

TC
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BİM ORTAMINDA BİR OFİS AYDINLATMA TASARIMI ÖNERİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Begüm SÜER

1206010012

Anabilim Dalı: Mimarlık

Programı: Mimari Mühendislik

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Rana KUTLU

OCAK 2022

TC
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BİM ORTAMINDA BİR OFİS AYDINLATMA TASARIMI ÖNERİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Begüm SÜER

Anabilim Dalı: Mimarlık

Programı: Mimari Mühendislik

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Rana KUTLU

Jüri Üyeleri: Prof. Dr. Mehmet Şener KÜÇÜKDOĞU

Dr. Öğr. Üyesi Nevzat Ömer SAATCIOĞLU

OCAK 2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER	I
TEŞEKKÜR.....	III
KISALTMALAR VE SEMBOLLER	IV
TABLO LİSTESİ.....	VII
ŞEKİL LİSTESİ.....	IX
ÖZET.....	XI
SUMMARY.....	XII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Çalışmanın Amacı.....	2
1.2. Çalışmanın Kapsamı.....	3
1.3. Çalışmanın Yöntemi.....	4
2. TASARIM ARAÇLARININ GELİŞİMİ.....	5
2.1. Bilgisayar Tasarım Araçları.....	7
2.1.1. İki Boyutlu Çizim Araçları.....	8
2.1.2. Simülasyon Araçları.....	8
2.1.3. BIM (Building Information Modeling).....	10
3. OFİSLERDE AYDINLATMA TASARIMI İLKELERİ.....	22
3.1. Ofislerde Görsel Konfor Etkenleri.....	22
3.1.1. Aydınlık Düzeyi.....	25
3.1.2. Parıltı.....	29
3.1.3. Renk.....	32
3.2. Güneşli Tasarımı.....	35
3.2.1. Ofislerde Güneşli Tasarımını Etkileyen Faktörler.....	38

3.2.2.	İç Mekanlarda Güneşli Hesap Modelleri.....	43
3.3.	Yapma Aydınlatma Sistemleri.....	48
3.3.1.	Işık Kaynağı.....	48
3.3.1.1.	Geleneksel (Konvansiyonel) Lambalar.....	48
3.3.1.2.	Yeni Nesil Lambalar (LED' ler).....	51
3.3.2.	Aydınlatma Aygıtı.....	52
3.3.3.	Aydınlatma Otomasyon Sistemleri.....	53
3.3.4.	İç Mekan Yapma Aydınlatma Hesap Modelleri.....	54
3.3.5.	İç Mekan Konforunu Etkileyen Mekanik Sistem Tasarımlarının Aydınlatma Tasarımı İle İlişkisi.....	55
4.	BIM ORTAMINDA BİR OFİS AYDINLATMA TASARIMI ÖNERİSİ	58
4.1.	Mimari Tasarım Kabulleri.....	58
4.2.	Aydınlatma Tasarımı Kabulleri.....	60
4.3.	Mekanik Sistem Tasarımı Kabulleri.....	66
4.4.	Yangın Söndürme Sistemi Kabulleri.....	69
4.5.	Simülasyon Hesaplamaları Kabulleri.....	70
4.5.1.	Güneşli Aydınlatması Simülasyon Sonuçları.....	72
4.5.2.	Yapma Aydınlatma Simülasyon Sonuçları.....	94
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	96
	KAYNAKLAR.....	100
	EKLER.....	104

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasında bilgi ve birikimlerini eksik etmeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Rana KUTLU' ya teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışmama başlamama vesile olan ve tez sürecimde bilgi ve tecrübelerini eksik etmeyen, her zaman yol gösterici olan, konudaki ve süreçteki katkılarından dolayı değerli hocam Sayın Prof.Dr. Mehmet Şener KÜÇÜKDOĞU' ya teşekkür ederim.

Bu çalışmada ve eğitim hayatım süresince bana maddi ve manevi destek olan sevgili annem Aysel SÜER ve babam Sefer Mehmet SÜER' e sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Begüm SÜER

KISALTMALAR VE SEMBOLLER

BIM	Building Information Modeling
YBM	Yapı Bilgi Modellemesi
CAD	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
IFC	Industry Foundation Class
LOD	Level of Development (Gelişim Seviyesi)
HVAC	Heating Ventilating and Air Conditioning (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme)
Lx	Ortalama aydınlatma seviyesi
UGRL	Kamaşma değeri
U _o	Aydınlanan yüzeyin düzgünlüğü
R _a	Renksel geriverim
DGI	Daylight Glare Index
UGRL	Kamaşma Sınırlama Katsayısı
2D	2 Boyutlu Çizim
3D	3 Boyutlu Çizim
4D	4 Boyutlu Çizim
5D	5 Boyutlu Çizim
6D	6 Boyutlu Çizim
7D	7 Boyutlu Çizim
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
AB	Avrupa Birliği
TS EN 12464-1	Türk Standartlar Enstitüsü "Kapalı Çalışma Alanları Aydınlatması Standartları"
TS EN 17037	Türk Standartlar Enstitüsü "Binalarda Günişığı Standartları"

TS EN 12259	Türk Standartlar Enstitüsü “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik”
TSE 3419	Türk Standartlar Enstitüsü “Havalandırma ve İklimlendirme Tesisleri Projelendirme Kuralları”
IESNA	Illuminating Engineering Society of North America
ANSI	American National Standards Institute
CIBSE	Chartered Institution of Building Services Engineers
ÇFL	Çubuk Flüoresan Lambalar
KFL	Kompakt Flüoresan Lambalar
HID	Deşarj lamba
EL	Enkandesan Lamba (Akkor Lambalar)
THL	Tungsten Halojen Lamba
LPS	Sodyum Buharlı Lamba
MH	Metal halide
ABSBL	Alçak Basıncılı Sodyum Buharlı Lamba
YBSBL	Yüksek Basıncılı Sodyum Buharlı Lamba
CBL	Cıva Buharlı Lamba
KCBL	Karma Cıva Buharlı Lamba
MHL	Metal Halojen Lamba
FL	Flüoresan Lamba
ÇFL	Çubuk Flüoresan Lamba
KFL	Kompakt Flüoresan Lamba
LED	Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
q	Parıltı Faktörü
Φ	Işık Akısı
n	Kullanma Faktörü

k	Oda Endeksi
ρ	Yansıtma çarpanı (reflectance)
$\emptyset$	Çap
DIN	Deutsches Institut für Normung
IES	Illuminating Engineering Society
CEN	European Committee of Standardization (Avrupa Komitesi Standartları)
IES	Illuminating Engineering Society (Amerikan Standartları)
CIE	International Commission on Illumination (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu' nun Standartları)
CEN	European Committee of Standardization (Avrupa Standartları Komitesi)
E	Aydınlık Düzeyi
E_{min}	Minimum Aydınlik Düzeyi
E_{ort}	Ortalama Aydınlik Düzeyi

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1.	BIM' in seviyelerinin; çalışma mantığı, boyutluluk, LOD ve çalışma şekli bakımından değerlendirilmesi.....	14
Tablo 3.1.	TS EN 12464-1, CEN, CIE, CIBSE, DIN ve IES Standardına Göre Ofis mekanlarında ve yardımcı alanlarda görev ve aktiviteye göre aydınlık düzeyi.....	25
Tablo 3.2.	TS EN 12464-1 Standardına göre ofis mekanlarında ve yardımcı alanlarda görev ve aktiviteye göre düzgünlük değerleri (U_0)	28
Tablo 3.3.	ANSI-IESNA, CIE, CIBSE, TS EN 12464-1 ve DIN standartlarında ofis yüzeyleri için yansıtma çarpan önerileri.....	30
Tablo 3.4.	TSEN 12464-1 Standardına göre ofis mekanlarında ve yardımcı alanlarda görev ve aktiviteye göre kamaşma sınırlama katsayısı ($UGRL$) değerleri	31
Tablo 3.5.	CIBSE, TS EN 12464-1 ve CIE Standartlarında mekanlara uygun farklı renksel geriverim (R_a) grupları ve değerleri.....	33
Tablo 3.6.	TS EN 12464-1 ve CIBSE Standartlarına göre ofis mekanlarında ve yardımcı mekanlardaki görev ve aktiviteye göre renksel geriverim (R_a)	34
Tablo 3.7.	Duvar boyalarının ve malzemelerin yansıtma katsayısı (r) değerleri....	35
Tablo 3.8.	TS EN 17037 standartlarına göre tek yüzeyde (duvarda) yanal pencere olması durumuna göre oda derinliğine bağlı saydamlık değerleri.....	39
Tablo 3.9.	TS EN 17037 Yapılarda dış görüş ölçüleri.....	39
Tablo 3.10.	IES tarafından oluşturulmuş günışığı faktörü değerleri.....	45
Tablo 3.11.	Günışığı kullanılarak aydınlatılmış mekanlar için maksimum kamaşma indeksi [41].....	46
Tablo 3.12.	IES verilerinde ise günışığı kamaşma değerleri ve görsel konfor etkileri.....	47
Tablo 3.13.	Günışığına bağlı farklı kamaşma grupları.....	47
Tablo 3.14.	IESNA standartlarına göre aydınlatma aygıtı türleri.....	53

Tablo 4.1. Yüzey özellikleri bilgileri.....	61
Tablo 4.2: Aydınlatma aygıtları ve ışık kaynaklarına ilişkin bilgiler.....	65
Tablo 4.3. Güney yönlenmeli toplantı odası 15 mart günüışığı aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları.....	74
Tablo 4.4. Güney yönlenmeli toplantı odası 15 haziran günüışığı aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları.....	75
Tablo 4.5. Güney yönlenmeli toplantı odası 15 eylül günüışığı aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları.....	76
Tablo 4.6. Güney yönlenmeli toplantı odası 15 aralık günüışığı aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları.....	77
Tablo 4.7. Batı-Güney yönlenmeli toplantı odası 15 mart günüışığı aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları.....	84
Tablo 4.8. Batı-Güney yönlenmeli toplantı odası 15 haziran günüışığı aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları.....	85
Tablo 4.9. Batı-Güney yönlenmeli toplantı odası 15 eylül günüışığı aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları.....	86
Tablo 4.10. Batı-Güney yönlenmeli toplantı odası 15 aralık günüışığı aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları.....	87
Tablo 4.11. Güney ve Batı-Güney yönlenmeli odaların yapma aydınlatma aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları.....	94

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1.	Tasarım araçlarının gelişim süreçleri[9].....	6
Şekil 2.2.	CAD ve BIM' in benimsenme süreleri[7].....	6
Şekil 2.3.	Tasarım araçlarının gelişimi.....	7
Şekil 2.4.	İmalat ve inşaat sektörleri için yıllara göre verimlilik değişimi [31].....	11
Şekil 2.5.	CAD ve BIM kullanılarak yapılan projelerde haftalık olarak proje evreleri.....	12
Şekil 2.6.	REVIT içinde "Architecture" sekmesi yeri.....	18
Şekil 2.7.	REVIT içinde "Systems" sekmesi yeri.....	18
Şekil 2.8.	REVIT içinde "ElumTools" sekmesi yeri.....	19
Şekil 2.9.	Hesaplama Modları.....	19
Şekil 2.10.	ElumTools simülasyon örnekleri [11].....	20
Şekil 3.1.	Farklı mekanlardaki aydınlık düzeyi[16].....	36
Şekil 3.2.	Yapılarda günışığı performans EH, EHM değerleri sınıflandırması[13]..	37
Şekil 3.3.	AD ve ADN alanlarının gösterimi[14].....	38
Şekil 3.4.	Saydamlık çarpanına bağlı mekanlardaki günışığı aydınlık düzeyi [22], [15].....	41
Şekil 3.5.	Mekan içindeki günışığının düzgünlük faktörü veya günışığının mekan derinliğine bağlı azalması[36], [42].....	45
Şekil 4.1.	Ofis kat planı.....	59
Şekil 4.2.	Güney cephe perspektif görünüş.....	60
Şekil 4.3.	Tavan planı ve aktif sistemler.....	62
Şekil 4.4.	Tavan planı ve aktif sistemlerin grid ve lineerliği gösterimi.....	63
Şekil 4.5.	Lineer (1) yerine noktasal (2) aydınlatma aygıtı kullanımı.....	64
Şekil 4.6.	Ofis birimi ısıtma havalandırma aktif sistem (HVAC) elemanları.....	68
Şekil 4.7.	Duman sensörleri algılama alanları.....	69
Şekil 4.8.	Sprinkler (yangın söndürme) sistemi.....	70

Şekil 4.9. Simülasyon sonuçları alınan mekanlar.....	72
Şekil 4.10. Dış görüş seviyelerinin ve derecelerinin ofis birimlerinde gösterimi.....	73



BIM ORTAMINDA BİR OFİS AYDINLATMA TASARIMI ÖNERİSİ

ÖZET

İnsanlığın var oluşundan beri aydınlatmaya ihtiyaç duyulmuştur. Günümüzde ise; Aydınlatma tasarımı sadece bir ihtiyaç olmanın ötesinde estetik, fizyolojik ve psikolojik etkileri ile insanları etkileyen bir disiplindir.

Günümüz ofislerinde farklı kurgular ile geliştirilen konsept arayışları, mekanı bütünleyen aydınlatma tasarımının önemini bir kez daha ortaya çıkarmıştır. Bu tez kapsamında ele alınan örnek bir ofis hacmi üzerinden mekanda kullanıcı konforunu gerçekleştirmek üzere, aydınlatma ve aktif sistem elemanlarının tavan planı oluşumundaki rolü ele alınmıştır. Tasarımın önemli bir parçası olan aydınlatma sistemlerinin seçimi ve tavan üzerindeki yerleşimi yani aydınlatma tasarımının, tavanda yer alan diğer sistemlerin; ısıtma-havalandırma elemanları ve yangın söndürme sistem elemanları ile bir araya gelişi ve tavan tasarımına entegrasyonu holistik yaklaşım ve BIM (Building Information Modeling) veya YBM (Yapı Bilgi Modelleme) mantığı ele alınmıştır. Bu amaçla ofis yapılarında kullanıcı konforunu sağlayacak aydınlatma tasarım ilkeleri araştırılmış ve örnek ofis birimi üstünde yapma aydınlatma ve günüışı aydınlatma tasarımı bu ilkelere uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Autodesk REVIT programında mimari proje gerçekleştirilmiş ve standartlara uygun değerler girilmiştir. Projede Autodesk REVIT içinde bulunan ElumTools eklentisi ile yapma aydınlatma ve günüışı hesapları gerçekleştirilmiş ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ofis iç mekan aydınlatması, BIM, Autodesk REVIT, ElumTools

A PROPOSAL OF AN OFFICE LIGHTING DESIGN IN BIM

SUMMARY

Lighting has been needed since the existence of humanity. Today, however; Lighting design is not just a necessity, it is a discipline that affects people with its aesthetic, physiological and psychological effects.

The search for concepts developed with different setups in today' s offices has once again revealed the importance of lighting design that integrates the space. The role of lighting and active system elements in the formation of the ceiling plan is discussed in order to realize the user comfort in the space through a sample office volume discussed in this thesis. The selection of lighting systems, which are an important part of the design, and their placement on the ceiling, that is, the lighting design, other systems on the ceiling; holistic approach and BIM (Building Information Modeling) logic are discussed. For this purpose, lighting design principles that will provide user comfort in office buildings have been researched and artificial lighting and daylighting design on the sample office unit has been carried out in accordance with these principles. Architectural project was carried out in Autodesk REVIT program and values according to standards were entered. In the project, artificial lighting and daylight calculations were made with the ElumTools plugin included in Autodesk REVIT and the results were evaluated.

Keywords: Office Indoor lighting, BIM, Autodesk REVIT, ElumTools

1.GİRİŞ

Aydınlatma insanın var oluşundan beri duyduğu bir ihtiyaçtır. Aydınlatma tasarımı ise günümüzde sadece bir ihtiyaç olmasının dışında insanı fizyolojik ve psikolojik açıdan etkileyen estetik kaygıları da içinde bulunduran bir disiplindir.

Günümüzde insan için bu denli gerekli olan bir disiplinin ve bu disiplinin ürünü aydınlatma tasarımlarının diğer alt sistemler ile birlikte BIM (Building Information Modeling) veya YBM (Yapı Bilgi Modelleme) mantığında bütüncül olarak planlanması gerekli ve önemlidir. Çünkü aydınlatma tasarımı alt sistem tasarımları içerisinde önemli bir yere sahip, aydınlatma tasarımının ve çözümlerinin olmadığı bir BIM projesi düşünülemez. Aydınlatma tasarımcıları açısından ise avan proje aşamasından başlayarak projede yer alma gerekliliği önemlidir. Bu sebeple BIM mantığı aydınlatma tasarımcıları içinde büyük bir imkan sunmaktadır.

Bu bağlamda bu tez çalışmasında aydınlatma sektöründe BIM mantığının nasıl kullanılacağına ve diğer aktif sistemler ile entegre olarak aydınlatma projelerinin nasıl gerçekleştirileceğine yönelik bir ofis aydınlatma tasarımı önerisi gerçekleştirilmiştir. Tüm bu süreçlerde alt sistemler ile birlikte ele alınan aydınlatma tasarımı, tavan planı kapsamında değerlendirilmiş ve tavan bir tasarım ögesi olarak planlanmıştır.

Tez sürecinde öncelikle; tasarım araçları ve tarihsel süreçleri ele alınarak, BIM mantığının ve BIM araçlarının gelişimi, sektörlerdeki konumu ve ilerleyişi araştırılmıştır. Bu kapsamda BIM programları içerisinde; Autodesk REVIT programı ve aydınlatma ile ilgili hesaplamalar için ElumTools eklentisi kullanılmıştır.

Literatür araştırmalarında aydınlatma tasarım ilkeleri araştırılmış, görsel konfor etkenleri esas alınarak günışığı ve yapma aydınlatma sistemleri kurgulanmıştır. Doğal aydınlatma tasarımında önemli bir rolü olan cephe tasarımına da bu araştırma kapsamında yer almıştır. Cephe tasarımı ve cam özellikleri günışığı bağlamında ele alınmıştır. Ayrıca aydınlatma tasarımı içerisinde mekanik sistem elemanlarının aydınlatma tasarımı ile ilişkisi ve entegrasyonu sağlanmıştır. Modelde; aydınlatma tasarımı, HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning) – (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) sistemleri ve yangın söndürme sistemleri tavan planı düşünölerek bütölncöl olarak ele alınmıştır.

Sonuç ve öneriler bölümünde ise aydınlatma tasarımı ve BIM mantığı bütölncöl olarak değerlendirilerek, sürec içerisinde karşılaşılan zorluklar ve kolaylıklar belirlenerek, gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

1.1. Çalışmanın Amacı

BIM mantığı ve CAD mantığı arasındaki farkların araştırılması ve geleneksel bilgisayar destekli tasarım araçlarına oranla REVIT programının aydınlatma tasarımına sağladığı olanakların tespit edilmesi, mekanik sistem ile aydınlatma tasarımının birlikte değerlendirilmesi ve tavan tasarımındaki etkilerinin incelenmesi çalışmanın amaçları arasındadır.

Bu bağlamda tez çalışması kapsamında bir yandan ofislerde gerekli aydınlatma tasarımı ilkeleri ortaya konulmuş diğer taraftan sürec içerisinde aydınlatma tasarımı modelleri ve gelişimi incelenmiştir. Aydınlatma tasarımının proje sürecindeki yerinin BIM mantığı ve REVIT Programı üzerinden denenmesi ile örnek incelemesi gerçekleştirilmiştir.

Ele alınan ofis birimi örnekleminde incelenen çalışma birimi için REVIT programı ve ElumTools eklentisi kullanılarak aydınlatma tasarımı tamamlanmıştır. Tasarım sürecinin BIM mantığında gerçekleştirilmesi ve avantaj, dezavantajlarının araştırılması çalışmanın hedeflerinden biridir.

1.2. Çalışmanın Kapsamı

Çalışmanın birinci bölümünde; amaç, kapsam ve sorular anlatılmıştır.

İkinci bölümünde; tasarım araçlarının tarihteki süreci ve içinde geleneksel tasarım araçlarından bilgisayar tasarım araçlarına geçiş süreci, BIM mantığı, tarihsel süreci, günümüzde dünyadaki ve Türkiye’deki kullanım olanakları, sağladığı olanaklar ve aydınlatma tasarımında BIM kullanımı ve sektördeki konumu araştırılmıştır. Autodesk REVIT programı ve Autodesk REVIT aydınlatma tasarımı eklentisi; ElumTools anlatılmıştır.

Üçüncü bölümünde; ofislerde aydınlatma tasarımı ilkeleri kapsamında ofislerde görsel konfor etkenleri, günışığı tasarımı ve yapma aydınlatma sistemleri araştırılmış. Ayrıca tavan planı kapsamında havalandırma ve yangın söndürme sistemleri de araştırılmıştır.

Çalışmanın dördüncü bölümünde; Autodesk REVIT ortamında ofis birimi projesi oluşturulmuş, modelde aydınlatma tasarımı yapılmış ve tavan planı kapsamında HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning) – (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) sistemi planları ve yangın söndürme sistemi tasarımı yapılmıştır. Yapılan aydınlatma tasarımı ElumTools eklentisinde değerlendirilerek aydınlatma hesapları gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümünde ise sonuç ve öneriler değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen tasarımsal uygulamanın avantajları ve dezavantajları tartışılmış, gelecek çalışmalar için öneriler sunulmuştur.

1.3. Çalışmanın Yöntemi

Bu tez çalışması kapsamında; seçilen bina tipolojisine bağlı olarak literatür taraması gerçekleştirilmiş; ofis projesinin belirlenmesi için örneklemelerden rasgele yöntem ile

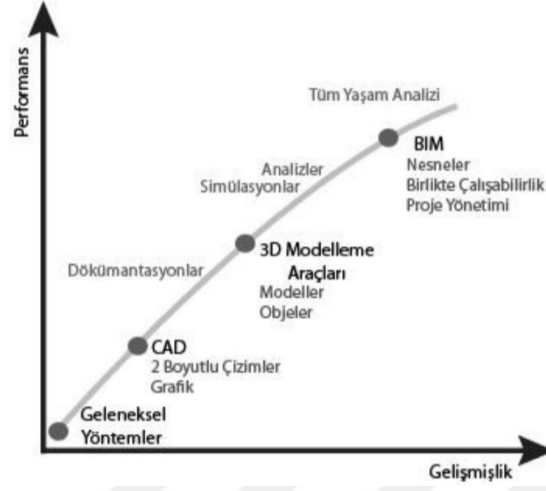
seçim yapılmıştır. Literatür taramasında ofis mekanlarında aydınlatma tasarımı ilkeleri araştırılmış, bu bağlamda TS EN 12464-1 (Kapalı alışma Alanları Aydınlatması Standartları) ve TS EN 17037 (Binalarda Günişığı Standartları) standartlarındaki değerler, ofislerde günişığı tasarımını etkileyen faktörler içinde cephe kavramı ve iç mekanlarda günişığı hesap modelleri araştırılmış, iç mekan yapma aydınlatma hesap modelleri konuları ve iç mekanlarda yapma aydınlatma ile mekanik sistem tasarımının ilişkisi araştırılmıştır. Tüm araştırmaların sonucunda literatürdeki ofis tipolojileri arasından rasgele seçilen ofis biriminin REVIT ortamında mimari tasarımı, aydınlatma tasarımı, havalandırma sistemi tasarımı ve yangın söndürme sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir ve tüm tasarımların BIM mantığı kullanılarak entegrasyonu sağlanmıştır. Mekanik sistem özömlerinde makine mühendisinden yardım alınmıştır. REVIT içerisindeki ElumTools eklentisi simölasyon aracı olarak kullanılarak günişığı ve yapma aydınlatma simölasyon sonuçlarına bakılmıştır. BIM mantığı kullanımı simölasyon sürecinde de yöntem olarak benimsenmiştir.

2.TASARIM ARAÇLARININ GELİŞİMİ

Mimaride geleneksel tasarım metotları ile hazırlanan çizimler, teknolojik gelişmeler ile birlikte değişmiştir. Geleneksel tasarım metotlarında kullanılan kağıt, kalem (rapido, trilin, grafos...) ve cetvel vb. araçların yerini bilgisayar destekli tasarım araçları almış bu sayede tasarım, üretim ve proje yönetimi aşamalarında yapı üretimi kolaylaşmıştır. Tasarım süreçleri kısalmış, yapılan değişikliklerin (tadilatların) projeye uyarlanması daha kısa sürede gerçekleşmiş ve projenin çoğaltılabilmesi kolaylaşmıştır. Bilgisayar destekli tasarımın mimarlıkta uygulanabilirliği 1970' li yıllarda gerçekleşmiş, 1980' lerde ise 2 boyutlu çizim olanağı sunan AutoCAD' in ilk versiyonu AutoCAD Version 1.0 1982 yılında piyasaya sunulmuştur[44]. 1990-2000 yılları arasında 3 boyutlu modelleme imkanı sunan 3D Studio DOS ve Adobe Photoshop piyasaya sunulmuş ve çizimlerin modellenmesi desteklenmiştir. Tasarım üretim süreçlerinde bilgisayarların kullanıldığı ilk dönem; CAD (Computer Aided Design) mantığına geçilmesi ile başlamıştır. Sonraki zamanlarda simülasyon araçlarının da tasarımlara dahil edilmesi ile daha gerçekçi simülasyonlara ulaşılmıştır. 2000' li yıllara gelindiğinde ise bilgisayar birçok mimarlık ofisinde kullanılmaya başlanarak çizim ve modellemenin dışında; sunum, metraj, mühendislik hesaplamaları, maliyet ve simülasyonlar içinde kullanılabilir hale gelmiştir[6]. Bilgisayar destekli tasarımın projelerde; ekonomik ve hızlı sunum yapabilme, 3 boyutlu görsel alabilme, malzeme ve ışığın çizime dahil olması ile animasyonlar (canlandırma) yapılarak gerçeğe en yakın projeler yapabilme gibi olumlu etkileri olmuştur.

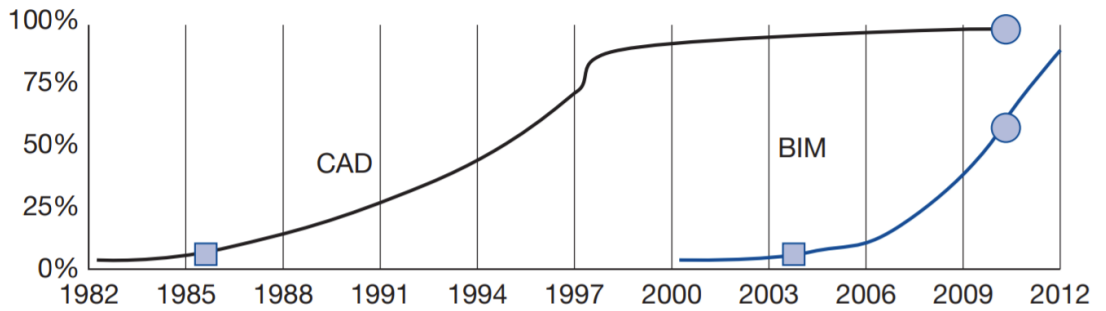
Günümüzde teknolojinin ve uzmanlık içeren bilgisayar simülasyon programlarının gelişmesi ile birlikte; ısı, ışık ve ses düzeyi ile konfor koşullarını belirleyen parametreler, malzeme, doku, maliyet ve zaman boyutlarının da bilgisayar destekli tasarım sürecine dahil olması ile birlikte tasarımlar 5 ve 6 boyut... kategorisine taşınmıştır. Sürecin devamında ise tüm disiplinlerin ortak bir çalışma düzleminde

birleştigi, projenin tüm verilerinin tek bir sistemde yer aldığı BIM mantığı kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 2.1. Tasarım araçlarının gelişim süreçleri[9]

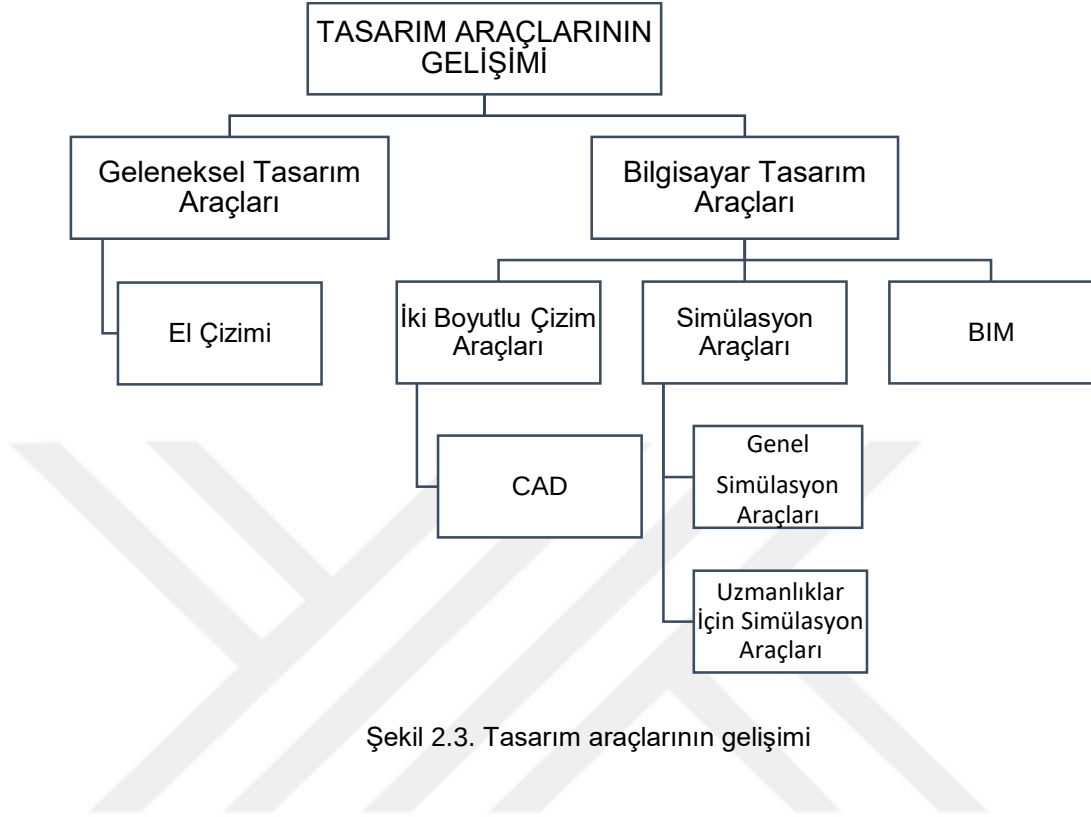
Tasarım araçlarının gelişim sürecinde belirli atlama noktaları oluşmuştur. Bu atlama noktalarından ilki geleneksel yöntemlerden (el çiziminden) CAD mantığına geçiş ile olmuştur. İkincisi ise CAD mantığından simülasyon araçlarına geçilmesi ile gerçekleşmiştir. Bu süreç aynı zamanda BIM mantığının oluşturulmasında da etkili olan bir süreç olmuştur ve bu sürecin devamında son aşama olan BIM mantığı gelişmiş ve günümüzde de etkisini artırarak sürecini devam ettirmektedir(Şekil 2.1), (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. CAD ve BIM' in benimsenme süreleri[7].

Tasarım araçlarını; geleneksel tasarım araçları ve bilgisayar destekli tasarım araçları olarak iki gruba ayırabiliriz. Bilgisayar destekli tasarım araçlarının ise iki boyutlu çizim

araçları üç boyutlu çizim araçları ve BIM olarak üç gruba ayrıldığı kabul edilmiştir(Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Tasarım araçlarının gelişimi

2.1 Bilgisayar Destekli Tasarım Araçları

Tasarım süreçlerinde, bilgisayar destekli araçlara geçilmeden önce el çizimi ile tasarımlar gerçekleştirilmiştir. Geleneksel tasarımda el çizimi aracı olarak kağıt, kalem, gönye, cetvel, T cetveli gibi araçlar kullanılmıştır. Bilgisayarların tasarımlarda kullanılmaya başlaması ile geleneksel tasarım araçların kullanımı azalmış ve önemli bir dönüm noktası olarak görülen bilgisayar destekli tasarım araçlarının mimaride kullanımına başlanmıştır.

Bilgisayar destekli tasarım araçları üç grupta; iki boyutlu çizim araçları, simülasyon araçları (üç boyutlu tasarım araçları) ve BIM olarak ele alınmıştır.

2.1.1 İki Boyutlu Çizim Araçları

İki Boyutlu tasarım araçları CAD (Computer Aided Design) veya Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) mantığı 1950' li yılların sonunda ortaya çıkmıştır. CAD teknolojilerinin yaygınlaşması ve yapı sektöründe aktif olabilmesi 80' li yılların ortalarında gerçekleşmiştir. Başlarda 2D çizimlerin yapılabildiği CAD yönteminde daha sonraki yıllarda 3D modeller de yapılmış ve süreç içinde ilerleme sağlamıştır[8], [10].

CAD mantığında çalışan birçok program piyasaya sürülmüş olsa da AutoCAD programı diğerleri arasında hala piyasada kullanılmaya devam edilen programdır. Tasarım araçları gelişimi başlığında da anlatıldığı gibi programının ilk versiyonu AutoCAD Version 1.0 Aralık 1982 de Autodesk firması tarafından çıkarıldıktan sonra 1983 yılında 1.2, 1.3 ve 1.4 versiyonları piyasaya sunulmuştur, esnek ve özelleşmiş tasarım yapabilen, ayrıca analiz ve simülasyonların da olduğu mimarlık, imalat, mekanik, elektrik ve tesisat projelerinde kullanılan geometrik şekiller (çizgi ve yüzey) ile tasarım yapan öğrenmenin ve kullanmanın kolay olduğu bir programdır[44].

CAD ilk çıktığı dönemde el çiziminden bilgisayar çizimine geçişi sağlaması sebebiyle yenilikçi bir yaklaşıma sahipti ancak yeni teknolojiler ile birlikte artık geleneksel bilgisayar destekli bir çizim aracı olmuştur.

2.1.2. Simülasyon Araçları

Simülasyon araçları tasarımların 3D olarak gerçekleştirildiği araçlardır. Kullanım amaçlarına göre; genel simülasyon araçları ve uzmanlıklar için simülasyon araçları olarak 2 grupta incelenebilir.

Genel Simülasyon Araçları; Mimarların ağırlıklı olarak kullandığı her hangi bir uzmanlık gerektirmeyen görsel modelleme ve mimari tasarım amaçlı kullanılan Sketchup vb. araçlardır.

Uzmanlıklar İçin Simülasyon Araçları: Günümüzde yapı fiziği; havalandırma, akustik, yangın denetimi, aydınlatma... gibi alt alanlardan oluşmaktadır. Bu alanların her biri için farklı özelleşmiş simülasyon programları bulunmaktadır. Aydınlatma tasarımında ise Relux, DIALux, Desktop Radiance, Lightscape ve Agi32 gibi simülasyon programları kullanılmaktadır.

Relux: Regent AG, Fluora AG ve Tulux AG firmalarının Relux Informatik bünyesinde ortaklaşa olarak 1998 yılında 1.0 versiyonu ile sundukları aydınlatma programıdır[38]. DIALux ile benzer şekilde aydınlatma aygıtı üreten firmaların programa katılımını sağlamaktadır. Yol aydınlatmaları, acil aydınlatmaları, iç mekan ve dış mekan aydınlatma amaçlı kullanılan; günışığı ve yapma aydınlatma hesapları yapan bir aydınlatma programıdır. DIALux ile benzer olarak yayılım (radiosity) yöntemi ile hesaplama yapmaktadır.

DIALux: DIAL GmbH firmasının ilk olarak DIALux 3.0 versiyonu ile 1994 yılında sunduğu programdır[38], [43]. İç mekan ve dış mekan aydınlatma tasarımında kullanılan, yapma aydınlatma ve günışığının hesaplanabildiği aydınlatma programıdır. Yansımış ve dolaysız aydınlık düzeyi için yayılım (radiosity) yöntemini kullanmaktadır. DIALux aydınlatma elemanlarının; özellikleri, sayıları, mekan yüzey özellikleri(mekan yansıtma çarpanı) girilmesi ile aydınlık düzeyini hesaplayabilen ve bu hesapları rapor halinde sunan bir programıdır. Son sürümü DIALux evo ile mimarlar, iç mimarlar, elektrik mühendisleri, aydınlatma tasarımcıları ve proje yöneticileri tarafından kullanılan bir programdır. Tüm dünyada 700.000 kullanıcısı olan, ülkemizde de yaygın olarak kullanılan Türkçe dahil birçok dil alternatifi bulunan ücretsiz bir aydınlatma tasarımı ve simülasyon programıdır[3], [43]. DIALux programının temel amacı aydınlatma tasarımını sonuçlarını 3D modeller ile görselleştirmek ve bu tasarımları raporlamaktır.

