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, ECBCS.
18. Bromley, K., Kharaz, A., Hale, K., Jones, B. (1997). *Using optical fibre sensors in building services. In: Building Services Journal*. 51-52.
19. İnternet: Aschehoug, Ø., Christoffersen, J., Jakobiak, R., Johnsen, K., Lee, E., Ruck, N., Selkowitz, S. (editörler) Daylight in Buildings: A source book on daylighting systems and components, *IEA SHC Task 21 / ECBCS Annex 29, July 2000* URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Facades.lbl.gov%2Fsites%2Fall%2Ffiles%2Fdaylight-in-buildings.pdf&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
20. İnternet: Hill, S., Brown M., Klassen D., Beardsley D. The light in the classroom, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fdarkwing.uoregon.edu%2F~a%2Fkwok%2FVSCS%2FAshCreek%2Fighting%2Fhome2.html&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
21. İnternet: Rungta, S., Singh, V., Design Guide: Horizontal Shading devices and Light Shelves, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.public.asu.edu%2F~kroel%2Fwww558%2FShaily%2520Vipul%2520Assignment%25203.pdf&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
22. İnternet: Inlighten (Light Shelf), URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.kawneer.com%2Fkawneer%2Fnorth_america%2Fcatalog%2Fpdf%2FInLighten_E--A.pdf&date=2016-01-17 Son Erişim Tarihi: 17.01.2016

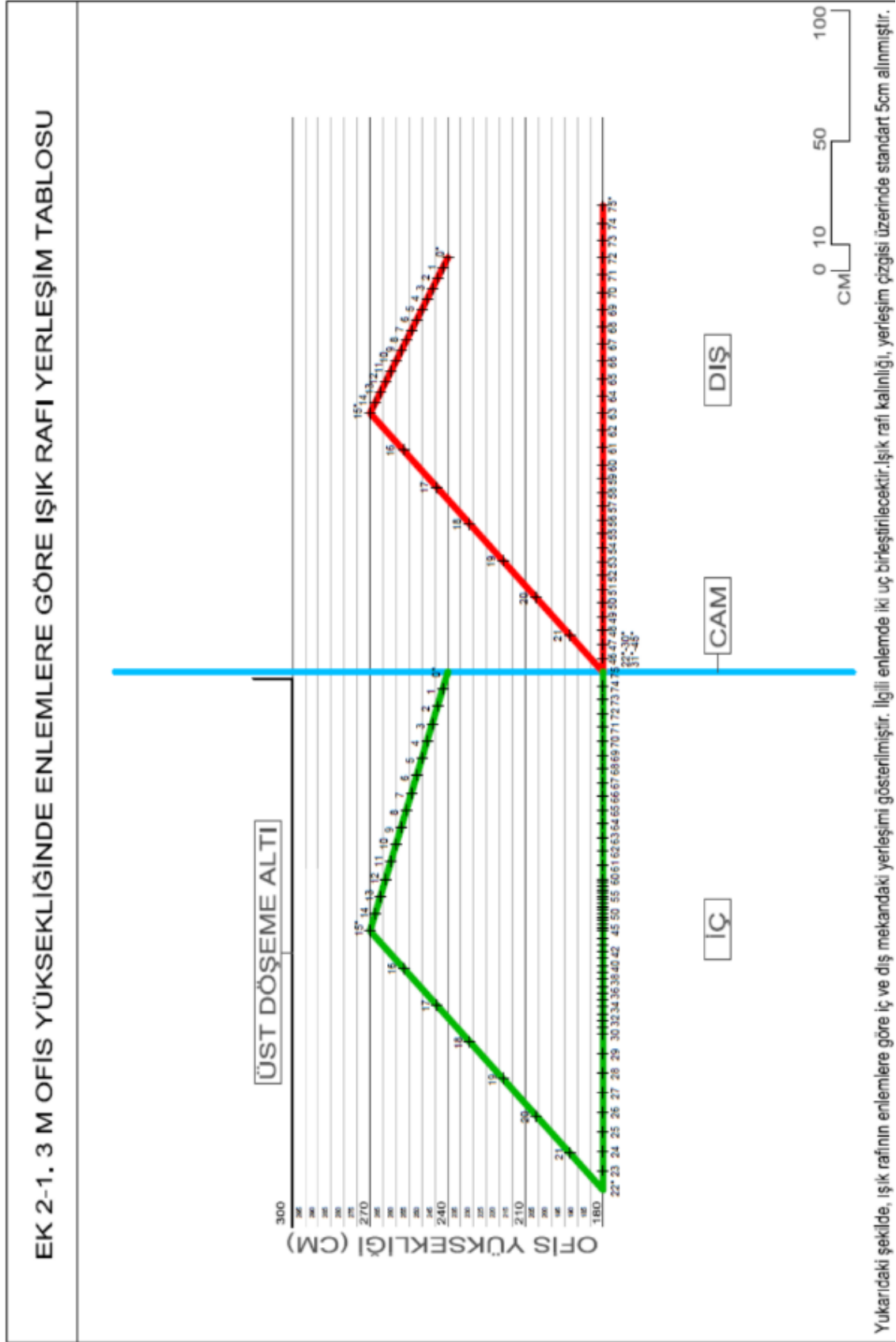
23. İnternet: Inlighten, A Versatile Solution that Enhances Energy Savings – Maximizes Natural Lighting, Aesthetics and Value, URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.alcoa.com%2Fbcs%2Ftoolbox%2Fen%2Fpdf%2F02%2F190_Sun%2520Control%2F1935_InLighten%2520Light%2520Shelf.pdf&date=2016-01-17 Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
- 24..Robertson K. (2009), *Daylighting Guide for Buildings*, Environmental Building News, Daylighting: Energy and Productivity Benefits.
25. İnternet: Daylighting in Buildings, A source book on daylighting systems and components, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ffacades.lbl.gov%2Fsites%2Fall%2Ffiles%2Fdaylight-in-buildings.pdf&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
26. İnternet: Architectural Light Shelf, URL:
http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FArchitectural_light_shelf&date=2016-01-17 Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
27. Burns, C. M., Eubank, H. (2002), *Green Pays Its Way-Performance-Based Fees*, Solar Today, July/August, 36-39.
28. İnternet: Clackamas High School, URL:
http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Fen.wikipedia.org%2Fwiki%2FClackamas_High_School&date=2016-01-17 Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
29. İnternet: Clackamas High School, Boora Architects, URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.boora.com%2Findex.php%2Fprojects%2Fk-12-schools%2Fclackamas_high_school&date=2016-01-17 Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
30. Alan, F. (2007) *Designing The Sustainable School*, Images Publishing, Australia, 34.
31. İnternet: Case Study Ash Creek Intermediate School, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.oregon.gov%2Fenergy%2FCONS%2Fschool%2Fdocs%2Fashcreek.PDF&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
32. İnternet: Daylighting Day with the BetterBricks Daylighting Lab Seattle, URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.lightingassociates.org%2Fi%2Fu%2F2127806%2Ff%2Ftech_sheets%2FLibrary_Lessons_Learned_2004.pdf&date=2016-01-17 Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
- 33.İnternet: Ash Creek Intermediate School, Boora Architects,, URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.boora.com%2Fprojects%2Fk-12-schools%2Fash_creek_intermediate_school&date=2016-01-17 Son Erişim Tarihi: 17.01.2016

