

**T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

Mimarlık Anabilim Dalı

**OFİSLERDE DOĞAL VE YAPAY AYDINLATMA
ENTEGRASYONUNDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE
YÖNTEMLERİN İNCELENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Nahid BABAEI

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Semih Göksel YILDIRIM

İstanbul – 2025

TEZ TANITIM FORMU

Yazar Adı Soyadı : Nahid BABAEI

Tezin Dili : Türkçe

Tezin Adı : Ofislerde Doğal ve Yapay Aydınlatma Entegrasyonunda Kullanılan Teknoloji ve Yöntemlerin İncelenmesi

Enstitü : İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Anabilim Dalı : Mimarlık

Tezin Türü : Yüksek Lisans

Tezin Tarihi : 09.04.2025

Sayfa Sayısı : 111

Tez : Dr. Öğr. Üyesi Semih Göksel YILDIRIM

Danışmanları

Dizin Terimleri : Doğal aydınlatma, yapay aydınlatma, bütünleşik aydınlatma, ofis aydınlatma tasarımı, aydınlık düzeyi analizi, bütünleşik aydınlatma yöntemleri

Türkçe Özet : Binalarda doğal ve yapay aydınlatma entegrasyon türleri, ofislerde kullanan aydınlatma teknoloji ve yöntemleri, yapay aydınlatmada bölgeleme ve sensör kullanımının incelenmesi.

Dağıtım Listesi : 1. İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsüne
2. YÖK Ulusal Tez Merkezine

İmzası

Nahid BABAEI

T. C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Mimarlık Anabilim Dalı

OFİSLERDE DOĞAL VE YAPAY AYDINLATMA
ENTEGRASYONUNDA KULLANILAN TEKNOLOJİ VE
YÖNTEMLERİN İNCELENMESİ

Yüksek Lisans Tezi

Nahid BABAEL

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Semih Göksel YILDIRIM

İstanbul – 2025

BEYAN

Bu tezin hazırlanmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğu, kullanılan verilerde herhangi tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez olarak sunulmadığını beyan ederim.

Nahid BABAEI

.../.../2025



T.C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Nahid BABAEl' nın “Ofislerde Doğal ve Yapay Aydınlatma Entegrasyonunda Kullanılan Teknoloji ve Yöntemlerin İncelenmesi” adlı tez çalışması, jürimiz tarafından Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Bilim Dalı YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Prof. Dr. Rana KUTLU

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Nevzat Ömer SAATCIOĞLU

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Semih Göksel YILDIRIM

(Danışman)

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

.... / / 20..

Prof. Dr. İzzet GÜMÜŞ

Enstitü Müdürü

ÖZET

Günümüzde bireyler yaşam sürelerinin büyük bir bölümünü işyerlerinde geçirmekte olup, ofisler çalışanların gün içerisinde en fazla zaman geçirdiği çalışma alanları arasında yer almaktadır. Bu nedenle, ofis mekânlarının tasarımı büyük bir öneme sahiptir. Aydınlatma, ofis tasarımında dikkate alınması gereken temel unsurların başında gelmektedir. Yapılan araştırmalar, ofis alanında aydınlatmanın işlevsel bir yönü olmasının yanında, ofis çalışanları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Doğal aydınlatmadan mümkün olduğunca faydalanmak, insan sağlığını ve performansını olumlu yönde etkileyebileceği gibi enerji tasarrufuna da katkı sağlayabilir. Ofislerde doğal ve yapay aydınlatma entegrasyonunda tasarımında doğru bölgelendirme ve sensör kullanımı büyük tasarruf sağlamaktadır. Otomasyon kullanımı ile mekânda aydınlatma miktarı ve zamanlaması üzerinde kontrol sağlanabilmekte, yapay aydınlatmadan yararlanarak kullanıcıların ihtiyaçlarına ve tercihlerine göre de özelleştirilebilmektedir.

Bu tezde doğal ve yapay aydınlatma entegrasyonunda kullanılan teknoloji ve yöntemler incelemektedir. Çalışmanın ilk bölümünde tezin amacı, kapsamı ve yöntemi açıklanmaktadır. İkinci bölümde doğal ve yapay aydınlatma türlerinin incelenmesine yer verilmektedir. Üçüncü bölümde aydınlatmaya ilişkin kavramsal çerçeve açıklanmakta, performans değerlendirme metotları ve her iki aydınlatma türünün birbiri ile entegrasyonuna değinilmektedir. Dördüncü bölümde ise entegrasyonda kullanılacak aydınlatma kontrol sistemleri ele alınmaktadır. İncelenen bu kontrol sistemlerinin akabinde örnek olarak bir ofis binası ele alınmaktadır. Örnek çalışmada zonlama ve sensör kullanımında dikkat edilmesi gereken konular incelenmektedir. Sonuç olarak doğal ve yapay aydınlatma entegrasyonunda kullanılan teknolojiler ve metotlar bir örnek yapı üzerinden çalışılmakta, araştırma sonucunda elde edilen bulgular ortaya konmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Doğal aydınlatma, yapay aydınlatma, bütünleşik aydınlatma, ofis aydınlatma tasarımı, aydınlık düzeyi analizi, bütünleşik aydınlatma yöntemleri.

SUMMARY

Nowadays, individuals spend a significant portion of their lives in workplaces, with offices being among the primary work environments where employees spend the most time during the day. Therefore, the design of office spaces holds great importance. Lighting is one of the fundamental elements that must be considered in office design. Research has shown that lighting in office spaces is not only functional but also has a significant impact on office workers. Maximizing the use of natural lighting can positively affect human health and performance while also contributing to energy savings. In office spaces, proper zoning and sensor utilization in the integration of natural and artificial lighting can provide substantial savings. Through automation, control over the amount and timing of lighting in the space can be achieved, and artificial lighting can be customized according to users' needs and preferences.

This thesis examines the technologies and methods used in the integration of natural and artificial lighting. The first section of the study explains the aim, scope, and methodology of the thesis. The second section focuses on the analysis of natural and artificial lighting types. The third section presents the conceptual framework related to lighting, performance measurement methods, and the integration of both lighting types. In the fourth section, lighting control systems that can be utilized in integration are discussed. Following the analysis of these control systems, an office building is examined as an example. In the case study, key considerations in zoning and sensor utilization are explored. Ultimately, the technologies and methods used in the integration of natural and artificial lighting are studied through an example building, and the findings obtained from the research are presented.

Keywords: Daylighting, artificial lighting, integrated lighting, office lighting design, lighting level analysis, integrated lighting methods.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
SUMMARY	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	v
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ.....	xi
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM ÇALIŞMANIN TEMEL İLKELERİ

1.1. Tezin Problemi.....	4
1.2. Tezin Amacı	4
1.3. Tezin Önemi.....	5
1.4. Yöntemi	5
1.4.1. Kavramsal çerçeve.....	5
1.4.2. Varsayımları.....	5
1.4.3. Sınırlılıkları.....	6
1.4.4. Veri toplama tekniği.....	6

İKİNCİ BÖLÜM BİNALARDA AYDINLATMA TÜRLERİ

2.1. Aydınlatmaya İlişkin Temel Kavramlar.....	7
2.2. Doğal Aydınlatma	12
2.2.1. Doğal aydınlatma türleri.....	13
2.2.2. Doğal aydınlatma performans değerlendirme yöntemleri.....	13
2.2.3. Doğal aydınlatmanın binaya etkisi	15
2.2.4. Doğal aydınlatma stratejileri	19
2.2.5. Mimarlıkta doğal aydınlatma kullanmanın avantajları.....	23
2.3. Yapay Aydınlatma	24
2.3.1. Yapay aydınlatma türleri.....	25
2.3.2. İç mekân aydınlatmasında kullanılan armatür tipleri	27
2.3.3. Işık kaynaklarının türü	28
2.3.4. İç mekânda aydınlatma türleri	31
2.4. Bütünleşik Aydınlatma.....	33
2.4.1. Aydınlatma kontrol sistemleri.....	33
2.4.2. Bütünleşik aydınlatma kurulumuna ilişkin örnekler	44

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

OFİSLERDE GÖRSEL KONFOR ETKENLERİ

3.1. Ofis Tipleri.....	53
3.2. Aydınlık Düzeyi.....	54
3.3. Parıltı.....	55
3.4. Renk.....	57

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ALAN ÇALIŞMASI: IGU K BLOK, 18. KAT OFİSLERİ

4.1. Çalışma Alanına İlişkin Bilgiler	59
4.1.1. İklim ve çevre koşulları	59
4.1.2. İç mekân özellikleri	61
4.2. Doğal Aydınlatmaya İlişkin Tespitler	63
4.3. Yapay Aydınlatmaya İlişkin Tespitler	63
4.4. Doğal Aydınlatma Performans Değerlendirmesi	67
4.4.1. DF ve DA Analizleri	68
4.4.2. Aydınlık Düzeyi (lüks) Analizleri.....	69
4.5. Bağımsız Bir Ofis Üzerinde Yapılan Analizler ve Değerlendirmeler.....	74
4.6. Alan Çalışmasından Elde Edilen Bulgular	78
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	81
KAYNAKÇA	85
ÖZGEÇMİŞ.....	95

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1. IES tarafından oluşturulmuş ofis yapıları için günışığı faktörü en az değerler	14
Tablo 2. Doğal aydınlatmanın mekâna erişimini sağlayan formlar	19
Tablo 3. Ağ aydınlatma kontrol paneli (solda), internet üzerinden uygulamalarla uzaktan kontrol cihazları (sağda)	39
Tablo 4. Işık tüpü kullanılarak doğal aydınlatma sağlandığı durumda ölçülen ortalama günışığı faktörü (ADF) ve aydınlık düzeyi (lüks).....	47
Tablo 5. CIE standartlarında ofis yüzeyleri için yansıtma çarpan önerileri	56
Tablo 6. CIE standartlarında UGR kamaşma kategorisi aralıkları	57
Tablo 7. TS EN 12464-1, CEN, CIE, CIBSE, DIN ve IES standardına göre ofis mekanlarında görsel konfor koşullarının sağlanmasında eylem türüne bağlı minimum gereksinimler.	57
Tablo 8. Mevsimlere göre güneş yörüngesi diyagramı analizleri, Google earth kullanarak yapıldı.....	60
Tablo 9. Bağımsız ofislerin kurulumunda kullanılan cam bölme duvarlar detaylar .	61
Tablo 10: K blok Kule 18. kat PLT1 ve PLT2 plan düzenleri	62
Tablo 11. PLT1 ve PLT2 düzeninde yapay aydınlatmanın bölgelere ayrılması	64
Tablo 12. PLT1 ve PLT2 düzeninde yapay aydınlatmaya ait tavan armatürlerinin yerleşimi.....	65
Tablo 13. Yapay aydınlatma için duvar anahtarı (solda), anahtar kontrol modlarının tanımlanması (sağda)	65
Tablo 14. Tavanda kullanılan armatür modelleri	66
Tablo 15. DF analizi sonuçlarının farklı plan düzeninde karşılaştırması	68
Tablo 16. DF analizi verilerinin karşılaştırılması	69
Tablo 17. Günışığı özerkliği (DA) analizlerinin plan düzleminde karşılaştırılması..	69
Tablo 18. PLT1 plan düzenine ait doğal aydınlatmaya ilişkin aydınlık düzeyi analizleri (lüks).....	71

Tablo 19. PLT2 plan düzenine ait doğal aydınlatmaya ilişkin aydınlık düzeyi analizleri (lüks)	72
Tablo 20. PLT1 ve PLT2 plan düzenlerinde, 21 Mart saat 15 için yapılan aydınlık düzeyi analizleri verilerinin karşılaştırılması.....	73
Tablo 21. Örnek ofise ait aydınlık düzeyi ve kamaşa analizi	75
Tablo 22. İncelenen bağımsız ofiste doğal ve yapay aydınlatmaya ilişkin ön tespit mahiyetinde durum tespiti; yalnızca doğal aydınlatma ile (solda), doğal ve yapay aydınlatma ile (sağda)	77
Tablo 23. PLT 1 ve PLT 2 plan düzenlerinde aydınlatmaya ilişkin genel karşılaştırma	83



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Elektromanyetik tayf – dalga boyu gösterimi	8
Şekil 2. Farklı renk sıcaklıklarının Kelvin cinsinden karşılıkları	8
Şekil 3. Işık akısı, ışık şiddeti, aydınlık düzeyi ve parlıltı görüntüsü	10
Şekil 4. Kamaşma Türlerinin Temsili	11
Şekil 5. Mekânda doğal aydınlatmayı sağlayan ışık kaynakları	13
Şekil 6. Güneş ışığının mevsimsel hareketi (solda), azimut açısı (orta), yükseklik açısı (sağda).....	16
Şekil 7. Yaz ve kış gündönümünde güneş ışığı açısı (solda), örnek bir hesaplama (sağda)	17
Şekil 8. Işık rafı çalışma prensibi	18
Şekil 9. Pencere konumlarına bağlı hacimde günışığı değişimi	20
Şekil 10. Üstten aydınlatma türleri, yaz ve kış aydınlatma gradyanı	21
Şekil 11. Işık tüpünün şematik gösterimi	22
Şekil 12. Atrium yaz ve kış aydınlatma gradyanı	23
Şekil 13. Aydınlatma kalitesi modeli	25
Şekil 14. Işık akısı ve güç karşılaştırılması	31
Şekil 15. IESNA standartlarına göre aydınlatma aygıtı türleri	31
Şekil 16. Aydınlatma kontrol sistemi	34
Şekil 17. Varlık sensörleri ile bölümlenme (zonlama) oluşturulması	36
Şekil 18. Aydınlatma kontrol sistemi şeması	40
Şekil 19. Örnek bir açık ofiste bölgeleme (Zoning)	41
Şekil 20. Örnek bir ofis alanında tavandaki yapay aydınlatma düzeni, çalışma alanı, yakın çevre ve arka plan alanlarındaki farklı parlaklık seviyeleri (dimming)	42
Şekil 21. Ofis mekanının düzeni (solda) ve sensör tanımlamaları (sağda).....	43