Desktop Radiance: Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarı' nın (Lawrence Berkeley National Laboratory - LBNL), Çevresel Enerji Teknolojileri Bölümü (Environmental Energy Technologies Division) içinde Bina Teknolojileri Departmanın' da (Building Technologies Department) 2002 yılında geliştirilmiş. Kaliforniya Enerji Verimliliği Enstitüsü (California Institute for Energy Efficiency - CIEE) ve Pasifik Gaz & Elektrik Şirketi (Pacific Gas & Electric Company - PG&E) desteği ve MarinSoft, Inc işbirliği ile

oluşturulmuştur versiyon 1.02 ve versiyon 2.0 Beta adında 2 versiyonu bulunan programdır[38], [43]. Desktop Radiance; DIALux ve Relux gibi aydınlatma programlarından farklı çalışma mantığına sahiptir ve AutoCAD programı içinde çalışır ve program içindeki komutları kullanır.

Lightscape: Autodesk Inc. Discreet bölümünün hazırladığı asıl hedefin mekanların gerçekçi görselleştirmesinin yapılması amacı ile tasarlanmış bir programdır. CAD mantığında çalışan programlarda oluşturulan mekanların aydınlatma hesaplarını yapabilmektedir. Yalnızca İngilizce dil seçeneğinin bulunduğu program aydınlatma hesaplarında yayılım yöntemini kullanmaktadır.

Agi32: ilk versiyonu 1.10' u 1999 yılında piyasaya sunulan program, Relux ve DIALux programları ile kıyaslandığında; daha profesyonel daha detaylı menülere sahiptir[45], [46], [47].

2.1.3. BIM (Building Information Modeling)

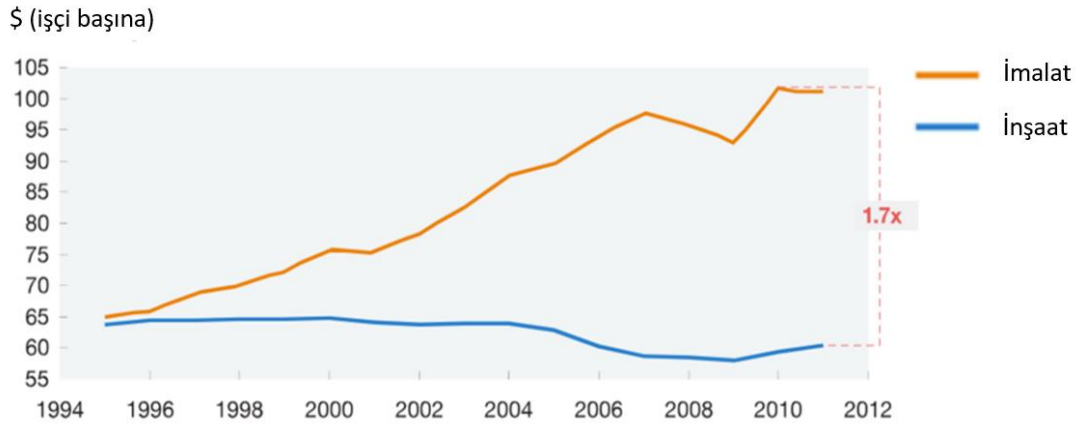
BIM (Building Information Modeling) veya YBM (Yapı Bilgi Modelleme) bir eklenti, program, ürün, yazılım ve araç değil bir mantık, yaklaşım, çalışma yöntemi, gerçekçi ve paylaşılabılır bilgi modeli sağlayan operasyonel bir metodolojidir. REVIT, All Plan ve Archicad bu çalışma mantığını benimsemiş programlardan bazılarıdır.

BIM; modelleme, model ve yönetim olmak üzere 3 kavramdan oluşmaktadır. Bu kavramlar içinde modelleme kavramı; bilgilerden oluşur ve yaratmayı hedef edinmiştir. Modelleme; mimarlık, mühendislik ve tüm uzmanlıkların bulunduğu, yaşam döngüsünün ele alındığı kısımdır. Model kavramı ise; inşaat sürecinin dijital ve somut teslimin yapıldığı evredir. Yönetim kavramı ise yapım sürecinde gerekli kaynakları, kaynak verilerini içerir.

BIM ortak bir platformda, projenin alt sistemlerinin paylaşıldığı, süperpoze projelerinin yapıldığı, daha verimli planlamayı ve sürecin kolay yönetilmesini sağlayan bir modelleme ve bilgi işleme yöntemidir. Bu yöntemde yapı gerçek ortamda inşa

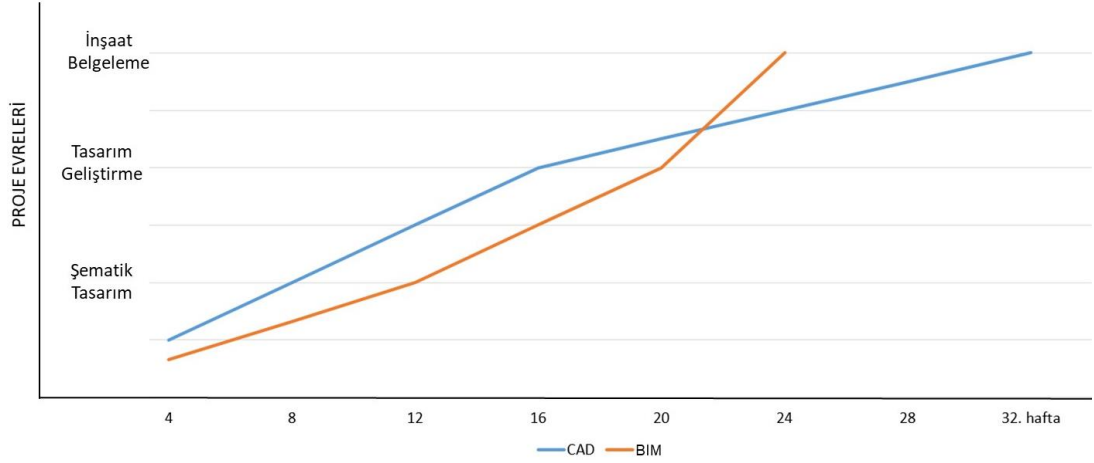
edilmeden önce dijital olarak tüm potansiyelini görebildiğimiz bir mantıktır. Bu sayede inşaat sektöründe birçok hatanın, gecikmelerin, bütçedeki maliyet değişikliklerinin temel nedeni olan disiplinler arasındaki bilgi alışverişi sorununu da güvenilir ve sağlam iş akışı ile çözülmüş olur. BIM günümüzde; geçmişte T cetvelinden bilgisayar destekli tasarıma geçiş gibi inşaat sektöründe yavaş yavaş yaygınlaşan bir araçtır.

1970-1998 ve 1994-2012 yıllarındaki Amerika kaynaklı imalat ve inşaat sektörleri arasındaki işçi başına verimliliğin karşılaştırıldığı iki farklı raporun sonuçlarına göre; aradaki farkın açılma sebebinin inşaat sektöründeki geleneksel bilgisayar tasarım araçları ve CAD mantığının kullanılmaya devam edilmesi olarak görülmüştür. Bu süreç de BIM' in sektördeki dijitalleşme sorununu çözeceğini ve bir ihtiyaç olduğunu da göstermektedir (Şekil 2.4)[31], [48].



Şekil 2.4. İmalat ve inşaat sektörleri için yıllara göre verimlilik değişimi [31]

CAD ile 32 haftada tamamlanan proje evreleri(şematik tasarım, tasarım geliştirme, inşaat belgeleme) BIM mantığında 24 haftada tamamlanmıştır ve 8 hafta tasarruf sağlanmıştır. Özellikle de inşaat belgeleme sürecinde zamandan tasarruf edilmiştir(Şekil 2.5).



Şekil 2.5. CAD ve BIM kullanılarak yapılan projelerde haftalık olarak proje evreleri

BIM mantığını CAD' den ayıran en önemli nokta BIM' in parametrik, nesne tabanlı olma özelliğidir. CAD mantığında çizgiler ile pencere oluşturulurken BIM mantığında pencere nesne olarak bulunur ve istenirse bu pencere özgünleştirilebilir, bilgi girilebilir (ışık geçirgenlik katsayıları) ve bu bilgiler aydınlatma hesaplamalarında kullanılabilir. CAD mantığı kısıtlı bir dili olan ve çok katılımcılı bir ortam değildir ancak BIM daha verimli bilgi alışverişi odaklı iş şekli kullanır. Bu duruma da birlikte çalışılabilirlik denilmektedir. Birlikte çalışılabilirlik, BIM ile gelen ve yeni bir proje teslim yöntemi olan Bütünleşik Proje Teslimi (Integrated Project Delivery - IPD) yöntemini oluşturmuştur. Bütünleşik proje tesliminde asıl amaç; proje süreçlerinde birbirinden kopuk, ayrı sorumlulukları ve hedefleri olan disiplinler yerine, birlikte ilerletilen bir projeyi hedeflemiştir. Bu da çakışma kontrolleri(Clash Detection) ile hatasız projeler oluşturulmasını sağlar. Yani birlikte çalışılabilirlik ideal bir şekilde sağlandığında bütünleşik proje teslimi oluşturulmuş ve değerler optimize edilmiş olur, CAD mantığı kullanılarak bütünleşik proje teslimi yapmak ise mümkün değildir. Tam entegre BIM kullanılan projelerde %2,68 maliyet değişiklikleri olurken bu oran yalnızca 3D çizim için kullanılan projelerde %11,17 ve BIM' in kullanılmadığı projelerde %18,42' dir[40], [27]. Bütünleşik proje teslimi içinde farklı disiplinlere ait model grupları bulunmaktadır bu gruplar disiplinler arasındaki iletişimi sağlar ve kolaylaştırır ve tüm gruplar bir araya geldiğinde BIM (Building Information Modeling) oluşur.

BuldingSMART 1997' de IFC (Industry Foundation Class) adıyla veri standartları getirmiştir[32], [33], [26]. Bu sayede farklı programlar arası modeller eksiksiz, özgür aktarılmıştır. Günümüzde BIM hala IFC standartları ile uyumlu çalışmasına karşın

birlikte çalışabilirlik için program içinde çalışan eklentiler veya veri aileleri kullanılmaktadır. IFC dosyaları aynı zamanda Açık BIM için geliştirilmiştir. Bu durum ise BIM' in genişliğini ve derinliğini artırır. BIM' deki farklı gelişmişlik seviyeleri içinde buildingSMART ve IFC kullanımı; 4D (zaman) ve 5D (maliyet) boyutları ile 3. Seviye BIM' i ile tanımlamaktadır. BIM' de 4 temel gelişmişlik seviyesi vardır. Seviye 0 gelişmişlik düzeyinde BIM' de 2 boyutlu CAD dosyaları kullanılır, tam anlamıyla BIM mantığındaki kapsam yoktur, Seviye 1' de konsept tasarım gösterilir ve sadece müşteri modeli yapılır, Seviye 2' de 4D ve 5D dahil olur, tüm projeler BIM programları kullanılarak üretilir, Seviye 3' de BIM web alt yapısı ile kullanılır, IFC standartları ile uyumlu modeller üretilir.

BIM sürecinde gerekli olan veri, detay ve amaca göre; 3 boyuttan 7 boyuta kadar aşamalarda modelleme gerçekleştirilir. 3D model grubu; tasarım, görselleştirme ve projede disiplinler arası koordinasyonu sağlar. Mimari BIM, yapısal BIM ve MEP BIM gibi gruplara ayrılabilir. 4D zaman boyutudur, 5D metrajların hesaplandığı ve maliyet tahminlerinin yapıldığı boyuttur, 6D sürdürülebilirlik ve analizler, 7D tesis ve yönetim, 8D ise acil durum ve güvenliğin oluşturulduğu boyutlardır. Tüm bunlar BIM' e çok yönlülük ve disiplinler arası birlikte çalışılabilirliği getirir. Bu tez çalışması kapsamında ise aydınlatma tasarımı ile ilgili olan 6D boyutu üstünde durulmuştur ve ElumTools eklentisi ile bir simülasyon çalışması yapılmıştır.

Yapım inşa aşamasında bir modelin gelişmişlik seviyesini belirlemek, diğer paydaşları gereksiz detaydan kurtarmak ve bilgi karmaşasını önlemek için BIMForum komitesi tarafından Level of Development (LOD) terimi geliştirilmiştir. 6 grup LOD vardır; LOD100 kavramsal tasarım, LOD200 tasarım geliştirme, LOD300 son tasarım, LOD350 çevre ile olan bağlantıların ve ilişkiler, LOD400 yapım inşaat ve LOD500 işletmeyi tanımlar.

Örnek alınan bir aydınlatma elemanı ve sistemi için gelişmişlik seviyesi gruplarına göre değerlendirildiğinde; LOD 100; sembol, ikon veya notlar ile aydınlatma elemanının temsili olarak yerinin ve maliyetinin gösterilmesidir. LOD 200; seviyesi aydınlatma elemanının genel görünümü şekli, boyutu ve konumunun izafi gösterimidir. Tasarımın kesinleştiği LOD 300; seviyesinde ise artık aydınlatmanın türü, şekli, boyutu ve konumu gibi detaylar belirlenmiştir. LOD 350; ise gerçek

modeldir; belirli boyut, şekil ve konum bulunur. LOD 400; LOD 350' ye ek olarak tavana eklenecek aydınlatma elemanının; montaj detayları ve imalat detaylarının bulunduğu evredir. LOD kavramı ve grupları standartlarda tanımlanmış olmasına karşın bu durumun pratikte uygulaması çok mümkün değildir, ayrıca böyle bir kavrama da ihtiyaç yoktur zaten BIM' in detay seviyesi önemli olmaksızın tüm detayların projede bulunması gibi bir hedefi vardır.

Tablo 2.1. BIM' in seviyelerinin; çalışma mantığı, boyutluluk, LOD ve çalışma şekli bakımından değerlendirilmesi

Gelişmişlik Seviyesi	Seviye 0	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Çalışma Mantığı	CAD	BIM	BIM	Açık BIM
Boyutluluk	2D	3D	4D-5D	4D-5D-6D-7D
LOD	LOD 100-200-300	LOD 100-200-300	LOD 300-400	LOD 350-400-500
Çalışma Şekli	Dosyalar kullanılır ve model yoktur.	Sadece müşteri için kavramsal model üretilir.	BIM içinde tüm projeler vardır ve tüm disiplinler BIM ile çalışır.	Bütünleşik tek bir model ve Açık BIM mantığı ile yapılır.

Bu çalışmada Seviye 3 içinde 6D BIM olanakları kapsamında mimari proje- mekanik proje aydınlatma projeleri gerçekleştirilmiş ve simülasyon çalışması yapılmıştır.

BIM' in yapı sektörüne dahil olması sonucu gelen olanaklar düşünülerek; BIM ve CAD karşılaştırılması yapıldığında proje süreçleri içindeki çalışmalarda ölçülebilir ve ölçülemez olarak birçok yarar sağlanmıştır.

Stanford Üniversitesi, CIFE (Center for Integrated Facility Engineering)–(Entegre Tesis Mühendisliği Merkezi) bölümünün 2007' de yapmış olduğu kapsamlı bir araştırmada BIM ile; bütçedeki değişimlerde %40 düşme, maliyet tahminlerinde ise hata oranının %3' ün altında olması, yapısal elemanların çakışması neticesinde sözleşmede oluşan kayıplardan ve sözleşme şartnamesindeki rakamdan %10 düşme, maliyet tahminlerinin yapımı sürecinde %80 zaman kazanımı sağlanmış, toplam proje üretim süresinde %7 oranında zamanda kısalma sağlanmıştır[27], [30].

Bir başka çalışmada ise farklı ülkelerde yapılan BIM projelerinde; ABD' de %65, Birleşik Krallık' ta %80 oranında olumlu etkisi ölçülmüştür[39], [40]. Endeavour House – 2010' da %9.8, Festival Place – 2010' da yapımında proje maliyetlerinde %9 azalma olmuştur[26]. Şangay Kulesinde ise BIM kullanılarak %32 oranında malzemeden kazanç sağlanmıştır[29]. Ayrıca BIM' de MEP (mekanik – elektrik – plumbing) süreçlerinde hataları düzeltme ve yeniden yapmada %60 düşüş olurken verimlikte ise %8 artış oluşmaktadır[27]. Bu sayede BIM' de uzmanlaşmış kişilerin sektördeki artışı ve BIM' in aktif olarak kullanılması ile projelerdeki verimliliğinin ve avantajlarının sayısal değerlerinin de artacağı anlaşılmaktadır.

Ölçülebilir olmayan yararları ise kısa vadede; proje sürelerinde düşüş, tutarlı olabilme, faydalı üretim yapabilme, yapı maliyetlerinde düşüş, müşteri memnuniyetlerinde artma, güven sağlama ve sözleşme anlaşmazlıklarından doğan sorunlarda azalma gibi sonuçları olurken uzun vadede yeni iş imkanlarının olabilmesi, özen ve hassasiyet gerektiren işlerin sürelerinde ve hatalı üretimlerden doğan yeniden inşada azalma gibi sonuçları uzun vadede görülebilmektedir.

BIM mantığının ortaya çıkışı yeni değildir, ancak zaman içinde dünyada farklı ülkelerde ve yapı sektöründe farklı alanlarda aktif kullanılmaya başlanmıştır. Dünyada farklı ülkelerde BIM kullanımı ile ilgili McGraw Hill şirketinin 2013 yılında yaptığı kapsamlı çalışmada; ABD' de %75, Güney Kore' de %51, Avustralya' da %49 ve Kanada' da %48 kullanım oranlarının olduğu belirlenmiştir[26]. Türkiye ise diğer ülkeler düşünüldüğünde sürecin çok başındadır.

Ağırlıklı olarak büyük projelerde kullanılan BIM; günümüzde özellikle ülkemizde az örnekleri olsa da küçük şirketler ve az metrekarelerde de kullanılmaktadır. 2019 yılında İngiltere de yapılan bir araştırmada; BIM bilgisine ve yeteneğine inanan şirketlerin oranı büyük ölçekli olanlarda %64, küçük ölçekli olanlarda %45 'tir. Bu araştırma sonuca göre büyük şirketlerin BIM konusundaki yeteneklerine inanma oranının, küçük şirketlerden daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır[34]. Yine McGraw Hill şirketinin 2007 ve 2014 yılları arasındaki başka bir araştırmasında, BIM kullanımının en yaygın olduğu disiplin mimarlıktır. Mimarlıkta BIM kullanım oranı 2007 yılında %37 iken 7 yıl sonra %75 olmuştur, benzer şekilde yüzde yüze varan artışlar diğer disiplinlerde de gerçekleşmiştir[26], [27]. 24 Aralık 2018' de BIMgenius

tarafından yayınlanan “Türkiye BIM Raporu” verilerine göre; Türkiye’ deki BIM kullanımına bakıldığında İstanbul ilk sıradadır. Bir üç yıl arasında tecrübeli mimarlarda kullanım oranı %13.5, üç beş yıl arasında %6.36, 5 yıl üstü tecrübeli mimarlarda kullanım oranı %11.04’tir[26], [31]. Ayrıca süreçte Türkiye’ de BIM kullanımına artan ilgi görülmekte ve IFC ile veri aktarımı sağlayan Açık BIM kavramına ise yönelimin olmadığı, BIM 360 ve Navisworks tercih edildiği anlaşılmıştır.

2019 yılındaki anket çalışmasında dünyada BIM’ in sektördeki kullanımı konusunda; %65 müşteri isteği olmaması, %63 uzman kişi olmayışı, %59 eğitim eksiği ve %51 sözleşme standartlarının olmayışı BIM’ in önündeki engellerden başlıcalarıdır[34]. Türkiye’ de ise firmaların kültürel alışkanlığının oluşmaması, iş stiline bu yönde gelişmemiş olması ve mevzuat ve standartların bulunmaması süreci uzatmaktadır. Dünyada ise standartlar ülkelere göre farklılık göstermektedir. Farklı ülkelere ait farklı şartnameler ve mevzuatlar bulunmaktadır. Özellikle kamu projeleri ile ilgili geniş şartnameler ve teslim yöntemleri vardır. Örneğin; bu konudaki önde gelen ülkelere Finlandiya çalışmalarına çok öncesinde başlamış, ilk olarak 2007 yılında BIM kullanma ve uygulama stratejileri sunmuştur ve BIM konusunda Türkiye içinde olumlu etkisi olacak bir ülkedir. ABD ve Birleşik Krallık bütün kamu yapılarının projelerinin BIM’ e uygun şekilde teslimlerinin yapılmasını onaylanmıştır. İngiltere ise yayınladığı doküman ile bütün inşaat projelerinin BIM uyumlu olmasının gerekliliğini açıklamıştır. Ayrıca proje teslim aşaması, yapım ve kullanım aşamaları ile ilgili şartnameler de yayınlamıştır[29], [28]. Dünyada birçok ülkede hem devlet desteği hem de getirilen zorunluluklar ile BIM yaygınlığı artmıştır.

Günümüzde CAD kullanımı azalırken BIM kullanımı artmaktadır. CAD’ in 1990’ da Türkiye’ deki pazar payı %70-80 iken günümüzde BIM mantığını benimsemiş programların piyasaya girmesi ile bu pay %50-60 olmuş ve kullanım yoğunluğu düşmüştür[7], [8].

BIM bir mantık olması ve bu mantığı oluşturan programlar olmadan BIM’ in de bir devamlılığının olmayacağı gerçektir. BIM programları yapan ve sunan belirli şirketler vardır ve günümüzde üretilen programların bir kısmı; BIM modeli oluşturan ve bu modeli IFC olarak aktarabilen kısaca modeli oluşturan ve değiştirebilen programlar iken bir kısmı da hesaplamaları yapan ve modelin verilerini arttırmayı ve doğrulamalar

yapmayı sağlayan programlardır. Bunun dışında ayrı bir grup olarak BIM sũrecinin koordinasyonunu ve yũnetimini sağlayan programlar bulunmaktadır. Bu aynı zamanda “modelleme-model-yũnetim” kavramlarını da oluşturmaktadır.

Farklı disiplinlere ve kullanım amaçlarına gũre BIM mantığında çalışan programlar vardır, bu programlardan bazıları; Graphisopft Archicad, Allplan, Vectorworks, Autodesk REVIT gibi programlardır.

Graphisopft Archicad; nesne tabanlı bir BIM modelleme aracıdır. Mimar ve tasarımcılar için ȳzelleřmiř olan programın panel cephe, çatı penceresi aracı gibi ȳzelleřmiř uygulamaları vardır ve IFC, BCF uzantıları ile dışa aktarılır. Allplan; Nemetschek firmasının BIM mantığı ile parametrik nesneler kullanılarak proje yapımını sağlayan bir BIM modelleme programıdır. Hem 2D çizimlerin yapılabil-diği hem de obje odaklı yapı elemanların oluşturmada kullanılabilen bir programdır. Konsept tasarım evresinden metraj çalışmalarına kadarki evrelerde modelleme yapmak için kullanılır ve DWG, IFC, PDF, DXF, DGN uzantıları ile dışa aktarılır, cephe tasarımı, metraj gibi amaçlar için olan ara yũzleri vardır. Vectorworks; Nemetschek firmasının farklı uzmanlıklar için; mimari, statik, şehir planlama, peyzaj ve mũhendislik alanlarında ȳzelleřmiř araçlar sunan program. Açık BIM ile RVT, RFA ve IFC kullanılarak dışa aktarılabilir. Bentley MicroStation; coğrafi Bilgi Sistemleri ȳzellięi olduğu için genellikle haritacılar ve planlama alanlarında kullanılır. BricsCAD BIM; esnek ve karmaşık modeller oluşturulabilir. ICF ve BCF uzantıları ile dışa aktarılabilir. Makine mũhendisleri tarafından kullanılan bir programdır. Trimble Tekla Structures; ȳzellikle elik betonarme ya da ahşap yapıların modellemesinde inşaat mũhendisleri tarafından kullanılan bir programdır. BIM programlarının Tũrkiye’ deki pazar payları ise; Archicad %11, Allplan %9 ve REVIT %1dir[8].

Autodesk REVIT; AutoCAD programının ȳreticisi olan Autodesk firmasının BIM mantığında çalışan bir programıdır. REVIT başlarda Charles River ve şirketi Charles River Software Cambridge tarafından 1997’ de tasarlanmaya başlanmış, 2000 yılında ilk sũrũmũ REVIT Building ile piyasaya sunulmuştur. Kelime olarak “REVIT”; Speed(hız) ve revizasyon kelimelerinin birleşiminden oluşur. Programı 2002 yılında Autodesk REVIT Building adı ile satın almış ve program bu sebeple Autodesk’ in diğer programlardan farklı alışma mantığına sahiptir. Autodesk’ in 2013 yılında programa

File Architecture Structure Steel Systems Insert Animate Analyze Massing & Site Collaborate View Manage Add-Ins Modify

Modify

Select

Wall Door Window Component Column Roof Ceiling Floor Curtain System Mullen Railing Ramp Stair Model Line Model Text Model Group Room Room Separator Tag Room Area Area Boundary Tag Area

Build

Circulation

Model

Room Area

By Face

Shaft

Vertical

Level

Set

Show

Ref Plane

Viewer

Opening

Dormer

Datum

Work Plane

REVIT programı mimari disiplin içinde ele alındığında en üst kısmında bulunan bölümünde Architecture, Structure, Steel, Systems sekmeleri bulunur; mimari tasarım, inşaat ve mekanik projeleri bu başlıklar altında gerçekleştirilebilir. Programda yapı tasarımındaki farklı tasarımlar için farklı programlar geliştirilmiştir bunlar REVIT Architecture - REVIT Sutrukture - REVIT MEP 'dir.

[illegible]

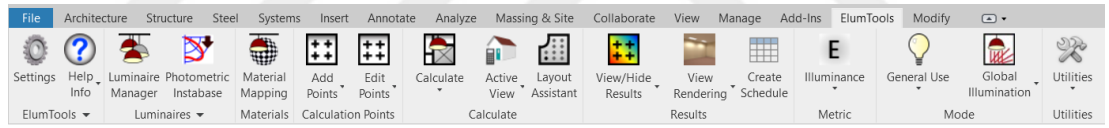
HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning)–(Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) sistem tasarımında yine bu panelden gerçekleştirilmektedir, sekmede var olan elemanlar kullanılarak istenilen görünüş üstünden tasarım yapılabilir[51].

18

360 bulut tabanlı uygulaması ile otomatik ve eş zamanlı olarak iletir, bu da hem zaman kaybını önler hem de iş gücünü azaltır. REVIT' te tasarlanan yapıların üretim aşamasına geçmeden analizleri ve hesaplamaları yapılır.

REVIT' te aydınlatma tasarımı sürecine başlamadan önce öncelikle family dosyalarını oluşturmak gerekir. Family REVIT için, mimari- elektrik veya aydınlatmada kullanılacak tüm elemanları ifade eder. Family nesnelerin gerçek boyutlarını teknik özelliklerini içeren ve her proje için ayrı olarak hazırlanan ve ciddi iş gücü gerektiren REVIT dosyalarıdır.

Autodesk REVIT Aydınlatma Tasarımı Programı: ElumTools: Autodesk firmasının REVIT içinde hazırlamış olduğu tam entegre olan aydınlatma tasarımı eklentisidir. Herhangi bir yüzey veya düzlem üzerinde nokta aydınlatma hesabı yapar, aydınlatma sektöründe standart yöntem olan radyosite (radyosite) tabanlı hesaplama yöntemi kullanan aydınlatma tasarımı yapar.



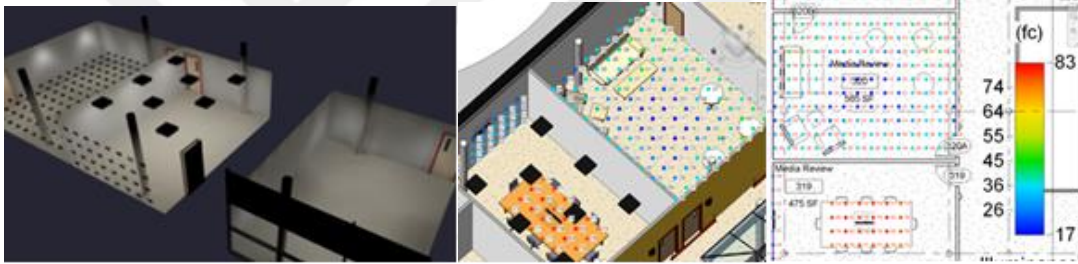
Şekil 2.8. REVIT içinde "ElumTools" sekmesi yeri

REVIT programında bulunan malzeme özelliklerini ve aydınlatma aygıtlarını kullanılır. Ayrıca hesaplama sonuçları REVIT' te görülebilir ve istatistikler, grafikler REVIT programında bulunur. ElumTools' ta ayrıca dış mekandaki bitkiler için bahçe bitkileri hesaplama modu, acil, günışığı ve yapma aydınlatma olarak 4 farklı hesaplama modu bulunur(Şekil 2.8).



Şekil 2.9. Hesaplama Modları

ElumTools' un en önemli avantajı; projenin var olan REVIT modelinin (mimari ve diğer disiplinlerin bulundurduğu) kullanılması nedeni ile daha doğru ve iş birliği içinde bir aydınlatma hesabı ve analizi yapar. ElumTools' ta tüm model için tek seferde aydınlatma hesabı yapılabileceği gibi parçalanıp gruplar oluşturularak da aydınlatma hesabı yapılabilir(Şekil 2.9).



Şekil 2.10. ElumTools simülasyon örnekleri[11]

Aydınlatma tasarımında BIM kullanımı; geleneksel metotlara göre projenin kararlarının daha erken alınması ile zamandan tasarruf edilmesini sağlar. BIM' de aydınlatma projesi yapılırken sistem simülasyonlar üstünde karar vermeyi kolaylaştırır. Aydınlatmada BIM kullanımı, modelin görselleştirilmesini ve analizlerinin yapılmasını diğer yöntemlere göre daha hızlı sonuçlandırmaktadır. Planlama aşamalarının en başından detayları planlı projeler oluşturulduğu için aydınlatma tasarımının, tasarım sürecinin en başından itibaren proje ile birlikte geliştirilmesinin önünü açar.

BIM elemanları kullanıldığında yapıların günışığı verimliği artırılır. Yapma aydınlatmanın yapı ile olan uyumu sağlanır ve yapma aydınlatma konfor şartları artırılabilir. Enerji verimliği analizleri ile aydınlatma tasarımına uygulanması

sağlanabilir. Yapılan çalışmalarda BIM kullanımı; toplam enerji verimliğinde %50, aydınlatma enerji verimliliğinde %13 avantaj sağlamıştır[4]. Bunun yanı sıra aydınlatma elemanlarının maliyetlerinin ve enerji miktarlarının hesaplanmasında şeffaf ve güvenilir sonuçlar verir ve proje tasarım aşamasında iken gerçeğe en yakın simülasyon verilerini verebilir.

BIM' de aydınlatma tasarımı yapmanın en iyi yolu REVIT programını kullanmaktır çünkü zaten projenin 3D modeli varsa, yeniden model oluşturmada ElumTools ile birlikte daha kolay aydınlatma tasarımı ve hesapları oluşturulur.

Aydınlatma tasarımında BIM kullanımı zorlukları: REVIT' teki fikstürlerin doğru konumlandırılması ve hizalanmasını yapmak, AutoCAD' de yapmaya kıyasla daha fazla zaman alır, bu sebeple AutoCAD ortamında kılavuzları çizerek daha sonra bunları REVIT' te kullanmak çoğunlukla daha kolay olduğundan tercih edilebilir. REVIT kullanıcı odaklı bir uygulama olmadığı için kullanıcılar AutoCAD ortamında taslak hazırlamaya devam etmektedir. AutoCAD ortamında kolaylıkla yapılan detayları REVIT' te üretebilmek REVIT' in komplike olması sebebi ile daha zordur. Ancak bu yöntemde de hem süre uzamakta hem de hata olasılığı artmaktadır. Genellikle bütün disiplinler ile ilgili birçok bilgi modeli bulunduğu dosyalara erişilebilirlik ve kopyalama kolay değildir ve zaman kayıplarına neden olabilir. BIM' in birçok sektörde olduğu gibi inşaat sektöründe de kullanımının az olması da bir dezavantajdır.

Aydınlatma tasarımında BIM kullanımı süreci (adaptasyonu): REVIT IFC dosaları DIALUX evo içinde aktarılabilir. Bu da yapıyı sıfırdan modellerken oluşabilecek veri kayıplarının önüne geçer. Bu özellik de BIM kullanıcısının hangi bileşenleri içe aktarabileceğini seçmesine olanak tanır[5].

REVIT eklentisi olan ElumTools, aydınlatma tasarımı ve analizini BIM' e entegre etmeyi sağlayan bir eklentidir ve REVIT programında aydınlatma hesabı yapılabilmesinin önünü açmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında da REVIT programı ve ElumTools eklentisi kullanılarak ofis birimi önerisinde aydınlatma tasarımının diğer alt sistemler ile entegrasyonunu sağlandığı deneme çalışması gerçekleştirilmiştir.

3.OFİSLERDE AYDINLATMA TASARIMI İLKELERİ

Ofislerde aydınlatma tasarımı ilkeleri içinde; görsel konfor etkenleri, günışığı tasarımı ve yapma aydınlatma sistemleri ve mekanik sistem tasarımlarının aydınlatma tasarımı ile ilişkisi ele alınmıştır.

3.1 Ofislerde Görsel Konfor Etkenleri

Konforlu mekanlar tasarlanmasında ve kullanıcıların konfor duygusunu sağlamada etkili olan; ısı, duyma ve görmeye bağlı fiziksel çevre değerlerinin insan fizyolojisi ve psikolojisi için konfor şartlarını bozmayacak değerler içinde sınırlandırılması önemlidir. Fiziksel çevre değerlerinden konfor şartlarını sağlayan ve aydınlatma ile ilgili olan “Görsel Konfor” için en önemli etken, ister iç mekan ister dış mekan olsun, mekan içindeki aydınlatma tasarımıdır. Herhangi bir aydınlatma tasarımı açısından nitelik ve nicelik, fizyolojik ve psikolojik etkenler birlikte ele alınmalıdır. Aydınlik düzeyi, renk ve parlıltı etkenlerine ait değerler niceliksel açıdan sağlanmaya çalışılırken, bu çevre etkenlerinin kullanıcılar üzerinde oluşturduğu rahatlık, hoşnutluk, görsel memnuniyet vb. izlenimler aydınlatmanın niteliğini belirler.

Ofisler gibi tüm kapalı alanlarda, aydınlatma tasarımının görsel konfor açısından sağlanması gereken değerler EN 12464-1, CEN, CIE, CIBSE, DIN ve IES standartlarında tarif edilmektedir. Ülkemizde de EN 12464-1 standardının esas alındığı TS EN 12464-1 standardı kullanılmaktadır.

Günün zamanına ve mekanın işlevine bağlı olarak yapma aydınlatma tek başına kullanılabileceği gibi çoğu zaman günışığı etkisiyle birlikte bütünleşik aydınlatma şeklinde de karşımıza çıkmaktadır. Bu yöntemin tercih edildiği yapılarda aydınlatma enerjisinde tasarruf sağlanabilmektedir. Ofislerde tüketilen toplam enerjinin %39' u aydınlatma amaçlıdır ve bu oran diğer yapı tipleri (alışveriş merkezleri, konutlar veya endüstri tesisleri) ile kıyaslandığında en yüksek orandır[16], [21]. Bu nedenle ofis mekanları gibi gün boyu çalışılan ortamlarda iyi tasarlanmış bir yapma aydınlatma ile günışığı tasarımı birlikte düşünülmelidir.

Literatürde ofis mekanları büyüklüklerine göre 3 grupta incelenmektedir, hücresel ofisler, grup ofisler ve açık ofisler. Ancak grup ofislerin ve açık ofislerin birlikte verildiği kaynaklar da bulunmaktadır.

Hücresel ofisler; 1-3 kullanıcının bulunduğu daha küçük hacimli ofislerdir, pencereden itibaren en fazla derinlik değerinin 6 m civarında olduğu genişliklerin çoğunlukla 3-4 m aralığında tercih edildiği, 8-40 m² alanlı olan küçük hacimli ofislerdir[37]. Bu ofislerde mekanın yerleştiriliş planı önceden belirlenmiş olur. Bu sebeple mekanın aydınlatması bu tefrişe göre yapılmalıdır. Genel aydınlatma çalışma düzlemi ve çevresi aydınlatılarak bölgesel aydınlatma ile desteklenebilir. Genel aydınlatma elemanları tavana asılı, tavan yüzeyine sabit veya tavana gömülü olabilir. Bölgesel aydınlatma elemanları ise masaya ve diğer elemanlara montajlı, ayaklı sabit veya hareketli elemanlar olabilir.