34. İnternet: Research Support Facility, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.aiatopten.org%2Fnode%2F103&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
35. İnternet: Research Support Facility Leadership in Building Performance, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.nrel.gov%2Fsustainable%2Fpdfs%2F51742.pdf&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
36. İnternet: Photographs of the Research Support Facility, URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.nrel.gov%2Fsustainable%2Frsf_photos.html&date=2016-01-17 Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
37. İnternet: The Design-Build Process for the Research Support Facility, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.nrel.gov%2Fdocs%2Ffy12osti%2F51387.pdf&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
38. İnternet: San Francisco Public Utilities Commission Headquarters, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.aiatopten.org%2Fnode%2F265&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
39. İnternet:, Il San Francisco Public Utilities Commission Building (SFPUC) ha raggiunto il LEED platinum URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.rinnovabili.it%2Fgreenbuilding%2Finaugurato-ledificio-per-uffici-piu-green-del-nord-america%2F&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
40. İnternet: Commissioning The San Francisco PUC Headquarters, URL:
http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.cacx.org%2Fmeetings%2Fmeetings%2F2013-05-16%2FCCCC_Webinar_05_16_2013_Kulshrestha_Vafaei_Chamberlin.pdf&date=2016-01-17 Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
41. İnternet: Ankara Atatürk Lisesi, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.goethe.de%2Fins%2Ftr%2Fank%2Fprj%2Furs%2Fgeb%2Fbil%2Fata%2Ftrindex.htm&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
42. İnternet: Ankara Atatürk Lisesi Tarihçesi, URL:
http://www.webcitation.org/query?url=https%3A%2F%2Ftr.wikipedia.org%2Fwiki%2FAankara_Atat%25C3%25BCrk_Lisesi&date=2016-01-17 Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
43. İnternet: CSR House Technique Australian Daylight Benchmarks, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Farchitecture.com.au%2Fdocs%2Fdefault-source%2Fqld-cpd%2Fcsr-house-technique---australian-daylight-benchmarks.pdf%3Fsfvrsn%3D0&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
44. Lim, B. (editör) (1983) *Solar Energy Applications In The Topics*, D.Reidel Publishing Company, Dordrecht, Holland, 241.