Şekil 22. Açık ofis düzeninde tavanda yapay aydınlatma yerleşimi.....	43
Şekil 23. Bağımsız ofis düzeninde tavanda yapay aydınlatma yerleşimi	44
Şekil 24. Örneklerin konumu: Navitas binası, Aarhus, Danimarka’ da (solda), NZE binası, Pekin, Çin’ de (orta), ve Aurecon binası, Brisbane, Avustralya’ da (sağda).....	45
Şekil 25. Pekin'deki NZE’ ye ait CABR ofis binasının dıştan görünümü	46
Şekil 26. NZE’ ye ait CABR ofis binası konferans salonu (solda), tavanda ışık tüpü ile doğal aydınlatmanın sağlanması (orta), ofiste LED tavan aydınlatması (sağda)	46
Şekil 27. Aurecon ofis binası Brisbane, Avustralya	48
Şekil 28. Aurecon Brisbane ‘deki açık planlı ofisten iç mekân görünümü ve aydınlık düzeyini ayarlamak için kullanılan uzaktan kontrol cihazı (solda), tavanda kablo tavasına monteli spot aydınlatma (orta) (Aurecongroup), ofiste doğal aydınlatma kontrolü için kullanılan gölgeleme elemanı (sağda)	48
Şekil 29. Birinci kattaki lounge alanı (sağ), ikinci kattaki mola alanında bulunan açık mutfak nişi (sol)	49
Şekil 30. Aarhus limanındaki Navitas binasının dıştan görünümü	50
Şekil 31. Navitas binasında tipik bir ofiste doğal ve yapay aydınlatma ve gölgeleme kontrolü ve aydınlık düzeyini ayarlamak için kullanılan uzaktan kontrol cihazı	51
Şekil 32. Navitas binasında tipik bir sınıfın iç mekân görünümü	52
Şekil 33. Geleneksel (hücreli) ofisler (solda), grup düzenli ofisler (ortada), ve açık planlı ofisler (sağda)	54
Şekil 34. Görünür ışık geçirgenliği türleri	56
Şekil 35. İstanbul Gelişim Üniversitesi K blok yerleşimi (solda), binanın genel görünümü (sağda)	59
Şekil 36. İstanbul’da avcılar ilçesine ait sıcaklık grafiği (solda), bulutlu, güneşli ve yağışlı günleri gösterir grafik (sağda)	60
Şekil 37. Ofis ortamında doğal aydınlatmadan yararlanılan cephe görünümü.....	62

Şekil 38. K bloğun coğrafi yönler göre konumlanışının 18. kat planı üzerinden ifade edilmesi.....	63
Şekil 39. Açık ofis düzeninde stor perde kullanımı	63
Şekil 40. PLT2 ofis düzeninde, koridorlardaki tavan aydınlatmaları	67
Şekil 41. Örnek ofis aydınlatma tasarımı.....	74
Şekil 42. Bağımsız ofiste kullanılan armatür modelleri.....	76
Şekil 43. Bağımsız ofisin tavan aydınlatmasında bölgeleme; bağımsız ofisin planı (solda), bağımsız ofisin kesiti (sağda)	77



ÖNSÖZ

Tez çalışmamın hazırlık sürecinde çalışmamı yönlendiren ve katkıda bulunan değerli hocam Sayın Dr. Öğr. Üy. Semih Göksel Yıldırım'a şükranlarımı sunarım. En başta Mimarlık Bölüm Başkanı Sayın Doç. Dr. İlke Ciritci olmak üzere yüksek lisans aşamasında derslerini aldığım tüm bölüm hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda olan annem Sima Alipour, Eşim Yashar Amirkolahi ve her zaman sevdiğim anneannem Fatemeh Kouchakiani teşekkür ederim.

Nahid BABAEİ

İstanbul, 2025

GİRİŞ

Günümüz mimarisinde aydınlatma, yalnızca ortamın temel ışık ihtiyacını karşılayan bir unsur olmaktan çıkmış, kullanıcı sağlığı, konforu ve performansını artırmaya yönelik bir tasarım aracı haline gelmiştir. Doğal ve yapay aydınlatmanın doğru entegrasyonu, mimaride insan odaklı yaklaşımların temelini oluşturarak, daha kaliteli ve işlevsel yaşam ve çalışma alanlarının yaratılmasını sağlamaktadır.

Teknolojinin ilerlemesiyle, modern aydınlatma tasarımlarında kullanıcı ihtiyaçlarına duyarlı ve enerji verimliliği sağlayan çözümler bir zorunluluk haline gelmiştir. Yapay aydınlatmanın kullanımı öncesinde, mekanların yalnızca doğal ışık kaynaklarına bağlı olduğu dönemlerde, coğrafi konumların etkisiyle farklı aydınlatma yöntemleri geliştirilmiştir. Örneğin, Ekvator kuşağına yakın bölgelerde, yaz aylarında aşırı ısı kazanımını önlemek için özgün pencere tasarımları kullanılarak doğrudan güneş ışığının daha az ulaşması sağlanmıştır. Bu durum, aydınlatma tasarımının tarihsel süreçte teknolojik gelişmelerden, çevresel ve kültürel faktörlerden nasıl etkilendiğini göstermekte ve günümüzdeki tasarım yaklaşımlarına ışık tutmaktadır. Modern mimaride, doğal ve yapay aydınlatmayı bir arada kullanarak enerji verimli, kullanıcı dostu ve estetik açıdan tatmin edici çözümler üretmek, tasarımın temel amaçlarından biri haline gelmiştir.

20. yüzyılın ortalarında, doğal aydınlatmaya yönelik tasarımlar mimari geleneklerin bir parçası olarak korunmuş, ancak bu dönemde çevresel veriler ve enerji tasarrufu gibi faktörler yeterince önceliklendirilmemiştir. Düşük maliyetli floresan lambaların yaygınlaşması, birçok tasarımda doğal ışığın kullanımını ikinci plana itmiştir. Özellikle 1945 ile 1975 yılları arasında inşa edilen binaların, tarihi binalara kıyasla gün ışığından faydalanma konusunda yetersiz olduğu düşünülmektedir (Baker ve diğerleri, 1993).

Bu dönemde, doğal aydınlatmanın mimari tasarımlarda yeniden ön plana çıkmasında Frank Lloyd Wright, Le Corbusier, Louis Kahn ve Louis Sullivan gibi öncü mimarların önemli katkıları olmuştur. Bu mimarlar, doğal ışığı estetik değerlerle birleştirerek mekânların işlevselliğini artırmaya odaklanmışlardır (Mazharuddin, 2000). Doğal ışığın, sadece bir aydınlatma unsuru değil, aynı zamanda mekânsal deneyimi zenginleştiren bir tasarım öğesi olarak ele alınması, bu süreçte farkındalığın artmasına neden olmuştur.

1974 yılında yaşanan enerji krizi, mimari tasarımda enerji verimliliği konusunun önemini küresel ölçekte artırmış ve enerji odaklı çözümler geliştirilmesine öncülük etmiştir. Bu dönemde, doğal aydınlatma, enerji tasarrufu sağlamasının yanı sıra insan sağlığı ve mekânsal konfor üzerinde olumlu etkileriyle modern mimari tasarım yaklaşımlarının vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir. Doğal ve yapay aydınlatmanın birlikte kullanımı, özellikle ofis gibi alanlarda enerji tüketimini azaltırken, çalışanların sağlığını koruma, memnuniyeti artırma ve görsel yorgunluğu azaltma gibi çok yönlü faydalar sunmaktadır. Ancak doğal aydınlatmanın avantajlarına rağmen, günün farklı saatlerinde ve mevsimlerde değişkenlik göstermesi, onu tek başına yeterli bir çözüm olmaktan uzaklaştırmaktadır. Sabahın erken saatlerinden akşamın geç saatlerine kadar süren çalışma günlerinde, doğal ışığın değişkenliği, yapay aydınlatma ile desteklenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, doğal ve yapay aydınlatmanın entegrasyonu, mekânsal ihtiyaçları karşılayacak ve enerji tasarrufunu maksimum düzeye çıkaracak şekilde tasarlanmalıdır. Doğru bir entegrasyon hem enerji maliyetlerini düşürmekte hem de kullanıcıların sağlığı ve konforunu olumlu yönde etkileyerek sürdürülebilir, insan odaklı bir mimari anlayışın temel taşı oluşturulmaktadır. Bu yaklaşım, yalnızca estetik bir tercih değil, aynı zamanda kullanıcıların günlük yaşamlarını ve üretkenliklerini doğrudan iyileştiren bir tasarım stratejisi olarak öne çıkmaktadır.

Günümüzde aydınlatma tasarımında, kullanıcı ihtiyaçlarına duyarlı ve enerji verimliliğini artıran ileri teknolojiler ön plana çıkmaktadır. Otomatik aydınlatma sistemleri, ışık ve hareket sensörleri sayesinde, mekânın kullanım durumuna göre ışığın şiddetini ve rengini optimize edebilmektedir. Bu sistemler, yapay aydınlatmayı renk ve şiddet bakımından doğal aydınlatmaya yakın hale getirerek, görsel konforu artırırken enerji tüketimini azaltır.

Ayrıca, aydınlatmanın alan bazlı ihtiyaçlara göre bölünmesi (zonlama), hem ortam kalitesini artırır hem de kullanıcı deneyimini iyileştirir. Örneğin, ofislerde masa üstü görev aydınlatması ile çalışanların odaklanmasını sağlamak mümkünken, ortak alanlarda genel aydınlatma ile geniş ve homojen bir ışık dağılımı oluşturulabilir. Bu yaklaşımlar hem bireysel hem de toplu kullanıma uygun, işlevsel ve sürdürülebilir mekânların oluşturulmasına olanak tanımaktadır. Bu tür teknolojik çözümler, yalnızca enerji tasarrufu sağlamakla kalmaz, aynı zamanda aydınlatmayı kişiselleştirme imkânı sunarak kullanıcı memnuniyetini artırır. Sonuç olarak, aydınlatma tasarımında bu

yenilikçi sistemlerin kullanımını hem bireysel konforu hem de kolektif verimliliği destekleyen modern bir yaklaşımı temsil etmektedir.

Doğal ve yapay aydınlatma türlerini incelemek, bu iki aydınlatma biçiminin farklarını anlamak ve kontrol yöntemlerini öğrenmek, mekânın aydınlatma ihtiyaçlarını karşılamak için uygun bir tasarım yapmanın temelini oluşturur. Doğru bir aydınlatma tasarımı, yalnızca görsel konforu ve işlevselliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda enerji verimliliği ve kullanıcı memnuniyetini de sağlar.

Aydınlatma tasarımı konusu geniş bir araştırma alanıdır ve literatür taraması sırasında pek çok çalışma incelenmiştir. Çoğunlukla doğal ve yapay aydınlatma konuları ayrı ayrı çalışılmakta olup, literatür taramasında bazı sınırlılıklar gözlemlenmektedir. Buradan çıkan sonuçları inceleyip birleştirmek ayrı bir çalışma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ÇALIŞMANIN TEMEL İLKELERİ

Çalışmanın birinci bölümünde tezin problemi, amacı, önemi, yöntemi ve kavramsal çerçevesine değinilmek istenmiştir. Bu nedenle konu ile alakalı detaylar alt başlıklar halinde incelenmiştir.

1.1. Tezin Problemi

Binalarda doğal ve yapay aydınlatma kullanımı tasarım açısından bazı süreçleri beraberinde getirmektedir. Çünkü doğal aydınlatma zamana bağlı olarak değişken bir şekilde görülmektedir. Bu nedenle farklı alanlarda farklı miktarlarda yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Binalarda doğal aydınlatmadan faydalanarak gerekli aydınlanma şartlarının sağlanması aynı zamanda enerji tasarrufuna da yardımcı olmaktadır. Bunun yanı sıra doğal aydınlatma, insanlar için görsel konfor şartlarını da sağlayabilmektedir. Zaman, gök koşulları ve mevsimler gibi çeşitli faktörlere göre değişkenlik gösteren doğal aydınlatmanın yapay aydınlatma ile birlikte nasıl entegre edileceğinin titizlikle ele alınması gerekmektedir. Aydınlatma tasarımında görsel konfor koşullarının sağlanması bu bağlamda eyleme bağlı olarak aydınlık düzeyinin nicelik ve nitelik yönünden sağlanması, parlıltı etkeninin kontrol edilerek kamaşmanın önlenmesi ve renk konusunun ele alınması önemlidir. Aydınlatma tasarımında konfor koşullarını tehdit eden en önemli sorun kamaşma sorunudur. Doğal ve yapay aydınlatma türlerinin entegrasyonunda, rahatsız edici kamaşma sorununun önlenmesi hedeflenmelidir. Buradaki asıl zorluk, bina tasarımlarında mekanları konforlu hale getirmek, daha az enerji kullanmak amacıyla her iki ışık kaynağının nasıl dengeleneceğinin metotlarını ortaya koyabilmektir. Dolayısıyla araştırma içerisinde binalardaki doğal ve yapay aydınlatma entegrasyonunda kullanılan yöntemler, ortaya çıkan sorunlar ve çözüm süreçleri araştırmanın problemini oluşturmaktadır.

1.2. Tezin Amacı

Tezin amacını; ofis yapılarında doğal ve yapay entegrasyonunda kullanılan teknoloji ve yöntemlerin incelenmesidir. Ayrıca araştırmanın amaçları arasında tasarımcıları yönlendirecek teknolojiler ve metotlara ilişkin örnekler sunulmaktadır.

1.3. Tezin Önemi

Dünyada enerji tüketiminin azaltılması konusunda oldukça yaygın bir çaba görülmekte ve farklı teknolojiler kullanılarak çeşitli alanlarda enerji tüketiminin azaltılmasına çalışılmaktadır. Bunlar arasında doğal aydınlatma ve yapay aydınlatma kullanımında enerji verimliliği önemli bir paya sahiptir. Enerji verimliliği yanında, insan sağlığı, insan performansının ve görsel konforun iyileştirilmesi de araştırmacılar arasında önemli bir çalışma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla, bu tezde ele alınan doğal ve yapay aydınlatma entegrasyonu ve bu alanda yapılan çalışmaların yukarıda bahsedilen enerji verimliliğine ve insan sağlığına olumlu etkisi vardır.