Grup ofisler 5 kişilik çalışma alanının bulunduğu pencere yüzeyinden derinliğin 6-10 m arasında olduğu 40-150 m² hacme sahip orta hacimli ofislerdir[37].

Açık planlı ofislerde ise; derinlik çok daha fazladır pencere yüzeyinden itibaren 20 m derinliğe kadar ulaşır, alanı ise; 150 m² ve daha fazla olabilir. 40 veya daha fazla kişinin çalışabildiği genellikle her çalışan için 3.5 m² alan planlanan ofislerdir[37]. Pencereden uzaklaştıkça yani hacmin derinliğine doğru ilerledikçe günışığı katkısı büyük oranda azalacak ve mekan içinde yüksek aydınlık düzeyi ve parıltı dağılımları farkından dolayı konforsuzluk oluşacaktır. Günümüzde ofis mekanları içinde önemli bir yer tutan açık ofislerde; aynı alanlarda aynı tip eylemin yapıldığı düşünülerek

düzgün yayılıma sahip genel aydınlatma planları tercih edilerek tasarımlar yapılmaktadır. Ancak hacmin kullanılmayan alanlarında oluşabilecek kayıpların önüne geçmek için çalışma düzlemlerine konumlandırılmış kullanıcı kontrollü, bireyselleşebilen aydınlatma sistemleri enerji yönetimi açısından yerleştirilmelidir. Açık ofislerde yerleştirilen bölücü elemanlar çalışma düzlemlerinde gölge oluşumuna neden olabilirler; bunun önüne geçmek için ise bu elemanların fazla yüksek olmaması ve çalışma düzlemlerinin çok yakınına konumlandırılmaması gerekmektedir. Yine de açık planlı ofislerde bu sorunların önüne geçmek ve daha kişiselleştirilmiş aydınlatma tasarımları yapabilmek için genel aydınlatma ile birlikte bölgesel aydınlatmanın da tercih edilmesi önemlidir. Hücresel ofislerde günışığından yararlanmak çok daha kolaydır. Ancak derinliği olan açık planlı ofislerde pencereden uzaklaştıkça aydınlık düzeyi düştüğü için günışığından yararlanmak zorlaşır.

Ofis mekanlarından bir diğeri de toplantı odalarıdır; pek çok kişinin aynı mekanda bulunduğu ve iletişim kurduğu toplantı odalarında bir kişi için ortalama 1.5-2 m² aralığında alan ayrılır. Bu sebeple 8-12 kişinin bulunduğu toplantı odaları 24 m², 15-20 kişinin bulunduğu toplantı odaları 40 m² civarındadır[37]. Yine toplantı odalarında da; prestij ofislerinde olduğu gibi ve kişiler üstünde bıraktığı etki önemlidir. Toplantı odalarının aydınlatma tasarımında öncelikli olarak, toplantı masasının ve masada bulunan kişilerin aydınlatılması hedeflenmelidir. Buradaki kişilerin yüzlerinin görsel konforsuzluk yaratılmadan rahat görülebilmesi ve algılanması, kullanıcıların yüzlerinde sert gölgelerin oluşmaması önemlidir. Slayt gösterimi veya benzeri elemanların kullanımı düşünülerek kontrolün manüel ve otomatik olarak sağlanması dimmerleme özelliğinin tercih edilmesi gerekmektedir. Ayrıca duvar yüzeylerinde tablo ve benzeri sergilenen elemanların olması durumunda bu elemanlar içinde diğer aydınlatma tasarımlarına ek olarak dikkat çekme amaçlı aydınlatma tercih edilebilir.

Sonuç olarak nitelikli bir aydınlatma tasarımı; fizyolojik açıdan insanın sağlıklı ve düzgün görebilmesini sağlar. Bunun yanı sıra psikolojik açıdan da; insanın bulunduğu ortamdaki memnuniyetini hedefleyen, estetik değerleri göz önünde bulunduran aydınlatma tasarımı, ayrıca hacmin, yüzeylerinin ve kullanılan malzemelerinin doku ve renksel özelliklerine dikkat edildiği bütüncül bir tasarım çalışmasıdır. Aydınlatma tasarımı günışığı ve yapma aydınlatmanın tüm özelliklerinin ve bunların hesaplama metotlarının da değerlendirildiği, bu sebeplerle birçok disiplininde dahil olduğu bir uzmanlık alanıdır. Dolayısıyla görsel algılamının gerçekleşebilmesi ve nitelikli bir

aydınlatmanın yapılabilmesi için eylemlerin gerekliliklerine bağı olarak aydınlatmada fizyolojik şartların (aydınlık düzeyi- parlı- renk) sağılanması ve bunların yaratabileceğı sorunların (kamaşma) kontrolde tutulması gerekliliktir.

3.1.1 Aydınlık Düzeyi

Aydınlık düzeyi belirli bir alana birim zaman aralığında gelen ışı akısı miktarıdır. 1 lümen değıerinde ışığın 1 metrekare alana gelmesinin aydınlık düzeyi 1 lux (lm/ m²) tür.(1 lux = 1 lümen / 1 m²)

Ofislerde aydınlık düzeyi hesabında çalışma düzlemleri hedef alınarak aydınlatma hesabı yapılmalı, yapılacak olan işteki hassasiyet, detay seviyesi, dikkat gereksinimi, işin süresi gibi durumlar esas alınarak aydınlık düzeyi hesaplanmalıdır.

Ofislerde farklı işlevlerdeki çalışma alanları için gerekli aydınlık düzeyleri (E) standartlarda farklılık göstermektedir;

Tablo 3.1. TS EN 12464-1, CEN, CIE, CIBSE, DIN ve IES standardına göre ofis mekanlarında ve yardımcı alanlarda görev ve aktiviteye göre aydınlık düzeyi.

E (lx):				E _o (lx):		E _{min} (lx):
Alan – Görev – Aktivite Türleri	TS EN 12464-1	IES	CIE	CIBSE	DIN	CEN
Dolaşım alanları (sirkülasyon) Dosya ve fotokopi odaları vb.	300	50-150	300	50-100-150	200	300
Yazma, okuma ve veri işleme	500	400	500	300	500	500
Teknik çizim	750		750	500-750	750	750
CAD çalışma birimleri	500	300	500	300-500	500	500

Konferans ve toplantı salonları	500	300	500	500	500	500
Resepsiyon masası	300		300			
Arşivler	200		200	200		200
Ofis Açık ofis (7 ve üstü kişilik) Büyük çalışma ortamları	500	400	-	-	750	-
Çalışma düzlemi için E _{orta} (lx)	-	-	200-1000	300-750	300-1000	-
Koridor ve dolaşım alanları	100	50	-	-	200	-
Merdiven, yürüme bantları ve asansörler	100 (Eşiklerde daha belirgin kontrastlar, uygulanmalıdır.)	50	-	-	-	-
Asansör girişleri	100 (Asansör kapısı önündeki ışık düzeyi en az E _m = 200 lx, olmalı)	-	-	-	-	-
Kantin, kafeterya vb.	200	100	-	200	300	-
Mutfak	500	500	-	500	-	-
Tuvalet, banyo, duş ve giysi değiştirme odaları	200 (Eğer tuvalet kabinleri tamamen kapalı ise her kabin için bu değerler sağlanmalıdır.)	50 (Genel tuvaletler) 300 (banyo)	-	100	-	-

Farklı ülkelerdeki çalışma mekanlarında ve ofislerde kabul edilen aydınlık düzeyi de farklılık göstermektedir. Bu durum ülkelerin ekonomik gelişmişlikleri ile ilişkilidir. Burada önemli olan, tercih edilen standardın verdiği değerlerin minimum değerler olduğudur (Tablo 3.1).

Ofis yapılarında farklı hacimlerde mekanın kullanım amacı ile ilişkili olarak değişen değerler belirlenmiştir. Ülkemizde geçerli olan TS EN 12464-1 standartlarına göre,

ofis mekanları için aydınlık düzeyi 300-750 lux aralığındadır(Tablo 3.1). Ancak 750 lux aydınlık düzeyi günümüzde ofis mekanlarında bilgisayar ağırlıklı çalışıldığı ve bilgisayar ekranının kendi ışığı olması ve düşey düzlemde olması nedeniyle ofislerde 300 lux civarında aydınlık düzeyleri tercih edilmektedir. Ayrıca istenen aydınlık düzeyi 300 lux' ün %90' ından daha az olmamalı ve %10' undan fazla artırılmamalı ve aydınlatma tasarımı projelerinde bu standartlar dikkate alınmalıdır[14]. 1989 yılı IES standartlarındaki verilere göre 55 yaş üstündeki kişilerde 500 lux, 55 yaştan küçük kullanıcılar için ise 300 lux aydınlık düzeyi görsel konfor yaratmaktadır. Ofis yapıları gibi değişik yaş gruplarının bulunabildiği mekanlarda farklı yaş gruplarındaki kullanıcılara uyum sağlayabilen aydınlatma tasarımları tercih edilmelidir.

Görsel konfor ve görme kabiliyetinde etkili bir diğer durum ise adaptasyondur. İki tip adaptasyon vardır. Aydınlık adaptasyonu, karanlık bir mekandan aydınlık mekana geçildiği durumda oluşur. Karanlık adaptasyonu ise aydınlık bir yerden karanlık bir yere geçildiği durumda oluşur.

Görsel uyum sürecinin hızlanabilmesi için düzgün yayılan bir aydınlık düzeyinde kademeli bir artırma veya azaltma yapılmalıdır. CIE standartlarında aydınlık düzeyindeki farklılıkların sonucunda gözün uyum sorunu yaşamasını önlemek için 1.5 katlık ilerlemeler ile mekanlar arasında geçişin yapılması önemlidir, geçişler sıralı olarak 100, 150, 200, 300, 500, 750... lux gibi olmalıdır. Bu düşüş kademeleri uygulanmadığında koyu gölgeler ve kamaşmalar oluşur.

Gün içinde aydınlık düzeyinin az veya çok olması durumunun yarattığı bazı olumsuzluklar vardır. Bunlar yorgunluk, baş ağrısı, performansın düşmesi, dikkat eksikliği ve uyku düzeninde bozukluklar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Aydınlatma tasarımı yapılırken yüzey ve nesnelerin doğru anlaşılabilmesinin sağlanması gereklidir. Aydınlatma tasarımında; bir yüzeyin cismin formunun ışık kullanılarak gölge ile ortaya çıkarılması ile modelleme oluşturulur. Mekanlar içinde yapılacak olan eyleme, amaca ve çalışmaya göre yatay aydınlık düzeyi, dikey aydınlık düzeyi tercih edilebilir. Son yıllarda ofislerde kullanılan silindirik aydınlatma modeli tek bir nokta etrafında tüm yönlerden ışık alınması ile oluşur. Özellikle insanların

yüzlerinin optimum aydınlık düzeyine sahip olması amaçlanır, görsel iletişimin gerekli olduğu ofis, toplantı odası, sınıf gibi mekanlarda silindirik aydınlatma modeli kullanılır. Ortalama silindirik aydınlatma 50 lux den az, 150 lux den fazla olmamalıdır ve bu değerler ayakta olan insanlar düşünülerek yerden 160 cm yukarıda ve oturanlar düşünülerek yerden 120 cm yukarıda hesaplamaları gerçekleştirilmelidir[57].

Ayrıca ofis mekanlarında düzgün yayılan yüksek bir aydınlık düzeyi tercih edilmesi ve mekanın dikey yüzeylerinin (duvarı- bölücü elemanları) aydınlatması ferahlık, hoşnutluk ve rahatlık hissini artırmada önemlidir.

Düzensizlik; değeri mekan içinde olan en düşük aydınlık düzeyinin, ortalama aydınlık düzeyine bölünmesi ile bulunur. Bu çıkan farklılıkların çok yüksek olması istenmez ancak çalışma düzlemi ve yakın çevredeki diğer yüzeyler arasında da belirli bir oranda kalması koşulu ile aydınlık düzeyi farklılıkları olmalıdır.

Tablo 3.2. TS EN 12464-1 standardına göre ofis mekanlarında ve yardımcı alanlarda görev ve aktiviteye göre düzensizlik değerleri (U_0)

Alan – Görev – Aktivite Türleri	Düzensizlik (U_0)
Dolaşım alanları (sirkülasyon) Dosya ve fotokopi odaları vb.	0,4
Yazma, okuma ve veri işleme	0,6
Teknik çizim	0,7
CAD çalışma birimleri	0,6
Konferans ve toplantı salonları	0,6
Resepsiyon masası	0,6
Arşivler	0,4
Koridor ve dolaşım alanları	0,4
Merdiven, yürüme bantları ve asansörler	0,4
Asansör girişleri	0,4
Yükleme rampaları	0,4
Kantin, kafeterya vb.	0,4
Bekleme odaları	0,4

Tuvalet, banyo, duş ve giysi değiştirme odaları	0,4 (Eğer tuvalet kabinleri tamamıyla kapalı ise her kabin için bu değerler sağlanmalıdır.)
--	--

TS EN 12464-1 standartlarında dolaşım alanları, kafeterya ve tuvaletler gibi yardımcı alanlar için düzgünlük değerinin (U_0) 0,4, çalışma mekanlarında ise düzgünlük değeri 0,6-0,7 aralığında olması beklenir.

Yapılan bazı çalışmalarda ise anket ve kullanıcı yorumlarına göre 0,112' den düşük olamaması gerektiği anlaşılmıştır. Kullanıcıların %80' i için ise 0,138' den düşük olması memnuniyetsizlik hissi yaratmıştır[15], [20].

3.1.2 Parıltı

Nesneleri parıltı değerleri sayesinde ve gözün uyum sağlaması ile farklı aydınlık düzeylerinde farklı parıltı değerlerine sahip olarak algılayabiliriz.

Simgesi " L ", Birimi: Nit (bu birim yerine çoğunlukla " cd/m^2 " kullanılmaktadır)' dir. Parıltı, gözü etkileyen bir ışık kaynağının ışıksal büyüklüğü ile ilgilidir. Doğrultuya bağlı bir büyüklüktür. Işık kaynağı birincil ışık kaynağı ise, bu büyüklük, kaynağın gözlemlene doğrultusundaki ışık şiddeti " I_α " ile doğru, bu şiddeti oluşturan kaynağın görülen alanı " S_g " ile ters orantılıdır. İkincil ışık kaynaklarının parıltısı ise yüzeyin sahip olduğu aydınlık düzeyi ile yüzeyin ışık yansıtıcılığı ya da geçirgenliğinin bir fonksiyonudur.

Sağlıklı bir gözün çevreden gelen parıltının fazla olmasına bağlı olarak kısa süreliğine görmemesi durumuna kamaşma denir ve iki tip kamaşma vardır. Görme esnasında parıltı değerinin (L) 10^4 cd/ m^2 den yukarıda olması durumu mutlak kamaşma, görme esnasında yüksek parıltı farklılıkları olduğu durumda ise oluşan kamaşmaya bağlı kamaşma denir. Bağlı kamaşma günışığına bağlı olabileceği gibi yapma aydınlatmaya bağlı da oluşabilir. Aydınlatma aygıtı kullanılmadığında veya aydınlatma aygıtı özelliğine bağlı olarak oluşabilir, aydınlatma aygıtının konumu veya

özelliklerini değiştirerek bu kamaşmaları engellemek mümkün olacaktır. Güneş ışığına bağlı kamaşmalar ise güneş kontrol elemanları ile engellenebilir.

Ofislerde mekanı çevreleyen duvar, tavan ve döşeme gibi yüzeyler özelliklerine bağlı olarak üzerlerine gelen ışığın bir kısmını yutar, bir kısmını yansıtır ve diğer bir kısmını geçirir. Bu da mekan içindeki aydınlık düzeyinin dağılımını etkiler. Bu yüzeyler için belirlenmiş yansıtma çarpanı(ρ) önerileri TS EN 12464-1 standardında belirtmiştir(Tablo 3.3).

Ofis yapıları yüzeyleri için parıltı değerleri; IESNA (Illuminating Engineering Society of North America), ANSI (American National Standards Institute), CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers) ve TS EN 12464-1 (Türk Standartlar Enstitüsü "Kapalı Çalışma Alanları Aydınlatması Standartları") gibi standartlarında farklı ele alınmıştır(Tablo 3.3).

Tablo 3.3. ANSI-IESNA, CIE, CIBSE, TS EN 12464-1 ve DIN standartlarında ofis yüzeyleri için yansıtma çarpanı önerileri.

Ofis Yüzeyi Cinsi	Yansıtma Çarpanı (ρ)				
	ANSI-IESNA	CIE	CIBSE	TS EN 12464-1	DIN
Tavan	>0.8	0.6- 0.9	0.3- 0.9	0,7-0,9	0,7
Duvar	0.5- 0.7	0.3- 0.8	0.3- 0.7	0,5-0,8	0,5
Zemin	0.2- 0.4	0.1- 0.5	0.3- 0.7	0,2-0,4	0,2
Çalışma düzlemi	0.35- 0.50	0.2-0.6	En az 0.3	-	0,2-0,5

TS EN 12464-1 standartlarında tavan için yansıtma çarpanı değeri diğer yüzeylere göre en yüksek seviyede alınır ve 0,7-0,9 aralığında kabul edilir. Duvarlar için 0,5-0,8 aralığı, zemin için ise diğer yüzeyler içindeki en düşük değer olan 0,2-0,4 aralığı alınır(Tablo 3.3).

Tablo 3.4. TS EN 12464-1 standardına göre ofis mekanlarında ve yardımcı alanlarda görev ve aktiviteye göre kamaşma sınırlama katsayısı (UGRL) değerleri.

Alan – Görev – Aktivite Türleri	Kamaşma Sınırlama Katsayısı (UGRL)	
	TS EN 12464-1	CIBSE
Dolaşım alanları (sirkülasyon) Dosya ve fotokopi odaları vb.	19	19
Yazma, okuma ve veri işleme	19	19
Teknik çizim	16	16
CAD çalışma birimleri	19	19
Konferans ve toplantı salonları	19	19
Resepsiyon masası	22	22
Arşivler	25	25
Koridor ve dolaşım alanları	28	-
Merdiven, yürüme bantları ve asansörler	25	-
Asansör girişleri	25	-
Yükleme rampaları	25	-
Kantin, kafeterya vb.	22	22
Bekleme odaları	22	-
Mutfak	22	-
Tuvalet, banyo, duş ve giysi değiştirme odaları	25 (Eğer tuvalet kabinleri tamamıyla kapalı ise her kabin için bu değerler sağlanmalıdır.)	19

Kontrol edilemeyen parıltı sonucunda oluşan kamaşma gözü yorar, iş verimliliğini düşürür, konforsuzluk oluşturur; ancak mekan içinde kabul edilebilir sınırları geçmeden parıltı farklılıkları oluşturmak iş verimliliğini artırır ve monotonluktan uzaklaştırır.

Açık ofislerde tek kişinin çalıştığı ofislere göre kamaşmayı kontrol etmek çok daha zordur. Çalışma düzleminin yatay kabul edildiği durumlarda, seçilecek aydınlatma aygıtlarının da ışık dağılım eğrileri orta veya geniş olmalıdır. Çalışma düzlemlerinin malzemesi parlak veya cam vb. olmamalıdır. Aydınlik düzeyinde de olduğu gibi;

hesaplamalarda bilgisayar ekranının parl ltı değeri hesaplara dahil edilmeli ve farklı yaş gruplarında kişilerin çalıştığı unutulmamalıdır.

3.1.3 Renk

Mekan içindeki renk kavramı temelde; ışık rengi ve yüzey boya renkleri olarak iki grupta incelenmektedir. ışık rengi kavramının içinde ışık renk sıcaklıkları ve renksel geriverim değerleri yüzey boya renkleri için ise renk değerlerine göre ışık yansıtma katsayıları ele alınmaktadır.

ışık rengi içinde renk sıcaklık değeri; ışık kaynağının görünen rengidir ve Kelvin (°K) değeri ile ifade edilir. Sıcak, orta ve soğuk olarak üç ana gruba ayrılır. 3300°K den düşük ışık kaynakları sıcak, kapalı gök durumuna benzeyen 5300°K büyük ışık kaynakları soğuk olarak ayrılır. 3300- 5300°K arasındaki değerler ise ılık veya orta olarak gruplandırılır. Mekanda nasıl bir atmosfer yaratılması isteniyorsa kullanılacak malzemenin ve ışık kaynağının renk sıcaklığının birlikte düşünülmesi etkili olacaktır.

Mekan; sahip olduğu özelliklere ve kullanılan ışık kaynaklarının renk değerlerine göre rahat, sıcak veya kasvetli, soğuk olarak algılanabilir. 300 lux' den daha düşük aydınlık düzeyine sahip mekanlarda soğuk ışık kullanılması mekanı basık ve kasvetli gösterir, 300 lux' den yüksek aydınlık düzeyindeki mekanlarda ise sıcak ışık kaynağı kullanılması aşırı renkli gösterir.

ışık kaynaklarının renk ile ilgili bir diğer özelliği ise renksel geriverimdir (R_a). Nesnenin rengini; nesnenin yansıtmış olduğu ışığın rengine göre algılarız. ışık kaynağının tayfsal yapısında her renge dair enerji varsa, renksel geriverim değeri yüksek bir ışık kaynağıdır ve aydınlattığı ortamda renklerin doğru görünmesini sağlar. Aksi durumda, renksel geriverim değeri düşük ışık kaynakları ile aydınlatılan ortamlarda; renkler dönüşür değişir ve gerçek halleriyle algılanamazlar. Bu sebeple bir mekandaki ışık kaynağının rengi (ışık kaynağının renksel geriverimi ve renk sıcaklığı) ile o mekandaki nesnenin rengi birlikte düşünülmelidir.

Renksel geriverim aydınlatma elemanı ile bağlantılıdır ve bir ışık kaynağının renksel geriverimi başka bir ışık kaynağından referans alınarak oluşturulur. Aynı renksel geriverime sahip olduğu düşünülen ışık kaynaklarının renksel geriverimi farklı da olabilir. Çünkü farklı renksel geriverime sahip ışık kaynakları referans alınmıştır.

Tablo 3.5. CIBSE, TS EN 12464-1 ve CIE Standartlarında mekanlara uygun farklı renksel geriverim (R_a) grupları ve değerleri.

CIBSE		
TS EN 12464-1 ve CIE		
R_a Sınıfı	R_a	Uygulama Alanı
1A (ÇOK İYİ)	$R_a \geq 90$	Net renk algısının çok önemli olduğu yerler (Renkli baskı alanları)
1B (ÇOK İYİ)	$90 > R_a \geq 80$	Net renk algısının gerekli olduğu yerler (müze ve resim galerileri)
2A (İYİ)	$80 > R_a \geq 70$	Renk algısının orta seviyede olmasının yeterli kabul edildiği yerler
2B (İYİ)	$70 > R_a \geq 60$	
3 (ORTA)	$60 > R_a \geq 40$	Renk algısının çok önemli olmadığı ancak renk bozulmalarının ve dönmelerinin istenmediği yerler
4 (KÖTÜ)	$40 > R_a \geq 20$	Renk algısının doğruluğunun ve renk dönmelerinin önemli olmadığı ve izin verilen yerler

TS EN 12464-1 standartlarına göre günışığı ve ideal kabul edilen ışık kaynakları için renksel geriverim 100'dür. Bu değer en yüksek değerdir. Mekanların kullanım amaçlarına uygun farklı renksel geriverimde aydınlatma elemanları tercih edilebilir. Ofislerdeki ışık kaynaklarının renksel geriveriminin (R_a) 80'in üstünde olması veya 1A-1B gruplarında yer alması gereklidir (Tablo 3.5), (Tablo 3.6).

Tablo 3.6. TS EN 12464-1 ve CIBSE Standartlarına göre ofis mekanlarında ve yardımcı mekanlardaki görev ve aktiviteye göre renksel geriverim (R_a) değerleri.

Alan – Görev – Aktivite Türleri	R_a	
	TS EN 12464-1	CIBSE
Dolaşım alanları (sirkülasyon) dosya ve fotokopi odaları vb.	80	80
Yazma, okuma ve veri işleme	80	80
Teknik çizim	80	80
CAD çalışma birimleri	80	80
Konferans ve toplantı salonları	80 (Işıklandırma kontrol edilebilir olmalı.)	80
Resepsiyon masası	80	80
Arşivler	80	80
Ofis, açık ofis (7 ve üstü kişilik)	80	-
Koridor ve dolaşım alanları	40	-
Merdiven, yürüme bantları ve asansörler	40	-
Asansör girişleri	40	-
Kantin, kafeterya vb.	80	80
Bekleme odaları	80	-
Mutfak	80	80
Tuvalet, banyo, duş ve giysi değiştirme odaları	80 (Eğer tuvalet kabinleri tamamıyla kapalı ise her kabin için bu değerler sağlanmalıdır.)	80

Farklı yüzey renklere göre ışık yansıtma katsayıları; birbirinden farklı değerler de olmaktadır. Yüzeylerin çok açık, açık, orta ve koyu renk gruplarının ışık yansıtma katsayıları bulunmaktadır(Tablo 3.7).

Tablo 3.7. Duvar boyalarının ve malzemelerin yansıtma katsayısı(r) değerleri.

Duvar boyası	Yansıtma katsayısı(r)	Malzeme	Yansıtma katsayısı(r)
Beyaz	0,70-0,90	Beton	0,10-0,50
Açık Gri	0,40-0,60	Alçı sıva	0,90
Orta Gri	0,20-0,35	Doğal ahşap kaplama	0,20-0,30
Koyu Gri	0,10-0,15	Granit	0,20-0,25
Açık Kahverengi	0,25-0,60	Beyaz mermer	0,60-0,65
Kahverengi	0,20-0,30	Parlatılmış Alüminyum	0,65-0,75
Koyu Kahverengi	0,10-0,20	Mat Alüminyum	0,55-0,60
Siyah	0,05-0,08		

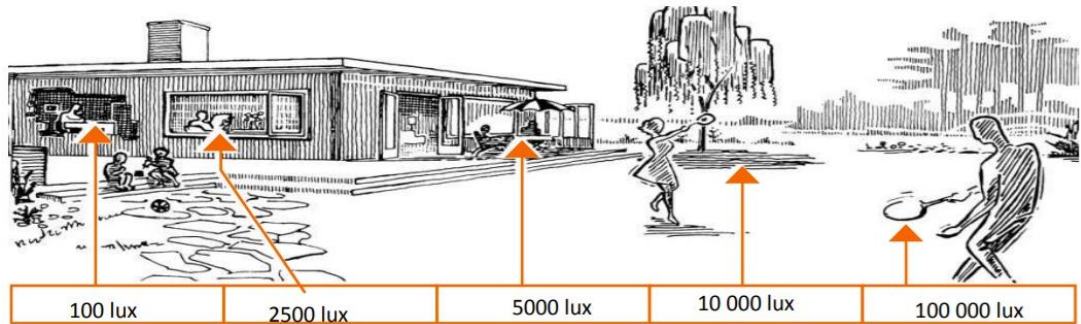
3.2 Güneşli Tasarımı

Güneşli; kaynağının güneş olduğu ve güneşin konumuna ve göğün bulutluluk durumuna göre yani atmosferik koşullara göre sürekli değişen; güneşten gelen direkt ve yaygın ışınların tümüdür. İnsanın var oluşundan beri var olan öncelikli ışık kaynağı olması sebebi ile güneşli kullanıcıları biyolojik ve psikolojik yönden olumlu etkiler. Ancak gelişen dünya ve 19.yy ortalarından sonra elektriğin var olması ve aydınlatma amaçlı kullanımı ile insanın da güneşli'nden kopuş süreci başlamıştır. Bu sürecin sonunda hem insan doğası gereği alıştığı ışığın yapı içine entegre edilmemesi sebebiyle biyolojik ve psikolojik olarak olumsuz etkilenmiş hem de kaynakların tüketimine neden olmuştur. Günümüzde ise güneşli'nin yapıdaki önemi gittikçe artmaktadır. Güneşli'nin yapı içine alınması; çalışma ortamlarında verimliliği artırdığı, yapılan çalışmalarla gösterilmektedir. Bütün bu gereksinimler ve ihtiyaçlar ile birlikte; güneşli'nin güneş kaynaklı olması, barındırdığı ultraviyole, infrared ışınlar, yüksek parlaltı değerlerine sahip olması nedenleri ile olabilecek kamaşma ve sağlık sorunlarını çözmek adına yapı içine kontrollü bir şekilde alınması gerekmektedir.

Güneşli; cephe açıklıklarını, güneş kontrol elemanlarını ve dolaylı olarak cepheyi etkileyen bir faktör olması sebebiyle, mimari tasarımda ve aydınlatma tasarımında dikkate alınan bir unsurdur.

Literatürde yapıda günışığını etkileyen faktörler doğal çevre parametreleri ve yapma çevre parametreleri olarak 2 grupta incelenmiştir. Birinci gruptaki doğal çevre parametreleri mimarların ya da aydınlatma tasarımcılarının etkisi dışında olan yıl içinde ve gün içinde değişen değerleri kapsamaktadır. Bunlar; yer parçası(bulunulan enlem boylam), yer parçasının özellikleri (doğal engellerin konumu ve yüzeylerinin ışık yansıtma-yutma özellikleri) ve atmosferik koşullar olarak sıralanabilir. İkinci gruptaki yapma çevre parametreleri ise mimarın veya aydınlatma tasarımcısının etkisinde olan onların değiştirebildiği parametrelerdir. Yapma çevre parametreleri hem yapı dışındaki hem de içindeki parametrelerdir. Yapı dışındaki parametreler; çevredeki yapılar, engeller, sokaklar ve onların konumu, boyutları, yüzeylerin ışık yansıtma - geçirme ve yutma değerleridir. Mekan içinde parametreler ise cephe tasarımı, iç mekan özellikleri, yüzeylerin ışık yansıtma – geçirme - yutma değerleri, pencerelerin konum – yön – boyut - optik özellikleri ve güneş kontrolü elemanlarıdır. Günışığı değerleri statik ve dinamik olarak iki grupta incelendiğinde dinamik günışığı değerini değiştiren parametreler; yer, zaman dilimi, iklim, mekandaki değişiklikler ve hedef kabul edilmiş aydınlık düzeyine göre değişmektedir.

Örneğin Ekvatorda güneşin dik geldiği öğle saatlerinde aydınlık düzeyi maksimum 100.000 lux' tür, bu değer Türkiye' de maksimum 60.000 lux' tür[16]. Kapalı gök durumunda ise ekvatorda 18.000 lux olan aydınlık düzeyi kutuplarda güneşin eğik gelmesi sebebiyle 3.000 lux değerinde ölçülmektedir[15], [21]. Bu değerler gün içinde güneşin geliş açısına ve gök durumuna göre sürekli değişen değerlerdir. Gökyüzü ve güneş olmak üzere iki ışık kaynağı olan günışığının bu sebeple renk sıcaklığı da 2000 °K ve 60.000 °K gibi büyük bir aralıkta değişiklik göstermektedir. CIE standartlarında günışığı sıcaklık değerlerinin sınıflandırmasını yapmak için kapalı gök durumunda ve renk sıcaklığı da 5500 °K olarak belirtilmiştir.



Şekil 3.1. Farklı mekanlardaki aydınlık düzeyi[16]

2019 yılında ülkemizde de onaylanan TS EN 17037 yapılar da g n       kullanım standartlarını açıklamaktadır. Bu standartlar g n      n yapı içine gerekli derecede alınması, iç mekanlarda kama ma kontrolünün sağlanması ile aynı zamanda aydınlatma amaçlı g n      n nasıl kullanılabileceği konularında değerler ve hesaplama yöntemleri sunmaktadır. TS EN 17037 standartlarının yapılar da mimari proje aşamalarının ba ından itibaren uygulanması ve projenin g n       dikkate alınarak planlanması, yapılar da görsel konforun oluşturulmasını ve enerji kayıplarının önlenmesini sa lar. Detaylı yapılan g n       modellemelerinde gök durumları, mekan içinde oluşan g n      na bağlı aydınlı ın yıl içindeki ve saatlik değişimleri de düşünülerek hesaplanmalıdır.

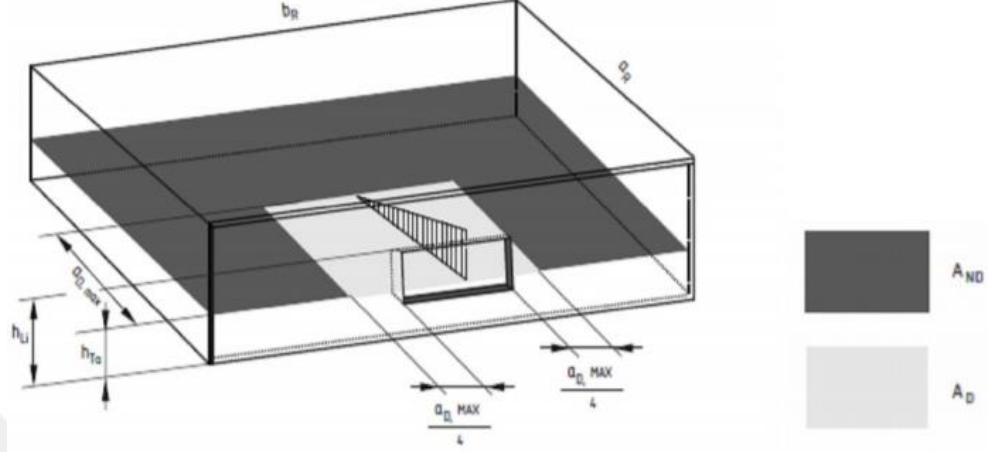


Şekil 3.2. Yapılar da g n       performans EH, EHM değerleri sınıflandırması [13]

TS EN 17037 standartlarda güneşlenme süresi ile ilgili olarak ise 1  ubat -21 Mart arasında açık gök durumları temel alınarak minimum değer 1,5 saat, orta değer 3 saat ve yüksek değer 4 saat olarak kabul edilmiştir. Ayrıca yapı içindeki    mlerin bilgisayar kullanılarak, çalışılan alanlar da, yazma ve okuma mekanlarında yapılması gereklidir. Birden çok kullanıcının olduğu veya farklı eylemlerin yapıldığı açık ofis yapılarında en kötü durumdaki senaryolar esas kabul edilerek hesaplamalar ve    mler yapılır.

Yapılar da g n       alan alanlar A_D , g n       almayan alanlar ise A_{DN} olarak sınıflandırılır. Yapıdaki açıklık boyutlarına ve sayılarına göre; A_D ve A_{DN} yüzey alanlarının büyüklükleri de değişmektedir( ekil 3.3). Ayrıca sıcak iklimde olan

yapılarda A_D ve A_{DN} alanlarını planlarken ısı ve görsel konfor birlikte düşünölmeli ve denge korunmalıdır, mekan içine günüşığı alma oranları ($A_{ND}-A_D$) mekan geometrisine bağılı olarak da değışiklik göstermektedir.



Şekil 3.3. A_D ve A_{DN} alanlarının gösterimi[14]

3.2.1 Ofislerde Günüşığı Tasarımını Etkileyen Faktörler

Mekan içinde oluşun günüşığı katkılı aydınlıkta; dış görüş, yönlenme, pencere şekli, boyutu, yerleştiriliş düzeni, ışıık geçirme özelliğı ve güneş kontrol elemanları belirleyici faktörlerdir.

İç mekanlara günüşığıının alınmasında etkili bir faktör olan, cephe; kavramsal olarak dış mekan ile iç mekanı birbirinden ayıran, koruma sağılayan ve estetik değeri olan temel bir yapı elemanı iken kullanıcılar içinse görsel, termal ve akustik konfor sunmaktadır. Cepheler; duvarlar gibi opakt elemanlardan oluşmasıyla birlikte; pencere ve kapı gibi ışıık ve hava bakımından geçirgen yüzeylerden de oluşmaktadır.

Cephe; ilk tasarım evresinde yönlenme ile başlıayarak ileri tasarımlarda açıklıkların boyutlarının ve özelliklerinin kararlarının alındığı bir elemandır. Cephe; rüzgar, ısı, hava ve suyun yapı içine girmesini önleme, dış görüş sağılama, yapı içinde de güneşten faydalanabilme ve korunma, enerji tasarrufu sağılanma vb. amaçlar doğrultusunda planlanır. Günüşığı kullanarak aydınlatılmak istenen mekanlarda aydınlatma tasarımının planlanmasında cephe tasarımının kararlarının ve

pencerelerin etkisi büyüktür. Günışığının yapı içine geçişini sağlayan pencerelerin; boyutları, ışık geçirme oranları, baktıkları yönler gibi değerler yapı içine alınan günışığını direkt etkileyen değerlerdir. Yapı içine günışığının alınması sağlayan klasik pencerelerin dışında; çatı ışıklıkları (çatı fenerleri), ışık tüpleri ve rafları, günışığını taşıyan kablolar ve ışığı optik toplamayı, yaymayı sağlayan elemanlar gibi farklı işlevler ve mekanın olanaklarına uygun olarak farklı elemanlar da vardır.