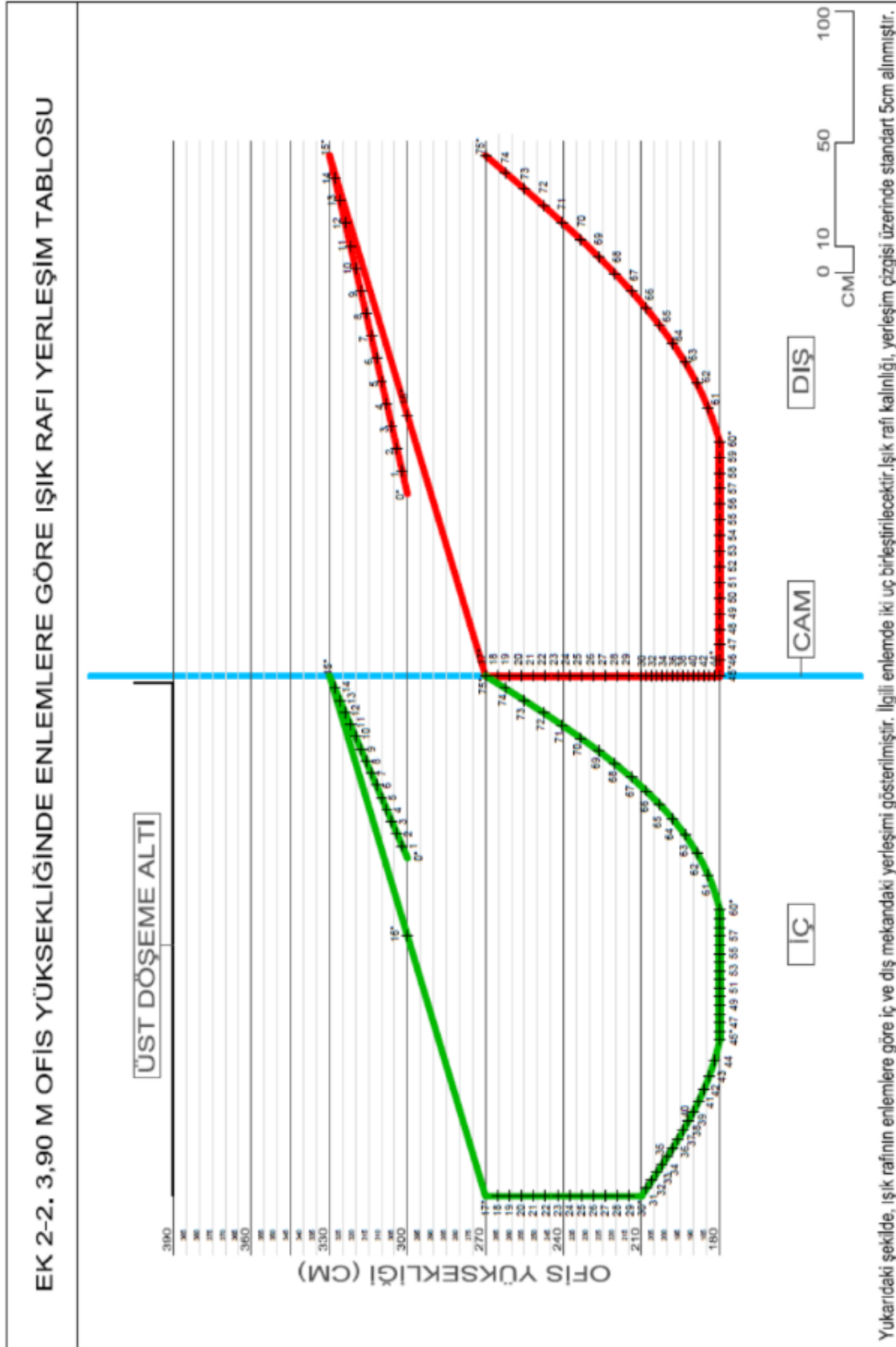
45. European Standard EN 12464-1 (2011) *Light & Lighting*, Lighting of work places.
46. Öztürk, E. (2010), *The Effects Of Color Scheme On The Appraisal Of An Office Environment And Task Performance*, Bilkent University, Ankara.
47. İnternet: Leed v.4, URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fwww.usgbc.org%2Fv4&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
48. Kensek, K., Jae Y. (2011) *Daylight Factor (overcast sky) versus Daylight Availability (clear sky) in Computer-based Daylighting Simulations*, Journal of Creative Sustainable Architecture & Built Environment, CSABE.
49. İnternet: Gün dönümleri URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fcaltech.typepad.com%2F.a%2F6a0105349b8251970b0154332c7933970c-800wi&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016
50. İnternet: Weather Data Files, resmi URL:
<http://www.webcitation.org/query?url=http%3A%2F%2Fapps1.eere.energy.gov%2Fbuildings%2Fenergyplus%2F&date=2016-01-17> Son Erişim Tarihi: 17.01.2016