1.4. Yöntemi

Bu çalışmada literatür incelenmesi, örnek analizi, modelleme, aydınlatma değerlendirilmesi ve bilgisayar simülasyonu yöntemleri kullanılmıştır. Literatür incelemesinde tezlerden, makalelerden ve çeşitli kitaplardan faydalanılmıştır. Türkiye’de yayınlanan tezlere, ulusal tez merkezini kullanarak, diğer ülkelerde yayınlanan tezlere ve makalelere ise GoogleScholar, ResearchGate, Sid.ir, Academia.edu platformunu kullanarak ulaşılmıştır. Literatür taramasından sonra çeşitli örnekler incelenmiş ve en sonunda alan çalışması yapılmıştır. Bu alan çalışmasında İstanbul Gelişim Üniversitesi Yapı İşleri Daire Başkanlığı’nın arşivinden yararlanılarak çeşitli çizimler kullanılmıştır.

1.4.1. Kavramsal çerçeve

Doğal ve yapay aydınlatma entegrasyonuna yönelik olarak hangi tür teknolojilerin ve yöntemlerin kullanıldığı, tasarımcılara veri olacak bilgilerin temini, ayrıca performans değerlendirilmesi yapılarak elde edilen verilerin değerlendirilmesi kavramsal çerçeveyi oluşturmaktadır.

1.4.2. Varsayımları

Tezin hipotezi; ofis tipi yapılarda doğal ve yapay aydınlatmanın birbirine entegrasyonunu sağlamak çeşitli metodları ve teknolojileri kullanmak mümkündür ve bu metod ve teknolojiler tasarımcılara yol gösterebilir. Ayrıca, enerji verimliliği ve insan sağlığı açısından da yararlı sonuçlara ulaşılabileceği öngörülmektedir. Bu açıdan bakıldığında, bahsi geçen metodlar incelenmekte ve bir örnek analizi üzerinden test edilmektedir.

1.4.3. Sınırlılıkları

Doğal ve yapay aydınlatma entegrasyonunda belirli yazılımlara bağlı kalınmıştır. Bu yazılımların kapasiteleri nispetinde mekân aydınlatmasına ilişkin performans değerlendirmeleri yapılabilmektedir. Çoğunlukla doğal ve yapay aydınlatma konuları ayrı ayrı çalışılmakta olup, literatür taramasında bazı sınırlılıklar gözlemlenmektedir. Buradan çıkan sonuçları inceleyip birleştirmek ayrı bir çalışma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.4.4. Veri toplama tekniği

Bu çalışmada veriler Ulusal Tez Merkezi, GoogleScholar, Sid Iran Tez Merkezi, Academia.edu, ResearchGate, Dergipark kullanarak elde edilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

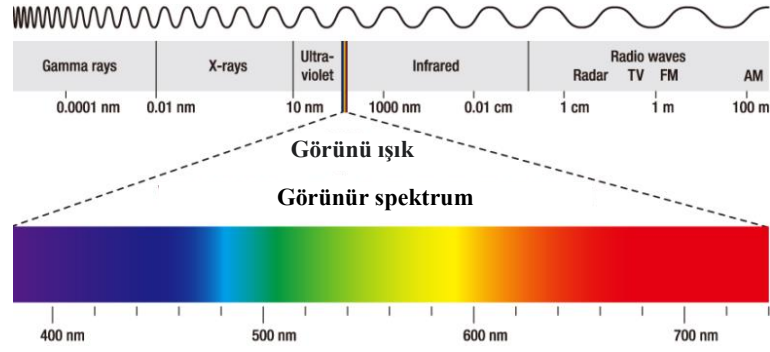
BİNALARDA AYDINLATMA TÜRLERİ

2.1. Aydınlatmaya İlişkin Temel Kavramlar

Işık, yaşamın ayrılmaz bir parçasıdır ve hayatımızın her anında yer almaktadır. Temel gereksinimlerimizden biri olan ışık, çevremizi algılamamızı ve tanımlamamızı sağlar. Diğer duyularımız da çevremizi algılamamıza yardımcı olsa da göz aracılığıyla gerçekleştirilen algılama çok daha net, ayrıntılı ve kesin olmaktadır. İnsan, yönünü belirlerken öncelikli olarak gözlerini kullanmaktadır ve çevresini bir görüntü dünyası olarak algılamaktadır (Fördergemeinschaft, 2008). Olayların görülebilmesi veya fark edilebilmesi için ışığın varlığına gerek duyulmaktadır. Nesnelerin üzerine yeterli miktarda ışık düşerse olayların ve nesnelerin rengi gibi detaylar ortaya çıkmaktadır. Dolayısıyla renk te, aydınlatma alanındaki çalışmalarda önemli bir parametredir. (Soltanzadeh, 2010). Her rengin, insan algısı ve psikolojisi üzerinde belirli etkileri bulunmaktadır. Aynı zamanda renkler, hafızamızı şekillendiren zihinsel yapı ile etkileşime girerek, bireylerin çevrelerindeki renkleri sürekli olarak algılamasına katkıda bulunmaktadır. Bu süreçte, bireyler mevcut an ve koşullar içerisinde algıladıkları görüntüyü, zihinsel olarak var olması gerektiğini düşündükleri biçimde yansıtmaktadır (Mailesi., ve Mehraram, 2006).

- **Işık**

Işık, insan gözünde parıltılı bir duyum uyandıran, yani görülebilen, elektromanyetik ışınımın adı olarak tarif edilmektedir. 360 ile 830 nm aralığında, dalga boyundaki elektromanyetik ışınım, ışık tayfının çok küçük bir aralığında bulunmaktadır (Elektrik Mühendisleri Odası; EMO) (Şekil 1). Işık sayesinde, biçimler, şekiller, renkler ve malzemeler gibi unsurları içeren çevremizi inşa etmek ve anlamak mümkün olmaktadır. Fiziksel dünyamızın görünür olmasını sağlayan iki temel aydınlatma türü bulunmaktadır: doğal aydınlatma ve yapay aydınlatma. (Innes, 2012). Mekân içinde ışığın farklı şekillerde konumlandırılması, hem mekânın işlevselliğini ve kullanıcı gereksinimlerini karşılamakta hem de mekânda çeşitli atmosferler oluşturulmasına olanak tanımaktadır (Çağal, 2020). Bir mekânın hissiyatı, ölçeği veya rengi üzerinde değişiklik yapılmak istendiğinde ise bu değişim aydınlatma yoluyla sağlanabilmektedir (Russell, 2012).



Şekil 1. Elektromanyetik tayf – dalga boyu gösterimi (Okutan, 2008)

- **Renk sıcaklığı**

Renk sıcaklığı, beyaz aydınlatmanın insan gözü tarafından görüldüğü gibi ne kadar sıcak veya soğuk olduğunu tanımlamaktadır. Bir ışık turuncu ve sarı tonlara sahip olduğunda sıcak beyaz, nötr olduğunda ise soğuk beyaz ve hafif mavi tonlar verdiğinde ise doğal aydınlatma beyazı denmektedir. Şekil 2’ de renk sıcaklıkları arasındaki ton farklarını gösterilmektedir. Renk sıcaklığı genellikle mutlak sıcaklık birimi olan Kelvin (K) cinsinden ölçülmektedir. Ölçüm, bir ışık kaynağının belirli bir sıcaklığa ısıtıldığında ürettiği aydınlatmanın rengine dayanmaktadır (Url 1).

Renk sıcaklığı için standart aralıklar Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (ANSI) ve Aydınlatma Mühendisliği Derneği (IES) tarafından tanımlanmıştır. Bu kuruluşlar, aydınlatma tasarımı ve spesifikasyonunda yaygın olarak kullanılan renk sıcaklığı için çeşitli standart aralıklar belirlemiştir. ANSI/IES’ e göre renk sıcaklığı için standart aralıklar Şekil 2’ de sunulmaktadır. Burada, sıcak beyaz 2700K-3000K aralığı, nötr beyaz: 3500K-4100K aralığında, soğuk beyaz: 5000K-6500K aralığında tarif edilmektedir.



Şekil 2. Farklı renk sıcaklıklarının Kelvin cinsinden karşılıkları (Url 1)

- **Renk sıcaklığının insan psikolojisi üzerindeki etkileri**

Renk sıcaklığı, ışık ve çevre algısını etkilediği için ruh halini ve üretkenliğini çeşitli şekillerde etkileyebilir. Renk sıcaklığının ruh halini ve üretkenliğini etkileyebileceği bazı yollar şunlardır:

2700K-3000K renk sıcaklığı aralığı, sıcak aydınlatma olarak kabul edilmekte olup, sarımsı veya kırmızımsı bir tona sahiptir. Genellikle rahatlama ve konfor ile ilişkilendirilen sıcak ve davetkar bir atmosfer oluşturmaktadır. Bu tür aydınlatma, yatak odaları ve oturma odaları gibi sakinleştirici ve dinlendirici bir ortamın arzulandığı konut alanlarında yaygın olarak tercih edilmektedir (Cungiono, 2021).

3000K- 4000K renk sıcaklığı aralığı, nötr aydınlatma olarak kabul edilir ve ne çok sıcak ne de çok soğuk yapısı ile; denge, istikrar ve tarafsızlıkla ilişkilendirilmiştir. Genellikle ticari ve ofis ortamlarında tercih edilmektedir; çünkü parlak ve dinç bir atmosfer sağlayarak konsantrasyonun ve verimliliğin artmasına yardımcı olur. Ancak, aydınlatmanın aşırı parlak veya uyarıcı olması durumunda göz yorgunluğuna ve rahatsızlık hissine neden olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Cungiono, 2021).

4000K- 6500K renk sıcaklığı aralığı, soğuk aydınlatma olarak kabul edilir ve mavimsi veya beyazımsı bir renge sahiptir. Genellikle endüstriyel ve dış mekân ortamlarında kullanılan bu aydınlatma, dinamik ve enerjik bir atmosfer oluşturmaktadır. Odaklanmayı ve üretkenliği artırmaya yardımcı olabilir, ancak bazı kişilerde rahatsızlık veya soğukluk hissi de yaratma riski bulunmaktadır (Cungiono, 2021).

- **Aydınlatma Ölçüleri**

İyi bir aydınlatma ve kullanıcıların görsel gereksinimleri açısından aşağıdaki aydınlatma bileşenlerinin belirli değerlere ulaşması ya da belirli sınırlar içinde tutulması gereklidir. Bu bileşenlere ait örnekler Şekil 3' de gösterilmektedir.

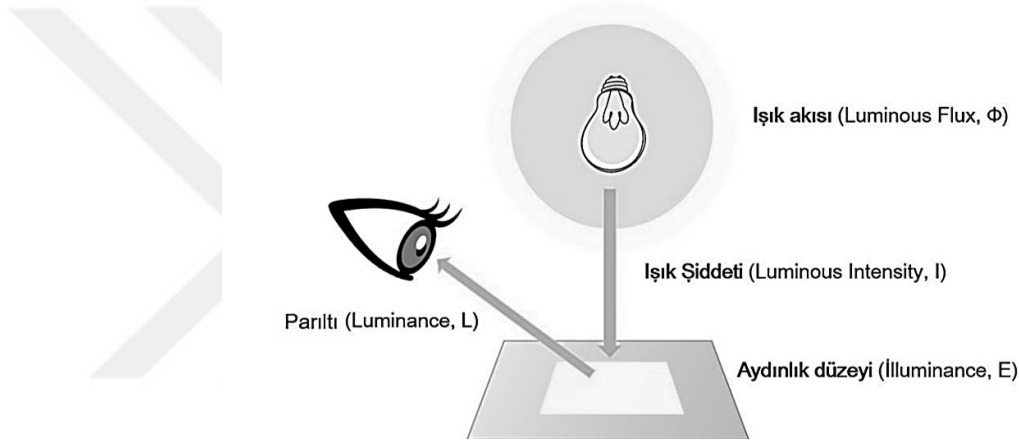
Işık akısı (Luminous flux, Φ) olarak, ışık kaynağından verilen ve tayfsal göz hassasiyeti ile değerlendirilen ışıyan güç olarak tanımlanmaktadır. Işık akısı için kullanılan birim lümen (lm) dir (Elektrik Mühendisleri Odası; EMO).

Bir ışık kaynağı, ışıksal akısını (Φ) genelde çeşitli yönlere ve değişik şiddette yaymaktadır. Belli bir yönde yayılan ışığın yoğunluğu, ışık şiddeti (Luminous

intensity, I) olarak adlandırılmıştır. Işık şiddeti için kullanılan birim kandela (cd) dır. (Elektrik Mühendisleri Odası; EMO)

Aydınlık düzeyi (Illuminance, E), düşen ışıksal akının aydınlatılacak yüzeye olan oranını bildirmektedir. Aydınlık düzeyi, 1 Lm değerindeki ışık akısının 1 m² yüzeye eşit yayılmış şekilde düştüğü durumda 1 lx değerinde kabul edilmiştir. Aydınlık düzeyi için kullanılan birim lüks (lx) dür (Elektrik Mühendisleri Odası; EMO).

Parıltı (Luminance, L), gözü etkileyen bir ışık kaynağının ışıksal büyüklüğü ile ilgilidir. Parıltı için kullanılan birim metrekare başına kandela (cd/m²) dır (Elektrik Mühendisleri Odası; EMO) (Şekil 3).



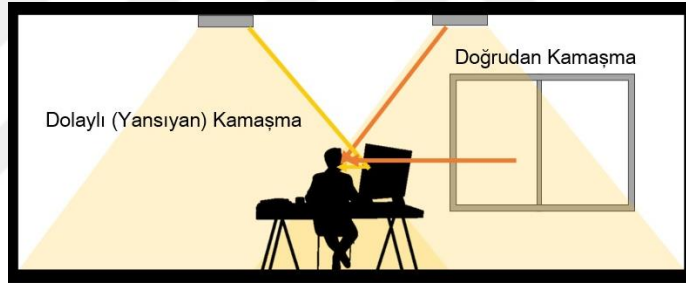
Şekil 3. Işık akısı, ışık şiddeti, aydınlık düzeyi ve parıltı görüntüsü (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

- **Kamaşma**

Kamaşma, yüksek parıltı yüzeylerin (aydınlatma aygıtı, pencere) doğrudan bakış alanı içinde yer alması, görüntülerinin parlak yüzeylerden yansımaları ya da parıltı dağılımlarının dengesiz oluşu sonucu ortaya çıkar (Aydın ve Sözen, 2016). Kamaşma iş verimini ve konforunu düşürdüğü için mümkün olduğu kadar kontrol edilmelidir (Linhart ve Scartezini, 2011). Rahatsızlık veren kamaşmayı nicel olarak değerlendirmek için görsel konfor ihtimali (Visual Comfort Probability -VCP) ve birleşik parıltı derecesi (Unified Glare Rating -UGR) indeksleri geliştirilmiştir (Clear, 2012). Bunlardan UGR, yapay aydınlatmanın neden olduğu rahatsızlık parıltılarını nicel olarak değerlendirmek için CIE tarafından geliştirilmiş bir indekstir. Eğitim kurumlarında UGR indeksinin 19 olması istenmektedir (Son vd., 2015).