Dış görüş: Pencere tasarımı dışında yapıda dış mekan ile bağlantı kurmayı sağlayan bir diğer değerdir. TS EN 17037 standartlarına göre kişileri fizyolojik ve psikolojik olarak etkileyen dış görüş; pencerelerin boyutları, adetleri ve özelliklerinde de belirleyici olan bir durumdur ve mekan içinde en az %80' lik bölümünde gökyüzü görünebilmelidir.

Tablo 3.8. TS EN 17037 standartlarına göre tek yüzeyde (duvarda) yanal pencere olması durumuna göre oda derinliğine bağlı saydamlık değerleri.

Oda Derinliği (max) m	Saydamlık Oranı (min)%
<8	20
8 ≤ , ≤11	25
11 < , ≤14	30
14 <	35

TS EN 17037 standartlarında amaç; saydam yüzeylerde kullanılan malzeme ile dış mekanı algılayabilirliğini oluşturmak, kullanıcının bulunduğu alandan dış çevreye olan mesafesini sınırlandırmak, görüş açısını istenen minimum değerler ile sınırlandırmaktır(Tablo 3.8) (Tablo 3.9).

Tablo 3.9. TS EN 17037 Yapılarda dış görüş ölçüleri.

Dış Görüş Ölçütler	Minimum Seviye	Orta Seviye	Yüksek Seviye
Dış görüş açısı	≥14°	≥28°	≥54°
Dış görüş mesafesi	>6m	>20m	>50m
Görünür katman özellikleri	Yapma/ doğal çevre görünür	En az iki katman görünür	Tüm katmanlar görünür

2004 yılında Uluslararası Enerji Ajansı tarafından 54 ofis ve 141 kişi ile yürütülen anket çalışmasında; çalışanların %92.3' ü çalışma esnasında dış çevre ile aralarında görsel temasa ve %99.1' i çalıştıkları ortamda pencereye ihtiyacı duyduklarını belirtmişlerdir.

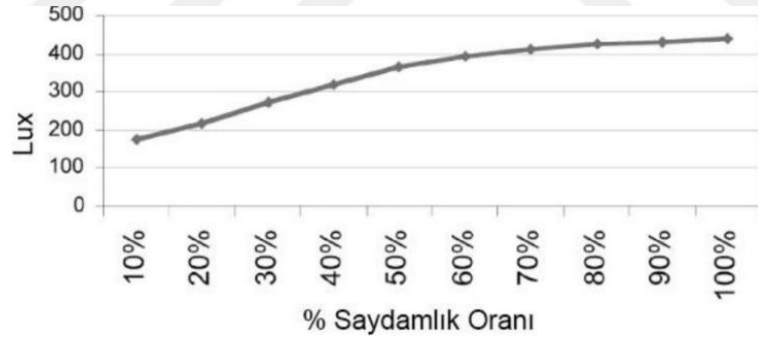
Mekan içine günışığının alınmasında en büyük etkenlerden biri de pencerelerin özellikleridir. Pencere özellikleri; yönelmeleri, boyutları, biçimleri, yerleştiriliş düzenleri, ışık geçirme özellikleri ve güneş kontrol elemanları olarak 6 grupta incelenmektedir.

Yönelme: (pencere yönü): Yapının konumlandırılmasında bir engel olmadığı durumlarda, örneğin açık alanlarda en ideal yapı yerleşmesini yaparak birçok artı sağlayabilmektedir. Ancak şehir içinde birçok engelin sınırların olduğu şartlarda ideal durumu sağlamak oldukça zor olacaktır. Genel bir yönelimden her durumda bahsedilemez ancak Türkiye' nin kuzey yarım kürede bulunduğu ve konumu düşünüldüğünde kuzey yönündeki açıklıklar gün boyu stabil yaygın günışığı ile aydınlanırken güney yönündeki açıklıklar gelen günışığı miktarının kuzey yöne göre daha fazla olması ve paralel gelen günışığının kontrolünün kolay olması nedeniyle güney cephe en uygun cephe olarak tercih edilebilir. Doğu ve batı yönelmesinde ise gelen dik günışığı kontrol etmek diğer cephelere göre çok daha zordur. Bu sebep ile görsel konforsuzluklara yüksek kamaşma değerlerine sebep olması gibi olumsuz etkileri nedeni ile iç mekanlara alınması istenmez. Saydam yüzey oranının fazla olduğu durumda ise eşik değeri alınan aydınlık düzeyinin yapı içine tüm yönden girdiği için yönelmenin etkisi azalmaktadır.

Pencere şekli: yapılarda kullanılan yatayda dikdörtgen, kare, dikeyde dikdörtgen (boy) penceresi olmak üzere 3 temel pencere tipi vardır. Bunların kullanımı iklim yapısına, bulunduğu çevreye ve kullanım amacına göre farklılık göstermektedir. Pencere tiplerinin yapı içindeki aydınlık dağılımları da birbirinden çok farklıdır, yapılan çalışmalarda genişliği yüksekliğinden fazla olan (yatayda dikdörtgen) ve çalışma düzlemi hizasındaki pencereler, boy pencerelerine göre günışığının mekanda dağılımı temel alındığında daha iyi sonuçlar sunmaktadır. Ancak güneş kontrolünün de önemli olduğu pencerelerdir. Saydam yüzeylere yakın olan çalışma düzlemlerinin aydınlatılmasında en avantajlı pencereler de bunlardır. Mekanın derinliklerinde

aydınlatma önem kazandığında ya da derinliği daha fazla olan mekanlarda boy pencereleri kullanımı daha iyi aydınlatma sunar ve güneş kontrolü elemanlarına da gerek yoktur. Ofislerde yapılan çalışmalarda ise kullanıcıların daha çok kesintisiz, yatayda ve belirli bir yükseklikten başlayan saydam yüzeyleri tercih ettikleri gözlemlenmiştir.

Pencere boyutu; mekan için doğru pencere boyutunun seçilmesinde mekanın kullanım amacı, gerekli aydınlık düzeyi, gök durumu ve iklim değerleri önemlidir. Gün içinde aktif olarak kullanılan örneğin ofis yapılarında; psikolojik ve iç dış arasındaki ilişki düşünüldüğünde %30 saydamlık çarpanının altına düşülmemesi gerekmektedir. Türkiye’ de ve diğer orta kuşak ülkelerinde %50 saydamlık ideal değerlerdir ve bunun altı konforsuz kabul edilir, %70’ den fazla olduğunda ise harcanan enerji miktarı artar[35]. Farklı cephe yönlerinde ise durum kuzey cephede %70, batı ve doğu cephede %60, güney cephede ise %50 optimum değerler kabul edilebilir[23], [15]. Büyük pencereler küçük pencerelere kıyasla %40-60 oranında daha fazla aydınlatmada enerji tasarrufu sağlamaktadır. Ancak düşük yansıtma değerine sahip veya derin mekanlarda bu durum değişmektedir[20].



Şekil 3.4. Saydamlık çarpanına bağlı mekanlardaki günışığı aydınlık düzeyi [22], [15]

Pencerelerin yerleştirilme düzeni; bir mekan için tek bir duvarda ya da iki duvardan günışığı alınması durumu tasarım ile ilgili bir karardır ve ilk tasarım aşamalarında bu karar verilmelidir, eğer mümkünse iki farklı duvardan günışığı alınmalı bu sayede parıltı farklılıkları azaltılmalı ve günışığının mekan içinde daha iyi dağılımı sağlanmalıdır.

Pencerelerin ışık geçirme özelikleri; yapı içindeki cam türünü belirlemede birçok etken ve disiplin vardır, bunlardan biri de görsel konfor ve aydınlatmadır. Bu şartlara göre seçim yapılmaktadır. Camlar; düz-normal camlar, renklendirilmiş camlar, film kaplı camlar, ısı korumalı camlar ve aktif sistemli camlar olmak üzere 5 gruba ayrılır. Düz ve normal camlar; yüzeylerine işlem uygulanmamış, ışık geçirgenliği yüksek camlardır. Renklendirilmiş camlar; camın hamuruna veya yüzeyine renk katılması ile oluşturulurlar. Parıltıyı ve günışığını azaltmak için çoğunlukla ofis yapılarında tercih edilirler. Film kaplı camlar; düz camların veya renklendirilmiş camların üzerine film kaplanması ile oluşturulan, renklendirilmiş camlara göre ışık geçirgenliği daha düşük olan camlardır. ısı korumalı camlar ise iki veya daha fazla camın arasında boşluk bırakılması ile oluşturulan, ışık geçirgenliği aynı ancak yalıtım sağlamak için yapılan camlardır. Aktif camlar; elektrik akımı geçirilmesi ile saydam durumdan opakt duruma geçen ışık geçirgenliği değiştirilebilen camlardır. Genel olarak bir yapıda aynı cam türünün bütün yapıda kullanılması yerine farklı cam çeşitlerinin ve kalınlıklarının farklı cephelerde kullanılması görsel konfor bakımından daha iyi sonuç veren tasarımlar sunmaktadır.

Pencerelerin bir elemanı olan doğramalar; yüzde yüz opakt olması sebebiyle mekan içine alınan günışığında etkili bir elemandır ve açık renk seçilmeleri görsel konfor sağlar.

ışık geçirgenliğinde etkili bir diğer parametre ise cam kirliliğidir. Cam kirlilik değerleri birçok faktörden; iklimden, yapının bulunduğu konumdan ve çevreden etkilenen bir değerdir. şehirlerdeki ofis yapıları için %8-12 kirlilik oranları kullanılır. Bu değerler ayrıca iklim şartlarına göre ve cam eğimlerine göre de değişmektedir. Ayrıca ofislerde düşeyde olan pencereler 2 ay zaman aralığında temizlenmelidir[24], [25].

Güneş kontrol elemanları; günışığından en yüksek verimlilikte yararlanılırken termal ve görsel konforu da düşünmeliyiz. Bu sebeple i mekanlarda kullanılan güneş kontrol (gölgeleme- güneş kırıcı) elemanları; aydınlatma tasarımı açısından değerlendirildiğinde pencereden gelen direkt günışığını durdurmalı, parıltı değerlerini kontrolde tutmalı ve görsel konforu korumalıdır.

Güneş kontrol elemanları hareket yetenekleri veya kullanılan mekan çeşitlerine göre gruplandırılmaktadır. Güneş kontrol elemanları mekan özelliklerine göre iç ve dış mekan olarak iki grupta incelenmektedir. Dış ortamdaki elemanlar maliyet ve bakım yönleri düşünüldüğünde daha az kullanılmakta ancak genel olarak dış ortam güneş kontrol elemanları daha iyi sonuç vermektedir. Bu elemanlar sabit, ayarlanabilir ve toplanabilir güneş kontrol elemanları olarak hareket edebilme yeteneklerine göre 3 grupta incelenmektedir. Sabit güneş kontrol elemanları yatayda veya düşeyde yapıya monte edilmiş elemanlardan oluşur. Sabit güneş kontrol elemanları mekan içinde alınan günışığını azalttığı için mekanın derinlerinde (arkasında) aydınlığın azalmasına bu sebeple yapma aydınlatmaya ihtiyaç duyulmasına neden olmaktadır. Ancak ayarlanabilir güneş kontrol elemanları hareket ettirilebilir olmaları sebebiyle dik günışığını yapıya almazken aynı zamanda gün içindeki farklı saatlerde veya yıl içinde gereksinimlere göre mekan içine günışığının alınabilmesini sağlamaktadır. Dış mekandaki ayarlanabilir güneş kontrol elemanları arasında tenteler ve panjurlar sayılabilir.

Dış ortam elemanlarına göre daha konforlu ve maliyetsiz olan iç güneş kontrol elemanlarında ise jaluziler, storlar ve perdeler sayılabilir. ofislerde genelde jaluziler tercih edilirler ve içlerinde en etkili sonuçların alındığı elemanlarda jaluzilerdir.

Yatay güneş kontrol elemanları çoğunlukla güney yönlerde etkili olurken dikey güneş kontrol elemanları çoğunlukla günışığının düşey açılar ile geldiği doğu ve batı yönlerde kullanılması daha doğru olacaktır.

Güneş kontrol elemanlarının açık renkli ve yansıtıcı özellikli olması aynı pencere doğramalarında olduğu gibi mekan içindeki aydınlık düzeyini arttırmaktadır. Güneş kontrol elemanlarının yanı sıra günışığını yapı içine kontrollü ve düzgün alınmasını sağlayan ışık rafları gibi sistemler de vardır.

3.2.2 İç Mekanlarda Günışığı Hesap Modelleri

İç mekanlar için günışığını hesaplamak için kullanılan iki yöntem vardır, bunlardan ilki günışığı faktörü hesap modelidir ve kapalı gök durumlarına göre hesaplama yapar ve

genellikle kuzey ülkelerine kullanılan bir hesap modelidir. Bu hesap modelinde direkt günışığı hesap değerleri içinde yoktur. Diğer bir hesap modeli olan faydalı gün ışığı hesap modelinde ise direkt gün ışığı ve güneş kriterine göre hesaplama yapılır ve açık gök durumuna göre hesaplamalar gerçekleştirilir ve açık gök durumuna sahip ülkeler için bu hesap modeli kullanılır. Bu hesap modellerinden hangisinin kullanılacağı yapının yapıldığı bölgede hakim gök durumuna göre karar verilir.

Faydalı Günışığı Aydınlığı (UDI) yönteminde örneğin okuma eylemi için 500 lux yeterli değer olarak kabul edilirken bu değer UDI için kabul edilebilir değildir. Özellikle ofis örnekleminde gerçekleştirilen çalışmalarda UDI değeri $x < 100$ lux için yetersiz günışığı, $100 < x < 500$ lux yapma aydınlatma ilavesi ile yeterli değer, $500 < x < 2000$ - 2500 lux yeterli günışığı değeri, $2000, 2500 \text{ lux} < x \text{ lux}$ görsel ve termal konforsuzluk yaratan değerler olarak belirtilmiştir[15].

IES tarafından 2012 yılında sunulan Mekansal Günışığı (sDA) değerlerinde ise hedef kabul edilen 300 lux aydınlık düzeyinin 08:00 - 18:00 saatleri arasında mekan alanının %50' si için bu değerleri sağlaması özellikle ofis, eğitim, kütüphane yapıları için bir ölçü değeridir.

Yıllık Güneş Işığı Alımı (ASE) değerlerinde ise mekana gelen günışığının 1000 lux aydınlık düzeyinin; yıl içinde 250 saat ve kullanılan mekanın %10 dan fazlasına gelmesi görsel konforsuzluk yaratmaktadır.

Günışığı faktörü (Daylight Factor - DF): ilk olarak 1955 yılında Uluslararası Aydınlatma Komitesi (CIE) tarafından Zürih' de kabul edilmiştir[36]. Günışığı faktörü Gök bileşeni (SC - sky component), dış yansımış bileşen (ERC - extemally reflected component) ve iç yansımış bileşen (IRC - internally reflected component) gibi üç gruptan oluşur. Gök bileşeni (SC); dolaysız olarak gelen pencereyi geçen görülen günışığı, dış yansımış bileşen (ERC); dışarıdaki yüzeylerden yansiyarak pencereye gelen geçen ve görülen günışığı, iç yansımış bileşen (IRC) ise pencereyi geçtikten sonra iç yüzeylerde yansıyan ve sonrasında görülen günışığını tanımlar.

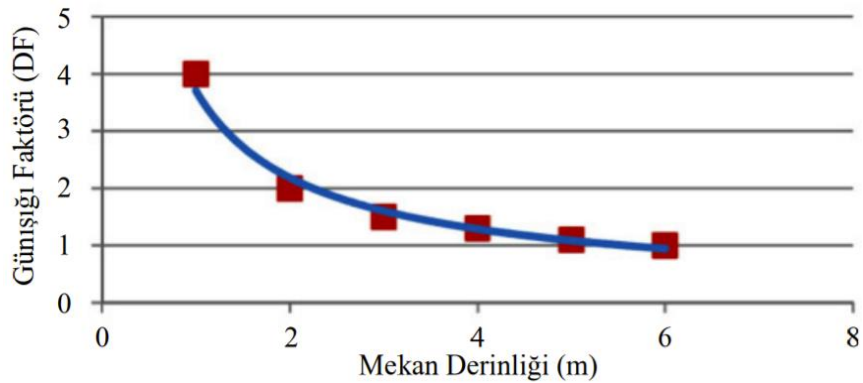
Günişliği faktörleri ile ilgili yapılan çalışmalarda %1 günişliği faktörü yetersiz kabul edilmiş %2-5 aralığı ise iyi ve görsel konforu yüksek mekanlar olarak değerlendirilmiştir, bu değerlerin altında ve üstünde görsel konfor azalmaya başlamış ve %10' dan fazla günişliği faktörü bulunan mekanlarda görsel konforsuzluk oluşmuştur[41]. IES tarafından oluşturulan ofis yapıları için günişliği faktörü değerleri %2-4 aralığında değişmektedir(Tablo 3.10).

Tablo 3.10. IES tarafından oluşturulmuş günişliği faktörü değerleri

Alan – Görev – Aktivite Türleri	Günişliği faktörü (Daylight Factor - DF)
Genel bürolar	2
Daktilo, hesap, bilgisayar	4
Genel	2

Ayrıca yapılan diğer çalışmalarda günişliğinin düzgünlük faktörünün ve kamaşma faktörünün de belirli oranlarda tutulması gerektiği de anlaşılmıştır;

Günişliği düzgünlük faktörü: mekanın derinliklerinde oluşan aydınlık düzeyi değişikliklerine denilmektedir. Svetlana Olbina araştırmasında mekan içindeki günişliği değerlerindeki farklılığın %30' dan büyük olmaması gerekliliğini açıklamıştır[41]. Lynes göre ise bir odanın pencereye yakın olan ön kısmında, ortalama günişliği faktörü odanın derinlerinde oluşan ortalama günişliği faktörünün 3 katından fazla ise mekan içinde günişliği homojen dağılmaz ve görsel konforsuzluk oluşur[15].



Şekil 3.5. Mekan içindeki günişliğinin düzgünlük faktörü veya günişliğinin mekan derinliğine bağlı azalması[36], [42].

Günişliği kamaşma faktörü: Büyük yüzeyli ışık kaynakları örneğin pencere yüzeyleri gibi oluşturdıkları kamaşma etkilerinin incelenmesi amacıyla BRE tarafından araştırmalar yapılmış; bu araştırmalar 1963’ de Hopkinson ve 1980’ de Chauvel tarafından gerçekleştirilmiştir[41].

Chauvel tarafından bulunmuş olan ve BRE, Cornell Üniversitesinin ortak çalışması ile oluşan Cornell eşitliğine bağlı Günişliği Kamaşma Değerleri (DGI-Daylight Glare Index) denilmektedir[15]. Bu değer in oluşturulmasındaki temel amaç gözün günişliğinde yapma aydınlatmaya kıyasla daha çok tolerans göstermesidir[41]. Ancak mekanlar için kamaşma değeri (DGI) en fazla mekan içinde belirlenen DGI_{max} değerinde olmalı bu değerden yüksek olmamalıdır.

Literatürde günişliği kamaşma kategorileri çeşitli kaynaklarda farklılıklar göstermektedir. Örneğin TS EN 17037 standartlarında ofis yapısı örneğinde günişliğine bağlı kamaşmanın yıl içindeki değerleri 35’ ten küçük değerler için hissedilemez, 35-40 aralığı hissedilebilir, 40-45 aralığı rahatsızlık verici ve 45 üstü değerler katlanılamaz olarak tanımlanmıştır. Farklı kişi veya standartlara göre değişen günişliği kamaşma değerleri ve kıstasları tablo 3.11., tablo 3.12. ve tablo 3.13.’ de verilmiştir.

Tablo 3.11. Günişliği kullanılarak aydınlatılmış mekanlar için maksimum kamaşma indeksi [41].

Günişliği Kamaşma Konfor Seviyeleri	DGI_{max}
Genel hacimler	24
Kısa süreli kullanılan hacimler	26
Seyrek olarak görsel iş görülen hacimler	22
Kontrastın veya boyutların büyük olduğu görsel işler	20
Kontrastın orta, boyutların küçük olduğu görsel işler	18
Kontrastın küçük, boyutların çok küçük olduğu görsel işler	16

Tablo 3.11.' de g n       kullanılarak aydınlanan alanlarda maksimum olabilecek kama  ma değeri, tablo 3.12. ise IES standartlarında g n      na bağlı kama  manın kullanıcılar üstündeki etkisi görülmektedir.

Tablo 3.12. IES verilerinde ise g n       kama  ma değerleri ve görsel konfor etkileri.

Kama��ma ����t�	G�n������ Kama��ma İndeksi (DGI)
Fark Edilemez	16
	18
Kabul Edilebilir	20
	22
Konforlu Olmayan	24
	26
Tolere Edilemeyen	28

2006 yılında Christoffersen, Wienold tarafından 70 den fazla kullanıcı ve 2 farklı konumda gerçekleştirilen kama  ma tahmini anket çalışmasında; kullanıcıların aydınlık düzeyi ve parl lı değerlerine göre gösterdikleri tepkiler     lm    ve G n       Kama  ma Olasılığı (DGP-Daylight Glare Probability) değerlendirilmiştir. Çok sayıda kullanıcı üstünde yapılan çalışmalarda (hissedilmeyen, hissedilebilir, rahatsızlık verici ve katlanılamaz kama  ma) farklı gruplarda değerlendirilmiştir ve kullanıcı yorumlarına bağlı neticeler oluşturulmuştur. 2010 yılında ise Jakubiec ve Reinhart gerçekleştirdikleri çalışmada ise 2006 yılındaki çalışmaya kıyas ile hissedilmeyen, hissedilebilir ve rahatsızlık verici kama  mada 5 birim değer d    k sonuçlar elde edilmiştir, katlanılamaz kama  mada ise aynı değerler elde edilmiştir(Tablo 3.14).

Tablo 3.13. G n      na bağlı farklı kama  ma grupları

Kama��ma Kategorisi	DGP (Wienold,& Christoffersen,2006)	DGP (Jakubiec & Reinhart,2010)
Hissedilmeyen Kama��ma	<35	<30
Hissedilebilir Kama��ma	35-40	30-35
Rahatsızlık Verici Kama��ma	40-45	35-45
Katlanılmaz Kama��ma	>45	>45

3.3 Yapma Aydınlatma Sistemleri

Yapma aydınlatma tarihsel süreçte temeli ateş ile başlayan, meşale, mum ve gaz lambası ile devam eden ve elektriğin aydınlatma teknolojisinde kullanımıyla hızlıca gelişim gösteren bir yol izlemiştir. Yapma aydınlatma sistemleri; ışık kaynağı, aydınlatma aygıtı (armatür) ve otomasyon olmak üzere 3 başlıkta incelenmiştir.

3.3.1 Işık Kaynağı

Yapma aydınlatma elemanı olan ışık kaynağının ilk adımı Thomas Edison' un elektrik ile çalışan ilk lambayı icadı ile gerçekleşmiş, ikinci adımı ise yeni nesil lambalar olarak da değerlendirilen LED lambaların bulunması ile olmuştur. LED' ler daha önce üretilen tüm ışık kaynaklarından daha uzun ömürlü ve daha yüksek geriverimi olması sebebi ile aydınlatma sektörü için Edison' un buluşundan sonra en önemli buluş olarak görülmektedir.

Işık kaynağının seçilmesinde; lamba ömrü, bakım maliyeti ve etkinlik faktörü değerlendirilmelidir. Işık kaynaklarının; Enkandesan Lambalar, Floresan lambalar, Halojen lambalar, Neon lambalar, Balastlar, LED lambalar gibi çeşitleri vardır. Ofis yapılarında geçmişte sıklıkla kullanılan flüoresan lambalar dışında teknolojiye ilerlemeler ile LED aydınlatma sistemleri de günümüzde oldukça yaygın kullanılmaktadır.

Tarihte lambaların gelişim süreçleri ve lamba tipleri; geleneksel (konvansiyonel) lambalar ve Yeni Nesil Lambalar (LED' ler) olarak iki başlıktan oluşmaktadır.

3.3.1.1 Geleneksel (Konvansiyonel) Lambalar

Elektrik lambalarının ilk adımı olan geleneksel (konvansiyonel) lambalar literatürde; Enkandesan Lambalar (EL' ler), Flüoresan lambalar (FL' ler) ve Deşarj Lambalar (HID) olarak 3 gruptan oluşmaktadır.

Enkandesan Lambalar (Akkor Lambalar) (EL' ler); 1879 yılında Thomas Edison' un ABD' de patentini alıp ticarileştirdiği lambalardır. Bu neden ile Edison lambanın mucidi olarak tanınır. Ancak Edison' un dışında Joseph Swan, Hiral Maxim, Alessandro Volta, Humprey Davy, William Staite, Warren de la rue birbirlerinden bağımsız olarak bulan bilim adamlarıdır[53].

Enkandesan lambalar cam balon içinde bulunan havanın çıkarılması veya asal gaz konulması sonucunda içindeki telin elektrik akımı ile akkor olması durumudur ve bu nedenle akkor lambalar da denilmektedir. Enkandesan lambalar termik yöntem kullanarak ışık üretirler bu sebeple sıcak ortamlardan etkilenme yaşamazlar ancak, gelen enerjinin sadece %5' ini ışık için kullanırlar, %95' lik enerjiyi ısı enerjisine dönüştürürler[53], [12]. Bu sebeple enerji kayıplarının yüksek olduğu düşük verimlilik değerli lambalardır ve bu dezavantaj ilerleyen yıllarda enerji fiyatlarındaki artış ile birlikte enkandesan lambaların tercih edilmemesine neden olmuştur. Enkandesan lambaların bir diğer olumsuz özelliği ise 1.000 saat çalışma süreleri vardır ve bu süre sık açma-kapama gibi durumlardan etkilenmektedirler. Ayrıca kullanım süresi içinde oluşabilen; lambadaki kir, toz gibi nedenler ile veya voltaj dalgalanmaları sonucunda baştaki ışık akısı ile kıyaslandığında %10-15 düşüş yaşanmaktadır. Enkandesan lambaların deşarj lambalar ve LED lambalara göre ise en önemli artısı 100 gibi yüksek bir renksel geriverime sahip olmasıdır[53]. Literatürde enkandesan lambaların; normal enkandesan lambalar (NEL' ler), kripton lambalar ve tungsten halojen lambalar (THL' ler) olarak 3 kipi vardır.

Deşarj lambalar (HID); gazlar genel anlamda yalıtkan maddelerdir, ancak enerji verilir ve serbest elektronlar yapılırsa iletken olurlar; deşarj lambaların çalışması da bu temel prensibe dayanmaktadır. Sürecinin 1900' lü yıllarda ilk cıva buharlı lambaların bulunması ile başladığı kabul edilir ve kendi dönemi için de önemli bir adım olarak görülmüştür ancak lambaların zaman içindeki kullanımına bağlı lümen azalması sorunu sonraki yıllarda dezavantaj olmuştur. 1960' lı yılların ortasında yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar - HPS kullanılmaya başlanmış, yüksek etkinlik faktörü ve uzun ömürlü olan bu lambalar, özellikle dış aydınlatmalarda ve yol aydınlatmalarında sıklıkla kullanılırlar ayrıca sıcak renk tayfı nedeniyle iç mekanlarda da tercih edilmektedirler[53]. Alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar - LPS; 1800' lü yıllarda ilk

kez kullanılan indüksiyon ışık kaynakları 1900' lü yıllara kadar sektörde istenildiği kadar kullanılmamışlardır ve floresan lambalarla yakın mantıksal yapıya sahiptirler.

Deşarj lambaların; asal gazlı lambalar - tüpler, kızgın elektrotlu deşarj lambalar ve elektrotsuz deşarj (endüksiyon) lambalar olarak üç grubu vardır. İlk gruptaki asal gazlı lambalar ve tüplerden; asal gazlı olanlar çok az miktarda yapılmakta ve kullanılmaktadır, yerlerine LED aydınlatmalar almıştır. Tüpler ise eskiye kıyasla az olsa da reklam ışığı olarak kullanılırlar. İkinci gruptaki kızgın elektrotlu deşarj lambalar en sık tercih edilenleridir. Kızgın elektrotlu deşarj lambalar; alçak basınçlı sodyum buharlı lambalar (ABSBL' ler), yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar (YBSBL' ler), cıva buharlı lambalar (CBL' ler), karma cıva buharlı lambalar (KCBL' ler), metal halojen lambalar (MHL' ler) olarak 5 gruba ayrılırlar. Kızgın elektrotlu deşarj lambalardan çok daha az tercih edilen bir diğer tipte elektrotsuz endüksiyon lambalardır. Deşarj lambaların ömürlerinde etkili olan faktör elektrot yıpranmasıdır. Bu sorunu engellemek amacı ile elektrotsuz deşarj lambalar bulunmuştur ve 60.000 saat ömrü olan lambalardır. Bunlar aynı zamanda günümüzde de var olan flüoresan lambalardır[12].

Flüoresan lambalar (FL' lar); 1930' lu yılların sonunda piyasaya sunulmuştur ve günümüzde toplam yapma aydınlatma kaynaklarının üretiminde %70 orana sahiptir[12]. Başlarda hem etkinlik faktörü hem de renksel geriverimi yüksek lamba yapılamazken; 1970' lerde hem yüksek R_a ($80 < R_a \leq 90$) hem de yüksek etkinlik faktörü olan lambalar üretilmiştir[12]. Bu lambalar açma-kapama sıklığında olumsuz etkilenirler, bu nedenle sık açma kapama gerektiren mekanlarda kullanılmamalıdır[53]. Karışım maddeleri ve miktarlarındaki değişim ile ışık renk sıcaklığını belirler. Flüoresan lambalar (FL' lar); çubuk flüoresan lambalar (ÇFL' lar) ve kompakt flüoresan lambalar (KFL' lar) olarak iki grupta incelenmiştir.

Çubuk Flüoresan Lambalar (ÇFL' lar); tüp ve iki yanında bulunan başlıklardan oluşur. Tüp çapları 7-38 mm aralığında değişmektedir; uzunlukları ise 218-2400 mm arasında değişmektedir[12]. ÇFL' ların estetik kaygılar ve yer tasarrufu gibi nedenler ile halka şeklinde veya U forma sahip olanları da bulunmaktadır. Geçmişte estetik kaygısı duyulan ve ekonomik çözümler istenilen ortamlarda kullanılan çubuk flüoresan lambalar yerine günümüzde kompakt flüoresan lambalar tercih edilmektedir.

Kompakt Flüoresan Lambalar (KFL' lar); 1980' lerin başında piyasaya sunulan lambalar, çubuk flüoresan lambaların en büyük dezavantajı olan estetik kaygıyı çözmüştür. Enerji tasarruflu lambalarda denilen KFL' ların, renksel geriverimi $76 < R_a \leq 82$ aralığındadır. Literatürde KFL farklı duy tiplerine göre; vida başlıklı, iğne başlıklı ve elektrotsuz KFL olarak üç grupta incelenmektedir.

3.3.1.2 Yeni Nesil Lambalar (LED' ler)

Yeni nesil lambalar; LED' (Light Emitting Diode- Işık Yayan Diyot) ler; geleneksel ışık kaynaklarının tersine lamba değildir ve yarı iletken materyallerden üretilmiş elektronik çiplerdir. LED' ler 1920' lerde ilk olarak Rusya' da üretilmiş, 1962' de Amerika' da birleştirilmiş, 1990' lı yıllarda yaygınlaşmaya başlamış ve öncelikli olarak cephe, reklam ve yol aydınlatmasında ve 2000' li yıllarda ise iç mekan aydınlatma tasarımında da kullanılmaya başlanmıştır. Üretilen ilk LED' ler kırmızıdır sonra yeşil ve mavi LED' ler de üretilmiştir, daha sonraki süreçlerde 1990' larda beyaz LED' ler üretilmiştir. Akkor lambalar 1.000 saat, flüoresan lambalar 18.000 saat ömürlü iken LED' ler; yaklaşık 50.000- 100.000 saat aralığında ömre sahiptir, darbe ve dış etkilere dayanıklıdır, su geçirmez özellikte olanları da vardır ve etkinlik faktörleri yüksektir[53]. Ayrıca işletme maliyetleri ucuzdur, ancak ilk yatırım maliyetleri yüksektir bu sebeple reklam ve dekoratif aydınlatma dışında aydınlatma tasarımındaki payları %1 den azdır[12], [52].

LED' ler -30°C ve 55°C aralığında kullanılabilirler, ısı transferinin gerçekleştirilmesi gereklidir aksi durumda sıcaklık yükselmesine bağlı olarak verimlilik ve kullanım ömrü düşer, oluşabilecek sorunları engellemek amacıyla aydınlatma aygıtı seçiminde ısı iletimi yüksek, yüzey alanı geniş malzemeler seçilmelidir[12], [50], [49], [52]. Ayrıca, kıvrılabilen LED sistemler ve Rijit LED sistemler olarak iki grupta incelenmektedir. LED' lerin genellikle beyaz (3500 °K), sıcak beyaz (3000 °K) ve kızgın beyaz (2700 °K) ışık renkleri vardır, 80 civarı renksel geriverimleri bulunur[12].

Geliştirilme sürecinde bulunan OLED' lerin yapısı LED' lere benzer dir. LED' lerde inorganik yarı iletken maddeler kullanılırken; OLED' lerde organik yarı iletkenler

kullanılır. Tayfları LED'lerden daha geniştir, yapılacak yeni gelişmeler ile piyasadaki yerinin artması beklenmektedir.

LED'ler oluşabilecek ani voltaj düşmeleri sonucunda zarar görebilirler, voltaj değişimlerinin olduğu alanlarda kullanılmamalıdır. LED teknolojisi haricindeki diğer geleneksel lambaların gelişim süreci ve bu avantajlarının kullanıcıya ulaşması uzun yıllar sürerken LED'lerde bu süre çok hızlı gerçekleşmiştir. Gelecekte enerjiden %30'lara varan kazançların LED sistemlere geçiş ile geleceği öngörülmektedir[53].

Genel anlamda değerlendirildiğinde; teknolojik gelişmeler ile birlikte lambaların; ışık renk özellikleri gelişmiş, etkinlik faktörü yükselmiş, boyutları küçülmüş ve kompakt bir yapıya ulaşmışlardır.

3.3.2 Aydınlatma Aygıtı

Lambalar çoğunlukla iyi bir aydınlatma tasarımının ihtiyaçlarını tek başlarına karşılayamazlar bu sebeple de; ışık kaynağından çıkan ışığı; yönlendirmek ve kamaşmaları önlemek için aydınlatma aygıtları (armatürler) kullanılır.

Flüoresan lambalar haricindeki tüm lambaların parıltı değerleri çok yüksektir ve mutlak aydınlatma aygıtı kullanılmalıdır. Aydınlatma aygıtlarının (armatürlerin); lambaların ışık dağılım eğrilerini düzenlemek, istenen şekli vermek, lambayı ve elektrik elemanlarını dış etkilere korumak, direkt temasları, kamaşmaları önlemek ve estetik kayıpları engellemek gibi işlevleri vardır. Ayrıca aydınlatma aygıtlarının bu işlevleri gerçekleştirirken ışık akısı kayıplarının da minimumda olması önemlidir. Bu sebeple aydınlatma aygıtlarında: ışığı geçiren ve dağıtan maddeler olarak; cam, plastik malzemeler, kağıt pamuklu kumaş gibi malzemeler, ışığı yansıtmak içinse; alüminyum, aynalar, gümüş, krom, nikel gibi malzemeler seçilir.

Aydınlatma aygıtları IESNA standartlarında lambalardan çıkan ve dağılan ışığı üst uzaya (tavana) ve alt uzaya (zemine) ya da hem alt hem de üst uzaya verme oranlarına göre gruplara ayrılmaktadır.

Tablo 3.14. IESNA standartlarına göre aydınlatma aygıtı türleri.

Aygıt Türü	Tavana Işık Verme Yüzdesi (%)	Alt Yarı Uzaya Işık Verme Yüzdesi (%)	Işık Dağılım Eğrisi
Dolaysız	%0-10	%90-100	
Yarı dolaysız	%10-40	%60-90	
Dolaysız, dolaylı	%40-60	%40-60	
Karma ya da yayınlık	%40-60	%40-60	
Yarı dolaylı	%60-90	%10-40	
Dolaylı	%90-100	%0-10	

IESNA standartlarına göre dolaysız ışık veren aydınlatma aygıtları ışığın %0-10 aralığını tavana, %90-100 aralığını alt uzaya verir. Dolaylı ışık kaynakları ise %90-100 aralığında tavana gönderir, %0-10 aralığını alt uzaya gönderir bu elemanlarda ışık yansıyarak alt uzaya ve çalışma düzlemine ulaşır(Tablo 3.14). Ayrıca bakım zorluklarından dolayı açık ofis tipinde özel durumlar dışında endirekt aydınlatma tercih edilmemelidir.