EKLER

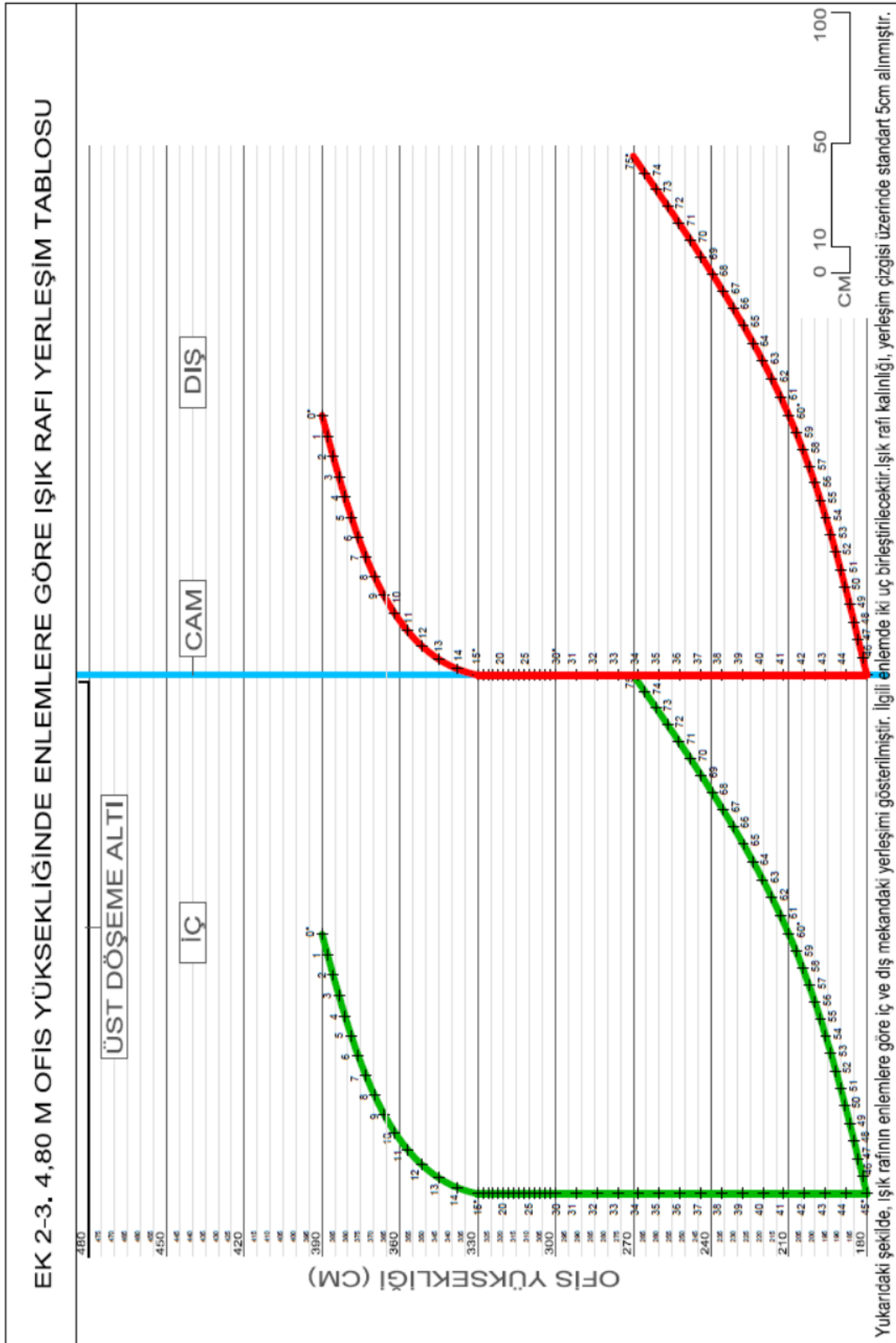
EK-1. Enlemlere göre ışık rafı yerleşim şablonları



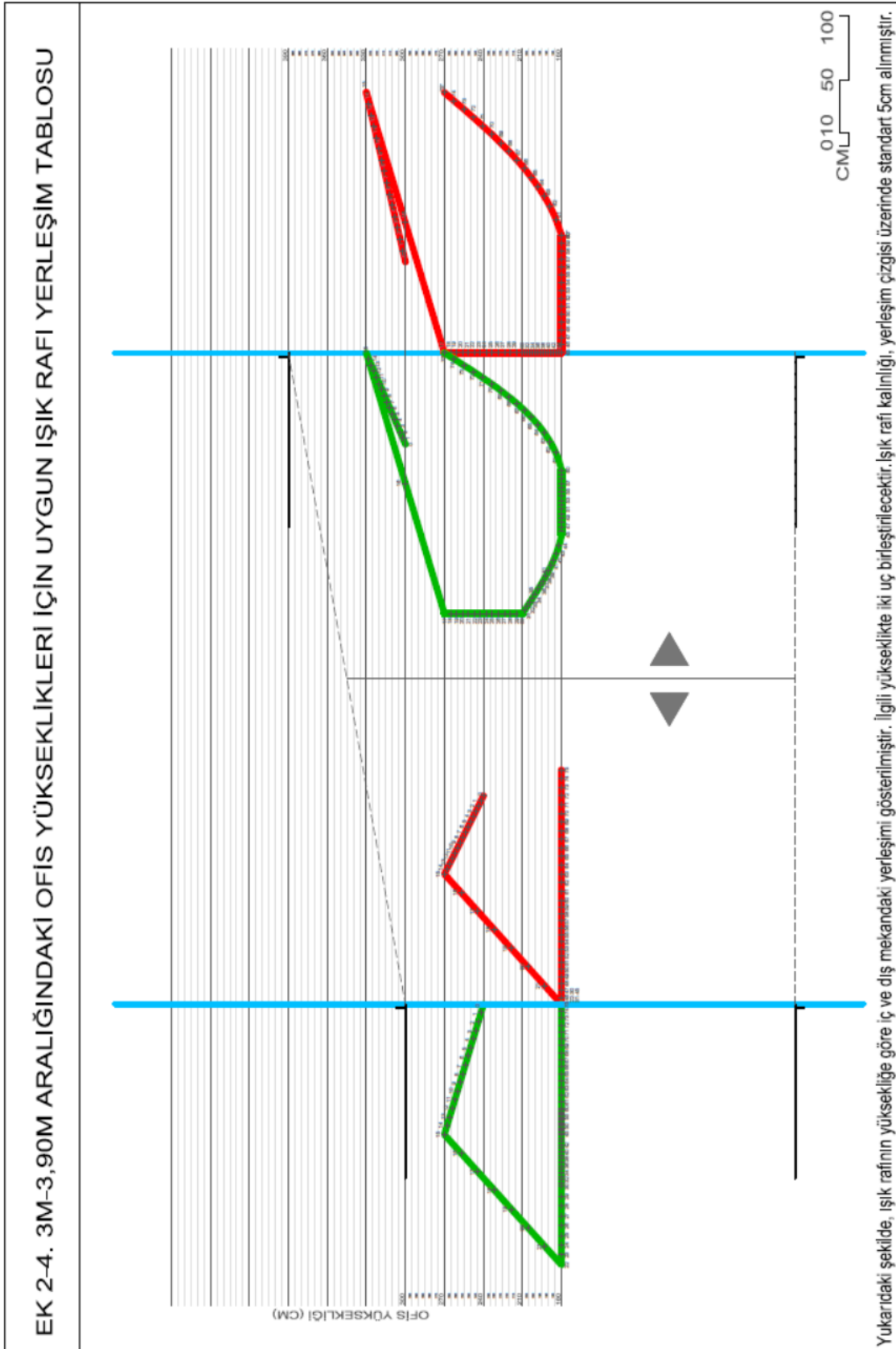
EK-1.(devam) Enlemlere göre ışık rafı yerleşim şablonları