- **Kamaşma türü**

Kamaşma, oluşum şekline göre iki türe ayrılmaktadır: doğrudan kamaşma ve yansıyan (örtücü) kamaşma. Doğrudan kamaşma, yapay aydınlatma sistemleri veya pencerelerden gelen bir ışık kaynağı tarafından oluşmaktadır. Yüksek yansıtıcılığa sahip veya parlak yüzeyler ise yansıyan kamaşmaya neden olabilmektedir. Şekil 4, armatürlerin ve ofis ekipmanlarının yerleşimine bağlı olarak doğrudan ve yansıyan kamaşmanın bir temsilini göstermektedir. Doğrudan kamaşma, görsel alanda çok parlak bir ışık kaynağının, örneğin bir armatürün lambasının bulunması durumunda meydana gelmektedir. Doğrudan kamaşma, uygun armatürlerin kullanılması ve armatürler ile çalışma alanlarının doğru konumlandırılması ile önlenabilmektedir (Lorenz, 2009). Yansıyan kamaşma, görüş alanındaki nesne veya yüzeylerden kontrolsüz bir şekilde yansıyan aşırı parlaklık sonucunda oluşmaktadır. Bu, iç mekân yüzeylerinden yansıyan parlaklığın yanı sıra aydınlatma sisteminin parlaklığını da içermektedir (Gordon, 2003).



Şekil 4. Kamaşma Türlerinin Temsili (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Görsel Ekran Ekipmanı (DSE, Display Screen Equipment) çalışma istasyonları için aydınlatma, ekrandan okuma, basılı metin okuma, kâğıt üzerine yazma ve klavye kullanımı gibi tüm görevler için uygun olmalıdır. DSE üzerinde ve bazı durumlarda klavyede oluşan yansımalar, engelleyici ve rahatsız edici kamaşmaya neden olabilmektedir. Bu nedenle, yüksek parlaklık yansımalarını önlemek için armatürlerin doğru şekilde seçilmesi, konumlandırılması ve düzenlenmesi gerekmektedir. Tasarımcının, rahatsız edici yansımaya neden olan montaj bölgesini belirlemesi ve yansımaya yol açmayacak ekipmanları seçerek montaj konumlarını planlaması gerekmektedir (EN 12464-1, 2011).

- **Birleşik Kamaşma Değerlendirmesi (Unified glare rating- UGR)**

Ekranların yoğun olduğu masa alanları ve resepsiyon bölgelerinde, aydınlatmanın asla göz kamaştırıcı şekilde yoğun olmaması gerekir. Kamaşma,

çalışanların konforu, performansı ve sağlığı üzerinde önemli olumsuz etkilere yol açabilir. Aydınlatma sistemlerinin parlaması, UGR olarak adlandırılan değeri hesaplanarak kontrol altına alınır ve çalışma ortamlarında görsel konfor artırılmaktadır. Bu hesaplama, ofisteki aydınlatma düzenlemelerinin uygunluğunu değerlendirerek, kullanıcıların göz rahatsızlıklarından kaçınmalarını sağlar. Önerilen UGR derecesi, ofis bölgesine göre değişmektedir. Genel ofis aydınlatması UGR <19 olmalı ve depolar, spor salonları vb. gibi alanlarda daha yüksek değerler tercih edilmektedir (Url 2).

Genel olarak aydınlatma iki kategoriye ayrılmakta ve bu iki kategori doğal ve yapay aydınlatma olarak adlandırılmaktadır. Doğal aydınlatma, güneşten gelen ışının gün boyunca mekânı aydınlatması ile tarif edilmektedir. Ancak yapay aydınlatma, insanların enerji dönüşümü yoluyla gönüllü olarak ürettiği bir aydınlatma olarak kabul edilmiştir.

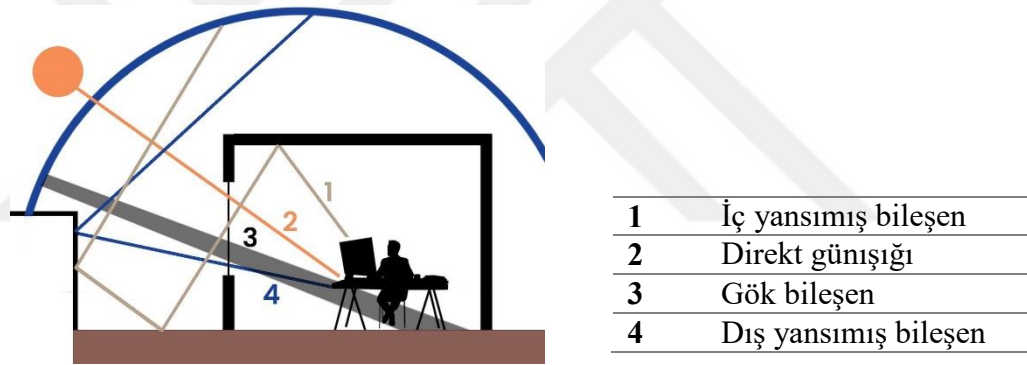
2.2. Doğal Aydınlatma

Doğal aydınlatmanın, güneş ışığı ile gök ışığının farklı oranlarda birleşmesi sonucunda meydana geldiği bilinmektedir. Güneş enerjisi, zararlı çevresel etkilerden uzak, temiz ve ücretsiz enerji temini kaynaklarından biri olarak kullanılmaktadır. Işık; sanatta, yapıda veya diğer bir deyişle mimaride, mekânsal düzenin yapısı, malzemeler, renk vb. gibi diğer materyaller ve kavramlarla birlikte, ayrı bir eleman olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle ışığın mimari yapılarda ve tasarımda önemli rolü bulunmaktadır. Ancak birçok durumda binada ve iç mimaride, yapay aydınlatma tüketimini azaltan, böylece elektrik tüketimini düşüren bir aydınlatma faktörü olarak daha fazla ışığa yer verildiği görülmektedir. Dolayısıyla herhangi bir binanın aydınlatmasına doğal ışığın katılımı, istenmeyen ısının emilimini önlemeye dikkat edilerek yapılması tavsiye edilmektedir (Schneider Man, 2003).

Tarih boyunca, doğal aydınlatmanın en iyi şekilde kullanılması konusunda mimarların her zaman odak noktası olmuştur. Elektriğin keşfi ve iç mekanların yapay olarak aydınlatılmasını mümkün kılan lambanın icadı, doğal aydınlatmanın kullanımı gibi aydınlatma faktörleri mimarlar açısından büyük önem taşımaktadır. Doğal ve yapay aydınlatma ile insanın görsel konforunun sağlanması hedeflenmektedir. Bu nedenle, doğal aydınlatma ve onun en iyi şekilde kullanımıyla ilgili çalışmalara, dünyada artan bir ilgi duyulmaktadır (Schneider Man, 2003).

2.2.1. Doğal aydınlatma türleri

Yapılan tanımlamaya göre günışığı faktörü, gökten gelen ışığın, yatay düzlem üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyine oranını gösteren değer olarak ifade edilmektedir (Arpacıoğlu, 2012). Günışığı, doğrudan güneşten gelen ışık ve yaygın gök ışığından oluşmaktadır (Hülya, 2008). Günışığı faktörünün; “Gök Bileşeni”, “Dış Yansımış Bileşen”, “İç Yansımış Bileşen” olmak üzere üç bileşenden oluştuğu bilinmektedir. Gökten dolaysız olarak pencereyi geçtikten sonra, gözlem noktasına gelen günışığına gök bileşeni (SC; sky component) denir. Dış yüzeyler ve engellerden yansdıktan sonra, pencereyi geçerek gözlem noktasına dolaylı olarak gelen günışığına da dış yansımış bileşen (ERC; externally reflected component) denir ve pencereyi geçtikten sonra iç yüzeylerden yansiyarak, gözlem noktasına gelen günışığına iç yansımış bileşen (IRC; internally reflected component) denir. (Arpacıoğlu, 2012) (Şekil 5).



Şekil 5. Mekânda doğal aydınlatmayı sağlayan ışık kaynakları (Arpacıoğlu, 2012’ den uyarlanmıştır)

2.2.2. Doğal aydınlatma performans değerlendirme yöntemleri

Gün ışığından yararlanmayı değerlendirmek için en yaygın ölçütler aydınlık düzeyi, eşdeğerlik oranı ve günışığı faktörüdür. Hesaplama türüne göre, simülasyon sonuçlarının analizi dinamik ve statik olmak üzere iki kategoriye ayrılmaktadır (Yıldırım, Küçükdoğu, 2024). Statik performans değerlendirme yöntemi, sabit gök koşuluna göre yapılmaktadır, çoğunlukla da CIE bulutlu gökyüzü kabul edilmektedir. Dinamik performans değerlendirme metodları ise iklim bazlı değerlendirmeler olarak günışığı özerkliği (DA), faydalı günışığı aydınlatması (UDI), yıllık güneş maruz kalma (ASE) olarak tasnif edilmektedir (Yıldırım, 2024a).

2.2.2.1. Statik

Günişliği faktörü, kolaylığı nedeniyle günümüzde en yaygın kullanılan doğal aydınlatma metriği olarak ele alınmaktadır. Günişliği faktörü, kapalı gök koşulu altında bir binanın içindeki ışık seviyesinin dışarıdaki ışık seviyesine oranı olarak hesaplanmaktadır. Aşağıdaki denklem nasıl hesaplandığını göstermektedir:

$$DF = \frac{E_{internal}}{E_{external}} \times 100\%$$

Değer aralığı olarak %0-2, DF değeri yetersiz aydınlık düzeyi olarak kabul edilmekte ve bu nedenle yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır. %2 ile %5 aralığı ise DF değeri olarak yeterli aydınlık düzeyi olarak kabul edilmektedir. Ancak belirli zaman aralıklarında yapay aydınlatma gerekebilir. %5' ten büyük DF değerleri ise iyi aydınlatılmış bir alanı ifade eder ve gündüz saatlerinde yapay aydınlatmaya genelde ihtiyaç duyulmaz. Ancak bu seviyede, kamaşma sorunu yaşanma riski de bulunmaktadır (Arpacıoğlu, 2010). IES tarafından belirlenen ofis yapıları için günüşliği faktörü değerleri %2 ile %4 arasında değişiklik göstermektedir.

Tablo 1. IES tarafından oluşturulmuş ofis yapıları için günüşliği faktörü en az değerler (Tablo yazar tarafından oluşturulmuştur)

Alan –Aktivite Türleri	Günişliği faktörü DF
Genel bürolar	2
Daktilo, hesap, bilgisayar	4
Genel	2

2.2.2.2. Dinamik

Dinamik veya iklim temelli performans değerlendirme yöntemleri adından da anlaşılacağı gibi, yıllık aydınlık profillerinden, yani yerel iklim verileri kullanılarak oluşturulan gün ışığına bağlı iç aydınlık veya parlıltı düzeylerinin saatlik zaman serileri üzerinden performans değerlendirmeleri üzerinden türetilir. Bu değerlendirmeler LEED v4 kriterlerini ve Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisliği Topluluğu (IESNA) tarafından belirlenen aydınlatma performansı değerlendirme protokolünü karşılamak için kullanılmaktadır (Yıldırım, 2024a)

Doğal aydınlatma özerkliği (DA), yıl boyunca, yalnızca doğal ışıkla karşılanabilecek minimum, programa özel aydınlatma seviyelerinin sağlandığı mekânın kullanılan zamanlarının yüzdesi olarak tanımlanan, iklim temelli bir ölçüt

olarak kabul edilmektedir. IESNA komitesi Şu anda ofisler, sınıflar ve kütüphane gibi alanlar için 300 lüks hedef aydınlatma seviyesini tercih etmektedir ve bu alanlar için kullanım saatleri sabah 8'den akşam 6'ya kadar yerel saatle belirlenmiştir. IESNA aydınlatma ölçümüne göre, bir nokta, eğer doğal aydınlatma özerkliği yılın kullanılan zamanlarının %50' sini aşarsa, "doğal ışıkla aydınlatılmış" olarak kabul edilmektedir (Yıldırım, 2023)

Faydalı gün ışığı aydınlatması (UDI), bir mekandaki belirli bir noktada doğal aydınlatma ile hedeflenen aydınlatma aralığının sağlandığı süreyi, toplam kullanım süresine oranlayan bir doğal aydınlatma ölçüm metriğidir. 100 ila 300 lüks aralığındaki değer, tek başına aydınlatma kaynağı olarak veya yapay aydınlatmayla birlikte etkili kabul edilmiştir. 300 ila yaklaşık 3000 lüks aralığındaki doğal aydınlatmalar genellikle kabul edilebilir aralık olarak tanımlanmaktadır (Mardaljevic ve diğerleri, 2012).

UDI büyük ölçüde DA' ya benzemekle birlikte, gün ışığının "faydalı" olması için 100 lüks ve 2000 lüks alt ve üst aydınlık eşiklerini tanımlar. Alt ve üst düzeyler nedeniyle, bir mekândaki her noktanın üç UDI değeri vardır, bunlar; bir noktadaki aydınlığın 100 lüks' ün altında, 2000 lüks' ün üzerinde veya arasında olduğu zamanların yüzdeleridir (Yıldırım, 2024b).