3.3.3 Aydınlatma Otomasyon Sistemleri

Aydınlatma otomasyon sistemleri mekan kullanıcılarına sağlıklı ve nitelikli görsel konfor sunar ve enerji harcamalarını düşürür, manuel veya otomatik otomasyon sistemleri olabilir. Literatürde yapılarıdaki aydınlatma kontrol elemanları; manuel, zaman ayarlı, manuel- zaman ayarlı, kullanıcı algısına bağlı, günışığına bağlı (açma-kapama veya loşlaştırma) kontrol elemanları olarak 5 grupta değerlendirilmektedir.

2011' de İtalya' da bir üniversite amfisinde gerçekleştirilen çalışmada otomatik aydınlatma otomasyonu kullanılan amfilerde manuel otomasyona göre aydınlatma

için harcanan enerjide %40-65, 2006 yılındaki çalışmada ise %30 elektrik tasarrufu sağladığı anlaşılmıştır. Yine İtalya' da 2014 yılında 10 tip ofis yapısında gerçekleştirilen başka bir otomasyon sistemlerinde %17-32 aralığında enerji tasarrufu sağlanmıştır[18], [20].

Günişliği bağlantılı aydınlatma kontrolü sağlayan sistemlerle ise ABD' de 2005 yılında yürütülen bir araştırmada günişliği ile bağlantılı otomatik kontrol elemanları açık ofis tipolojisine uygulandığı örnekte yıl içinde %24 oranında, Hong Kong' da 2001 yılında ofislerde yapılan bir çalışmada %50, 2012 yılında İngiltere' deki bir araştırmada ise %31-35 aralığında aydınlatmada enerji tasarrufu sağlanmıştı. 2002 yılında Kanada' da yapılan bir araştırmada ise açık gök durumunda %92, kapalı gök durumunda %72 enerji tasarrufu sağladığı araştırmalar sonunda belirlenmiştir[18].

Kullanıcı tercihli kontrol sistemlerinde ise; 2002 yılında İngiltere' de yürütülen çalışmada %84 oranında kullanıcılar aydınlatma kontrolünün önemini belirtmiştir ve kullanıcı müdahalesi bulunmayan otomatik sistemler için ise memnuniyetsizlik oluşturduğu çalışmada anlaşılmıştır. Ancak 2006 yılındaki bir çalışmada günişliği otomasyon sisteminin kullanıcı kontrolüne bırakıldığı şartlarda tahmin edilen verimlilik değerlerine ulaşamamıştır[18], [20]. Tüm bu yapılan farklı çalışmalardan da anlaşıldığı gibi aydınlatma kontrol sistemleri nitelikli ve doğru uygulandığı durumda enerji verimini artırarak enerji tasarrufu sağlamaktadır.

3.3.4 İç Mekan Yapma Aydınlatma Hesap Modelleri

İç ve dış aydınlatma tasarımında farklı hesaplama modelleri benimsenerek hesaplamalar yapılmaktadır. Işık akısı (human) hesap modeli diğer adı ile; verim modeli veya kullanma faktörü (utilisation factor) modeli olarak da isimlendirilen model genellikle iç aydınlatma tasarımında kullanılır.

Bir mekanda ışık kaynağından çıkan ışık akısının bir kısmı aydınlatma aygıtı tarafından emilir, kalan kısmı ise bir bölümü üst yarı uzaya diğer bir kısmı ise alt yarı uzaya gider ve çalışma düzlemine gelir; ışık akısı bu direkt çalışma düzlemine gelen kısmına direkt ışık akısı (Φ_{dir}) denilmektedir. Işık akısının yüzeylerden (tavan - duvar) bir veya çok defa yansiyarak çalışma düzlemine ulaşması sonucunda gelen ışık

akısına ise endirekt ışık akısı (Φ_{end}) denir. Tüm bu yansımalar (çapmalar) neticesinde yansıyan elemanlar tarafından ışık akısının bir kısmı emilir.

Tavan yüksekliği arttıkça veya mekanın en boy değerleri küçüldükçe yansıma miktarları da artmaktadır ve her bir yansıma da ışık akısında kayba neden olur. Ayrıca aydınlatma aygıtının mekan içinde yerleştirildiği yer de ışık akısında önemlidir; mekanın ortasına aydınlatma aygıtı yerleştirildiğinde çalışma düzlemine gelen ışık akısı miktarı duvara yakın yerleştirmeye göre daha fazladır. Işık akısı modeli dış aydınlatmada tercih edilmez ancak yüzeylerde ortalama bir aydınlık düzeyi yeterli görülüyor ve yaklaşık değer bekleniyorsa kullanılabilir.

Noktasal hesap modelinde ise; duvarın yansıtma değerlerinin bulunduğu aydınlatma hesabı yapılmaz sadece yatay düzlemlerin aydınlatma hesaplamalarında kullanılır. Noktasal aydınlatma hesabı yapılırken simetrik bir alan içinde önce bu birim (S) belirlenir ve bu birim daha küçük birimlere bölünür ve formüller kullanılarak önce küçük birim sonra küçük birimden faydalanarak birim ve en sonda birimden faydalanarak tüm alan hesaplanır.

Diğer bir model olan parıltı hesap modeli ise çoğunlukla yol aydınlatmalarında kullanılır. İnsan gözünde aydınlık düzeyi algılanmadığı sadece parıltılar algılandığı için bu modelde parıltı değerlerinden yola çıkılarak hesaplama yapılır ve parıltı faktörü kullanılarak yolun yansıtma özellikleri belirlenir.

Günümüzde tüm bu hesaplamalar bilgisayar ortamında programlar kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

3.3.5 İç Mekan Konforunu Etkileyen Mekanik Sistem Tasarımlarının Aydınlatma İle İlişkisi

Yapılardaki mekanik sistem tasarımları; mimar ve mühendislerin birlikte çalışmasını gerektiren alanlardır. Projelerdeki menfezlerin tasarımlarında, kanal hesaplamalarında aynı zamanda da mimarında dahil olması ile; menfezlerin,

aydınlatma elemanlarının, ve yangın söndürme elemanlarının çakışmaları enlenir. Havalandırma sistem tasarımı, aydınlatma tasarımı, yangın söndürme sistem tasarımı gerçekleştirilir. Bu tasarım aynı zamanda mekanın bütünü göz önünde bulundurarak gerçekleştirilmelidir ve hem asma tavanda hem de açık tavan planlarında tavanı bir tasarım ögesi olarak ele almak önemlidir.

Bu çalışmada bir ofis birimi önerisindeki aydınlatma tasarımının; HVAC sistemleri ve yangın söndürme sistemleri ile entegrasyonunu sağlanmıştır. Tavan planının bir tasarım ögesi olarak ele alındığı deneme çalışması gerçekleştirilmiştir.

HVAC Sistemleri; belirli bir sürede kapalı bir mekan içindeki kirli havanın atılması ve taze havanın mekana verilmesi işlemini gerçekleştiren sistemlerdir. Bu sistemler hem mekanın kullanıcılar için çalışma şartlarına uygun olmasını, hem de sağlıklı çalışılmayı sağlamaktadır. Bir mekanın havasını yenilemek iki yöntem ile gerçekleştirilebilir birincisi yöntem pasif sistem olan doğal havalandırmadır bunun için pencereler ve kapılar kullanılır kaynak olarak ise rüzgar basıncından yararlanılır. İkinci yöntem ise aktif sistem olarak mekanik havalandırma yapmaktır. Uygulamalarda havalandırma sistemi olarak sadece doğal veya sadece mekanik havalandırma tercih edilebileceği gibi hem doğal hem mekanik havalandırma birlikte de tercih edilebilir. Ancak sıcaklık ve nem değerlerindeki değişiklikler ancak mekanik havalandırma ile yapılabilir. Sistemde; ilk olarak dış ortamdan gelen temiz hava klima santralindeki filtrelerden ve iklimlendirme sistemlerinden (ısıtma, soğutma, nem alma, nemlendirme) geçerek havanın istenilen ısı ve nem kriterlerine gelir. Sonra vantilatör yardımı ile dikey havalandırma bacalarıyla katlara dağıtılır ve katlarda yatay kanallar ile mekan içindeki üfleme menfezlerinden mekana verilir. Mekan içindeki kirli hava klima santrali girişindeki aspiratör ile emiş menfezlerinden toplanarak önce yatay kanallar sonrada havalandırma bacası ile klima santraline getirilir. Santral zerindeki klapeler yardımı ile mekandan dönen havanın bir kısmı egzoz kanalından dışarı atılır. Atılan egzoz miktarı kadar dış hava, temiz hava kanalından santrale alınarak ortam havası sürekli iyileştirilir. Taze hava ile karışan emiş havası vantilatör ile mekana verilir.

Havalandırma sistemlerinin kullanılmasının sonucunda mekan kirli havadan ve kötü kokudan arındırılmış olur, ortama sürekli ve stabil taze hava gelişi sağlanır.

Havalandırma sistemleri genellikle ortak kullanım alanlarına sahip; üretim tesisleri, imalathaneler, AVM' ler, oteller ve ofisler gibi mekanlarda sıklıkla tercih edilir.

Mekan içindeki havalandırma sisteminin ve elemanlarının örneğin kanal genişlikleri emiş ve üfleme menfezlerinin adetleri gibi verilerin belirlenmesinde; mekan içindeki kullanıcı sayısı, mekanda yapılan iş ve eylemlerden havalandırma elemanlarının özelliklerini de etkilemektedir. Makine mühendisleri tarafından yapılan hesaplamalar sonucunda gerekli kanal çapları, menfez tipleri vb. elemanlar belirlenir. Ayrıca ofis mekanlarında ise ne kadar fazla bilgisayar yazıcı ve benzeri elektronik cihaz varsa ısı üretimi o kadar artacaktır ve tüm bunların havalandırma sistemi hesaplarında değerlendirilmesi gereklidir.

Yangın söndürme sistemleri (sprinkler sistemler); Yangın söndürme sistemlerinin içinde ağırlıklı olarak kullanılan malzeme sudur. Su haricinde kimyasal maddeler, köpük veya köpük-su beraber de kullanılabilir. Sulu yangın söndürme sistemlerinin ıslak borulu sprinkler sistemler, kuru borulu sprinkler sistemler, deluge (selleme) sprinkler sistemleri gibi farklı tipleri vardır. Islak borulu yangın söndürme sistemleri içindeki borulara sürekli su bulunur ve oda içindeki sıcaklık artışında otomatik devre girebilen sistemlerdir.

Yangın söndürme sistemleri; cihazların ve eşyaların yangında zarar görmesini önler, yangının yayılmasının, büyümesinin önüne geçer ve insan güvenliği için gerekli sistemlerdir.

Ayrıca ülkemizde de TS EN 12259 standartları ile binaların yangından korunması ve yangın sistemleri için standartlar getirilmiştir.

Yangın söndürme sistemlerinde sistem içinde bulunan su borular ile yağmurlama başlıklarına verilir ve yangın durumunda bu başlıklardan yağmurlama ile yangın söndürme gerçekleştirilir. Yangın söndürme sistemi tasarımıındaki boru çapları makine mühendisleri tarafından yapılan hidrolik hesaplarına uygun olarak yapılır. Yangın söndürme sistemleri (sprinkler sistemler); yağmurlama başlıkları, borular, vanalar (tesisat kontrolü için) bağlantı parçaları vb. elemanlardan oluşur.

4. BIM ORTAMINDA BİR OFİS AYDINLATMA TASARIMI ÖNERİSİ

Bu tez çalışması kapsamında AUTODESK REVIT ortamında bir ofis yapısı içindeki alt sistemler, aydınlatma tasarımı ile birlikte düşünüldüğünde tavan tasarımındaki etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Aydınlatma tasarımı kapsamında ofis içindeki çalışma birimlerinin günışığı ve yapma aydınlatma hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Bu tez çalışmasında alt sistemler ile entegrasyonun kolay sağlanabildiği BIM mantığı tercih edilmiş ve aydınlatma tasarımı için günışığı ve yapma aydınlatma simülasyonu sunması sebebiyle REVIT ve içindeki ElumTools eklentisi kullanılmıştır.

4.1. Mimari Tasarım Kabulleri

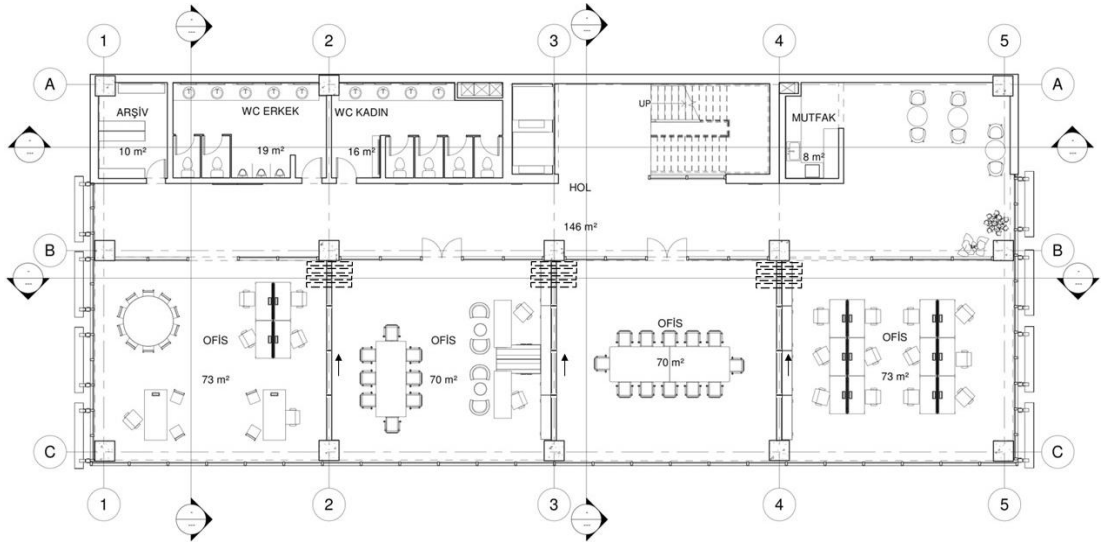
Projenin belirlenmesi sürecinde; ofis plan tipolojisine yönelik literatür taramasıyla örneklemelerden rasgele yöntem ile seçim yapılmıştır. Ofis yapısının; İstanbul' da yer aldığı ve dikdörtgen plana sahip olduğu, çalışma mekanlarının güney-doğu-batı yönlerine baktığı ve bu hacimlerin dış güneş kontrol elemanları ile beraber saydam cephe kaplamasına sahip olduğu, kuzey cephede ise servis mekanlarının ve merdiven çekirdeğinin yer aldığı ve bu cephenin opakt olduğu kabul edilmiştir.

Bina içinde incelenen ofis katının doğal aydınlatma yönünden en dezavantajlı kat olan 1. katta yer aldığı varsayılmıştır. Brüt kat yüksekliği 4.40 m, net kat yüksekliği ise 3.10

m dir. Yapının çevresinde doğal veya yapay bir engel olmadığı kabulü ile hareket edilmiştir.

Ofis katı toplam 550 m² olup; 70 m² lik dört eşit çalışma birimi dışında; arşiv, tuvaletler, mutfak, dinlenme alanı ve sirkülasyon alanlarından oluşmaktadır. Projede güney ve batı, güney ve doğu yönlerine bakan köşe çalışma birimleri açık planlı, güneye bakan iki çalışma birimi ise hücre ofis olarak tasarlanmış, bu alanlar sirkülasyon alanından cam paneller aracılığı ile ayrılmıştır. Bu sayede ofis birimlerinin sirkülasyon alanları ile akıcı ve rahat bir ilişki kurması sağlanmıştır. Tüm ofis birimlerinin birbirinden ayrılmasında ve sınırlarının belirlenmesinde ayırıcı duvarlar opakt yüzeyler olarak kabul edilmiş bu sayede ofislerin birbiri ile olan ilişkisinin sadece sirkülasyon alanı ile kurulması sağlanmıştır.

Ancak ofis birimlerinin birbiri arasındaki ayırıcı opakt yüzey hareketli kabul edilerek çalışma birimlerinin ihtiyaca göre değişimi ve süreçte farklı büyüklüklerde kullanım olanakları düşünülmüştür(Şekil 4.1).



Şekil 4.1. Ofis kat planı

Betonarme olarak planlanan yapıda taşıyıcı eleman olan kolonlar ve dış duvar elemanlarının dış yüzeyleri brüt beton olarak kabul edilmiştir. Döşeme tipi olarak ise

kirişli döşeme seçilmiştir. Ayrıca tüm mekanik tesisat için 90 cm asma tavan boşluğu bırakılmış ve asma tavan alçıpan olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.2. Güney cephe perspektif görünüş

İç mekanda görsel konforu sağlamak ve gelen gün ışığını kontrol etmek amacı ile ilk tasarım aşamasından itibaren cephe tasarımında cam seçimi ve güneş kontrol elemanlarının tasarımı üzerinde durulmuştur.

4.2. Aydınlatma Tasarımı Kabulleri

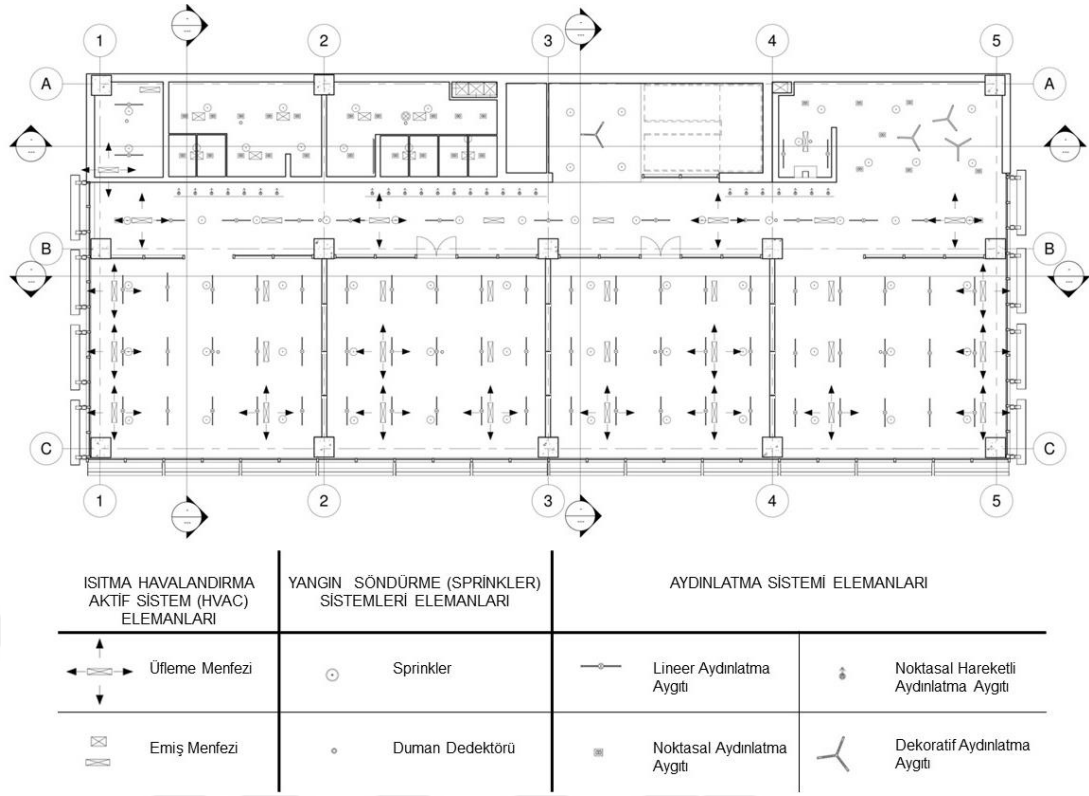
Literatürde cephe tasarımına ilişkin dış güneş kontrol elemanlarının, batı ve doğu yönlerinde düşey, güney yönünde ise yatay planlanması önerilmektedir. Ancak bu çalışmada tasarımsal açıdan dil bütünlüğü sağlanması için kuzey yönü hariç diğer yönlerde yatay, parçalı, sabit elemanlar tercih edilmiştir. Yine İstanbul’ da yapılmış benzer bir çalışma olan Kutlu(2008)’ nun, doktora çalışmasında önerilen, yönlere göre optimum sonuç sağlayan güneş kontrol elemanları önerisi bağlamında güney yönde 75 cm aralıklı, doğu ve batı cephelerin de ise 37,5 cm aralıklı yatay parçalı hareketli gölgeleme elemanları tasarlanmıştır. Aynı çalışmada güneş kontrol elemanlarının ışık yansıtma çarpanı %90 olmasına karşın bakım faktörü düşünüldüğünde %79 ışık yansıtma çarpanı olarak kullanılmıştır[55]. Bu çalışmada da güneş kontrol elemanlarının ışık yansıtma çarpanları %79 alınmıştır. Yapının kuzey cephesinde ise açıklık düşünülmemiştir. Tezin günışığı aydınlatma simülasyonları mevsimlerini temsilen yılın 4 günü; 15 mart, 15 haziran, 15 eylül ve 15 aralık tarihlerinde saat 10.00,13.00 ve 16.00 için yapılmıştır. Güneş kontrol elemanlarının olduğu ve olmadığı durumlar için hazırlanarak karşılaştırılmıştır. Aydınlatma tasarımı kabullerinde optimum sonuç alınabilecek kararlar alınmış ve versiyonlar seçilmiştir. Tasarım kararlarında aydınlatma tasarımına daha ön aşamalarda yer verilmiştir. Yönetim ve tasarım kararları bu yönde şekillendirilmiştir.

Cephe camı olarak Şişecam firmasından; 6 mm renksiz; %78 geçirgenliği ve %11 dış yansıtması olan Low-E cam seçilmiştir, iç mekan camları ise aynı firmadan; %90 geçirgenliği ve %8 yansıtması olan 3 mm renksiz düz cam olarak seçilmiştir. Cephe camlarının seçiminde güneş kontrol elemanlarının da olduğu göz önünde bulundurularak düşük ışık geçirgenliğine sahip cam tercih edilmemiştir. Ancak termal konforu desteklemek için Low-E cam tercih edilmiştir. İç mekan camlarında ise yapı içinde günışığının yayılması için yüksek geçirgenliğe sahip cam tercih edilmiştir.

Tablo 4.1. Yüzey özellikleri bilgileri

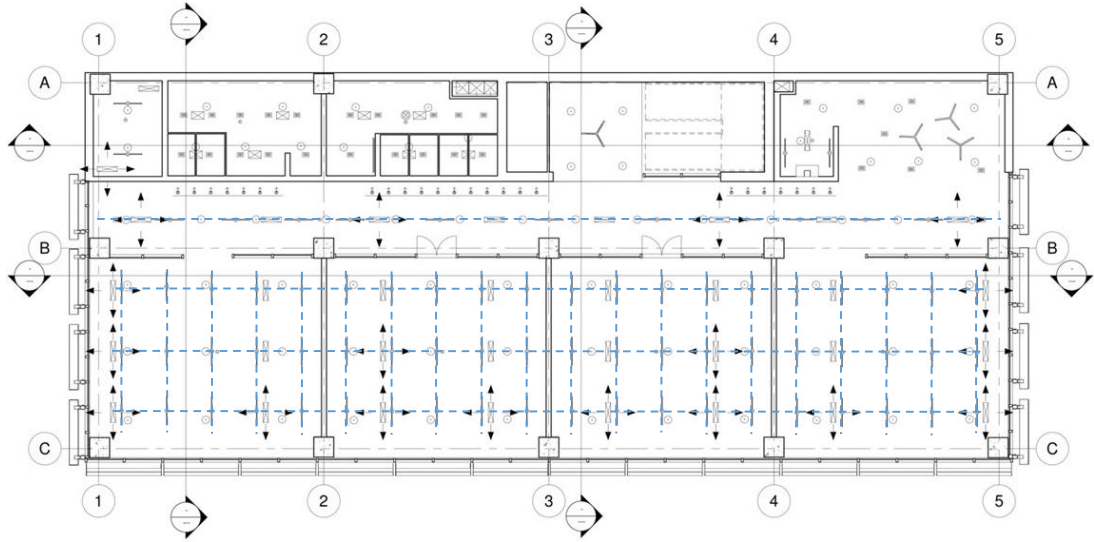
Yüzey Tipi	Yüzey Işık Yansıtma Çarpanı (ρ)	Yüzey Rengi RAL Kodu	Yüzey Rengi RAL Adı
Tavan	%90	RAL 9016	Trafik Beyaz
Duvar	%65	RAL 9003	Signal White
Zemin	%30	RAL 7038	Akik Gri
Çalışma Düzlemi	%40	RAL 7047	Tele Gri 4

İç mekan yüzey renklerinin belirlenmesinde TS EN 12464-1 standartlarına uygun olarak; tavanda %90 yansıtması olan RAL 9016 -Trafik Beyaz, duvarda %65 yansıtması olan RAL 9003 - Signal Beyaz, zeminde %30 yansıtması olan RAL 7038 - Akik Gri, çalışma düzleminde ise %40 yansıtması olan RAL 7047 - Tele Gri 4 rengi tercih edilmiştir. Yapının dış çevre zemininin ışık yansıtma çarpanı ise %5 koyu renkli olarak kabul edilmiştir(Tablo 4.1).



Şekil 4.3. Tavan planı ve aktif sistemler

Çalışma birimlerinde aydınlığın homojen dağılımı gözetilecek şekilde lineer aydınlatma aygıtlarının yerleşimi planlanmıştır, dinlenme alanlarında ise aydınlatma aygıtlarının tercihlerinde ve dağılımında dekoratif açıdan bir seçim yapılmıştır ve sarkıt elemanlar kullanılmıştır. Sarkıt elemanları desteklemek için tavana gömme noktasal aydınlatma araçları ile birlikte bir kurgu oluşturulmuştur(Şekil 4.3), (Şekil 4.4). Tuvaletlerde ise tavana gömme noktasal aydınlatma elemanları ile birlikte aynaya entegre ve sabit aydınlatma aygıtları kullanılmıştır.

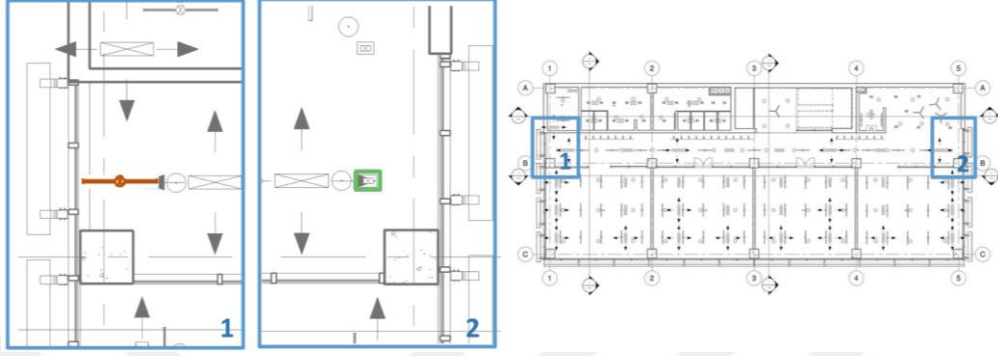


Şekil 4.4. Tavan planı ve aktif sistemlerin (aydınlama sistemi- havalandırma sistemi- yangın söndürme sistemi) grid ve lineerliği gösterimi

Sirkülasyon alanında tavandaki tüm alt sistemler çizgisel bir akışta düşünülmüştür. Bu kabul nedeni ile kullanılan lineer aydınlatma aygıtları havalandırma menfezleri ve diğer alt sistem elemanlarının yerleri temel olarak planlandıktan sonra konumlandırılmıştır. Çünkü diğer sistem elemanlarının yerlerinin belirlenmesinde belirli ölçütler vardır. Örneğin sprinkler başlıklarının belirli bir mesafede (birbirine en uzak 4 m ve duvardan en uzak 2 m) olması gerekliliği ya da havalandırma menfezlerinin kanallardan çok uzak yerleştirilememesi gibi nedenler ile havalandırma menfezleri ve sprinkler sınırları olan elemanlardır. Sirkülasyon alanındaki sınırlı alan ve çizgisel tasarım nedeni ile öncelikli olarak yerleştirilmişlerdir. Bu nedenle de sirkülasyon alanında alt sistem elemanların yerleştirilebileceği sınırlı bir yer olması nedeniyle ve yerlerinin değiştirilmesinde çok esnek davranılamayacağı için öncelikli olarak havalandırma menfezleri, sprinkler ve sensörler yerleştirilmiştir. Tüm bu elemanların yerleşiminde aydınlatma aygıtlarının yerleri göz önünde bulundurulmuştur. Aydınlatma aygıtlarının yerleştirilmesinden sonra hem aydınlatma aygıtlarının düzgün dağılımının yapılabilmesi hem de elemanların birbiri ile ilişkisi düşünülerek küçük revizyonlar ile kaydırmalar gerçekleştirilmiştir.

Sirkülasyon alanının en doğu ve en batı alanlarında lineer aydınlatma aygıtı yerleştirmek için yeterli yer olması ve cepheye çok yaklaşması nedeniyle lineer aydınlatma aygıtı kullanılmamış noktasal aydınlatma aygıtı tercih edilmiştir. Şekil 4.3. te gösterilen 1 seçenek yerine 2 seçenek kullanılmıştır (Şekil 4.5.). Ayrıca yapılan ilk

ölçümlerde bu sirkülasyon alanının en doğu ve batı mekanlarına noktasal aydınlatma aygıtlarının yerleştirilmediği durumda TS EN 12464-1 standartlarında sirkülasyon alanları için istenen 300 lux aydınlık düzeyinden düşük olduğu ve aydınlık düzeyinde düzensizlik olduğu anlaşılmıştır.

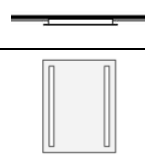


Şekil 4.5. Lineer (1) yerine noktasal (2) aydınlatma aygıtı kullanımı

Aydınlatma tasarımında; havalandırma kanalları, menfez yerleri ve diğer alt sistem elemanlarının yerleri göz önünde bulundurularak tasarımlar gerçekleştirilmiştir. Aydınlatma aygıtları ile menfezler gibi diğer alt sistem elemanları arasında biçimsel dil birliği sağlanmıştır. Aydınlatma aygıtları ile havalandırma menfezleri birbiri ile çakışmayacak, ancak tavan planında bir bütünlük oluşturacak biçimde ve estetik kaygılar düşünülerek tasarlanmıştır. Tavan tasarımı sürecinde ilk olarak havalandırma menfezleri ve aydınlatma aygıtları arasındaki ilişki düşünülmüş ve ofis birimleri içindeki menfezler ile aydınlatma aygıtları grid sistem olarak planlanmıştır. Bu sayede de aydınlığın düzgün dağılımı sağlanmıştır(Şekil 4.4.), (Şekil 4.5.).

Çalışma birimleri arasındaki hareketli ayırıcı eleman ile çalışma birimlerinin ihtiyaca göre değişimi ve süreçte farklı büyüklüklerde kullanımı kabulü nedeni ile mekanların birleştirildiği durum için de aydınlığın düzgün dağılımı hedeflenmiş ve elemanlar tek bir mekan senaryosu düşünülerek eşit aralıklar ile yerleştirilmiştir.

Tablo 4.2. Aydınlatma aygıtları ve ışık kaynaklarına ilişkin bilgiler

AYDINLATMA AYGITININ TİPİ - IŞIK KAYNAĞI	AYDINLATMA AYGITININ KODU	AYDINLATMA AYGITININ RESMİ	AYDINLATMA AYGITININ GÖSTERİMİ	IŞIK KAYNAĞINA AIT GÜÇ (P)VE ETKİNLİK FAKTÖRÜ (e)	IŞIK KAYNAĞININ RENK SICAKLIĞI VE RENKSEL GERİVERİM DEĞERİ
Yüzeye Monteli Lineer Aydınlatma Aygıtı - LED	SM530C LED34S/930 PSD PI5 L1130 ALU			25W 136 lm/W	3000°K >90
Yüzeye Monteli Elektro ray Üstü Ayarlanabilir Aydınlatma Aygıtı - LED	ST721T LED- XNB/PW9- 3000 PSD CLM6 WH			17.6W 66 lm/W	3000°K 90
Yüzeye Monteli Noktasal Aydınlatma Aygıtı – LED	901666.002.7 30 40518592687 27 LED D 255, H 3			20W 78 lm/W	3000°K 80
Sarkıt Aydınlatma Aygıtı – LED	STL 042U 40OD03 LLL YLDZ			42W -	4000°K >80
Aynaya Entegre Işık Bandı – LED	7185 01 01			18W 148.54 lm/W	2800°K -

Çalışma birimlerinde sıva üstü yüzeye monteli lineer armatürler ile 25 W güce sahip, 3000 °K renk sıcaklığı olan ve $R_a \geq 90$ renksel geriverimi bulunan ışık kaynakları tercih edilmiştir. Sirkülasyon alanında farklı bir aydınlatma sistemi seçilmiş ve bu alanının aynı zamanda sergileme mekanı olması sebebiyle aydınlatmasında; elektro ray üstü hareketli spot aydınlatma aygıtları ve 15.6 W güce sahip, 3000 °K renk sıcaklığı olan ve R_a 90 renksel geriverimi bulunan ışık kaynaklarından tercih edilmiştir. Tuvaletler ve mutfak gibi diğer servis mekanlarının bulunduğu mekanlarda ise aydınlatma aygıtı olarak spotlar ve noktasal aydınlatma aygıtları ve 20 W güce sahip, 3000 °K renk

sıcaklığı olan ve R_a 80 renksel geriverimi bulunan ışık kaynaklarından tercih edilmiştir. Ofis mekanlarında orta sıcaklıkta ve TS EN 12464-1 standartlarına göre 1A 1B sınıfı renksel geriverimi olan LED ışık kaynakları tercih edilmiştir. Mekanlarda kullanılan aydınlatma araçlarına ilişkin bilgiler Tablo 4.2' de verilmiştir.

Çalışma kapsamında aydınlatma sistemi tasarımının ardından ısıtma havalandırma, yangın söndürme sistemi planlanmıştır. Tüm alt sistemler tavan planı kapsamında süperpoze edilerek revizyonları sağlanmıştır. Tavan planı bir tasarım ögesi olarak ele alınmıştır(Şekil 4.3). Böylelikle aydınlatma dahil tüm aktif sistem planları bu şekilde birbirine entegre edilmiştir.

4.3. Mekanik Sistem Tasarımı Kabulleri

Tez kapsamında bütüncül yaklaşarak tüm disiplinlerin bir arada çalışabilmesi mimari projenin, aydınlatma tasarımının mekanik sistemlerin ve tüm bu sistemlerin tavan planında bir arada entegrasyonunun sağlanabilmesi ve çakışma kontrollerinin yapılabilmesi BIM mantığının ve REVIT' in tercih edilme nedenlerindendir.

Mekanik sistem tasarımında; Isıtma Havalandırma (HVAC) sistem tasarımında; mekanların toplam hacimleri hesaplanmış; mekanda yapılacak iş, insan yoğunluğu ve mekanik elemanlarda oluşabilecek gürültü düşünülerek akış ve debi hesapları yapılmış ve bu hesaplamalar için makine mühendisinden destek alınmıştır.

Havalandırma projesi için gerekli olan dikey kanalla katlar arasında tuvalette ve mutfakta bulunan shaft boşlukları ile taşınmıştır. Menfez tipi seçimlerinde tavan planı ve estetik kaygılar gözetilerek mekan ve tavan planı ile ilişkili elemanlar seçilmiştir(Şekil 4.6). Örneğin tuvaletteki menfezler ile aydınlatma elemanlarının çakışma sorunu yaşamaması için proje genelinde kullanılan 20x80 cm menfezlerin yerine tuvaletlerde 30x50 cm menfezler kullanılmıştır. Havalandırma projesinde gerekli olan iklimlendirme santrallerinin çatıda ve bodrum katta yer alacağı düşünülmüştür.

Ülkemizde nisan 2002' de kabul edilen TSE 3419 Havalandırma ve İklimlendirme Tesisleri Projelendirme Kuralları standartlarına göre, bu çalışmanın havalandırma sisteminde; merkezi sitem havalandırmalı, santral tipi ve karışık havalı sitem seçilmiştir. Ayrıca ısıtma, soğutmalı ve nemlendirme kontrollü (kısmi iklimlendirmeli) tip seçilmiştir.