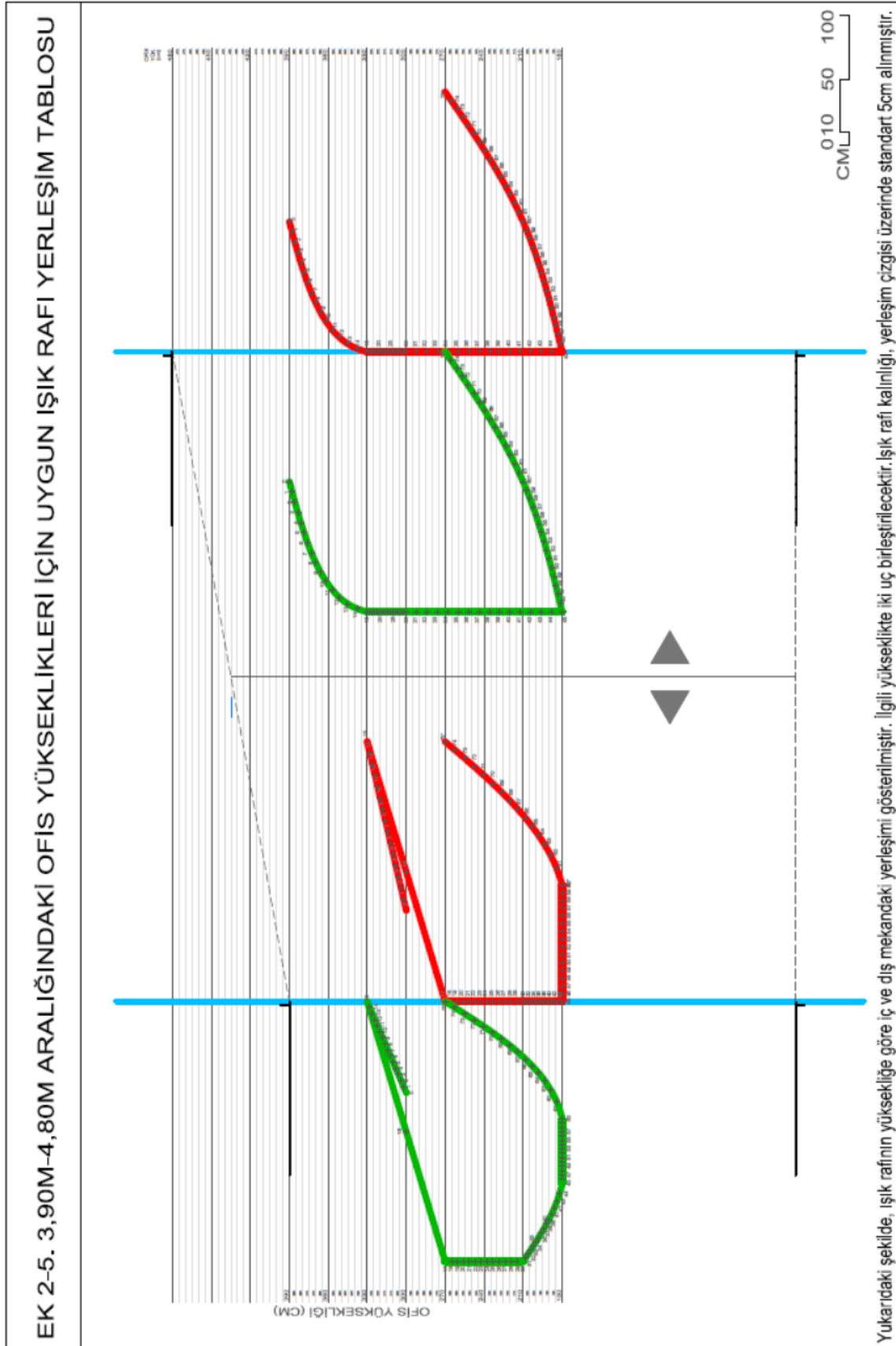
EK-1.(devam) Enlemlere göre ışık rafı yerleşim şablonları



EK-2. Ofis yüksekliklerine göre ışık rafı yerleşim şablonları



EK-2.(devam) Ofis yüksekliklerine göre ışık rafı yerleşim şablonları



EK-3. Farklı enlemler de ofis yüksekliklerine göre uygun ışık rafı yerleşim - boyutları ve ışık rafının cıe standart kapalı gök tipi ve cıe standart açık gök tipinde (gündönümlerinde, 4 ana yönde), istenilen gün ışığı seviyesi aydınlık aralığında meydana getirdiği yüzdelik değişimler.