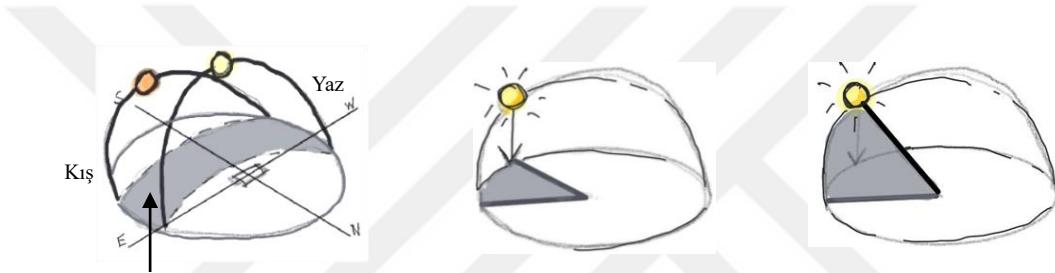
Yıllık güneşlenme süresi (ASE), ortam veya yaygın gök ışığı katkıları olmadan ve sDA'nın gerektirdiği dinamik gölgeleme elemanları olmadan 1000 lüks' ü aşan doğrudan güneş ışığı geçişinin bir ölçüsüdür. Bir mekandaki bir konuma 250 saat doğrudan güneş gelirse, o zaman 'aşırı aydınlatılmış' olarak belirlenir ve bir mekânın taban alanının %10' undan fazlası aşırı aydınlatılmışsa, o zaman 'genel olarak tatmin edici olmayan' görsel rahatsızlığa sahiptir. Bir mekânın taban alanının %7' sinden daha azı aşırı aydınlatılmışsa 'nötr' ve %3' ünden daha azı aşırı aydınlatılmışsa 'açıkça kabul edilebilir' olarak değerlendirilir (Yıldırım, 2024b)

2.2.3. Doğal aydınlatmanın binaya etkisi

Doğal bir kaynak olarak doğal aydınlatmanın nitelikleri temel olarak dört açıdan meydana gelmektedir. Güneş yönü, ışık etkisi termal etki, enerji etkisi olarak kategorize edilmektedir.

- **Güneş yönü**

Dünya'nın güneş etrafında dönmesinden dolayı güneş ışınlarının dünyaya gelme açıları değişir ve mevsimler oluşur. Güneş ışınları, kuzey yarım küreye daha dik olarak geldiği anlarda yaz mevsimi yaşanırken, Güney yarım küreye eğik bir şekilde gelmekte ve kış mevsimi yaşanmaktadır. Güneş yönelimi, bir binanın veya mekânın ilgili yönlere ve daha da önemlisi güneşin yörüngesine göre konumlandırılmasını tanımlamaktadır. Bir binanın veya mekânın gökyüzünde güneşin hareketine göre belirli bir yönelimi ve ilişkisi bulunmaktadır. Azimut kuzey yönü çizgisi ile güneşin merkezinden geçen düşey dairenin arasındaki yatay açı olarak tanımlanmaktadır. Yükseklik açısı, enlem çizgileri, mevsim ve saate göre değişen güneşin merkezi ile ufuk çizgisi arasındaki açı olarak belirtilmiştir (Kazan asmaz, 2009) (Şekil 6).

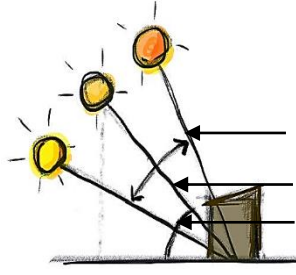


Gölge alanı, Güneş'in yıl boyunca geçişini temsil eder

Şekil 6. Güneş ışığının mevsimsel hareketi (solda), azimut açısı (orta), yükseklik açısı (sağda). (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Bir mekânda güneşin yolunu ve açısını belirlemek için Şekil 7'deki formül kullanılır. Şehrin enlemi belirlendikten sonra, ekinoks açısını hesaplamak için bu enlem değeri 90° den çıkarılmalıdır. Yaz gündönümünde, güneş ışığı' in yüksekliği ekinoks açısına $+23,5^\circ$ eklenerek; kış gündönümünde ise $-23,5^\circ$ çıkarılarak hesaplanır. Bu yaklaşım, güneş ışınlarının yıl içerisindeki konum ve açısal değişimlerini belirlemede temel bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Örnek çalışma Avcılar ilçesinde olduğu için şekil 7'de örnek bir hesaplama bu bölge için yapılmıştır.

Gün içerisinde güneş hareketine ve ışınım yönüne bağlı olarak, farklı zaman dilimlerinde farklı görsel konfor şartları sağlayan dört ışık yönü bulunmaktadır. Binaya girebilecek doğal ışığın yönüne göre, mekânsal tasarımlar bina programına göre değişmektedir.



Yaz gündönümü=
Ekinoksu +23,5°
Ekinoks = 90°- Enlem.
Kış gündönümü=
Ekinoks -23,5°

Konum: Avcılar

Enlem	40,9872°
Ekinoks	90°- 40,9872°= 49,0128°
Yaz gündönümü	49,0128° + 23,5° = 72,5128°
Kış gündönümü	49,0128°- 23,5° = 25,5128°

Şekil 7. Yaz ve kış gündönümünde güneş ışığı açısı (solda), örnek bir hesaplama (sağda) (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Güney yönü, binaların güney cephesindeki bölgenin veya mekanlarının, doğal aydınlatmadan en fazla faydalandığı yöndür. Bu yön de yüksek aydınlık değerlerine ulaşılır. Bu nedenle, yüksek aydınlık seviyesi ihtiyacı duyulan mekanlar için güney cephesi tercih edilmektedir. Doğu yönünde, sabah güneş ışığı ve öğleden önce daha etkili bir aydınlık seviyesi sağlanmaktadır. Bu nedenle, mekân tercihinde, sabah güneş ışığı ine ihtiyaç duyulan mekanların bu yöne yerleştirilmesi daha uygundur. Akşam güneş ışığının kuvvetli olduğu batı yönünde de günün bu saatlerinde yüksek aydınlık düzeyi ihtiyacı duyulan mekanların yerleştirilmesi tasarım açısından daha doğru bir yaklaşım olmaktadır. Güneş ışığı yörüngesi analizine göre, en az güneş ışınımı kuzey yönünden gelmekte olup, düşük aydınlık seviyesi ihtiyacı duyulan mekanlar da bu yöne yerleştirilmesi uygun bir çözüm olmaktadır (Url 3).

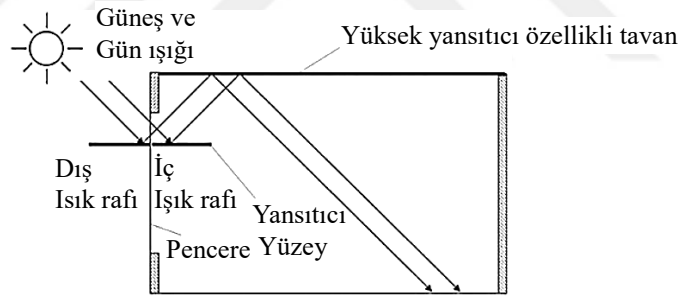
- **Işık etkisi**

Aydınlatmanın yoğunluğu, rengi, tonu ve türü insanların düşünme veya hissetmesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, ticari ve konut alanları tasarlanırken bu faktörlerin her biri dikkate alınması gerekmektedir. Doğal ışığın yoğunluğu ve rengi, gün boyunca güneşin konumu, hava koşulları ve mevsim gibi faktörlere bağlı olarak sürekli değişmektedir. Günün erken ve geç saatlerinde doğal ışığın daha sıcak tonlarda olduğu ve kırmızı ile turuncu dalga boylarının ön plana çıkarıldığı gözlemlenmektedir. Buna karşılık, gün ortasında doğal ışığın daha soğuk tonlara sahip olduğu ve mavi spektrumun baskın hale geldiği bilinmektedir. Doğal ışığın yoğunluğunun ise öğle saatlerinde en yüksek seviyeye ulaştığı ve gün batımında kademeli olarak azaldığı belirtilmektedir. Bu değişimlerin, sadece mekânın aydınlatılmasıyla sınırlı kalmayıp insan sağlığı ve biyolojik ritim üzerinde de olumlu etkiler sağladığı vurgulanmaktadır (Reinhart, LoVerso, 2010).

- **Termal etkiler**

Pencereler gibi binanın içini doğrudan ısıtan veya dolaylı olarak binanın yapısını veya her ikisini birden ısıtan kısa dalga boylu güneş ışınımı binaların ısınmasına katkı sağlamaktadır. Mimari tasarım sürecinde, büyük miktarda ısı kazanımı sağlamak amacıyla mevcut koşullardan tam olarak yararlanılması önerilmektedir. Ancak, insan vücudu üzerindeki termal olumsuz etkiler nedeniyle aşırı doğal aydınlatmadan bilinçli bir şekilde kaçınılması gerekmektedir (Craddock, 2008). Sıcak iklim bölgelerinde veya yaz aylarında, bu tür ışınım aşırı ısınmaya neden olarak kullanıcıların termal konforunu olumsuz etkileyebilir.

Tropikal bölgelerde veya sıcak mevsimlerde, güneş ışınımı aşırı ısıya yol açarak kullanıcıların konforunu olumsuz etkilediği görülmektedir. Bu durumun önlenmesi amacıyla, bina içerisindeki ısının azaltılmasını sağlayan ışık rafı tasarımları (Şekil 8), yatay ve dikey gölgelikler ile düşük emisyonlu camların (Low-E) kullanıldığı bilinmektedir. Bu çözümler sayesinde, sıcaklığın belirlenen sınırların üzerine çıkmasının engellendiği ve aynı zamanda iklimlendirme sistemlerinin enerji tüketiminin azaltıldığı belirtilmektedir (Craddock, 2008).



Şekil 8. Işık rafı çalışma prensibi (Erel, 2004)




- **Enerji etkisi**

Bir binada ihtiyaç duyulan en az gerekli aydınlık koşulu için doğal aydınlatmanın kullanılması, enerji tasarrufu açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Enerji tasarrufu sağlamaya yönelik olarak, görsel konfor şartlarını sağlayarak, yapay aydınlatma kullanımını en verimli şekilde kullanmak, bütünleşik aydınlatma tasarımında ana hedeftir. Bu sayede sadece görme duyusunu veya konforunu korumakla kalmayıp aynı zamanda iş verimliliğini artırmaya yönelik te bir potansiyeline sahiptir (Hwang ve Kim, 2011).

2.2.4. Doğal aydınlatma stratejileri

Bir binanın kütlesi ışık dağılımının kalitesini belirlemektedir. Genel olarak dış açıklıklara en fazla erişime sahip olan dar formlar, doğal aydınlatmayla kolaylıkla aydınlatılmaktadır. Yapay aydınlatma yaygınlaşmadan önce, doğal aydınlatmanın yeterli ışık sağlayabilmesi için binalar dar planlanmış ve binaların genişliği, doğal ışığın iç mekanlara etkili bir şekilde girmesini sağlamak amacıyla uygun şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede, gün ışığından en verimli şekilde yararlanılmaya çalışılmıştır. Bir mekânda doğal aydınlatmayı sağlamanın üç temel yolu bulunmaktadır. Bunlar; yanal aydınlatma, tavan aydınlatması ve atriumlar olarak kategorize edilmiştir (Egan ve Olgyay, 2002), (Tablo 2).

Tablo 2. Doğal aydınlatmanın mekâna erişimini sağlayan formlar (Egan ve Olgyay, 2002)

		Doğa ve insan manzaraları	Kamaşma potansiyel	Işık derinliği	Yükseklik sınırlaması
Yanal aydınlatma		Evet	Yüksek	Tavan yüksekliğiyle sınırlıdır	Yok
Üst aydınlatma		Hayır	Düşük	Çok iyi	Evet Sadece Tek katlı
Atrium		Evet	Düşük	Çok iyi	Yok

2.2.4.1. Yanal aydınlatma (Side lighting)

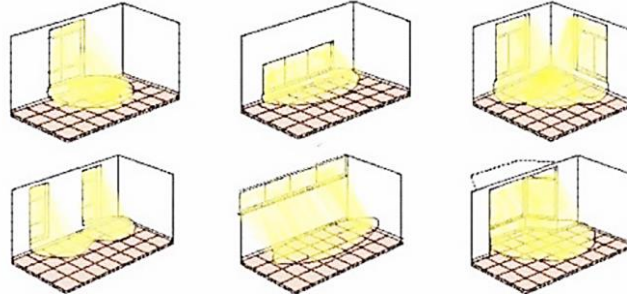
Yanal aydınlatma terimi açıklığın konumunu tanımlamaktadır. Ancak, doğal ışığın etkin kullanımı bir pencereden daha fazlasını gerektirmektedir. Kamaşma ve aşırı ısı kazanımını önlemek için ışık yansıtıcı ve ışık alan yüzeyler mimariye entegre edilmesi istenmektedir. Çoğu durumda tavan, yansıyan ışığı almak için en iyi yüzey olması sebebiyle engelsiz yapıda, yüksek yansıtma özelliğinde ve bir alandaki görev alanları tarafından görülmesi gerekmektedir (Egan ve Olgyay, 2002).

Açıklıklar hassas ve dikkatli bir şekilde yerleştirilmesi gereken aşamaları bünyesinde barındırmaktadır. Çünkü konum hem ışık dağılımını hem de dağılım algısını doğrudan etkilemektedir. Bir pencere duvarında yanal aydınlatma farklı pencere pozisyon ve boyutları ile sağlanabilmektedir. Her bölümün kendine özgü çeşitli özellikleri bulunmaktadır.

Üst kısım bulutlu gökyüzünün daha parlak kısmını görmekte ve bulutlu günlerde en iyi ışık dağılımına sahip yapısı ile dikkat çekmektedir. Güneşli koşullar için üst pencere en iyi ışık dağılımını sağlamamaktadır. Farklı gök koşullarında, üst pencerenin yüksek oranda aydınlık sağlama potansiyeli vardır. Dış duvarın üst kısmı genellikle göz seviyesinin üzerinde yer aldığından düzgün dağılımlı, rahatsız edici kamaşmaya sebep olmayan ışınım elde etmek mümkündür.

Dış duvarın orta kısmı, güneşli veya bulutlu gök koşullarında ışınımın yüksek olduğu bölgelerdir. Bunun yanında, sağladığı manzara nedeniyle en yaygın kullanılan konumun başında gelmektedir. Bu tip pencerelerde pencere kenarında konumlanan bilgisayar ekranı gibi günlük kullanımlarda rahatsız edici kamaşmaya dikkat edilmelidir.