Hesaplamalar; her bir ofis biriminde 308 m^3 hava olduğu ve maksimum 12 kişi olduğu kabul edilerek gerçekleştirilmiştir. TSE 3419 Havalandırma ve İklimlendirme Tesisleri Projelendirme Kuralları standartlarına göre; büro ve ofisler için kişi başına dış hava ihtiyacı sigara içilmeyen mekanlar için saate $20 \text{ m}^3/\text{h}$ dir. Mekanlara toplam üflenilen havanın minimum %20' sinin dış hava olması kabul edilebilir, maksimum %80' lik kısmı ise sistemde geri kazanılan havadır. Gerçekleştirilen havalandırma tasarımında örnek alınan güney-batı yönlenmeli ofis odası TSE standartlarında belirtilen bu değerler kullanılarak hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Güney-batı yönlenmeli oda üfleme menfezi sayısı 4, emiş menfezi sayısı 2 olarak alınmıştır. Menfez boyutlarının $80 \times 20 \text{ cm}$ olduğu kabul edilerek yapılan hesaplamalarda tek üfleme menfezinden çıkan hava hızı maksimum $0,46 \text{ m/sn}$ olduğu ve bu değer in mekan ı kullanan kişilere ulaştığında üçte birine düşeceği öngörülmüştür. Ayrıca menfez yönlendirmeleri ile kullanıcılara ulaştığındaki hız ı kontrol altında tutulabilir. TSE 3419 standartlarında mekan kullanıcılarına ulaştığındaki hava hız ı $0,15-0,20 \text{ m/sn}$ aralığında kalması ideal olarak belirtilmiştir. TSE 3419 standartlarında kanal içlerindeki hava hız ı maksimum $8-10 \text{ m/s}$ önerilmektedir. Mekan içinde hava akışına bağlı gürültü istenmediği için kanallardaki akış hız ı minimum seviyelerde planlanmıştır. Ofislerdeki kanal ölçüleri emiş ve üfleme kanalları içinde $20 \times 30 \text{ cm}$ kanal kesitinden kademeli olarak büyütülerek önce $30 \times 40 \text{ cm}$ ölçüsüne en son ise toplama kanalları için $30 \times 60 \text{ cm}$ ölçülerine ulaşmıştır. Tuvalet ve mutfak mekanlarında sadece emiş yapılmış ve toplanan hava egzoz edilmiştir. Tuvaletteki şaft boşluklarından 3 adet dikey havalandırma kanalı geçirilmiş bu kanallardan biri egzoz biri kirli hava diğeri temiz hava kanalı olarak planlanmıştır. Mutfakta bulunan şaft kanalından ise sadece mutfaktan emilen havanın egzoz kanalı geçirilmiştir. Tuvaletler ve mutfak dışındaki tüm mekanlarda hem emme hem de üfleme yapılmıştır. Ofis birimleri için de termal konforu attırmak amacı ile cephe camlarına yakın olan kısımlarda yazın ısı yükü artışını göz önüne alarak üfleme menfezleri yerleştirilmiş. Cephe camlarına uzak olan mekanın derinindeki kısımlardan emiş gerçekleştirilmiştir. Tek bir birim için üfleme ve emiş menfezlerinin dengeli dağılması sağlanmıştır. Farklı kullanım durumlarında dört ofis biriminden sadece birinin kullanılma ihtimali

düşünülerek her bir ofis biriminin havalandırması diğer ofis birimlerinden bağımsız düşünülmüştür.



HVAC ELEMANLARI GÖSTERİMİ	HVAC ELEMANLARI TİPİ	HVAC ELEMANLARI BOYUTU
	Emiş Menfezi	Menfez Boyutu: 20x80cm 30x50cm
	Üfleme Menfezi	Menfez Boyutu: 20x80cm
	Yuvarlak Esnek Kanal	Kanal Kesit Boyutu: Ø 15cm
	Dikdörtgen Kanal	Kanal Kesit Boyutu: 20x30cm
	Dikdörtgen Kanal	Kanal Kesit Boyutu: 40x30cm
	Dikdörtgen Kanal	Kanal Kesit Boyutu: 60x30cm

Şekil 4.6. Ofis birimi ısıtma havalandırma aktif sistem (HVAC) elemanları

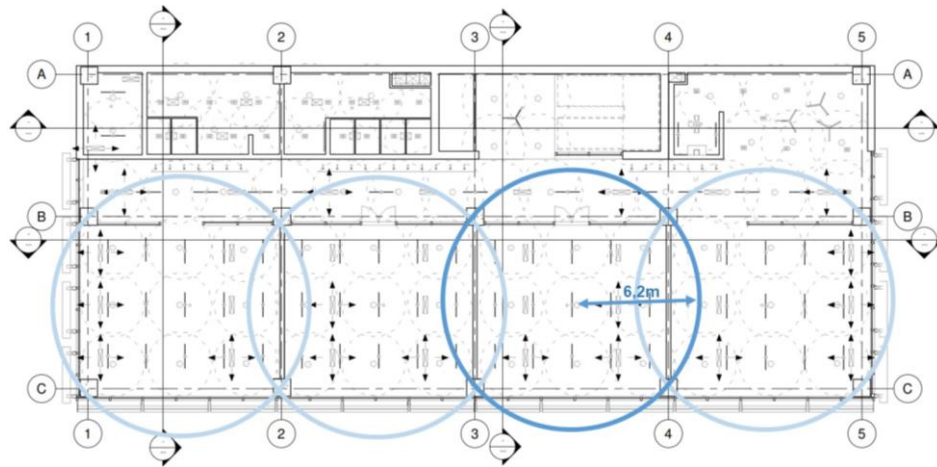
Havalandırma menfezleri; ofis birimlerini birbiri arasındaki hareketli ayırıcı elemanlara yakın yerleştirilmemiştir. Çünkü çalışma birimlerinin ihtiyaca göre farklı büyüklüklerde kullanıldığı durumlarda menfezlerin birbirlerine mesafelerinin çok yakın olacağı düşünüldüğünden menfez elemanları hareketli bölücü panellere yakın yerleştirilmemiştir.

Havalandırma menfezlerinin yerlerinde ve eleman tiplerinin seçiminde aydınlatma aygıtları başta olmak üzere tüm alt sistemler ile biçimsel dil bütünlüğü göz önünde bulundurularak eleman seçimleri gerçekleştirilmiştir.

4.4. Yangın Söndürme Sistemi Kabulleri

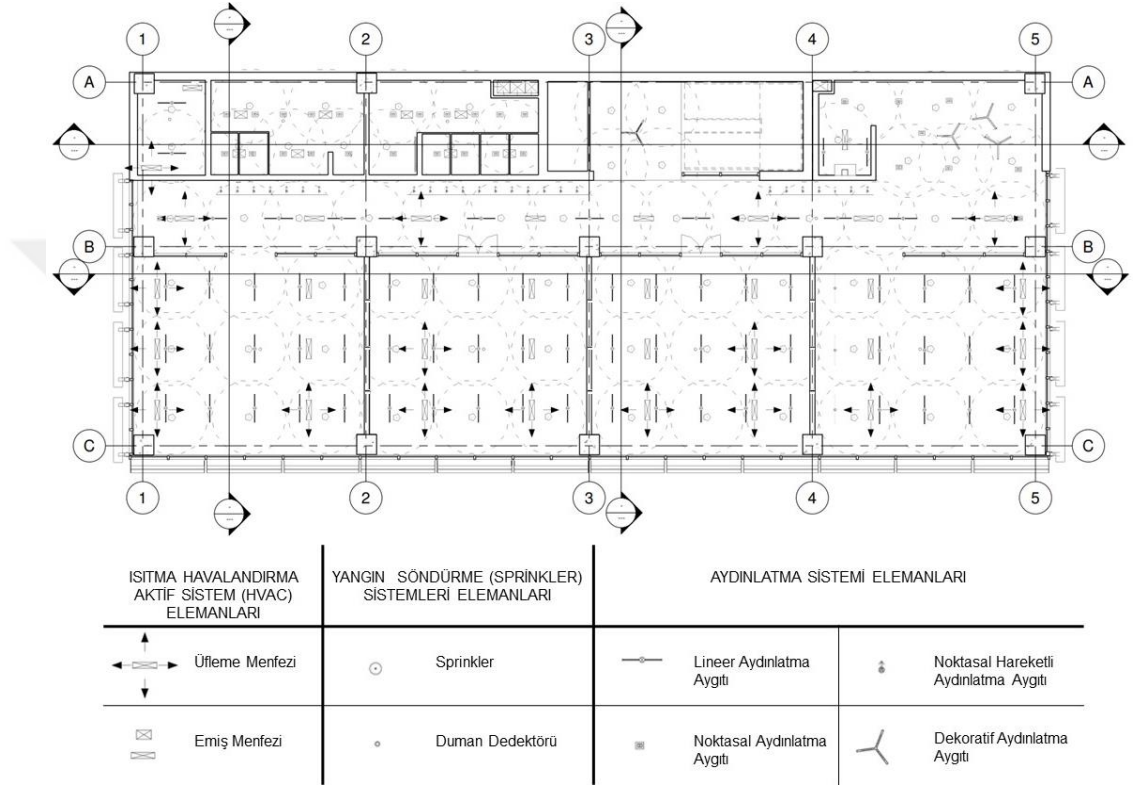
Yangın söndürme sistemi olarak ise; sulu yangın söndürme sistemi tercih edilmiştir ve ıslak borulu tip sprinkler söndürme sistemleri; sprinklerin yüksek sıcaklıkta kırılarak otomatik olarak devreye girmesi sebebi ile tercih edilmiştir. Sprinkler başlıkları açık başlık tipinde ve beyaz renkli tercih edilmiştir.

Yerleştirilen bu başlıkların birbirine en uzak 4 m ve duvardan en uzak 2 m mesafede olması kuralları ile tasarım gerçekleştirilmiştir. Tüm değer, veri ve hesaplamalar TS EN 12259 "Binaların Yangından Korunması" standartları kabul edilerek gerçekleştirilmiştir. Yapının ofis tipi yapı olması ve ofis yapılarının yangın açısından orta tehlikede risk grubuna girmesi ve orta tehlike risk grubunda belirtilen sprinkler tanımlı alanlarına uygun olarak her bir sprinkler başlığı için 12 m² den az alan tanımlanmıştır. Her bir ofis birimi içinde 308 m³ hava bulunmaktadır ve her bir birime bir nokta tipi duman sensörü yerleştirilmiştir. (Şekil 4.8). TS EN 12259 ve TS EN 54 standartlarında her bir duman sensörü için maksimum 77 m² alanda tanımlanması gereklidir buna göre ofis birimi içindeki; çalışma birimlerinde her 70 m² ye bir, sirkülasyon alanı içinde her 52 m² de bir duman sensörü yerleştirilmiştir. TS EN 54 standartlarına göre 6,20 m yarıçapında algılama gerçekleştirebilir. Projedeki ofis birimleri ise maksimum 6 m yarıçaplıdır (Şekil 4.7). Diğer mekanlarda da sensör yerleşimleri standartlara uygun olarak gerçekleştirilmiştir ve her bir kapalı birime mutlak bir duman sensörü yerleştirilmiştir.



Şekil 4.7. Duman sensörleri algılama alanları

Proje tasarım süreçlerinde sistemler arası çakışma sorunları fark edilmiş ve çözülmüştür. Özellikle tuvaletlerde kullanılan aydınlatma aygıtları ve havalandırma menfezleri arasında oluşan çakışma sorunları projede yeniden düzenlenmiştir. Sirkülasyon alanlarının en son noktalarında kullanılan sprinkler ve lineer aydınlatma aygıtı çakışması sorunu ise lineer eleman yerine noktasal aydınlatma aygıtı (spot) tercih edilmesi ile çözümlenmiştir.



Şekil 4.8. Sprinkler (yangın söndürme) sistemi

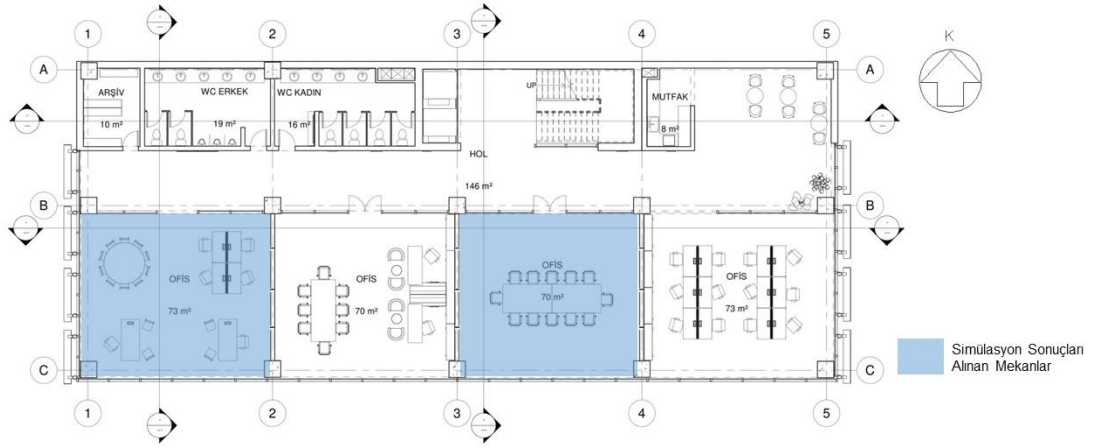
4.5. Simülasyon Hesaplamaları Kabulleri

Tez çalışmasında kullanılan simülasyon aracı REVIT programının ElumTools eklentisi olup aydınlatma hesaplamalarında günışığı ve yapma aydınlatmanın etkisine bakılmıştır. Bu amaçla oluşturulan hesaplama yüzeyi yerden 90 cm yükseklikte yatay düzlem olarak kabul edilmiştir. Hesaplama noktaları duvardan 50 cm içeride, 100 cm aralıklı planlanmıştır.

Güney yönlenmeli ofis ile güney-batı yönlenmeli çalışma birimleri için simülasyon senaryoları hazırlanmıştır. Yıl boyunca her mevsimi karakterize eden günler belirlenmiş, 15 mart, 15 haziran, 15 eylül ve 15 aralık olarak; belirlenmiş ve gün içinde 10.00, 13.00 ve 16.00 saatlerinde hesaplamalar gerçekleştirilmiştir. Her ayı karakterize eden günlerin belirlenmesinde Kutlu' nun 2008 yılındaki doktora çalışmasındaki standartlardan yararlanılmıştır. Güneş ışığı hesaplamalarında referans ve doğru değerler olarak kabul edilen 15 mart-15 haziran-15 eylül ve 15 aralık tarihleri mevsimleri temsilen seçilmiştir[55]. Güneş ışığı aydınlatma simülasyon senaryoları cephede güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için tekrarlanmıştır.

ElumTools içindeki Daylighting (Güneş ışığı) menüsü içerisindeki gök modellerinden Perez All-Weather Sky (Dört mevsim) gök modeli seçilmiştir. Bu gökyüzü modeli; kapalı gök kadar yılın büyük kısmında kapalı veya açık gök modeli kadar tropikal iklim şartları için oluşturulmamıştır. Perez All-Weather Sky gök modeli dar aralıklı olmayışı ve belirlenmiş olan konuma göre gök durumlarını kendisinin belirlemesi nedeni ile seçilmiştir. Konum olarak ise eklenti içinde hazır olarak bulunan İstanbul verileri kullanılmıştır. Enlem ve boylam değerleri eklentide var olan değerler seçilerek 40.97' N ve 28.82' E olarak girilmiştir. Güneş ışığından yararlanma saati uygulanmış (Apply Daylight Saving Time) ve 28 Mart ve 30 Ekim tarihleri girilmiştir. Gerçek kuzey yönünü tanımlamak için ise eklentinin kabulleri göz önünde bulundurularak True North değeri 90° deg girilmiştir.

Bu tez kapsamında ofis katı içinde seçilen güney-batı yönlenmeli (güneş ışığının iki yönden alındığı) ve güney yönlenmeli (güneş ışığının tek yönden alındığı) 2 ofis mekanı içinde aydınlık düzeyi simülasyon hesaplamaları gerçekleştirilmiş. Simülasyon hesaplamaları gerçekleştirilen mekanlar Şekil 4.9' da gösterilmiştir.

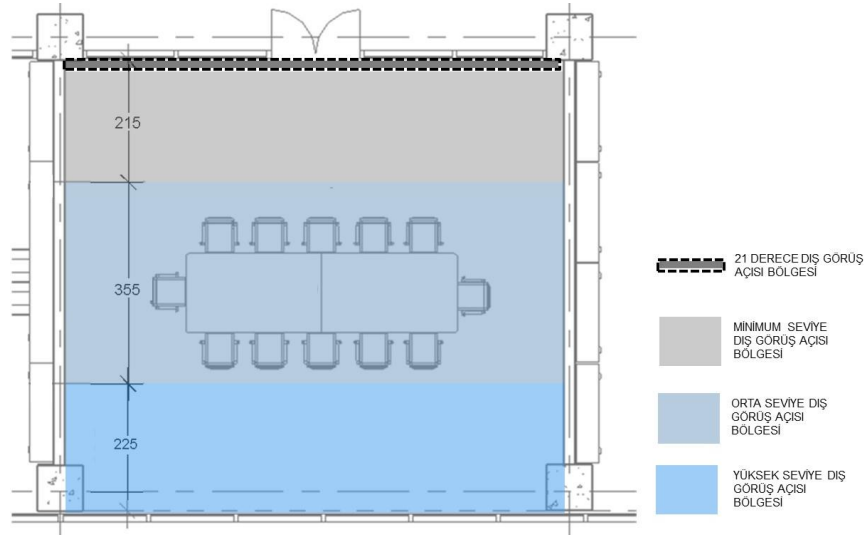


Şekil 4.9. Simülasyon sonuçları alınan mekanlar

4.5.1. Güneşli Aydınlatma Simülasyon Sonuçları

Ofis birimleri TS EN 17037 standartlarına göre dış görüş olarak değerlendirildiğinde, çevrede dış görüşü engelleyen yapay veya doğal bir engel olmadığı kabul edilmiştir. Ancak özellikle yapının batı ve doğu saydam yüzeyleri için güneş kontrol elemanları dış görüşü engellemektedir. Güney yönündeki güneş kontrol elemanlarının; tüm saydam yüzey boyunca olmaması konumu ve sayısı ile kanatlar arası mesafelerin sebebi ile batı ve doğu cephesindeki güneş kontrol elemanlarına göre dış görüş yönünden daha az etkiye sahiptir.

TS EN 17037 standartlarında bulunan dış görüş özelliklerine göre; mekan içinde tek yüzeyinde pencere olması durumu için oda derinliğine bağlı olarak 8 m' den büyük veya eşit, 11 m' den küçük veya eşit ($8 \leq$, ≤ 11) derinliği olan mekanlarda en az %25 saydamlık oranı aranmaktadır. Hesaplamaları gerçekleştirilen ofis birimleri ise en fazla 8 m derinliğe sahiptir ve en az bir duvar yüzeyi %100 saydamdır. TS EN 17037 standartlarında 14° den büyük 28° küçük dış görüş açısı minimum seviye, 28° büyük 54° büyük orta seviye, 54° ve üstü dış görüş açısı yüksek seviye dış görüş açısı olarak tanımlanmaktadır. Ofis birimlerinin saydam yüzeye en uzak noktadaki; dış görüş açısı 21° dir ve bu açı minimum derecede dış görüş açısına denk gelmektedir. Standarttaki bu değerlere göre minimum seviye dış görüş açısı saydam yüzeyden 5.80 m uzaktadır. Orta seviye dış görüş açısı saydam yüzeyden 2.25 m uzaklıkta başlamakta 5.80 m uzaklıkta bitmektedir. Yüksek seviye dış görüş açısı ise saydam yüzey ve saydam yüzeyden 2.25 m uzaklık aralığında sağlanmaktadır(Şekil 4.10).



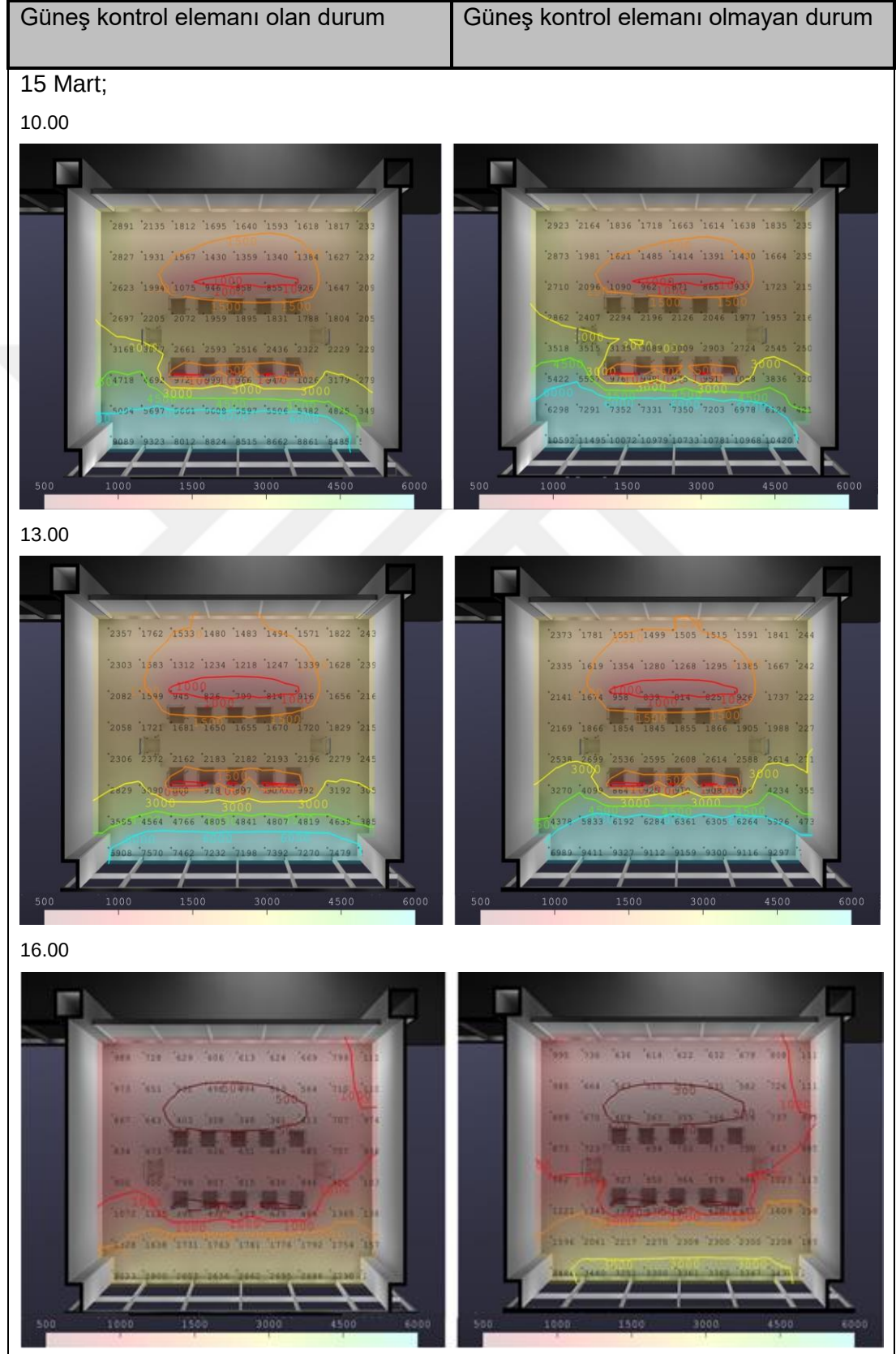
Şekil 4.10. Dış görüş seviyelerinin ve derecelerinin ofis birimlerinde gösterimi

ElumTools eklentisi kullanılarak yapılan simülasyon hesaplamalarında cephe camları için %78 geçirgenlik ve %11 yansıtma iç camlar için %90 geçirgenlik ve %8 yansıtma değerine, güneş kontrol elemanları için %79 yansıtma değeri, tavan için %90 yansıtma çarpanı RAL 9016, duvar için %65 yansıtma çarpanı RAL 9003, zemin için %30 yansıtma çarpanı RAL 7038, çalışma düzlemleri %40 yansıtma çarpanı RAL 7047 renkleri girilmiştir. Dış mekandaki zemin yansıtma değeri ise %5 olarak girilmiştir.

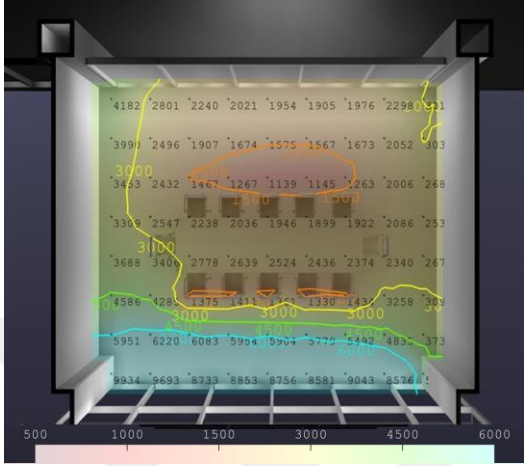
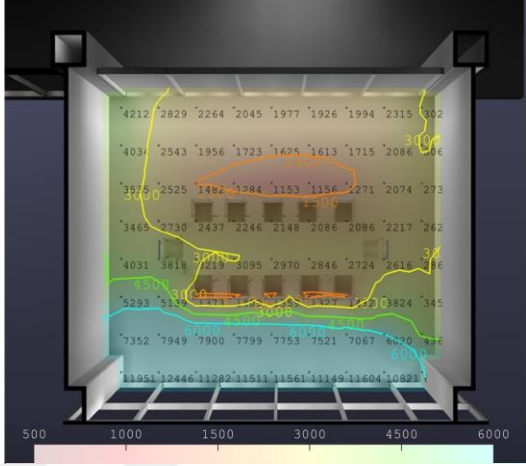
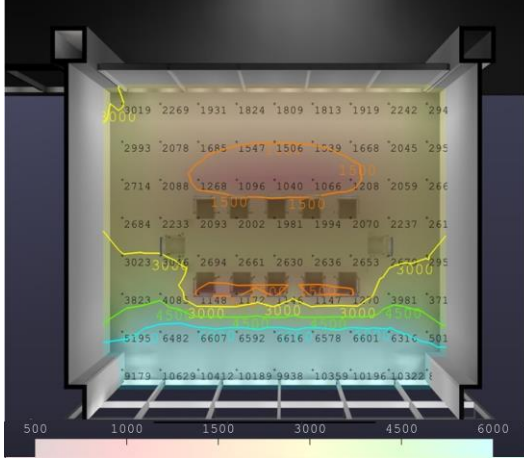
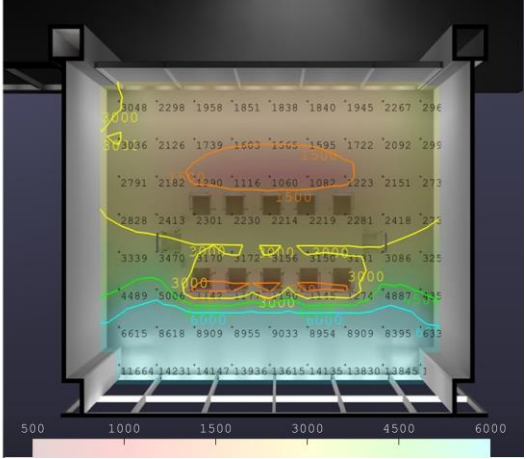
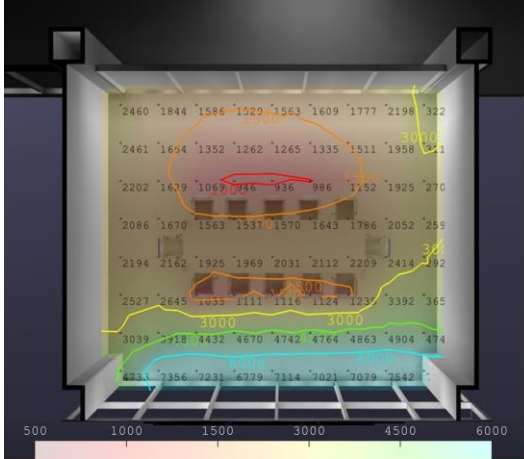
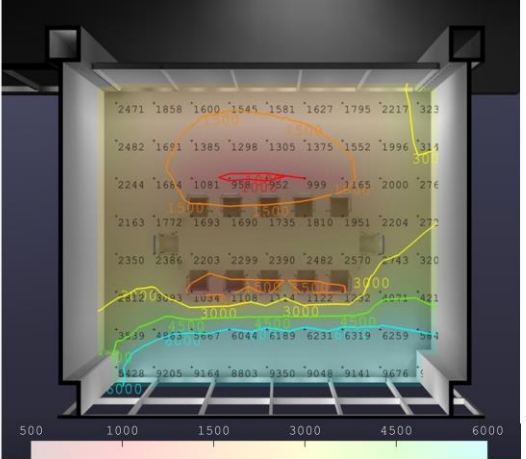
Yerden 90 cm yüksekte masa düzlemi hizasında 100 cm aralıklı hesaplama noktalarında yılın 4 günü 15 mart, 15 haziran, 15 eylül, 15 aralık için 3 saatte 10.00, 13.00, 16.00 için Perez All-Weather Sky Gök Modeli İstanbul verileri girilerek, 40.97' N ve 28.82' E konumlarında, True North değeri 90° deg girilerek hesaplamalar gerçekleştirilmiştir.

Güney Yönlenmeli Toplantı Odası Güneşli Aydınlatma Simülasyon Sonuçları;

Tablo 4.3. Güney yönlenmeli toplantı odası 15 mart güneşli aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları



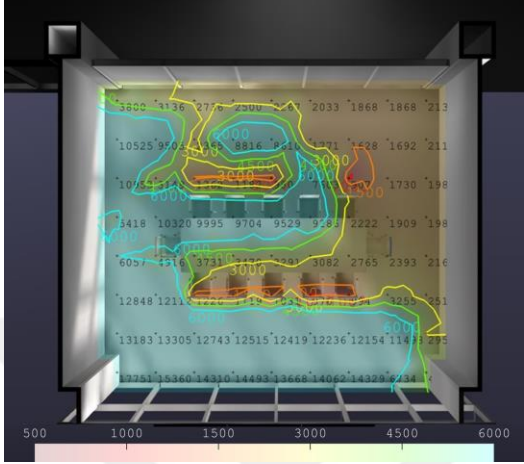
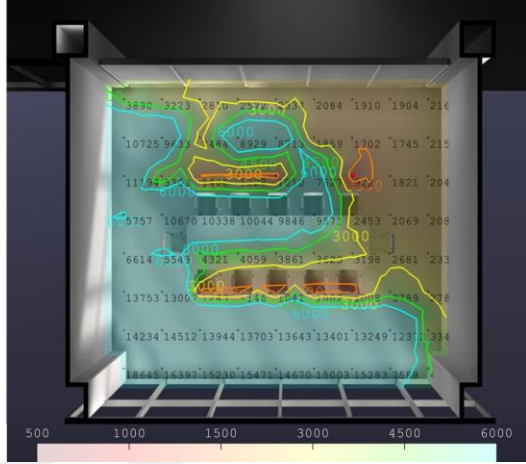
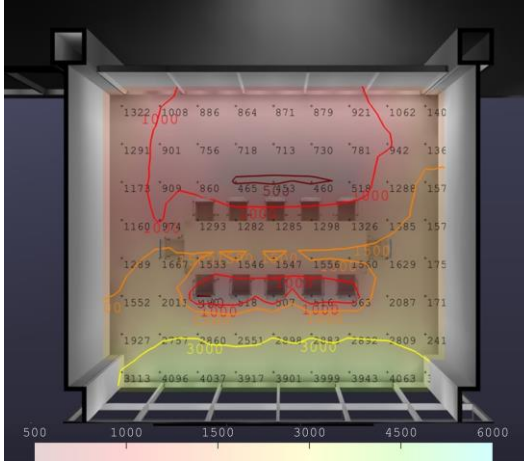
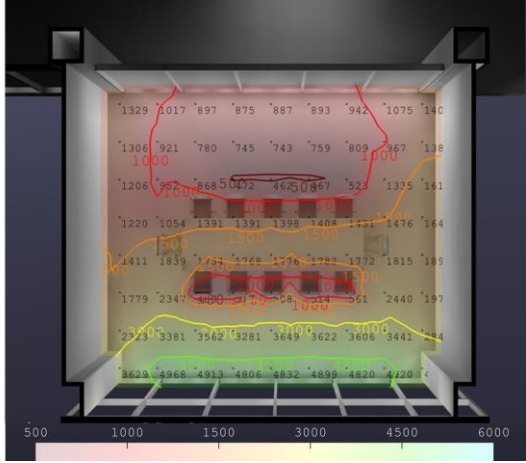
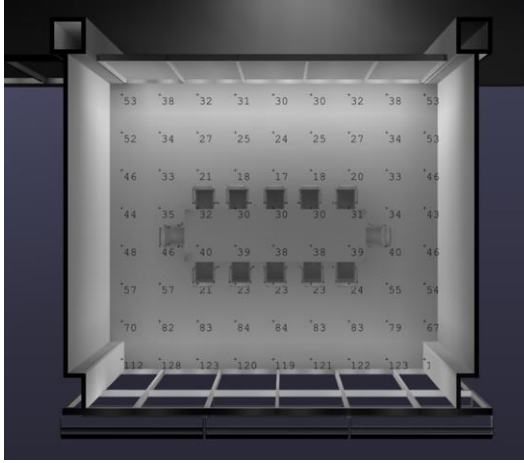
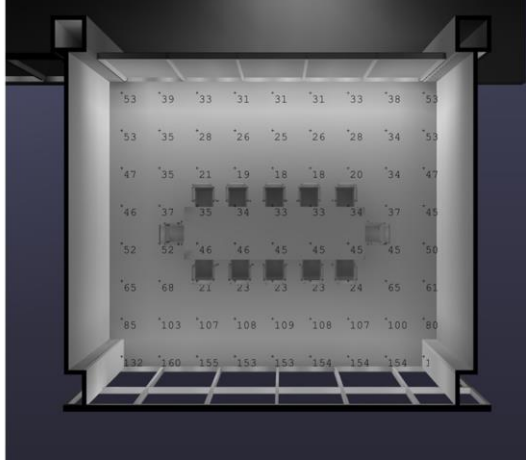
Tablo 4.4. Güney yönlenmeli toplantı odası 15 haziran günüışığı aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları

Güneş kontrol elemanı olan durum	Güneş kontrol elemanı olmayan durum
15 Haziran; 10.00 	
13.00 	
16.00 	

Tablo 4.5. Güney yönlenmeli toplantı odası 15 eylül günışığı aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları

Güneş kontrol elemanı olan durum	Güneş kontrol elemanı olmayan durum
15 Eylül; 10.00	
13.00	
16.00	

Tablo 4.6. Güney yönlenmeli toplantı odası 15 aralık günışığı aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları

Güneş kontrol elemanı olan durum	Güneş kontrol elemanı olmayan durum
15 Aralık; 10.00 	
13.00 	
16.00 	

Güney Yönlenmeli Toplantı Odası Güneşli Aydınlatma Simülasyon Sonuçları Değerlendirmesi;

Güneş kontrol elemanlı ve güneş kontrol elemansız olarak alınan simülasyon sonuçlarına göre; güney yönlenmeli toplantı odasında belirlenen gün ve saatlerde güneş kontrol elemanlarının etkisi hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre güneş kontrol elemanlarının ısıtmanın istenmediği dönemlerde yüksek güneşli engellemede etkili olduğu görülmüştür.

15 mart saat 10.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki güneşli aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 8721-5206-2254-2588-2033-1446-1753-1947 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 3166 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,27 'dir. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki güneşli aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 10755-6681-2064-2993-2224-1488-1801-1971 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 3710 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,23 'tür.

15 mart saat 13.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki güneşli aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 7188-4519-1859-2258-1792-1310-1583-1770 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 2723 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,29 'dur. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki güneşli değerleri cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 8976-5808-2194-2611-1957-1348-1624-1788 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 3208 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,25 'dir.

15 mart saat 16.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki

günişığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 2624-1681-787-869-714-563-670-751 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 1061 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,32 'dir. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günişığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 3248-2128-877-994-773-578-685-747 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 1226 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,28 'dir.

15 haziran saat 10.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günişığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 9021-4888-2458-2761-2279-1872-2218-2487 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 3420 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,33 'tür. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günişığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 11540-7080-2733-3131-2448-1912-2261-2509 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 4098 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,28 'dir.

15 haziran saat 13.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günişığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 10153-6221-2386-2773-2211-1688-2001-2196 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 3613 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,28 'dir. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günişığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 13675-8302-2735-3213-2406-1736-2052-2222 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 4414 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,24 'tür.

15 haziran saat 16.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günişığı aydınlık düzeyi cepheye en yakından, en uzak noktaya doğru sırası ile 6856-4452-1981-2215-1833-1079-1768-1976 lux 'tür, mekan içindeki

ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 2712 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,34 'tür. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 3324-8726-5661-2199-2513-1970-1538-1802-1992 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 3224 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,29 'dur.

15 eylül saat 10.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 27886-20059-1944-2229-1851-1459-1685-1830 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 7079 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,12 'dir. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 29595-21256-2229-2565-2024-1527-1751-1883 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 7548 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,12 'dir.