ENLEM (°)	OFİS YÜK. (CM)	RAF YÜK. (CM)	RAF POZİSYONU			RAF GEN. (CM)	KAPALI GÖK DEĞİŞİ M (%)	AÇIK GÖK DEĞİŞİM(%)							
								GÜNEY		DOĞU		KUZEY		BATI	
			DIŞ	ORTA	İÇ			21.Haz	21.Ara	21.Haz	21.Ara	21.Haz	21.Ara	21.Haz	21.Ara
0	300	240	X			160	12,73	9,49	2,08	11,34	9,95	-0,93	1,16	9,72	9,49
	390	300		X		140	4,86	8,8	2,31	6,02	3,24	0	-6,71	0,93	-3,24
	480	390		X		200	1,16	0	0	0	0	0	0	0	0
15	300	270		X		200	6,94	3,47	8,33	-1,16	10,88	-1,62	0,93	0	12,04
	390	330	X			200	5,32	-1,85	0	-0,23	-9,95	-1,16	-3,94	-1,39	-5,79
	480	330			X	200	1,39	0	0	0	0	0	6,48	0	3,24
30	300	180			X	140	6,02	0	10,65	-0,46	-0,46	-1,39	1,62	-5,56	0,46
	390	210			X	200	8,33	4,86	0	3,24	-4,17	8,33	-4,17	4,17	-1,39
	480	300			X	200	8,56	0	0	0	10,65	0	11,34	0	14,58
45	300	180			X	100	7,64	0,93	0	-6,71	-1,62	4,17	0,69	-5,09	-0,46
	390	180			X	140	9,49	0	0	6,25	1,62	13,66	0,69	8,56	2,55
	480	180			X	200	13,43	0	0	21,06	4,86	0	3,47	0	-5,09
60	300	180		X		160	5,09	4,63	0	-8,56	-1,62	1,85	-1,62	7,41	0
	390	180		X		180	12,73	0	0	6,94	0,69	7,64	3,7	6,48	7,41
	480	210		X		200	15,28	0	0	0	2,31	3,47	4,86	4,86	2,78
75	300	180	X			180	8,56	13,19	0	-1,85	0	-0,69	0	1,16	0
	390	270	X			200	8,8	0	0	-7,87	0	-0,46	0	-2,78	0
	480	270	X			200	11,34	0	0	-0,69	0	2,08	0	-4,17	0

 Işık rafı kullanımı uygun

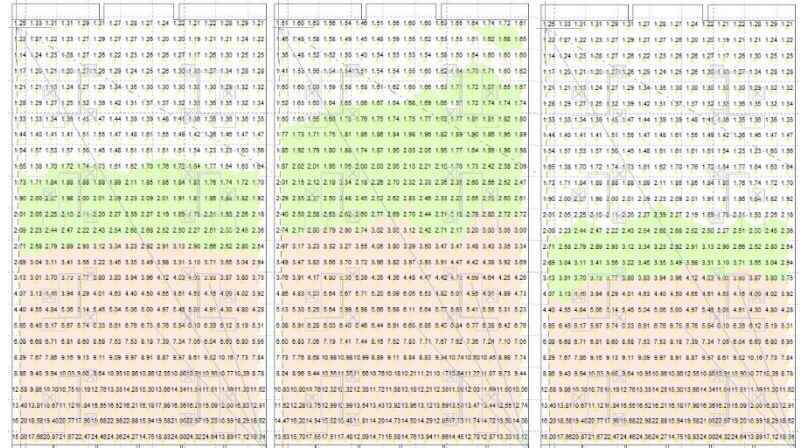
 Işık rafı kullanımı uygun değil

EK-4. Gün ışığı aydınlığının mekân içindeki dağılımları (CIE Standart kapalı gök tipinde ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda)