Dış duvarın alt kısmında, yansıyan doğal aydınlatmanın gerekli dağılımını sağlamaktadır. Bunun nedeni, ışık kaynağı ile tavan arasındaki mesafeyi en üst düzeye çıkarması ve en yüksek homojenliği sağlama özelliğinden kaynaklanmıştır. Işık seviyeleri pencere duvarına yakın yerlerde daha yüksek, mekânın derinliklerinde ise daha düşük şekilde görülmektedir. Pratikte üst, orta ve alt kısımlar birleştirilerek kullanıldığı sıklıkla görülmektedir. (Url 4) (Şekil 9).



Şekil 9. Pencere konumlarına bağlı hacimde günışığı değişimi (Öztürk Gül, 2023)

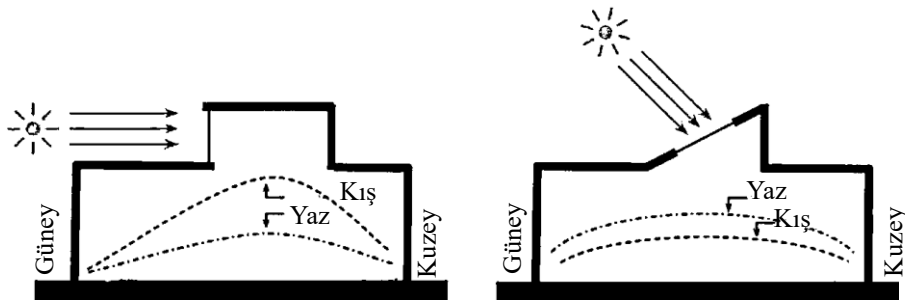
Duvar tavan pencereleriyle aydınlatılan ve gökyüzünün genişliğinin görülebildiği mekanlarda; oda derinliği, oda genişliği ve zemin seviyesinden pencere yüksekliği ile odanın arka kısmında yüzeylerin ortalama yansıması, odanın iyi aydınlatılması için doğru tasarlanması gerekmektedir. Bu ilişkiye "oda indeksi" adı verilen formül aşağıda gösterilmiştir (CIBSE, 1999).

$$\frac{L}{W} + \frac{L}{H} \leq \frac{2}{1 - R_b}$$

Bu formülde, L odanın pencerenin önünden mekânın arka tarafındaki duvara olan mesafesinin metre cinsinden, W odanın pencere yüzeyine paralel genişliğinin metre cinsinden, H pencere üst kotunun odanın tabanından yüksekliğinin metre cinsinden tanımıdır. Bir mekânda, tavan, duvarlar ve zemin yüzey alanlarının toplamının ortalama yansıtma katsayısı "Rb" olarak tanımlanmaktadır (CIBSE 2011). Tüm iç yüzeyler için minimum ortalama yansıtma katsayısı 0,4 olarak kabul edilmektedir. Bu değer, iç mekân aydınlatma tasarımında temel bir kriter olarak kullanılmakta ve ışığın uygun şekilde yansıtılması ile mekânda aydınlatma dağılımının iyileştirilmesini sağlamaktadır (Tahbaz., ve Moosavi, 2009).

2.2.4.2. Üst aydınlatma (Top lighting)

Eğer binalarda doğal aydınlatma sağlamak için pencere veya yanıl açıklıklar açısından kısıtlamalar varsa, çatıdan aydınlatma yöntemleri etkili bir çözüm sunabilir. Çatı pencereleri, cam tavanlar ve hareketli çatılar, gün ışığını iç mekâna yönlendirmek için kullanılabilirler. Üstten aydınlatma, yandan aydınlatmaya kıyasla daha az kamaşma problemi oluşturmaktadır. Bu sayede daha dengeli bir ışık dağılımı sağlanmaktadır (Egan ve Olgyay, 2002). Yatay olarak tasarlanmış ışıklıklar, bulutlu hava koşullarında en iyi performansı sergilemektedir (Egan ve Olgyay, 2002). Bunun nedeni, güneş ışınlarının dik açıyla geldiği durumlarda ısı ve ışık kazanımının yüksek olmasıdır. Bu durum, termal ve görsel konfor açısından olumsuz bir etki yaratmaktadır. Dikey olarak tasarlanmış üst pencereler gibi üstten aydınlatma elemanları sayesinde doğal aydınlatma, binanın yöneliminden bağımsız olarak kontrol edilebilmektedir. Örneğin, sabah ışığını almak için doğuya bakan pencereler ve kuzey yarımkürede daha fazla ışık sağlamak amacıyla güneye bakan pencereler tasarlanabilmektedir (Egan ve Olgyay, 2002) (Şekil 10).



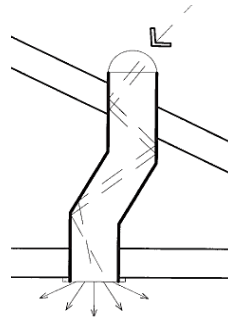
Şekil 10. Üstten aydınlatma türleri, yaz ve kış aydınlatma gradyanı (Egan & Olgyay, 2002)

Binanın çatısına yerleştirilen pencerelerin kullanımı, doğal aydınlatmanın doğrudan mekâna girmesini sağlamaktadır. Bu pencereler sabit (açılmaz) veya hareketli olabilir ve açılıp kapatılabilir yapıda tasarlanabilmektedir. Çatı pencereleri saydam, yarı saydam veya renkli camdan oluşturulabildiği gibi yâri saydam polikarbonat levhalardan da oluşturulabilmektedir.

Cam çatıların kullanımı, binanın tepesinden doğal ışık sağlamanın etkili bir yolu olması sebebiyle doğal aydınlatmanın doğrudan mekâna girmesine izin vermektedir. Bu aydınlatma biçimi genellikle ihtiyaç duyulan özel kullanımlı binalarda tercih edilmektedir. Dolayısıyla, kullanıldığı bina üzerinde estetik bir etki yaratmakta ve dikkat çekici bir yapı sergilemektedir. Bu tür çatı sistemleri, doğal aydınlatmanın geçişine imkân tanıyan şeffaf veya mat cam, cam beton (Litracon; Light Transmitting Concrete) gibi ışık geçiren beton türleri ya da diğer şeffaf malzemelerden üretilmektedir (Url 3).

Motorlu veya manuel olarak açılabilen, cam malzeme kullanılarak tasarlanmış açılır-kapanır tavan örtü sistemleri olarak adlandırılmaktadır. Bu sistemler, mekânda doğal aydınlatma sağlarken kullanıcıyı doğal ortamdan koparmadan ferahlık ve konforu bir arada sunmaktadır. Ayrıca, camın estetik özellikleri ve kusursuz şekilde çözümlenmiş uygulama detayları ile birlikte, farklı mekân tasarımlarına katkı sağlayan önemli yardımcı sistemler arasında yer almaktadır.

Işık tüpleri, çatıda bulunan saydam kubbe aracılığıyla toplanan güneş ışığının, yüksek ışık yansıtma çarpanına sahip borularla iç yüzeyine yönlendirilip, hacmin tavanındaki ışık yayıcı elemanlar aracılığıyla iç mekâna iletilmesi prensibiyle çalışmaktadır (Yener, 2003).

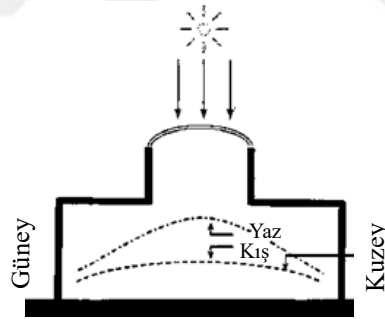


Şekil 11. Işık tüpünün şematik gösterimi (Url 5)

2.2.4.3. Atrium

Günümüzde atrium olarak adlandırılan mekânlar, genellikle geniş kitlelerin ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik olarak tasarlanan ve erken dönem atriumlarına kıyasla daha büyük ölçekli yapılarda ortak alan işlevi gören mekânlar olarak tanımlanmaktadır. Doğal aydınlatmaya imkân tanıyan yapıları sayesinde, dış mekânda bulunma hissi uyandırmakta ve "bir yapıyı organize eden, gün ışığı alan merkezi iç mekânlar" olarak değerlendirilmektedir (Bednar, 1986) (Şekil 12).

Atrium, üstten aydınlatma (toplighting) ve yandan aydınlatma (sidelighting) yöntemlerini bir araya getirilerek, farklı seviyelerdeki alanların çeşitli yönlerden doğal aydınlatma almasını sağlar. Tarihsel açıdan atriumlar, iki temel tipte incelenmektedir. İlk olarak, atriumlar, çevre blok bina düzeni ya da Çin ve Akdeniz'in klasik avlulu evleri gibi kentsel düzenlemelere yanıt olarak ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda atriumlar, doğal olarak aydınlatılabilen ve havalandırılabilen nispeten dar odaların korunmasını sağlarken, yüksek yoğunluklu yapılaşmaya olanak tanımaktadır. İkinci tür ise, odaların, ısıtılmış bir bahçe alanı etrafında düzenlendiği büyük bir kış bahçesi formu olarak atriumdur. Frank Lloyd Wright'ın Guggenheim Müzesi ve Larkin Binası, tarihi örnekler arasında yer almaktadır (Url 6).



Şekil 12. Atrium yaz ve kış aydınlatma gradyanı (Egan ve Olgay, 2002)

2.2.5. Mimarlıkta doğal aydınlatma kullanmanın avantajları

Doğal aydınlatmanın birçok avantajı ve faydası bulunmaktadır. En önemlilerinden birisi enerji tüketiminin azaltılması, yapay aydınlatmaya duyulan gereksinimin düşürülmesiyle sağlanmaktadır. Bu durum, elektrik kullanım oranının azalmasına katkıda bulunarak sürdürülebilir bir enerji yönetimine olanak tanımaktadır.

Çoğu hastalık, özellikle kronik solunum sorunları, genellikle bodrumlar ve banyolar gibi binanın ıslak kısımlarında oluşan bakteriyel etkenler ve mantarlar tarafından meydana gelmektedir. Doğal ışık, zararlı organizmaların üretimini doğal

olarak azaltabilir ve doğal aydınlatma en iyi dezenfektanlardan biri olarak kullanılabilir. Ayrıca doğal aydınlatma, osteoporoz ve beriberi gibi hastalıklara neden olabilecek D ve B1 vitamini eksikliğini önleyebilme potansiyeline sahiptir (Gorgani, 2010).

Doğal aydınlatmanın verimli kullanımının bir diğer önemli etkisi ise ofis binası çalışanlarındaki olumsuz ruh hallerinin iyileştirilmesidir. İyi bir doğal aydınlatma performansına sahip işyerinde ise devamın motivasyon ve işe katılımın artmasına neden olabilir ve iş memnuniyetini de artırabilir. Ayrıca, rahatsızlık ve dikkat dağınıklığının, çalışanların olumsuz ruh hallerinin sonucu olduğu, olumlu ruh hallerinin ise çalışanlar arasında sosyal etkileşim ve daha iyi bir fiziksel ortam gibi daha fazla günlük aktiviteye yol açtığı bilinmektedir (Plympton ve diğerleri, 2000).

Doğal aydınlatma, günümüzde tasarımda en iyi aydınlatma sistemlerinden biri olarak kabul edildiğinden iç mekanlarda tercih edilmektedir. Bununla birlikte, yapı veya bina ile uyumlu bir şekilde entegre edilmesi zorlayıcı ancak tatmin edici bir süreç olarak değerlendirilmektedir. (Tahbaz ve Mousavi, 2009).

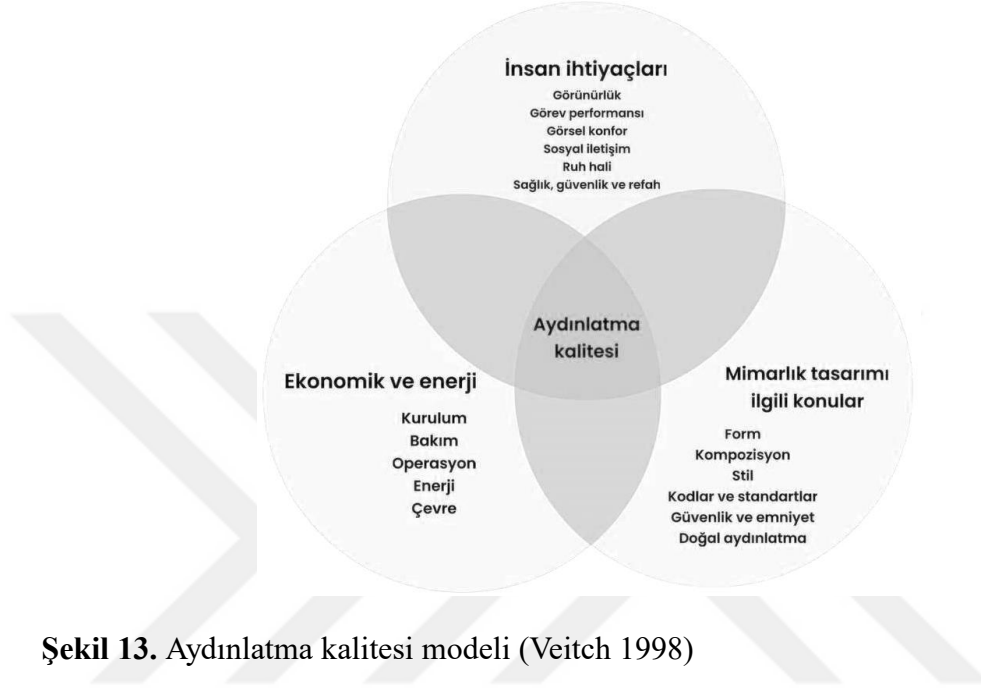
Doğal aydınlatma, ultraviyole ışınları nedeniyle vücudun biyolojik sisteminde doğal ritmi olumlu etkileyen faktörler arasında yer almaktadır. Ayrıca, doğal aydınlatma ile bir mekânın termal performansı da etkilenmekte, Dolayısıyla, insan üzerinde etkili olan sıcaklık ve nem ile doğrudan bağlantılıdır. Doğal aydınlatmanın mekânlarda veya herhangi bir alanda kullanımı, doğayla daha güçlü bir bağ kurulmasını sağlamakta ve görme sağlığının korunmasına katkıda bulunmaktadır.