15 eylül saat 13.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 57546-55874-2076-2317-1928-1526-1775-1919 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 15030 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,06 'dır. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 58825-56934-2369-2667-2096-1589-1841-1972 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 15434 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,06 'dır.

15 eylül saat 16.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 24129-17832-1756-1998-1672-1348-1529-1662 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 4010 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi

oranı; E_{min}/E_{ort} 0,20 'dir. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 25198-18787-1992-2287-1824-1386-1587-1707 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 6535 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,13 'tür.

15 aralık saat 10.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 13838-11444-4007-3540-6707-3310-5224-2482 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 6213 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,14 'tür. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 14785-12488-4307-4025-6980-3401-5326-2543 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 6296 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,14 'tür.

15 aralık saat 13.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 3883-2665-1106-1564-1285-855-910-1027 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 1630 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,28 'dir. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 4198-3300-1236-1754-1256-878-934-1023 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 1848 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,25 'dir.

15 aralık saat 16.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 121-79-37-41-34-28-33-37 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 50 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,34 'tür. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 151-100-41-47-37-28-34-38 lux

'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 58 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,31 'dir.

Güneş kontrolü olan ve olmayan durumların aydınlık düzeyine etkileri kıyaslandığında; güneş kontrolü olan durum olmayan duruma göre mekan içindeki E ve E_{ort} daha düşük hesaplanmıştır. Örneğin 15 mart saat 10.00' da; güneş kontrolü olan durum için ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 3166 lux, güneş kontrolü olmayan durumda ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 3710 lux 'tür.

Güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar içinde; cepheden uzaklaştıkça günışığı aydınlık düzeyi düşmüştür. Örneğin 15 mart saat 10.00 güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 8721-5206-2254-2588-2033-1446-1753-1947 lux 'tür. Aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktada 8721 lux iken cepheden en uzak noktada 1947 lux 'tür.

Güneye bakan çalışma birimi için, simülasyon hesaplamalarında gün içindeki en yüksek ortalama aydınlık düzeyleri değerlendirildiğinde. 15 mart için saat 10.00' da en yüksek değeri hesaplanmıştır. Bu gün ve saate güneş kontrolü olan durum için ortalama aydınlık düzeyi 3166 lux, olmayan için ortalama aydınlık düzeyi 3710 lux 'tür. 15 haziran için saat 13.00' da en yüksek ortalama aydınlık düzeyi değeri hesaplanmıştır. Aynı gün ve saatte güneş kontrolü olan durum için ortalama aydınlık düzeyi 3613 lux, olmayan için ortalama aydınlık düzeyi 4414 lux 'tür. 15 eylül için 13.00' da en yüksek ortalama aydınlık düzeyi değeri hesaplanmıştır. Aynı gün ve saatte güneş kontrolü olan durum için ortalama aydınlık düzeyi 15030 lux, olmayan için ortalama aydınlık düzeyi 15434 lux 'tür. 15 aralık günü için 10.00' da en yüksek ortalama aydınlık düzeyi değeri hesaplanmıştır. Aynı gün ve saatte güneş kontrolü olan durum için ortalama aydınlık düzeyi 6213 lux, olmayan için ortalama aydınlık düzeyi 6296 lux 'tür.

Yıl içindeki en yüksek aydınlık düzeyi ise 15 eylül 13.00' da hesaplanmıştır. Hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri güneş kontrolü olan durum için 1530 lux olmayan durumlar için 15434 lux 'tür.

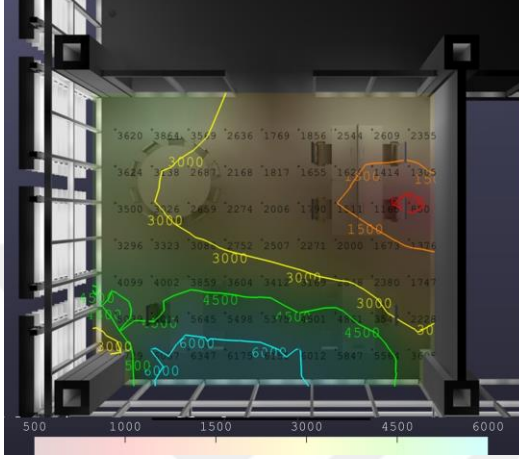
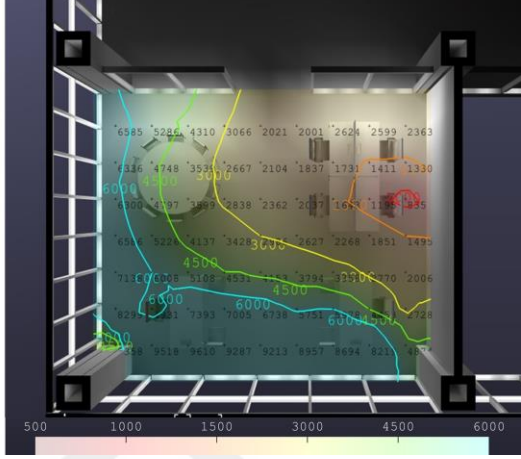
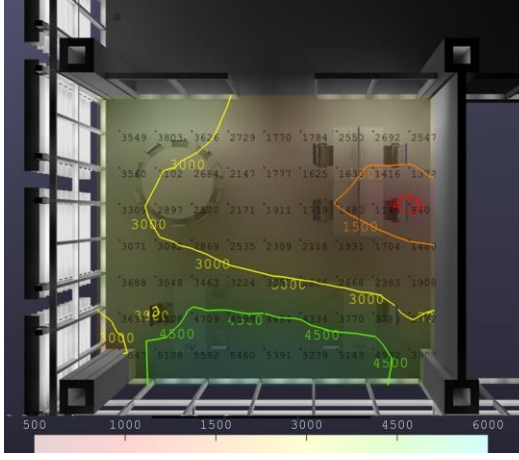
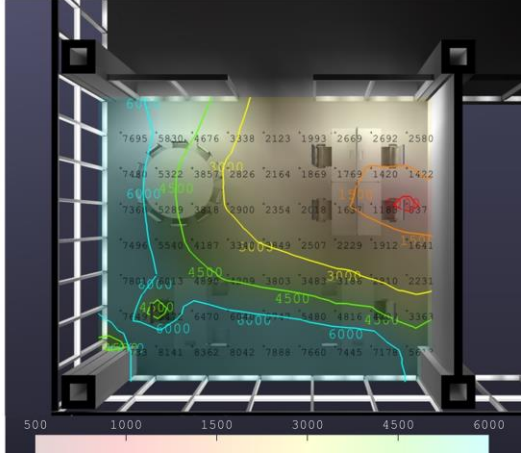
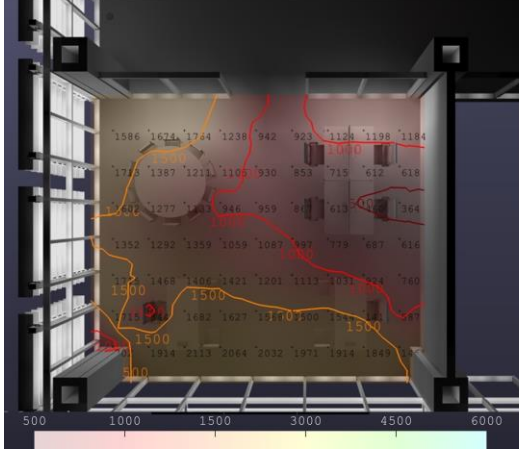
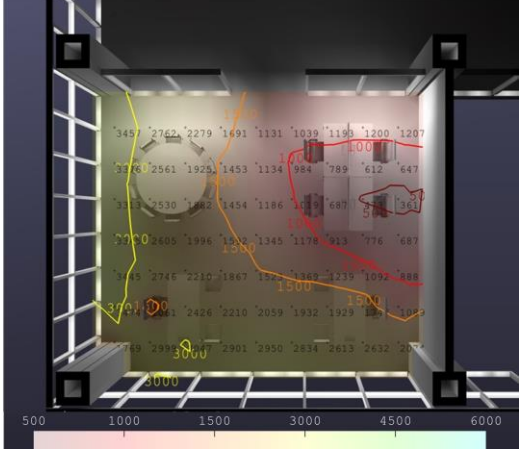
Ayrıca hesaplanan 10.00, 13.00 ve 16.00 saatlerinin hepsinde ey yüksek ortalama aydınlık düzeyi değerleri 15 Eylülde hesaplanmıştır. Bu değerler saat 10.00 için güneş kontrolü olan durum için 7079 lux, olmayan durum için 7548 lux ortalama aydınlık düzeyidir. Saat 13.00 için güneş kontrolü olan durum için 15030 lux, olmayan durum için 15434 lux ortalama aydınlık düzeyidir. Saat 16.00 için güneş kontrolü olan durum için 4010 lux, olmayan durum için 6535 lux ortalama aydınlık düzeyidir.

Tüm gün ve saatler değerlendirildiğinde TS EN 17037 standartlarına göre; 15 Aralık saat 16.00 dışındaki ölçümü yapılan tüm saatler ve günlerde çalışma mekanı için gerekli aydınlık düzeyi sağlanmıştır, 15 Aralık saat 16.00 değerlerinde ise çalışma mekanları için hesaplanan aydınlık düzeyleri yetersizdir. 15 Aralık saat 16.00 ortalama aydınlık düzeyi hesaplamalarında; güneş kontrolü olan durum için 50 lux, olmayan durum için ise 58 lux hesaplanmıştır. TS EN 17037 standartlarına göre ise yeterli aydınlık düzeyinin sağlanması için minimum 300 lux olması gereklidir.

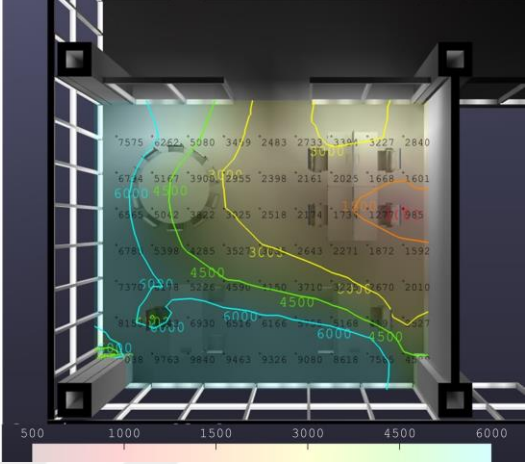
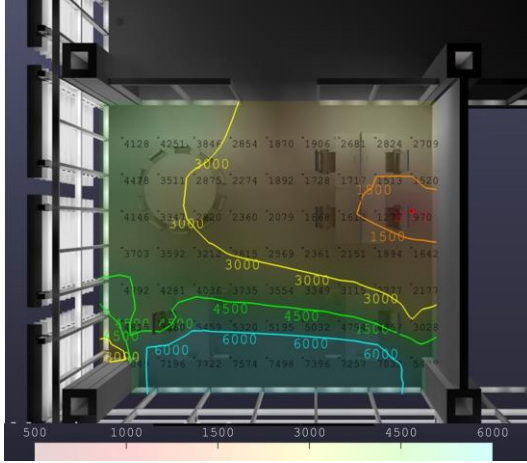
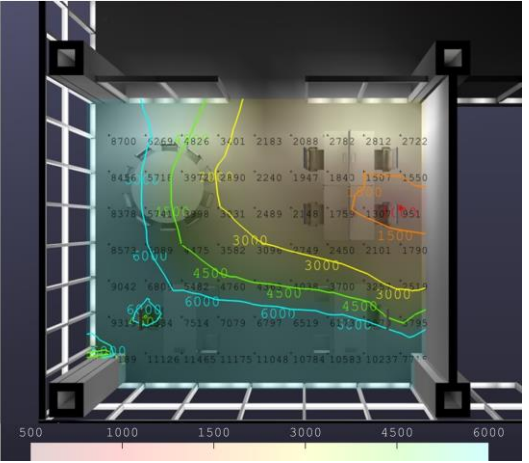
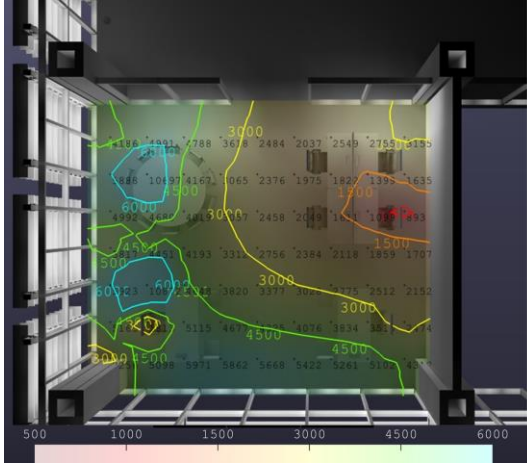
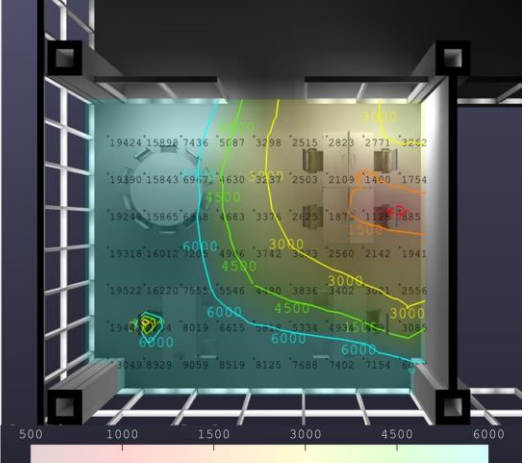
Yetersiz günışığı alan saatler için sabit olarak kabul edilmiş güneş kontrol elemanlarının hareketli olarak tercih edilmesi günışığının yetersiz olduğu saatler için TS EN 17037 standartlarına göre yeterli aydınlık düzeyine yakın sonuçlar verecek ve yapma aydınlatma yükünü düşürecektir.

Batı-Güney Yönlenmeli Ofis Odası Güneşiği Aydınlığı Simülasyon Sonuçları;

Tablo 4.7. Batı-Güney yönlenmeli toplantı odası 15 mart güneşiği aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları

Güneş kontrol elemanı olan durum	Güneş kontrol elemanı olmayan durum
15 Mart; 10.00 	
13.00 	
16.00 	

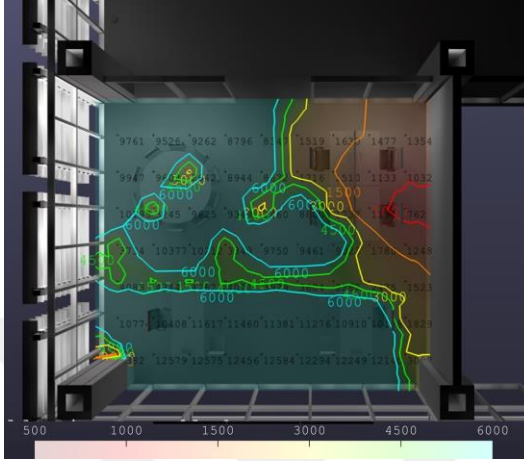
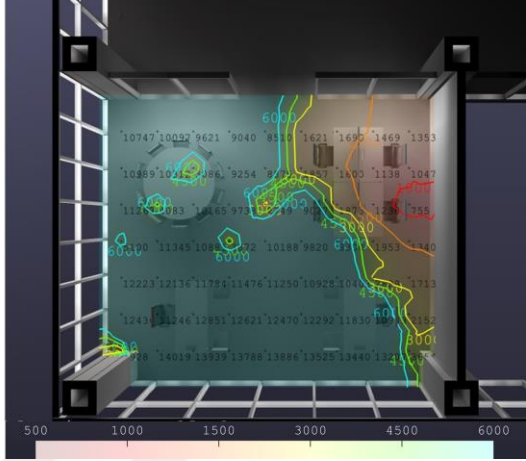
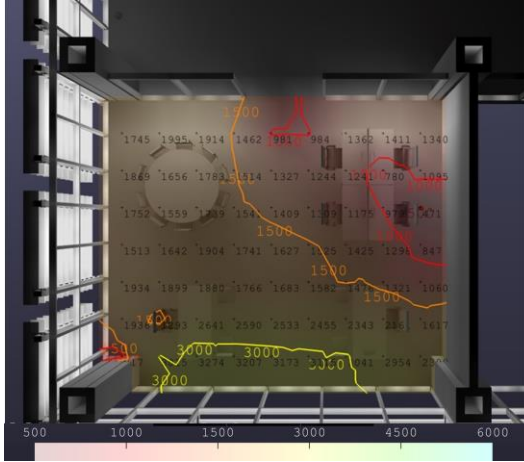
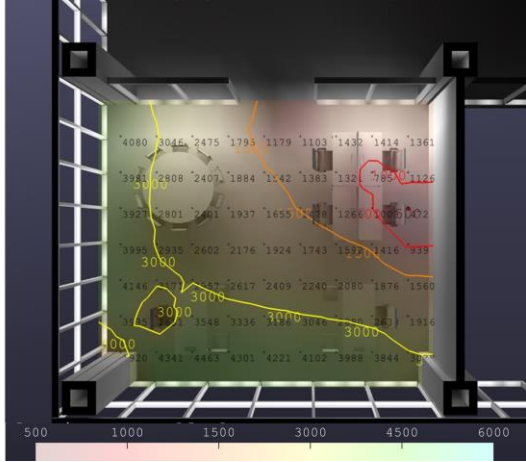
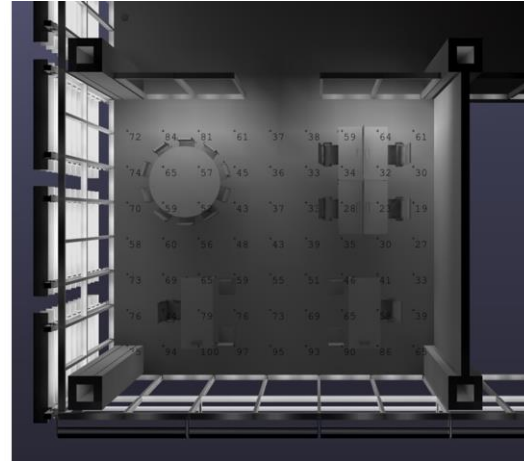
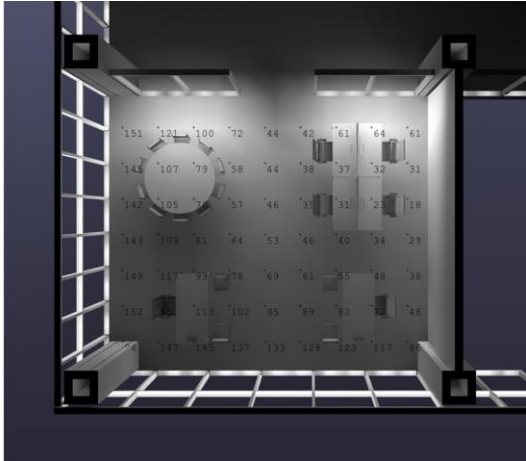
Tablo 4.8. Batı-Güney yönlenmeli toplantı odası 15 haziran günüışığı aydınlık düzeyi
simülasyon sonuçları

Güneş kontrol elemanı olan durum	Güneş kontrol elemanı olmayan durum
15 Haziran; 10.00 	
13.00 	
16.00 	

Tablo 4.9. Batı-Güney yönlenmeli toplantı odası 15 eylül günüışığı aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları

Güneş kontrol elemanı olan durum	Güneş kontrol elemanı olmayan durum
15 Eylül; 10.00	
13.00	
16.00	

Tablo 4.10. Batı-Güney yönlenmeli toplantı odası 15 aralık günüşi aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları

Güneş kontrol elemanı olan durum	Güneş kontrol elemanı olmayan durum
15 Aralık; 10.00 	
13.00 	
16.00 	

Batı-Güney Yönlenmeli Ofis Odası Güneşli Aydınlatma Simülasyon Sonuçları Değerlendirmesi;

Güneş kontrol elemanlı ve güneş kontrol elemansız olarak alınan simülasyon sonuçlarına göre; güney-batı yönlenmeli ofis odasının simülasyon sonuçlarında belirlenen gün ve saatlerde güneş kontrol elemanlarının etkisi hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre güneş kontrol elemanlarının ısıtmanın istenmediği dönemlerde öğle ve öğleden sonra saatler boyunca direkt güneşliyi engellemede etkili olmuştur.

15 mart saat 10.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki güneşli aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 5717-4522-3232-2476-2086-2159-2758 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 3239 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,26 'dır. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki güneşli aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 7509-4920-4318-3400-2845-2855-3428 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 4273 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,19 'dur.

15 mart saat 13.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki güneşli aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 5106-3883-2978-2339-2004-2145-2783 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 3001 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,27 'dir. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki güneşli aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 7541-5304-3158-3522-3044-3125-3732 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 4150 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,20 'dir.

15 mart saat 16.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki güneşli aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 1615-1278-1226-1025-913-1016-1292 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık

düzeyi; E_{ort} 1227 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,29 'dur. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 2756-1991-1819-1604-1433-1497-1773 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 1824 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,19 'dur.

15 haziran saat 10.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 6146-4269-3445-2763-2435-2665-3655 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 3584 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,29 'dur. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 8531-5494-4347-3489-3015-3185-4117 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 4533 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,21 'dir.

15 haziran saat 13.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 7134-4595-3535-2659-2275-2389-3007 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 3600 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,26 'dir. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 10510-6344-4885-3878-3311-3346-3975 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 5093 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,18 'dir.

15 haziran saat 16.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 4744-3888-4278-2955-2762-3665-3395 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 4130 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,21 'dir. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki

günüşiği aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 8247-6665-7348-6769-6294-6425-6949 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 6936 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,12 'dir.

15 eylül saat 10.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günüşiği aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 543-12832-2809-2198-1794-1704-1793 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 4008 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,17 'dir. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günüşiği aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 577-16116-2865-2354-1900-1815-1964 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 4576 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,13 'tür.

15 eylül saat 13.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günüşiği aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 49131-2904-2238-1698-1371-1304-1323 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 7913 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,08 'dir. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 56526-49231-2761-2105-1711-1600-1605 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 15812 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,04 'tür.

15 eylül saat 16.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günüşiği aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 4217-2902-2656-5147-4900-4902-4888 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 4231 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,17 'dir. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günüşiği aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 4230-20684-9681-12305-11884-11937-11992 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi;

E_{ort} 12007 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,04 'tür.

15 aralık saat 10.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 11244-8897-3505-6547-5384-5022-5741 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 6546 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,11 'dir. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 12432-10977-9415-7088-5654-5295-6016 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 8056 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,09 'dur.

15 aralık saat 13.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 3009-1958-1622-1502-1326-1389-1466 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 1733 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,27 'dir. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 4037-2901-2561-2146-1882-1915-1987 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 2465 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,19 'dur.

15 aralık saat 16.00 güneş kontrolü olan ve olmayan durumlar için aydınlık düzeyinin homojen dağılımı değerlendirildiğinde. Güneş kontrolü olan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 57-90-64-54-44-40-50-61 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 57 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,33' tür. Güneş kontrolü olmayan durumda mekan içindeki günışığı aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan, en uzak noktaya doğru sırası ile 129-89-78-66-59-63-79 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi; E_{ort} 79 lux, minimum aydınlık düzeyi ve ortalama aydınlık düzeyi oranı; E_{min}/E_{ort} 0,22 'dir.

Güneş kontrolü olan ve olmayan senaryoların mekan içi günışığı aydınlığına etkileri kıyaslandığında; güneş kontrolü olan senaryolarda mekan içindeki aydınlık düzeyleri; E ve E_{ort} değerlerinde daha düşük sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin 15 mart saat 10.00 güneş kontrolü olan durumda ortalama aydınlık düzeyi 3239 lux, olmayan durumlar için ortalama aydınlık düzeyi 4272 lux 'tür.

Güney-batı yönlenmeli çalışma birimi için, simülasyon hesaplamalarında gün içindeki en yüksek ortalama aydınlık düzeyleri değerlendirildiğinde 15 mart için saat 10.00' da en yüksek ortalama aydınlık düzeyi hesaplanmıştır. Aynı gün ve saatte güneş kontrolü olan senaryoda ortalama aydınlık düzeyi 3239 lux iken, güneş kontrolü olmayan senaryoda ortalama aydınlık düzeyi 4273 lux 'tür. 15 haziran için 16.00' da en yüksek ortalama aydınlık düzeyi değeri hesaplanmıştır. Aynı gün ve saatte güneş kontrolü olan durum için ortalama aydınlık düzeyi 4130 lux, olmayan için ortalama aydınlık düzeyi 6936 lux 'tür. 15 eylül için 13.00' da en yüksek ortalama aydınlık düzeyi değeri hesaplanmıştır. Bu gün ve saate güneş kontrolü olan durum için ortalama aydınlık düzeyi 7913 lux, olmayan için ortalama aydınlık düzeyi 15812 lux 'tür. 15 aralık günü için 10.00' da en yüksek ortalama aydınlık düzeyi değeri hesaplanmıştır. Bu gün ve saatte güneş kontrolü olan durum için ortalama aydınlık düzeyi 6546 lux, olmayan için ortalama aydınlık düzeyi 8056 lux 'tür.

Yıl içindeki en yüksek aydınlık düzeyi ise 15 eylül saat 13.00' da hesaplanmıştır. Hesaplanan ortalama aydınlık düzeyi değerleri güneş kontrolü olan durum için 7913 lux olmayan durumlar için 15812 lux 'tür.

Ayrıca hesaplanan 10.00, 13.00 ve 16.00 saatlerinin hepsinde en yüksek ortalama aydınlık düzeyi değerleri 15 eylülde hesaplanmıştır. Bu değerler saat 10.00 için güneş kontrolü olan durum için 7079 lux, olmayan durum için 7548 lux ortalama aydınlık düzeyidir. Saat 13.00 için güneş kontrolü olan durum için 15030 lux, olmayan durum için 15434 lux ortalama aydınlık düzeyidir. Saat 16.00 için güneş kontrolü olan durum için 4010 lux, olmayan durum için 6535 lux ortalama aydınlık düzeyidir.

Ayrıca hesaplanan 10.00 saatlerinde en yüksek ortalama aydınlık düzeyi 15 aralıkta hesaplanmıştır. Bu değerler güneş kontrolü olan durum için 6546 lux, olmayan durum

için 8056 lux ortalama aydınlık düzeyidir.13.00 ve 16.00 saatlerinde ise en yüksek ortalama aydınlık düzeyi değerleri 15 eylülde hesaplanmıştır. 15 eylül saat 13.00' da güneş kontrolü olan durum için 7913 lux, olmayan durum için 15812 lux ölçülmüştür. 15 eylül saat 16.00' da ise güneş kontrolü olan durum için 4231 lux, olmayan durum için 12007 lux hesaplanmıştır.

Tüm gün ve saatler değerlendirildiğinde TS EN 17037 standartlarına göre; 15 aralık saat 16.00 dışındaki ölçümü yapılan tüm saatler ve günlerde çalışma mekanı için gerekli aydınlık düzeyi sağlanmıştır. 15 aralık saat 16.00 değerlerinde ise çalışma mekanları için yetersiz aydınlık düzeyleri hesaplanmıştır. 15 aralık saat 16.00 ortalama aydınlık düzeyi hesaplamalarında; güneş kontrolü olan durum için 57 lux, olmayan durum için ise 79 lux hesaplanmıştır. TS EN 17037 standartlarına ise göre yeterli aydınlık düzeyinin sağlanması için minimum 300 lux olması gereklidir.

Yetersiz günışığı alan saatler için sabit olarak kabul edilmiş güneş kontrol elemanlarının hareketli olarak tercih edilmesi günışığının yetersiz olduğu saatler için TS EN 17037 standartlarına göre yeterli aydınlık düzeyine yakın sonuçlar verecek ve yapma aydınlatmanın aydınlatmadaki payını düşürecektir.

Güneş kontrol elemanlı olan durum ve güneş kontrol elemanı olmayan durum olarak alınan simülasyon sonuçlarına göre; güney-batı yönlenmeli ofisin simülasyon sonuçlarında belirlenen gün ve saatlerde güneş kontrol elemanlarının etkisi hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre güneş kontrol elemanları günışığının yüksek oldu zamanlarda günışığını engellemede etkili olmuştur.

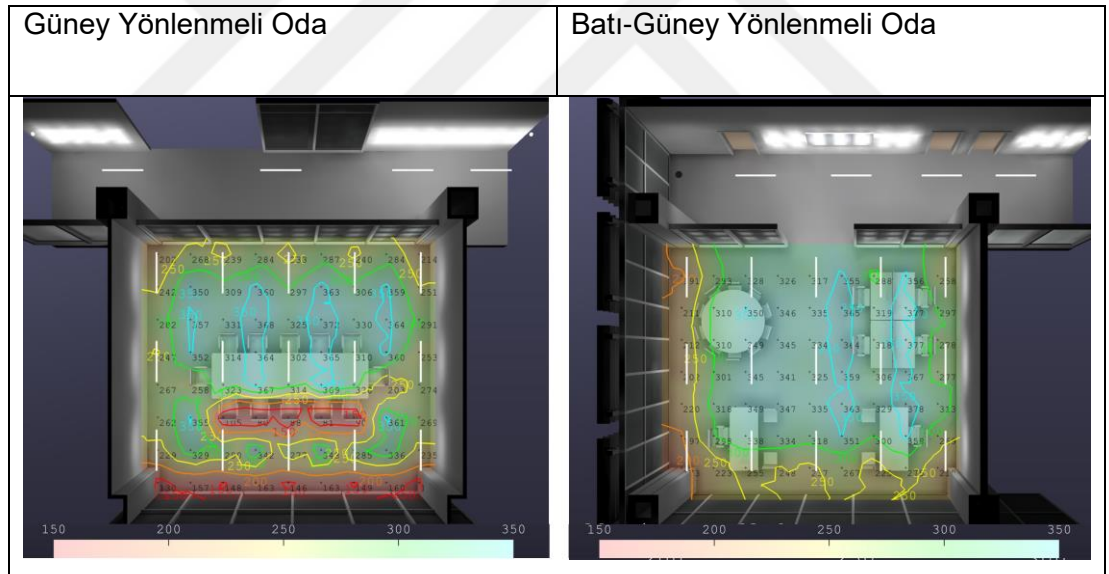
Günışığı simülasyon sonuçlarına göre daha çok açıklığın ve saydam yüzeyin bulunduğu güney-batı yönlenmeli ofis güney yönlenmeli ofise göre daha yüksek aydınlık düzeyi değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Örneğin 15 aralık saat 10.00 güneş kontrolü olan durum için yapılan hesaplamalarda güney yönlenmeli ofiste ölçülen ortalama aydınlık düzeyi 3166 lux iken, güney batı yönlenmeli ofiste ölçülen ortalama aydınlık düzeyi 3239 lux 'tür. güneş kontrolü olmayan durum için ise güney yönlenmeli ofiste ölçülen ortalama aydınlık düzeyi 3710 lux iken, güney batı yönlenmeli ofiste ölçülen ortalama aydınlık düzeyi 4273 lux 'tür.

Ayrıca batı cephelerde güney cephelere göre daha az aralıklı (sık) güneş kontrol elemanı kullanılması nedeni ile batı cephesindeki güneş kontrol elemanlarının simülasyon hesaplamalarındaki etkisi güney cephedeki güneş kontrol elemanlarına göre daha yüksek çıkmıştır.

4.5.2. Yapma Aydınlatma Simülasyon Sonuçları

Güney ve Batı-Güney Yönlenmeli Odaların Yapma Aydınlatma Aydınlık Düzeyi Simülasyon Sonuçları;

Tablo 4.11. Güney ve Batı-Güney yönlenmeli odaların yapma aydınlatma aydınlık düzeyi simülasyon sonuçları



Güney ve Batı-Güney Yönlenmeli Odaların Yapma Aydınlatma Aydınlık Düzeyi Simülasyon Sonuçları Değerlendirmesi;

Yapma aydınlatma hesaplamalarında TS EN 12464-1 standartlarında ofislerde gerçekleştirilen görsel eylemin özelliklerine göre; 750-300 lux değerleri çalışma alanları için kabul edilebilir olarak görülmektedir. Bu tez çalışmasında ise çalışma alanları için en fazla 350 lux değerlerine çıkan 300-350 lux aralığında aydınlık düzeyi

hesaplanmıştır. Ayrıca ofis mekanı içindeki hesaplamalarında koridordan gelen ışık ihmal edilmemiş ve hesaplamalara dahil edilmiştir.

Güney yönlenmeli toplantı odası yapma aydınlatma hesaplamalarında; aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan en uzak noktaya doğru sırası ile 296-187-299-318-335-315-250 lux 'tür, mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi E_{ort} ise 243 lux 'tür

Güney-batı yönlenmeli ofis birimi yapma aydınlatma hesabında ise aydınlık düzeyi cepheye en yakın noktadan en uzak noktaya doğru sırası ile 242-307-316-313-320-323-294 lux 'tür. Mekan içindeki ortalama aydınlık düzeyi E_{ort} ise 303 lux 'tür.

İki mekan arasında ihmal edilebilir aydınlık düzeyi farklılıkları; mekan planlarındaki değişikliklerden ve tefriş seçimlerinden kaynaklanmaktadır.

Yapma aydınlatmada anahtarlama ile farklı versiyonlar oluşturulduğu kabul edilmiş ve anahtarlama cepheden uzaklaşma sırasına göre yapılmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

BIM mantığının yapı sektöründe mimari anlatım aracı olarak kullanımı dünyada olduğu gibi ülkemizde de gün geçtikçe artmaktadır. Ancak birçok engel ve süreç içindeki farklı dirençler ülkemizde de halen devam etmektedir. Programların maliyetleri, uzman eksikliği ve alışkanlıklar bu nedenlerden bazılarıdır.

Günümüzde yapım ve inşaat süreçlerinde diğer sektörler ile kıyaslandığında işçi başına verimlilik olması gerekenin çok altındadır ve günümüzde inşaat süreçlerinde geleneksel proje teslim yöntemlerinin kullanılıyor olması verimlilikteki düşüklüğün en büyük nedenlerindendir. BIM mantığına geçilmesi ile bu süreçlerdeki maliyetlerinde düşeceği düşünülmektedir.

Şuanda günümüzde birçok uygulamada bütünleşik proje mantığı ve BIM mantığı düşünülmemekte ve projeler birbirinden bağımsız olarak ilerlemektedir. BIM mantığının kullanıldığı durumlar için ise çoğunlukla projelerin belirli bölümleri BIM mantığı ile çözülmekte tümünde kullanılmamaktadır. Bu tez çalışması kapsamında ele alınan ofis biriminin tüm evrelerinde; mimari tasarım, aydınlatma tasarımı, mekanik sistem tasarımı, yangın söndürme sistemi tasarımı ve simülasyon hesaplamalarında yüzde yüz BIM mantığı benimsenmiştir.

Uygulama süreçlerinde özellikle aydınlatma tasarımı projenin son evrelerinde dahil edilmekte ve yetersiz imkan, olanaklar ve kısıtlı zamanda aydınlatma projeleri gerçekleştirilmektedir. BIM mantığının temelinde var olan tüm verilerin dokümanların ve hesaplamaların BIM' in içinde bulunması kabulü ise BIM mantığının birçok disiplin için olduğu gibi aydınlatma tasarımı ve aydınlatma tasarımcıları için de projeye ilk

tasarım aşamalarından itibaren dahil olabilmek için büyük bir imkan sunmaktadır. Ayrıca aydınlatma tasarımının süreç içindeki payını artırmak için de önemli bir adımdır.

Bu tez çalışması kapsamında AUTODESK REVIT ortamında bir ofis yapısı içindeki alt sistemler, aydınlatma tasarımı ile birlikte gerçekleştirilmiş. REVIT ortamının proje süreçlerinde günışığı ve yapma aydınlatma tasarımı ile diğer alt sistemlere arası geçişin kolay ve hızlı gerçekleştirdiği, entegrasyonun sağlandığı yapılan çalışmada ortaya konmuştur. Gerçekleştirilmiş olan projelerin; mimari tasarım, aydınlatma, havalandırma ve yangın söndürme sistemi projelerinin aynı programda olması disiplinler arası geçişe bile ihtiyaç duyulmadan tüm projelerin aynı ortamda bütün halinde görülmesini sağlamıştır. Projelerin aynı ortamda ve tek programda çalışılıyor olması ile programlar arasında projelerin dönüştürülmesine gerek duyulmamıştır. Ayrıca proje sürecinin tüm evrelerinde çakışma sorunlarının çok erkenden fark edilmesiyle zaman tasarrufu sağlanmıştır.