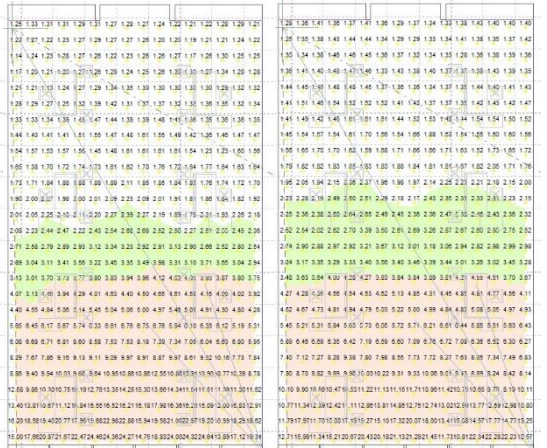
3M OFİS YÜKSEKLİĞİ İÇİN GÜN IŞIĞI AYDINLIK DAĞILIMLARI

İşık rafsız

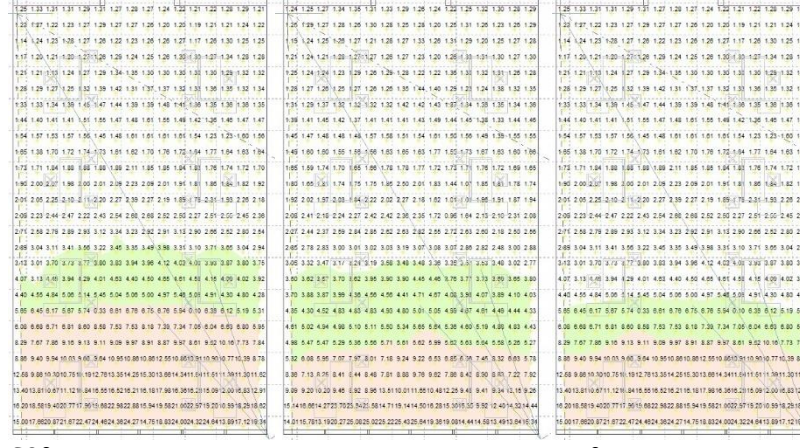
0°



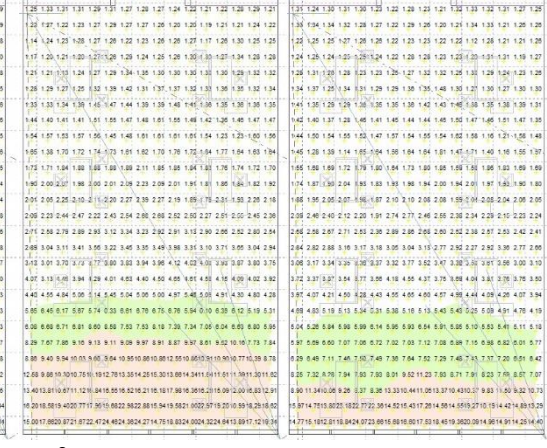
15°



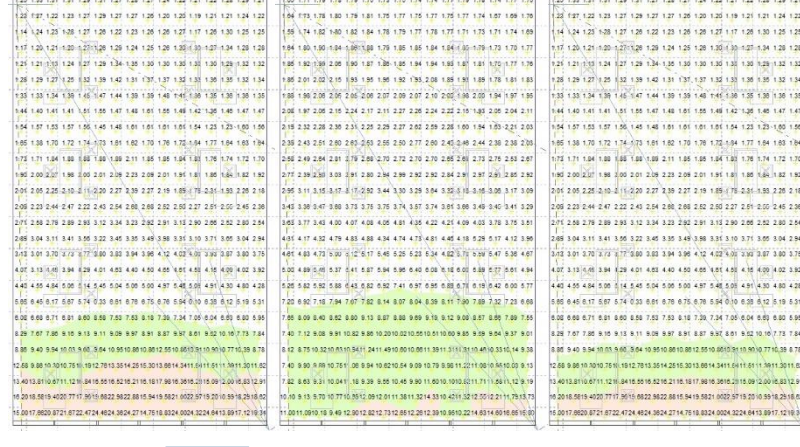
30°



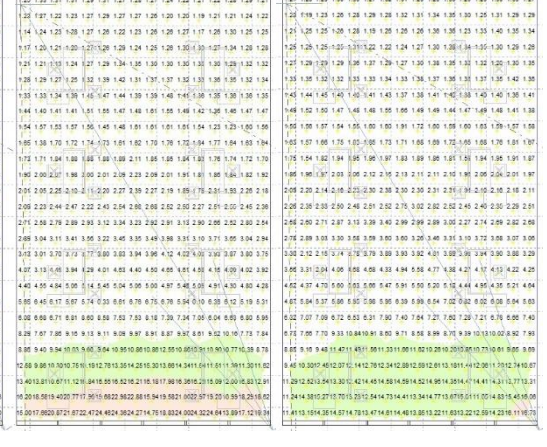
45°



60°



75°



>500Lx,

=300Lx-500Lx

<300Lx

EK-4.(devam) Gün ışığı aydınlığının mekân içindeki dağılımları (CIE Standart kapalı gök tipinde -ışık rafsız ve ışık raflı durumlarda)