2.3. Yapay Aydınlatma

"Yapay aydınlatma" terimi, genellikle elektrikle sağlanan aydınlatmayı ifade etmek için kullanılmaktadır. Bu tür aydınlatma, ihtiyaca göre azaltılabilir, artırılabilir, odaklanabilir, yönlendirilebilir veya renklendirilebilir özellikleri ile dikkat çekmektedir (Designing Buildings Limited 2020).

Yapay aydınlatma, mekânın niceliksel ve niteliksel olarak gerekli aydınlatmasını sağlayacak şekilde kullanılmalıdır. Ayrıca, yapay aydınlatmanın, doğal ışığa benzer ve ona yakın olması gerekmektedir. Aydınlatmanın yayılma yöntemi göz yorgunluğuna neden olacak şekilde kullanılması tavsiye edilmemektedir. Yapay aydınlatmanın her yeri aydınlatacak, göz yorgunluğuna neden olmayacak, karanlık alanlar yaratmayacak

biçimde kullanılması tavsiye edilmektedir. İnsan ihtiyacı, görsel konfor, mekânsal tasarım ve enerji verimliliği konularını kapsayan aydınlatma tasarımında kalitenin temini tüm bu parametrelere bütüncül bir yaklaşım ile mümkündür. Şekil 13’ de aydınlatma kalitesi ile enerji verimliliği, insan sağlığı, ihtiyaçları ve mekânsal tasarım arasındaki ilişki gösterilmektedir (Ahmadian Tazemahalle, 2018).



Şekil 13. Aydınlatma kalitesi modeli (Veitch 1998)

Aydınlatma kalitesinin tasnifi yanında yapay aydınlatmada dört farklı kontrol edilebilir parametre bulunmaktadır. Bunlar; yoğunluk, renk, yön ve hareket olarak kategorize edilmektedir (Wikibooks, 2018). Yapay aydınlatmanın işlevi, doğal aydınlatmanın yerini almaktan ziyade doğal aydınlatma yetersiz olduğu durumlarda odanın ihtiyaç duyduğu aydınlık seviyesine ulaşmasına yardımcı olmaktadır. Teknik olarak tanımlamak gerekirse, “ışık, insan gözleri tarafından görülebilen elektromanyetik spektrumun bir parçası” olarak betimlenmektedir (Entwistle, 1999).

2.3.1. Yapay aydınlatma türleri

Görsel görevin yerine getirilebilmesi ve gerekli olan görsel konfor koşullarının sağlanabilmesi adına kullanılan aydınlatma düzenleri temel aydınlatma türleri olarak tanımlanmaktadır. Genel, görev ve vurgu olmak üzere üçe ayrılmaktadır (Çetin, 2018).

2.3.1.1. Genel aydınlatma

Tüm çalışma düzlemi boyunca yaklaşık olarak eşit bir aydınlık sağlayan aydınlatma sistemlerine genel aydınlatma sistemleri denmektedir. Bu aydınlatma

sisteminde armatürler genellikle düzenli bir şekilde yerleştirilmektedir. Aynı zamanda, kurulumun görsel açıdan daha düzenli bir yapıya sahip olduğu gözlemlenmektedir. Bu tür sistemlerin en büyük avantajı, esnek bir kullanım alanı sunmasından ileri gelmektedir (SLL, 2002). Bu tür aydınlatmalar, ortam aydınlatması olarak da bilinen ve aslında doğal aydınlatmanın yerini alan ana moddur. Genel ortam iç mekân aydınlatması sağlayabilen armatür türleri aşağıdaki gibidir: (Url 7)

- ✓ Sarkıt
- ✓ Tavana monte armatür
- ✓ Duvara monte armatür
- ✓ Geleneksel gömme armatürler ve/veya LED (Downlight)
- ✓ Raya monteli ışık
- ✓ Ayaklı lambası
- ✓ Masa lambası

2.3.1.2. Görev aydınlatması

Adından da anlaşılacağı üzere görev aydınlatması masa ve tezgâh gibi özel çalışma alanlarının aydınlatılması amacıyla kullanılmaktadır. Görev aydınlatması daha yüksek aydınlık düzeyi sağladığı için genel aydınlatmanın önüne geçmektedir ve odaklanılan bölge için daha iyi kalitede aydınlık düzeyi sağlamaktadır. Çoğu görev aydınlatması lokal ve doğrultulu olarak kullanılmaktadır (Philips, 2008). Görev aydınlatması marketlerde kasa üzerinde, yönetici masasında veya resepsiyon bankosunda kullanılabilir. Görev aydınlatmasının birincil amacı, yoğun görsel dikkat gerektiren faaliyetler sırasında görünürlüğü artırmak ve göz yorgunluğunu azaltmaktır. Genellikle ofisler, mutfaklar, atölyeler, okuma alanları ve dikiş odaları gibi çeşitli ortamlarda, yeterli aydınlatma koşulları gerektiren belirli görevlerin yerine getirildiği yerlerde kullanılır.

2.3.1.3. Vurgu (Odak) aydınlatması

Vurgu aydınlatması, görev aydınlatması gibi belirli bir amaç için herhangi bir alanın direkt olarak aydınlatılmasıyla yapılmaktadır. Görev aydınlatmasının aydınlattığı alanda eylem gerçekleştirilirken vurgu aydınlatması herhangi bir objeyi aydınlatmakta ve objenin net ve dramatik görünmesini sağlayabilmektedir (Fielder ve Jones, 2001).

Vurgu aydınlatması, tasarıma detay ve ilgi çekicilik kazandırmak amacıyla da kullanılabilir. Bir sanat eserinin veya niş, kolon gibi mimari elemanların vurgulanmasında sıkça tercih edilmektedir (Dodsworth, 2009). Vurgu aydınlatması ile aydınlatılan nesnelere, loş ışık ile aydınlatılmış nesnelere göre daha kolay ve hızlı şekilde algılanmaktadır. Vurgu, sadece ışık düzeyinin artırılması ile değil ışığın doğrultusu ve renginde yapılan değişiklikler ile de gerçekleştirilebilmektedir (Çağal, 2020).

2.3.2. İç mekân aydınlatmasında kullanılan armatür tipleri

Aydınlatma armatür tipleri, iç mekânlarda farklı estetik ve işlevsel ihtiyaçlara cevap verecek şekilde çeşitlenmiştir. Her biri farklı bir amaca hizmet eden bu armatürler, dekorasyonun tamamlayıcı parçaları olarak da öne çıkar. En yaygın kullanılan iç mekân armatür çeşitleri aşağıda sunulmaktadır.

Gömme aydınlatmalar tavanın veya duvarın içine monte edilen ve mekânın daha büyük ve sade görünmesini sağlayan cihazlardır. Modern dekorasyonlarda sıklıkla kullanılırlar, tavanda gizli bir ışık oluştururlar ve gömme ışıklar minimal dekorasyon için idealdir.

Raya monteli aydınlatma, birden fazla odak noktasına sahip ve uyarlanabilir bir aydınlatma sistemidir. Raylar üzerine monte edilen odaklanabilir aydınlatma elemanları ile farklı ihtiyaçlara yönelik çözümler sunar, mekânın farklı bölgelerini aydınlatmak için hareket ettirilebilir. Bu sistemler, mağazalar ve galeri gibi mekanlarda genellikle kullanılırken, evlerde de verimliliği ve görselliğiyle dikkat çeker.

Sarkıt aydınlatmalar, özellikle yemek masası, mutfak işleme alanı gibi belirli bir alanı aydınlatmak için kullanılmaktadır. Görsel bir obje olarak tasarıma estetik bir değer katmaktadır. Genellikle modern ve endüstriyel tasarımlarda belirginleşir.

Buna ilaveten, avizeler, klasik ve modern dekorasyonlarda yaygın kullanılmaktadır. Mekânın temel aydınlatma kaynağı olmasının yanı sıra, aynı zamanda sanatsal bir unsurdur. Farklı boyut, şekil ve malzemelerde üretilen avizeler, farklı tarzlara uygun çözümler gösterir ve salon gibi geniş alanlarda dikkat çekici bir görünüm yaratır.

Lineer aydınlatma armatürleri, uzun ve ince formuyla mekâna derinlik ve genişlik etkisi kazandırabilmektedir. Özellikle ofislerde ve büyük iç mekân

tasarımlarında tercih edilen bu lineer aydınlatma sistemleri, homojen aydınlatma dağılımı sağlar ve fonksiyonel ve zarif tasarım sunar.

Aplikler, duvarlara monte edilen dekoratif aydınlatma armatürleri olup, koridorlar, yatak odaları ve oturma odaları gibi mekanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Hem estetik hem de işlevsel açıdan önemli bir etkiye sahip olan aplikler, mekânda sıcak ve yumuşak bir aydınlatma atmosferi oluşturmaktadır.

Lambader, mobil ve fonksiyonel aydınlatma çözümleri sunar. Oturma odaları ve yatak odalarında okuma alanlarında genel olarak kullanılır. Farklı boyut ve tasarımlarda üretilen lambader, ortama hem dekoratif hem de pratik bir katkı sağlar.

Gizli aydınlatmalar, genellikle tavan veya duvarlara gizlenmiş ışık kaynaklarıyla mekânın genel atmosferini etkiler. Bu tür aydınlatmalar, mekâna hafif bir ışık vererek göz alıcı olmadan estetik bir görünüm oluşturur. Özellikle modern dekorasyonlarda sıklıkla tercih edilen gizli aydınlatmalar, vurgu aydınlatması olarak ta kullanılabilir (Pelsan, 2024)

2.3.3. Işık kaynaklarının türü

Yapay ışık kaynakları, yapay aydınlatmada kullanılabilmek için üretim teknolojilerine göre sınıflandırılmaktadır. Birden fazla çeşidi bulunması sebebiyle bazılarının konut gibi genel kullanım alanlarında yaygın olduğu görülürken, bazılarında endüstriyel kullanım için daha uygun olarak kabul edilmektedir.

Yaygın olarak kullanılan beş adet ışık kaynağı bulunmaktadır. Bunlar; akkor lamba, flüoresan lambalar, deşarj lambaları, ışık yayan diyot (LED) olarak kategorize edilmiştir.

- **Akkor lambalar (Incandescent Lamps, ILs)**

Isıl ışımaya (akkor ışımaya) yöntemiyle ışık veren lambalar arasında yer almaktadır. Değişik güç, ışık akısı, biçim, kullanılan cam cinsi, içine konan gazlar vb. Birçok ayrı tipleri bulunmaktadır. Akkor lambaların (Incandescent Lamps) çalışma prensibi, katı maddelerin ısıtıldığında görünür ışık aralığında elektromanyetik radyasyon yaymaya başlaması olgusu olarak tanımlanmaktadır (Kitsinelis, 2011). Yakın zamana kadar en yaygın elektrik ışık kaynağı akkor lamba olarak görülürken hala yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak nispeten düşük enerji verimliliği, kompakt floresan lambalar gibi diğer daha verimli lambalarla değiştirilmesine yol açmaktadır. Bir aydınlatma

armatürüne bağlantı vida dışı veya süngü ile yapılmaktadır. Çok çeşitli şekil, boyut ve güç ile dikkat çekmekte ve farklı renk aralıkları da bulunmaktadır. Ev kullanımı için tipik lambalar yaklaşık 40 ila 100 W arasında değişmekte ve yaklaşık %12'lik tipik lamba verimliliğinde 420 ila 1360 lm ışık çıkışı sağlamaktadır.

- **Floresan lamba (Fluorescent lamps, FLs)**

Floresan lambalar akkor telli lambalardan biraz daha pahalı olsa da daha uzun ömürlü olmaları ve daha düşük enerji tüketimi onları, yaşam döngüsü değerlendirilince akkor lambalara göre daha bütçe dost hale getirmektedir. Floresan lambalar, fosfor kaplamanın floresanı olması sebebiyle görünür ışık üreten düşük basınçlı cıva buharlı deşarj lambaları olarak tanımlanmaktadır. Floresan lambalar şekil ve boyutlarına göre tüp ve kompakt olarak iki gruba ayrılmaktadır (Steffy, 2008).

- **Kompakt floresan lambalar (CFL'ler)**

Adından da anlaşılacağı gibi, kompakt floresan lambalar sarmal veya spiral floresan lambalar olarak görülmektedir. Kompakt floresan lambalar aşağıdaki gibi çeşitli farklı şekillerde bulunmaktadır.

- ✓ Bükülmüş spiral
- ✓ Bir, iki, üç veya daha fazla katlı tüpler
- ✓ Diğer dekoratif şekiller (daha az yaygın olarak bulunur).

Kompakt floresan lambalar aslında boyutları küçültülmüş birer floresan lamba oldukları için çalışma prensipleri benzerlik göstermektedir. Floresan lambalarda görülebilir ışınım, lambanın iç cidarındaki üç değişik fosfor karışımı ile elde edilmektedir. Boşalma tüpü içindeki cıva atomlarına, elektrotlar arasında meydana gelen boşalma ile kopan elektronların çarpması sonucu oluşan UV ışınım, tüp iç cidarındaki floresan madde sayesinde görülebilir ışınımına dönüştürülmüştür (Onaygil, Erkin ve Güler, 2004).

- **Deşarj lambaları (High-Intensity Discharge Lamps, HIDLs)**

Yüksek basınçlı deşarj lambaları olarak da bilinen deşarj lambalar çok yüksek basınçlarda ve sıcaklıklarda çalışmaktadır. Floresan lamba gibi deşarj lambalar da bir gazdan elektrik deşarjı prensibiyle çalışarak çarpıcı bir voltaj oluşturmak ve arkı sürdürmek için balastlara ihtiyaç duymaktadır. Ancak deşarj lambaların yüksek çalışma basıncı ve sıcaklığı, spektral çıktıyı iyileştirmede ve ışık etkinliğini artırmada

önemli bir rol oynamaktadır. Bu durumun nedeni, buharlaştırılmış metallerin yüksek basınç altında elektriği daha iyi iletmesi ile daha fazla sayıda elektron uyarımı ve daha fazla termoiyonik emisyonuna yol açması olarak belirtilmiştir (Kitsinelis, 2011).