REVIT programında yer alan proje içindeki; mekanların ve mekan elemanlarının yüzey özellikleri ve günışığına ilişkin verileri ve Perez All-Weather Sky (Dört mevsim) Gök Modeli verileri ElumTools eklentisine girilmiştir. Ele alınan iki ofis mekanı için ElumTools eklentisi içinde her bir mevsimi ifade eden 4 gün; 15 mart, 15 haziran, 15 eylül ve 15 aralık tarihlerinde saat; 10.00, 13.00 ve 16.00 için, günışığı aydınlık düzeyleri güneş kontrol elemanının olduğu ve olmadığı senaryolar için hesaplanmış ayrıca çalışmada günışığı olmadığı saatler için yapma aydınlatma senaryosu da değerlendirilmiştir. Yapıda kullanılan güneş kontrol elemanlarının görsel konfor açısından olumlu katkısının olduğu yapılan simülasyon çalışmalarında anlaşılmıştır.

Simülasyon sürecinde aydınlatma tasarımı diğer alt sistemler ile ayrı olarak değil bütüncül olarak ilerlemiştir.

BIM mantığı ile gerçekleştirilen projede disiplinler arası hızlı geçiş sağlanabildiği gibi aydınlatma simülasyon aşamasına geçilen projenin ana tasarım kararlarında veya aydınlatma tasarımında istenilen değişiklikler geleneksel tasarım yöntemlerine göre

hızlı ve kolay bir şekilde gerçekleştirilmiş simülasyon sürecinde revizyonlar için artı zaman harcanmamıştır.

Günümüzde çoğunlukla izlenen yöntemde; proje CAD ortamında, mimari projeler ve alt sistemler oluşturulduktan sonra aydınlatma projesi DIALux vb. gibi bir aydınlatma simülasyon programında hazırlanarak sonuçları alınmaktadır. Bu çalışmada ise BIM mantığı kullanıldığı için mimari projeyi tamamlayan diğer alt sistem projeleri aydınlatma projesi ve simülasyonları ile birlikte ilerlemiştir.

Mimari proje REVIT programında, aydınlatma simülasyonları ise REVIT programı içindeki ElumTools eklentisinde gerçekleştirilmiştir. Aydınlatma simülasyonu sırasında mimari projede fark edilen düzeltmeler veya değişiklikler aynı REVIT ortamı içerisinde gerçekleştirilmiştir ve yapılan değişiklikler ElumTools eklentisine otomatik yansımıştır. Bu sayede CAD mantığındaki gibi ek zaman kayıpları yaşanmamış ve simülasyonlar ile mimari tasarım ve diğer alt sistemlerin eş ortamda olması ve aynı dosya içinde bulunması nedeniyle, arasındaki entegrasyon tam ve eksiksiz sağlanmıştır.

Bu çalışma ile aydınlatma tasarımının BIM mantığında nasıl ele alınacağı ve aydınlatma tasarımcıları için BIM mantığının avantajları belirlenmiştir ve aydınlatma sektöründe BIM' in kullanılabilirliğine katkı sağlanmıştır. Bu sayede aydınlatma tasarımcılarının projenin ilk tasarım evrelerinden itibaren var olmasının ne kadar önemli olduğu yapılan tez çalışması ile ortaya konulmuştur.

Gelecek çalışmalar için ise bu tez kapsamında yer verilmeyen; ancak görsel konfor koşullarının belirlenmesinde önemli bir diğer parametre olan parıltı değerleri de ElumTools eklentisi kullanılarak simülasyon çalışması üzerinden değerlendirilebilir. ElumTools eklentisi ve DIALux programı eş örnekler esas alınarak simülasyon sonuçları arasındaki farklılıklar kıyaslanabilir. ElumTools eklentisinin daha büyük hacimlerde ve mekanlarda simülasyon süreçlerindeki verimliliği araştırılabilir.

Gerçekleştirilen çalışmada hareketsiz güneş kontrol elemanlarının olduğu ve olmadığı durumlardaki etki araştırılmıştır. Gelecek çalışmalarda hareketli güneş kontrolü

elemanlarının hareketli olma durumuna göre varyasyonlar genişletilebilir. Ayrıca İstanbul örnekleminde gerçekleştirilen bu çalışma Türkiye’ deki veya dünyadaki farklı şehirlerde gerçekleştirilerek simülasyon sonuçları kıyaslanabilir. Önerilen aydınlatma tasarımı ile aktif havalandırma sistem tasarımının iklim analizleri BIM mantığında gerçekleştirilebilir.



KAYNAKLAR:

- [1] <https://cadsay.com/revit-nedir>
- [2] <https://www.bilisimbilgi.net/revit-nedir-revit-programi-nasil-kullanilir/>
- [3] <https://www.eaeaydinlatma.com/tr-tr/dialux/>
- [4] Javier F., Jesús M., Terrados J." Sustainability and Energy Efficiency: BIM 6D. Study of the BIM Methodology Applied to Hospital Buildings. Value of Interior Lighting and Daylight in Energy Simulation" Cilt 12, Sayı 5731, s 5731 (2020)
- [5] <https://umayalighting.com/news/bim-lighting>
- [6] Topçu M., 2012 " Bilgisayar Teknolojilerinin Mimari Tasarım Üzerindeki Etkileri" Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yakındoğu Üniversitesi
- [7] Deutsch, R. (2011). "BIM and Integrated Design, Strategies for Architectural Practice", John Wiley and Sons, Inc.,Canada
- [8] Aydoğdu Ü., 2006, "Bilgisayar destekli tasarım yazılımlarının stratejik kullanımının değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İ.T.Ü, İstanbul.
- [9] Savaşkan,M.O., 2015, "Yüksek Enerji Performanslı Konut Yapıları İçin BIM Tabanlı Bir Açık Kaynak Bilgi Sistem Modeli", Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İ.T.Ü, İstanbul.
- [10] Mitchell, W., (1990), "The Design Studio of The Future" , The Electronic Design Studio: Architectural Knowledge and Media in the Computer Era, W. Mitchell (Der.), Massachusetts.
- [11] <https://apps.autodesk.com/RVT/en/Detail/Index?id=9072663284035534468&appLang=en&os=Win64>
- [12] Özkaya M, Tüfekçi T., 2011 Aydınlatma Tekniği, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [13] TS EN 17037: Binalarda gün ışığı, 2019
- [14] <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/12/20101207M1-1-5.pdf>
- [15] Kılıç, Z. A. (2018), "Cephe Açıklıklarının İç Mekandaki Güneş ışığı Performansına Etkisinin Konut Örneğinde İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İ.T.Ü, İstanbul.

- [16] https://www.emo.org.tr/ekler/da88bfd57b5f39e_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=12
- [17] TS EN 12464-1 : 2011 Standartları
- [18] Şener,F.Y., (2014). Sürdürülebilir Çevre İçin Mimari Aydınlatma Sistemi Tasarımında Kullanılabilecek Bir Yaklaşım (Doktora Tezi). İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [19] TS EN 12464. (2011). Light and Lighting of Workplaces: Part1-Indoor Workplaces. CEN/TC 169, European Committee for Standardisation.
- [20] P. Xue, C.M. Mak, Y.Huang. (2016). Quantification of luminous comfort with dynamic metrics in residential buildings, Energy And Buildings,Vol:117,Page:99-108.
- [21] IESNA (2011). The IESNA Lighting Handbook: Reference & Application, 10th Edition, New York: Illuminating Engineering Society of North America, ABD.
- [22] Hastings,S.,R.,Wall,M. (2007). Sustainable Solar Housing-1: Strategies and solution, London ; Sterling, VA : Earthscan.
- [23] Ochoa,C.,E.,Aries,M.,B.,C.,Loenen,E.,J.,V.,Hensen,J.,L.M. (2012). Consideration on design optimization criteria for Windows providing low energy consumption and high visual comfort. Applied Energy, Vol:95, page: 238-245.
- [24] BS 8206-2:2008. (2008). Lighting for buildings- Part 2: Code of practice for Daylighting.
- [25] Şerefhanoglu,M. (1972) Konutlarda Aydınlatma,İstanbul.
- [26] Uzun, F., (2019), BIM - Yapı Bilgi Modellemesi 'ne Geçiş ve Uygulama Süreçlerinin İncelenmesi: 3 Vaka Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, T.C. Maltepe Üniversitesi
- [27] Akkoyunlu, T., (2015). Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İ.T.Ü, İstanbul.
- [28] <https://docplayer.biz.tr/16646585-Parametrik-yapi-modelleme-bim-in-temeli.html>
- [29] <https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/products/Autodesk%20Consulting/Docs/PDF/shanghai-tower-customer-story.pdf>
- [30] <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29LM.1943-5630.0000127>

- [31] https://www.bimgenius.org/uploads/6/3/9/9/63997129/blmgenius_p0001_turkiye_blm_raporu_2018_rev_a.pdf
- [32] <http://sayisalmimar.com/2013/12/15/ybm-gereksinim-ve-birlikte-calisabilirlik/>
- [33] <https://biblus.accasoftware.com/en/importance-of-the-ifc-open-file-format/>
- [34] Toklu S., “Küçük Ölçekli Firmalarda ve Projelerde Bina Bilgi Modellemesinin Verimliliği”Gebze Teknik Üniversitesi, Mimarlık Bölümü
- [35] Kutlu R., (2019) “Bir Tasarım Ögesi Olarak Günışığı” İstanbul Kültür Üniversitesi
- [36] Arpacioğlu Ü., (2020) ‘Mimari Planlamada, Günışığı Etkinliğinin Arttırılması için Kurgusal Tasarım Destek Modeli’ Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Mimarlık Bölümü
- [37] Bostancı, M. T., (1996), “Büroların Aydınlatma Düzenleri Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [38] Işık U., (2009), “Aydınlatma Programlarının Gelişmiş Işık Simülatörleri İle Olan İlişkisinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [39] McGraw-Hill Construction. (2014-a). The Business Value of BIM for Owners. [http://i2sl.org/elibrary/documents/Business_Value_of_BIM_for_Owners_SMR_\(2014\).pdf](http://i2sl.org/elibrary/documents/Business_Value_of_BIM_for_Owners_SMR_(2014).pdf)
- [40] McGraw-Hill Construction. (2014-b). The business value of BIM in Australia and New Zealand: How building information modeling is transforming the design and construction industry SmartMarket Report, Bedford, MA: McGraw Hill Construction. Bedford, MA: McGraw Hill Construction.
- [41] Arpacioğlu, Ü., (2010), “Günışığı Öncelikli Fiziksel Çevre Tasarım Destek Modeli”, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.
- [42] Arpacioğlu, Ü., (2012), “Mekansal Kalite ve Konfor İçin Önemli Bir Faktör: Günışığı. Mimarlık, 368, 48–53.
- [43] Çelebi, Z., (2007), “Aydınlatma Tasarımında Kullanılan Bilgisayar Programları Üzerine Bir İnceleme”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [44] <https://www.insaatsantiye.com/autocad-versiyonlari-arayuz-tarihcesi/>

- [45] <https://support.agi32.com/support/solutions/articles/22000215253-agi32-release-history>
- [46] <https://www.aydinlatma.org/aydinlatma-tasarimi-simulasyon-yazilimlari.html>
- [47] Tatlı M., (2013) “Görüntü İşleme Araçları İle Mobil Ortamında Aydınlatma Tasarımı Yazılımı”, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- [48] <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282001%29127%3A5%28427%29>
- [49] Perdahçı, C., Durak, M., Kılıç, Y., LED Teknolojisi., Mühendislik Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi
- [50] <https://www.aydinlatma.org/power-led-nedir-nasil-calisir.html>
- [51] <https://www.protaaltar.com/urunler/autodesk-revit>
- [52] <https://www.aydinlatma.org/led-ne-zaman-icat-edildi.html>
- [53] <https://litpa.com.tr/aydinlatmada-geleneksel-isik-kaynaklarindan-led%C2%B4e-kadar-uzanan-tarihce/aydinlatmada.html>
- [54] TS EN 12259 Türk Standartlar Enstitüsü “Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik”
- [55] Kutlu R., (2008) “İlköğretim Dersliklerinde Aydınlatma Enerjisi Yönetimi Açısından Yönlere Göre Uygun Cephe Seçeneklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Yaklaşım” Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [56] TSE 3419Türk Standartlar Enstitüsü “Havalandırma ve İklimlendirme Tesisleri Projelendirme Kuralları”
- [57] <https://www.esse-ci.us/utility/cylindrical-illuminance-and-modelling/>

EKLER

EK 4.A Yüzeye Monteli Lineer Yüzeye Monteli Ofis Aydınlatma Aygıtı

EK 4.B Yüzeye Monteli Noktasal Elektroray Üstü Ayarlanabilir Sergi Aydınlatma Aygıtı

EK 4.C Yüzeye Monteli Sarkıt Kafe ve Giriş Mekanı Aydınlatma Aygıtı

EK 4.D Yüzeye Monteli Noktasal Aydınlatma Aygıtı

EK E Aynaya Entegre Aydınlatma Aygıtı

EK 4.A Yüzeye Monteli Lineer Yüzeye Monteli Ofis Aydınlatma Ayrığı



TrueLine, surface mounted

SM530C LED34S/930 PSD PI5 L1130 ALU

TrueLine OC - LED module, system flux 3400 lm - 930 warm white - Power supply unit with DALI interface - Push-in connector 5-pole - 1130 mm - Aluminum

Architects need a lighting solution that matches the interior architecture of the property they are working on. They want a light line with an elegant design and very high light levels. Specifiers need luminaires that enable them to save energy while at the same time providing the right level of light, in compliance with office lighting norms. And office workers want visually comfortable lighting conditions that help them perform better. TrueLine Recessed is able to meet all these different requirements. TrueLine is also available in recessed and suspended versions.

Warnings and Safety

- The product is IPX0 & as such is not protected against water ingress & as such we strongly recommend that The environment in which The luminaire is to be installed is suitably checked
- If The above advice is not taken and The luminaires are subject to water ingress, Philips / Signify cannot guarantee safe failure & product warranty will become void

Product data

General Information			
Number of light sources	1 pc	Number of gear units	1 unit
Lamp family code	LED34S [LED module, system flux 3400 lm]	Driver/power unit/transformer	Power supply unit with DALI interface
Beam angle of light source	- °	Driver included	Yes
Light source color	930 warm white	Optic type	-
Light source replaceable	No	Optical cover/lens type	Polymethyl methacrylate bowl/cover
		Luminaire light beam spread	80°
		Control interface	DALI

TrueLine, surface mounted

Connection	Push-in connector 5-pole
Cable	-
Protection class IEC	Safety class I
Glow-wire test	Temperature 650 °C, duration 30 s
Flammability mark	For mounting on normally flammable surfaces
CE mark	CE mark
ENEC mark	ENEC mark
UL mark	-
Warranty period	5 years
Constant light output	No
Number of products on MCB of 16 A type B	24
Photobiological risk	Photobiological risk group 1 @ 200mm to EN62471
EU RoHS compliant	Yes
Service tag	Yes
Product family code	SM530C [TrueLine OC]
Unified glare rating CEN	19

Light Technical

Saturated Red (R9)	>50
--------------------	-----

Operating and Electrical

Input Voltage	220 to 240 V
Input Frequency	50 to 60 Hz
Initial CLO power consumption	- W
Average CLO power consumption	- W
Inrush current	19 A
Inrush time	0.28 ms
Power Factor (Min)	0.9

Controls and Dimming

Dimmable	Yes
----------	-----

Mechanical and Housing

Housing Material	Aluminum
Reflector material	-
Optic material	-
Optical cover/lens material	Polymethyl methacrylate
Fixation material	Steel
Optical cover/lens finish	Frosted
Overall length	1130 mm
Overall width	55 mm

Overall height	88 mm
Length	1130 mm
Color	Aluminum
Dimensions (Height x Width x Depth)	88 x 55 x 1130 mm (3.5 x 2.2 x 44.5 in)

Approval and Application

Ingress protection code	IP20 [Finger-protected]
Mech. impact protection code	IK02 [0.2 J standard]

Initial Performance (IEC Compliant)

Initial luminous flux (system flux)	3400 lm
Luminous flux tolerance	+/-10%
Initial LED luminaire efficacy	136 lm/W
Init. Corr. Color Temperature	3000 K
Init. Color Rendering Index	>90
Initial chromaticity	(0.38, 0.38) SDCM <3
Initial input power	25 W
Power consumption tolerance	+/-10%

Over Time Performance (IEC Compliant)

Control gear failure rate at median useful life	5 %
50000 h	
Lumen maintenance at median useful life*	L85
50000 h	

Application Conditions

Ambient temperature range	+10 to +40 °C
Performance ambient temperature Tq	25 °C
Maximum dim level	1%
Suitable for random switching	No

Product Data

Full product code	871869996375000
Order product name	SM530C LED345/930 PSD P15 L1130 ALU
EAN/UPC - Product	8718699963750
Order code	910505100168
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Packs per outer box	1
Material Nr. (12NC)	910505100168
Net Weight (Piece)	3.800 kg



EK 4.B Yüzeye Monteli Noktasal Elektroray Üstü Ayarlanabilir Sergi Aydınlatma Aygıtı



TrueFashion

ST721T LED-XNB/PW9-3000 PSD CLM6 WH

TrueFashion EasyAim – Premium beyaz, CRI≥90 – 3000 K –
Power supply unit with DALI interface – Beam angle 6° – White

TrueFashion, Moda mağazalarının belirli ihtiyaçlarını karşılayan özel bir LED spot ailesidir. Şık ve ince ayrıntılarıyla, TrueFashion minyatür spotlar çağdaş bir görünüm sunar ve özel bir görünüş için mağazanızın iç dekorasyonu kusursuz bir şekilde bütünleşir. TrueFashion spot ailesi, mağaza içindeki kontrastları ideal hale getirmek için yenilikçi lensler kullanarak en iyi ışık kalitesini sunar. Renkleri ve görsel nitelikleri artırmak için özel olarak geliştirilmiş Philips moda ışığı çeşitleri sayesinde, TrueFashion üstün bir ışık deneyimini garanti eder. TrueFashion, uluslararası sertifikalara hazır olduğundan küresel çapta genişleme planlarınızı da destekler. Bunun yanı sıra, özel lojistik hizmetleri sunuyoruz ve dünyanın her yerinde yerel olarak mevcut durumdayız. Moda, çevrimiçi ve çevrimdışı alışveriş arasındaki yeni dengeye doğru hızlı bir şekilde değişiyor. TrueFashion, alışveriş yapanların dikkatini çekmek ve müşteri kazanmak için ideal bir alışveriş deneyimi oluşturuyor. Ayrıca, EasyAim gibi Philips sistem çözümleri ile birleşmeye hazır olarak gelen ürünler, mağazalarda aydınlatmanın geleceğe hazır olmasını sağlıyor.

Ürün veri

Genel Bilgiler		Bağlantı	İtmeli konektör ve çekerek çıkarmalı konektör
İşık kaynağının ışın açısı	120 °	Kablo	-
İşık kaynağı rengi	Premium beyaz, CRI≥90	Koruma sınıfı IEC	Güvenlik sınıfı II
Değiştirilebilen ışık kaynağı	Hayır	Ateşleme teli testi	Sıcaklık 650 °C, süre 30 sn
Sürücü birimi sayısı	1 unit	Alev alma işareti	NO [-]
Sürücü/güç ünitesi/trafo	PSD [Power supply unit with DALI interface]	CE işareti	CE mark
Tertibat dahildir	Evet	ENEC işareti	ENEC mark
Optik sistem türü	Beam angle 6°	Garanti süresi	5 yıl
Aydınlatma armatürü ışık ışını yayılması	6°		
Kontrol arabirimi	DALI		

Açıklamalar	*-Aydınlatmayla ilgili "LED tabanlı aydınlatmaların performansını değerlendirme - Ocak 2018" adlı Lighting Europe rehberi makalesine göre: B50 ve örneğin B10 arasında lümen bakımı açısından istatistiksel olarak belirgin bir fark yoktur. Bu nedenle, ortalama kullanım ömrü (B50) değeri, aynı zamanda B10 değerini de yansıtır.
Sabit ışık çıkışı	No
MCB'deki 16 A tür B ürün sayısı	34
EU RoHS ile uyumludur	Evet
Ürün ailesi kodu	ST721T [TrueFashion EasyAim]
Birleşik parlama derecesi CEN	Not applicable

Çalıştırma ve Elektrikle İlgili Bilgiler

Giriş Voltajı	220 to 240 V
Giriş Frekansı	50 ila 60 Hz
Kalkış Akımı	5 A
Ani akım süresi	0,05 ms
Güç Faktörü (Min)	0.9

Kontroller ve Dimming

Dim Edilebilir	Evet
----------------	------

Mekanik Ayrıntılar ve Muhafaza

Muhafaza Malzemesi	Alüminyum
Reflektör malzemesi	-
Optik sistem malzemesi	Polycarbonate
Optik kapak/lens malzemesi	Polimetil metakrilat
Sabitleme malzemesi	-
Optik kapak/lens kaplaması	Şeffaf
Genel uzunluk	220 mm
Genel genişlik	118 mm
Genel yükseklik	280 mm
Renk	White
Boyutlar (Yükseklik x Genişlik x Derinlik)	280 x 118 x 220 mm (11 x 4.6 x 8.7 in)

Onay ve Uygulama

Girişime Karşı Koruma Sınıfı	IP20 [Parmak korumalı]
------------------------------	-------------------------

Mekanik çarpışma koruma kodu	IK02 [0.2 J standard]
------------------------------	------------------------

Başlangıç Performansı (IEC Uyumlu)

Initial luminous flux	1150 lm
Işık akısı toleransı	+/-10%
LED'li aydınlatma armatürü başlangıç verimi	66 lm/W
Başlangıçtaki Renk Sıcaklığı	3000 K
Init. Color Rendering Index	90
Başlangıç renk türü	(0.42, 0.38) SDCM <3
Başlangıç giriş gücü	17.6 W
Güç tüketimi toleransı	+/-10%

Zaman İçindeki Performansı (IEC Uyumlu)

Ortalama kullanım ömrü 50000 saatte kontrol tertibatı anıza oranı	5 %
Lumen maintenance at median useful life*	L80
50000 h	

Uygulama Koşulları

Ortam sıcaklığı aralığı	+10 to +40 °C
Performans ortam sıcaklığı Tq	25 °C
Maksimum dim seviyesi	1%
Rastgele anahtara uygun	Evet

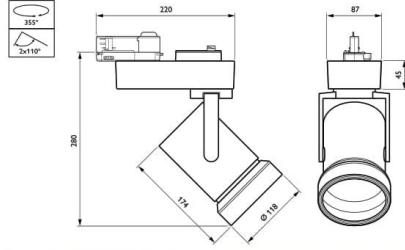
Ürün Verileri

Tam ürün kodu	871869939221500
Sipariş ürün adı	ST721T LED-XNB/PW9-3000 PSD CLM6 WH
EAN/UPC - Ürün	8718699392215
Sipariş kodu	39221500
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Packs per outer box	1
Material Nr. (12NC)	910500465166
SAP Net Weight (Piece)	1,875 kg



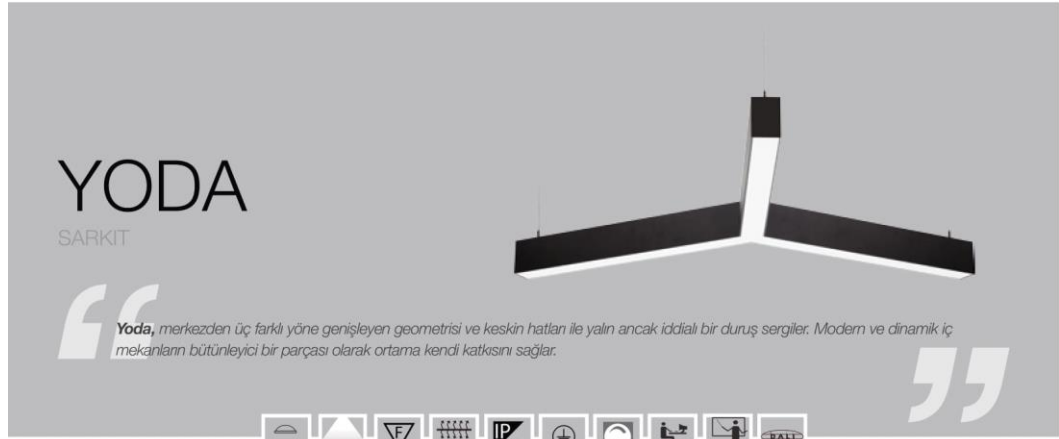
TrueFashion

Boyutlu çizim



TrueFashion ST700T-ST721T

EK 4.C Yüzeye Monteli Sarkıt Kafe ve Giriş Mekanı Aydınlatma Aygıtı



YODA
SARKIT



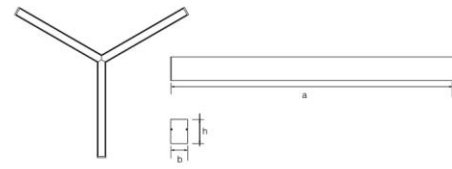
Yoda, merkezden üç farklı yöne genişleyen geometrisi ve keskin hatları ile yalın ancak iddialı bir duruş sergiler. Modern ve dinamik iç mekanların bütünleyici bir parçası olarak ortama kendi katkısını sağlar.



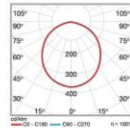
Teknik Özellikler

Gövde : Alüminyum ekstrüzyon gövde
Optik : Opal difüzör
Tüketim Gücü : 42W
Işık Kaynağı : SMD LED
Giriş Gerilimi : 220-240V AC 50/60 Hz
IP Değeri : IP 20
Renk Sıcaklığı : Sıcak Beyaz / Doğal Beyaz / Soğuk Beyaz
CRI : >80
Kullanım Şekli : Sarkıt
Gövde Renkleri : ■ RAL 9005 ■ RAL 7047

Teknik Çizim



Fotometrik Veri



Tip	a	b	h
Yoda	600	53	78

Opsiyonlar

DALI uyumu : VAR
EMK uyumu : VAR
DALI + EMK uyumu : VAR
Askı takımı seçenekleri : 1m / 2m / 3m
Askı takımı renk seçenekleri : Beyaz / Gri / Siyah

Sipariş Tablosu

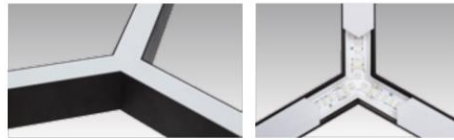
Ürün Tipi	Ürün Kodu	Tüketim Gücü (W)
Sarkıt - 42W (4000K)	STL 042U 400003 LLL YLDZ	42

Tasarım

Gövde, 50 mm genişliğinde alüminyum profil içinde ışığın yönlendirilmesini sağlayan beyaz boyalı sac reflektörden oluşur.

Montaj - Lamba

Armature monte edilen tel kilitli emniyetli askı takımıyla sarkıt olarak monte edilebilir.



78



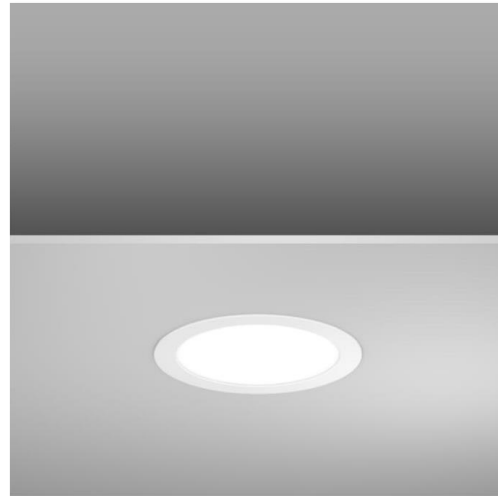
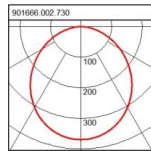
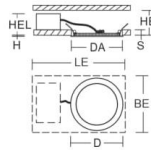
EK D Yüzeye Monteli Noktasal Aydınlatma Aygıtı

Toledo Flat Round

901666.002.730 | Recessed downlights



Recessed downlights
4051859268727
LED
D 255, H 3



Ultra thin recessed LED downlight. Housing: die-cast aluminium. Light guide and diffuser made of non-yellowing PMMA, opal matt. Can be directly covered with thermal insulation material. Tunable white dynamically adjustable from 2700 K to 6500 K. With Casambi smart+free Bluetooth® control for wireless network and operation using Android / iOS devices, free app available for download. Ceiling installation with spring system. Mounting depth depends on ceiling strength. Including separate LED converter with connecting cable 250 mm. Surface mounted housing as accessory for all sizes. Retrofittable decorative cylinders made of chintz fabric as accessory, optional with satin finish polycarbonate diffuser. Through-wiring box (5 pole) available as accessory.

Lighting technology

Colour temperature	4.600 K
Rated luminous flux	1.700 lm
Glare evaluation UGR (4H 8H) 1	26,5
Beam angle	107°
Colour temperature 2	2.700 K
Rated luminous flux 2	1.550 lm
Glare evaluation UGR (4H 8H) 2	26,2
Colour temperature 3	6.500 K
Beam angle Down 2	107°
Rated luminous flux 3	1.600 lm
Glare evaluation UGR (4H 8H) 3	26,3
Beam angle Down 3	107°

Colour

Colour	white
--------	-------

Dimensions

Diameter D	255 mm
Height H	3 mm
Cut-out diameter DA	234 mm
Recess height HE	55-75 mm
Ceiling thickness S	1-20 mm
Dimensions	L 242 x B 88 x H 40 mm
Weight	1,25 kg

Lamp

Lamp 1	LED
Colour temperature lamp 1	2700K - 6500K
Colour rendering index (CRI) 1	80
Colour consistency (McAdam) 1	4
Lifetime of lamp 1 combined	50000 h (L70/B10)
Photobiological safety according to EN 62471	Risk group 1

Electrical

Control gear	Dimmable Bluetooth converter
Voltage	220 - 240 V / 50 Hz
Luminaires on B10A fuse	10
Luminaires on B16A fuse	16
Luminaires on C10A fuse	16
Luminaires on C16A fuse	26
Inrush current / inrush current duration	26.4 A / 224 µs
Ripple current / Flicker	2 %
System power	19 W
Luminaire efficacy	90 lm/W
Total harmonic distortion (THD)	10 %
System power 2	20 W
Luminaire efficacy 2	78 lm/W
Power factor	0,96
System power 3	18 W
Luminaire efficacy 3	89 lm/W

Toledo Flat Round

901666.002.730 | Recessed downlights



Approbations

Type of Protection	IP 20, IP 54
Protection Class	II
Glow Wire Test	650°C - 30 seconds
Impact Protection	IK03 (0,35 Joule)
Test marks	EAC
Safety marks	Einbauleuchte nicht bedecken!
Ambient temperature min.	-20 °C
Ambient temperature max.	35 °C
ULOR	0
Trade mark	CE, EAC
CIE Flux Code / CEN Flux Code	48 80 96 100 100

Accessories

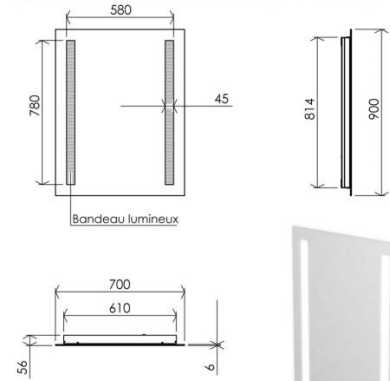
982074.002	Surface mounted housing D 257, H 60 for Toledo Flat Round D 255
982321.002	Chintz lampshades D 260, H 60 Chintz decorative cylinder for Toledo Flat Round D 255
982703.002	Through-wiring box DALI L 98, B 55, H 28 Through-wiring box, 5 pole

EK E Aynaya Entegre Aydınlatma Aygıtı

7185 01 01

v28/10/2021

- (GB) Mirror with 2 vertically integrated LED light bands and defogger 70 x 90cm - Finish White
(FR) Miroir LED rétro éclairé 2 bandes dépolies verticales et antibuée 70 x 90cm - Finition Blanc
(DE) LED Leuchtspiegel mit 2 vertikalen LED Lichtbändern und Beschlagschutz 70 x 90cm - Endfertigung Weiss
(ES) Espejo LED retroiluminado con 2 barras esmeriladas verticales y sistema anti niebla 70 x 90cm - Acabados Blanco
(RU) Зеркало с задней светодиодной подсветкой, незапотевающая поверхность, 2 вертикальные матовые полосы 70 x 90cm - Конечная обработка Белый
(NL) Retro verlichte LED spiegel met anti-damp systeem en 2 gepolijste banen 70 x 90cm - Uitvoering Wit



Dimensions (Width x Depth x Height)
Dimensions (Largeur x Profondeur x Hauteur)
Abmessungen (Breite x Tiefe x Höhe)
Dimensiones (Anchura x Profundidad x Altura)
Размеры (Ширина x Глубина x Высота)
Afmetingen (Breedte x Diepte x Hoogte)

700 x 56 x 900 mm
27.56 x 2.2 x 35.43 inches
14.698kg

Features	Materials
Lighting: LED Lifetime: > 30.000h Light colour: Warm white (2800°K) LED light output power: 2280 lumens/m LED rated power: 35W Energy Class: A LED lamps included Defogger system: Included (40W) Voltage: 100-240V Frequency: 50-60Hz Standards: CE / ROHS compliance Double insulation IP44 Class II Volume 2 Direct electrical connection via the wall Interrupter: No on/off button (optionally: can be connected via an external switch-button, not included) Stainless screws and wallplugs included	Body: Aluminium Mirror: silver floated glass, mat

Caractéristiques	Matériaux
Type d'éclairage: LED Durée d'utilisation: > 30 000 heures Couleur d'éclairage: Blanc chaud (2800°K) Puissance lumineuse en sortie de LED: 2280 lumens/m Puissance nominale des LED: 35W Classe énergétique: A Lampe à LED intégrées Système de désembuage: Oui (Puissance nominale: 40W) Tension: 100-240V Fréquence: 50-60Hz Normes: CE / ROHS Double isolation IP44 Classe II Volume 2 Branchement électrique: Connexion murale directe Interrupteur: Non (Fonction marche/arrêt uniquement par raccordement à un interrupteur mural externe non fourni) Fixation: Visserie inox et chevilles fournies	Caisson: Aluminium Miroir: verre argenté et dépoli

Beschreibung	Material
Lichtquelle: LED Lebensdauer: > 30 000 Std. Lichtfarbe: Warmweiss (2800°K) Leuchtkraft LED Lampen: 2280 lumens/m LED Stärke: 35W Energieklasse: A LED Lampen enthalten Anti-Beschlagssystem: enthalten (40W) Spannung: 100-240V Frequenz: 50-60Hz Normen: CE/ROHS Doppelt isoliert IP44 Schutzklasse II Volumen 2 Elektrischer Anschluss: direkt über Wandbuchse Ohne Ein/Aus-Schalter (Möglichkeit über externen Anschluss, Schalter nicht enthalten) Montage: Rostfreie Schrauben und Dübel enthalten	Verkleidung: Aluminium Spiegel: Silber beschichtetes Glas

Características	Materiales
Tipo de luz: LED Vida útil: > 30 000 horas Color de iluminación: blanco cálido (2800 ° K) Potencia de salida de luz de 2280 lúmenes / m Potencia nominal del LED: 35W Clase energética: A Lámpara de LED integrado Sistema de desempeñado: Si (Potencia nominal: 40W) Voltaje: 100-240V Frecuencia: 50-60 Hz Normas: CE / ROHS Doble aislamiento IP44 clase II Volumen 2 Conexión eléctrica: conexión directo en la pared Conmutador: No (ON / OFF función sólo mediante la conexión a una pared externa interruptor no incluido) Fijación: tornillos de acero previstas	Caja: Aluminio Espejo: cristal plateado y mate

Характеристики	Материал
Тип освещения: светодиоды Срок службы: более 30 000 часов Цвет подсветки: белый теплый (2800°K) Световая мощность на выходе: 2280 люмен/м Номинальная мощность светодиодов: 35Вт Класс энергопотребления: А Лампа со встроенными светодиодами Система противозапотевания: Да (мин мощность 40Вт) Напряжение: 100-240В Частота: 50-60 Гц Нормы безопасности: CE / ROHS Двойная изоляция Класс IP44 Объем 2 Электрическое подключение: непосредственно в стену Выключатель: Нет (функция выключил возможна при выводе выключателя на стену, в комплект не входит) Крепление: крепежные детали прилагаются	Корпус - Алюминий Зеркало - серебряное матовое стекло

Kenmerken	Materiaal
Type verlichting: LED Levensduur: > 30.000 uur Kleur licht: Warm wit (2800°K) Licht vermogen LED: 2280 lumens/m Nominiaal vermogen LED: 35W Energieklasse: A LED lampen geïntegreerd Anti-mist systeem: ja (nominiaal vermogen 40W) Spanning: 100-240V Frequentie: 50-60Hz Normen: CE / ROHS Dubbele isolatie IP44 Klasse II Volume2 Electrische aansluiting: Direct aan de wand Schakelaar: Nee (functie aan/uit alleen via externe muurschakelaar niet meegeleverd) Beweging: Rvs schroeven en pluggen meegeleverd	Meubel: Aluminium Spiegel: Verzilverd en gepolijst glas