4,8M OFİS YÜKSEKLİĞİ İÇİN GÜN İŞIĞI AYDINLIK DAĞILIMLARI

Işık rafsız

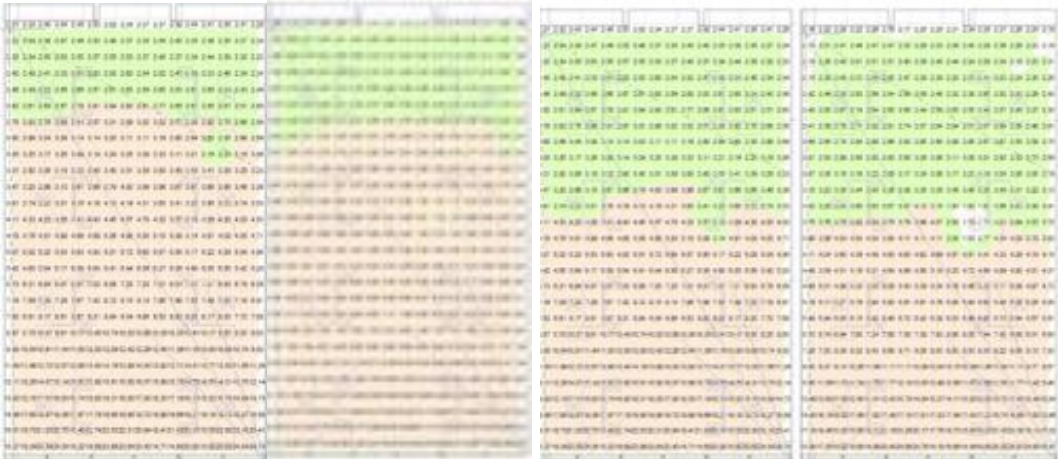
Işık Raflı

Işık rafsız

Işık Raflı

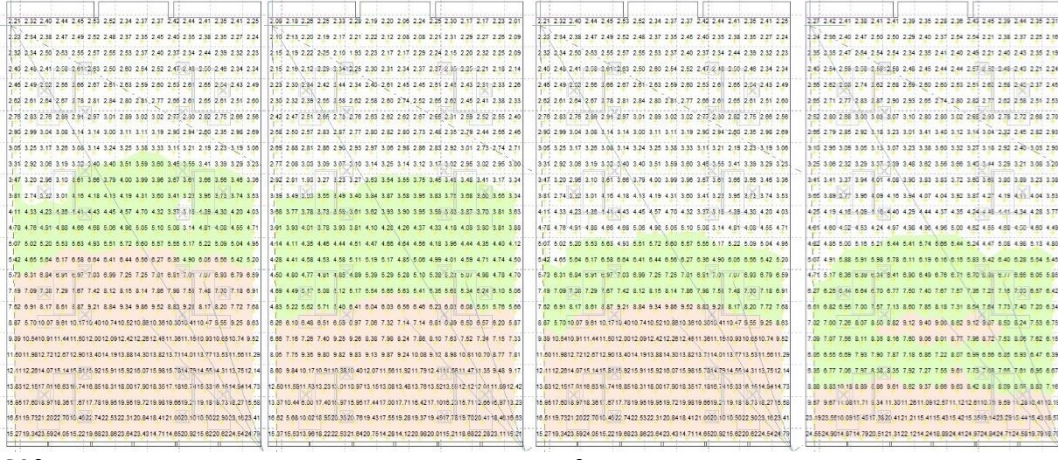
0°

15°



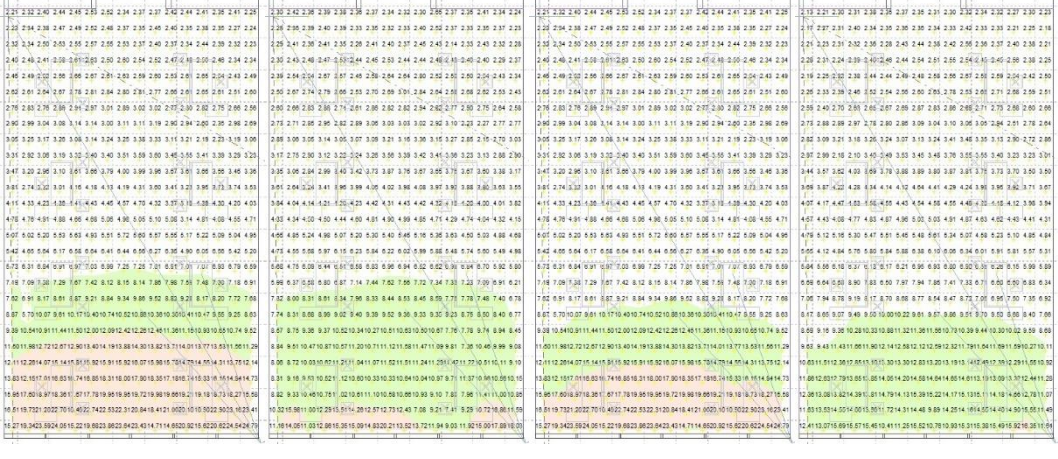
30°

45°



60°

75°



 >500Lx,  =300Lx-500Lx  <300Lx

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : ESEN, Okay
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 02.02.1973, Ankara
 Medeni hali : Evli
 e-mail : okayesen@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Doktora	Gazi Üniversitesi	2016
Y.Lisans	Gazi Üniversitesi	2011
Lisans	Mimar Sinan Üniversitesi/ Mimarlık	1999
Lise	Yükseliş Koleji	1991

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012-2015	Hacettepe Üniversitesi	Mimar
2011-2012	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Mimar
2009-2011	Osmaniye İl Özel İdaresi	Mimar
2008-2009	Koroğlu İnşaat	Mimar
2007-2008	MNG-Targem	Mimar
2004-2007	Konkur Ahşap Ev	Mimar
2001-2004	Esen Mimarlık	Mimar
1999-2000	Yatman Mimarlık	Mimar

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Cüneyt KURTAY, Okay ESEN, “Türkiye’de ve Avrupa’da Uygulanan Ahşap Çatı Sistemlerinin Karşılaştırılması”, Mimarlık 384, Temmuz-Ağustos, 2015.

Cüneyt KURTAY, Okay ESEN, “Evaluation Of Light Shelf Performance Detected In Overcast Sky, On Different Latitudes, In Clear Sky, In Natural Lighting”, Vol: 28, No: 3, GUJS, 2015.

Hobiler

Resim, müzik, sinema, okuma, yürüyüş.



GAZİ GELECEKTİR..