Deşarj lambalar, kullanılan "doldurma gazı" veya buhara bağlı olarak genel olarak üç türe ayrılmaktadır. Bunlar; cıva, sodyum ve metal halide olarak kategorize edilmektedir. Bu lambalarda kullanılan kimyasallara bağlı olarak, her HID lambanın etkinlik, parlaklık ve renk sıcaklığından başlayarak renksel geriverim indeksine ve lambanın kullanım ömrüne kadar farklı özellikleri bulunmaktadır.

- **LED**

LED lambaların başlangıcı, elektrolüminesans fenomeninin keşfedildiği 100 yıldan uzun bir süre öncesine dayanmaktadır. Ancak, kızılötesinin galyum arsenit ve diğer yarı iletkenlerden elde edildiği 1950'lerde pratik olarak tercih edilmişlerdir. Modern olana benzeyen ilk LED, 1972'de icat edilen ve çok daha güçlü bir ışık üreten sarı bir LED türü olarak görülmüştür. 2014 Nobel Fizik Ödülü'ne layık görülen Isamu Akasaki, Hiroshi Amano ve Shuji Nakamura tarafından ise mavi LED geliştirilmiştir. İlk LED lambalar 2009 yılında piyasaya çıkmasına rağmen, boyutları bakımından dezavantaja sahiptiler. Bu negatif özelliklerin haricinde çok pahalı olmaları da dikkat çekmektedir. Teknolojik değişiklikler, ürüne çok daha erişilebilir bir form kazandırarak LED'lerin artık birçok renkte parlayabilir özelliklere sahip olmasına neden olmuştur. Aynı zamanda uzun ömürlü olmaları ve diğer alternatifleri ile fiyat açısından rekabet edebiliyor olmaları sebebiyle kullanımı yaygınlaşmıştır. Günümüzde LED teknolojisi küresel aydınlatma pazarının yaklaşık %50' sini oluşturmaktadır.

- **Işık türlerinin performansı**

Geleneksel lambalar ile kıyaslandığında LED lamba enerji verimliliği açısından çok daha iyi performans göstermektedirler. Yaklaşık %80 daha az enerji tüketmekte ve 15 kata kadar daha uzun süre kullanılabilir (Url 1). Şekil 14'de, farklı ışık kaynaklarının aynı ışık akısı sağlamak için ne kadar güç tükettiğini göstermektedir. Tablodan Çıkarılan Sonuçlara göre Akkor lambalar en fazla enerji tüketirken, LED lambalar en az enerji tüketmektedir. 40W'lık bir akkor lamba ile aynı parlaklığı sağlamak için CFL yaklaşık 9-11W, LED ise 4-8W güç tüketmektedir. 100W'lık bir akkor lambanın yerine, CFL 25W civarında, LED ise 16-20W güç kullanmaktadır. Bu

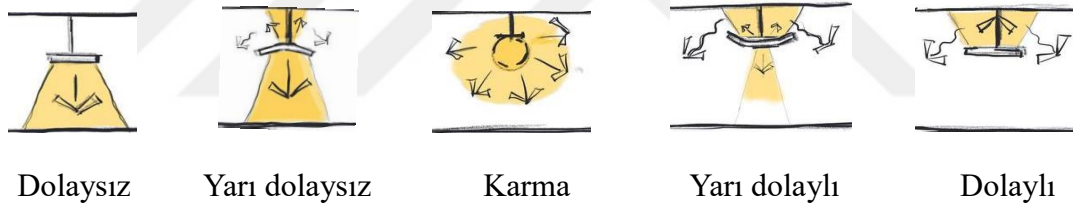
tablo, LED lambaların en verimli aydınlatma seçeneği olduğunu ve enerji tasarrufu sağladığını göstermektedir.

Işık akısı	Akkor lambalar	CFL	LED
450 lumens ☀	40W	9-13W	4-8W
800 lumens ☀	60W	13-16W	8-13W
1100 lumens ☀	75W	17-23W	11-15W
1600 lumens ☀	100W	23-28W	16-20W

Şekil 14. Işık akısı ve güç karşılaştırılması (Url 8)

2.3.4. İç mekânda aydınlatma türleri

Bir mekânda yapay aydınlatma uygulanması beş farklı türe ayrılmıştır (Şekil15). Güçlü, koyu gölgeler sağlayan doğrudan aydınlatma türüne örnek vermek gerekirse, duvara yansıyan doğrudan ışık, odayı ferah ve dramatik bir tarzda hissettirmektedir. Dikey ve yatay düzlemlerde gölge oluşturmayan eşit, yumuşak bir ışık sağlayan dolaylı aydınlatma türünde ise; Aydınlatmanın tekdüze olması, genellikle bir odanın monoton görünmesine yol açmaktadır. Bu durum, özellikle beyaz tonların hâkim olduğu iç mekanlarda sıkça karşılaşılan bir durumdur (Satwiko, 2004).



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

Şekil 15. IESNA standartlarına göre aydınlatma aygıtı türleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

- **Direkt (Doğrudan) aydınlatma**

Doğrudan aydınlatma, ışık kaynağından çıkan ışığın herhangi bir engel olmaksızın doğrudan bir yüzeye yönlendirilmesi anlamına gelmektedir. Bu tür aydınlatmada ışığın büyük bir bölümü (%90-100) aşağı doğru, çalışma alanına veya aydınlatılması gereken bir nesneye odaklanmaktadır. Doğrudan aydınlatma armatürleri, genellikle yoğunlaştırılmış ve odaklanmış bir ışık huzmesi oluşturacak şekilde tasarlanmıştır. Bu tasarım, aydınlatmanın hassasiyet ve netlik gerektiren görevlerde kullanılmasını ideal hale getirmektedir. Bu nedenle, doğrudan aydınlatma genellikle çalışma alanları, laboratuvarlar ve detaylı görsel çalışmaların yapıldığı mekanlar için tercih edilmektedir (Dounis, 2011).

- **Yarı direkt (Yarı dolaysız) aydınlatma**

Işığın 60%' 1 ile 90%' 1 arasında kalan kısmını, doğrudan aydınlatılacak düzleme yollayan aydınlatma türü olarak bulunmaktadır. Bu aydınlatma şekline tavan aydınlatmaları örnek gösterilmektedir (Dounis, 2011).

- **Karma aydınlatma**

Işığın 40%' 1 ile 60%' 1 arasında kalan kısmının aydınlatılacak düzleme yollayan aydınlatma biçimi olarak tanımlanmaktadır. Karma aydınlatmalara tavan ve duvar yansıtıcıları örnek olarak verilmektedir (Dounis, 2011).

- **Yarı endirekt (Yarı dolaylı) aydınlatma**

Işığın 10%' u ile 40%' 1 arasında kalan kısmını aşağı doğru, kalanını yukarı doğru gönderen armatürlerle yapılan aydınlatma türü olarak görülmektedir. Burada amaç kullanıcılar için loş ve huzur verici bir ortamın sağlanmasını kapsamaktadır (Dounis, 2011).

- **Endirekt (Dolaylı) aydınlatma**

Dolaylı aydınlatma, daha geniş bir alana yayılmasını ifade etmektedir. Bu, aydınlatmanın duvar veya tavan gibi bir yüzeye yönlendirilmesi ve ardından mekâna yansıtılmasıyla elde edildiği görülmektedir. Doğrudan yoğunlaştırılmış bir ışın yerine kullanılan dolaylı aydınlatma, gölgeleri ve parlamayı minimuma indirerek daha yumuşak ve homojen bir ışık dağılımı sunmaktadır. Bu yöntem, görsel konforu artırırken mekânda daha dengeli bir aydınlatma sağlar. Genellikle, aydınlatma 90%-

100' ü bu etkiyi elde etmek için yansıtıcı yüzeylere doğru yukarı veya yanlara yönlendirilmektedir (Dounis, 2011).

2.4. Bütünleşik Aydınlatma

Aydınlatma hem yapay ışık kaynaklarının hem de doğal aydınlatmanın entegrasyonunu içerir. Genellikle mimari tasarım projelerinde, tasarım süreci tamamlandıktan sonra elektrik mühendisleri, yalnızca mimari tasarım konseptini dikkate alarak ve tasarıma uygun en iyi aydınlatma armatürlerini yerleştirerek yapay aydınlatma armatürlerini yerleştirirler. Bu aşamada doğal ve yapay aydınlatma kullanımının etkinliği göz önünde bulundurulmalıdır. Başka bir deyişle, bu aşamada aydınlatma uzmanları, her odanın sağlanması gereken en az aydınlık koşulunu göz önünde bulundurarak hesaplamaları yapar ve hedeflenen seviyeye ulaşmak için uygun aydınlatma armatürlerini yerleştirirler (CEN, 2011., ASHRAE, 2007). Aydınlatma entegrasyon düzeninin doğru bir şekilde kurulabilmesi için, mevcut doğal aydınlatma düzeni dikkatlice incelenmeli ve doğal aydınlatma performansını artırmaya yönelik öneriler geliştirilmelidir (Yücel, 2019). Doğal aydınlatma performansına göre gruplanan yapay aydınlatma cihazlarıyla oluşturulan senaryolar ve kontrol sistemleri sayesinde görsel konfor koşullarının sürekliliği sağlanmaktadır.

Özellikle gün boyunca geniş bir kullanıcı kitlesine hizmet veren ofislerde, bütünleşik aydınlatma tasarımlarının kullanımı, yapay aydınlatma için harcanan enerjiyi azaltarak etkin enerji kullanımına ve sürdürülebilirlik konularına katkı sağlamaktadır.

2.4.1. Aydınlatma kontrol sistemleri

Aydınlatma kontrol sistemleri, genellikle manuel ve otomatik kontrol olarak iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Manuel kontrol, kullanıcıların aydınlatma seviyelerini fiziksel olarak ayarlamalarını sağlar. Öte yandan, otomatik kontrol sistemleri, ışık seviyelerini sensörler, zamanlayıcılar veya dijital programlamalar kullanarak otomatik olarak düzenler. Birçok modern sistem, her iki türün birleşiminden faydalanarak kullanıcıya esneklik sunar. Ayrıca, bazı binalarda gelişmiş merkezi kontrol sistemleri, bina yönetim sistemleri (BMS) aracılığıyla tüm aydınlatma altyapısını tek bir noktadan yönetmeyi mümkün kılmaktadır. Bu tür sistemler, enerji verimliliğini artırmaya ve kullanım kolaylığı sağlamaya yönelik önemli avantajlar sunmaktadır.



Şekil 16. Aydınlatma kontrol sistemi (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

2.4.1.1. Manuel Kontrol

Manuel kontrol, uzun yıllardır kullanılan bir yöntem olup günümüzde hala yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu kontrol yöntemi, genellikle anahtarlar ve manuel ekranlar ile iki ana araçla uygulanır. Sisteminin basitliği, kullanıcıya kolay bir kullanım deneyimi sunar. Genellikle koşulların sabit olduğu, değişkenliğin düşük olduğu mekânlarda manuel sistemler tercih edilmektedir (Url 9). Bu yöntemde, kullanıcıya iki farklı kontrol seçeneği sunulur:

- Açma / kapama
- Parlaklık seviyesi (Dimming)

Açma/kapatma, basit bir yöntem olmakla birlikte esneklik açısından sınırlı olup, birden fazla kişinin bulunduğu mekânlarda rahatsız edici olabilmektedir. Bu nedenle, özellikle boş alanlarda otomatik kapatma veya aydınlatma azaltma gibi enerji yönetimi uygulamaları ile kullanıcıların ışıkların ne zaman açılacağı veya kapanacağı konusunda ortak bir beklentiye sahip olduğu alanlardaki manuel kontrol için etkili bir çözüm sunmaktadır.

Manuel parlaklık ayarı, kullanıcıların görev aydınlatma ihtiyaçlarındaki azalma ve daha yüksek doğal aydınlatma erişimine bağlı olarak ışık çıkışını veya aydınlatma seviyesini ayarlamalarına olanak tanımakta ve kullanıcıların aydınlatma seviyelerini kişisel tercihlerine göre ayarlamalarını sağlamaktadır. Bu uygulama, kullanıcı memnuniyetini ve ışıkla ilişkili verimliliği artırmanın etkili bir yolu olarak kabul edilmektedir (OECD/IEA, 2006).

2.4.1.2. Otomatik Kontrol

Otomatik kontrol, uzun süredir kullanımda olan temel bir kontrol seçeneği olarak sensör tabanlı aydınlatma kontrolü olarak tanımlanabilmektedir. Hareket veya aydınlık düzeyi, sensörler tarafından algılanmakta ve sistemin aydınlatmayı duruma

göre uyarlaması sağlanmaktadır. Enerji tüketimini azaltmak amacıyla, yapay aydınlatma sistemleri genellikle sensörler aracılığıyla kontrol edilmektedir.

Bu sensörler, ortamda hareket veya varlık algıladığında, ışıkları yalnızca gerektiğinde açmaktadır. Bu yöntem, ışığın gereksiz yere yanmasını engelleyerek enerji verimliliğini artırmakta ve özellikle kullanılmayan alanlarda enerji israfını önlemektedir. İşyeri boşsa, aydınlatma kapatılmakta veya önceden tanımlanmış daha düşük bir seviyeye düşürülmektedir (Chun, Lee ve Jang, 2015., Chung ve Burnett, 2001). Fotosel sensörler, doğal aydınlatmanın yeterli veya kısmi parlaklık sağladığı ortamlarda kullanılmaktadır. Bu sensörler, doğal aydınlatma düzeyini algılanmakta ve ihtiyaç duyulması halinde yapay aydınlatma ile desteklenerek enerji verimliliğini artırmaktadır. Böylece, ortamın aydınlatma ihtiyacına göre yapay aydınlatma yalnızca gerektiğinde devreye girmektedir.

- **Hareket kontrolü (Occupancy-Vacancy, Varlık sensörleri)**

Hareket algılanmadığında yapay aydınlatmanın kullanımının kısıtlanmasını sağlamaktadır. Bu yöntem, genellikle küçük odalar veya tuvaletler gibi alanlarda kullanılmakta, ardından bağımsız sistem olarak veya merkezi kontrolörler aracılığıyla daha büyük alanlara uygulanmaktadır. Daha büyük sistemlerde, floresan armatürler için kısılabılır balastlar, boş alanlarda enerji tasarrufu sağlamak amacıyla kullanılabilir. Bu balastlar, alanın boş olduğu tespit edildiğinde ışık şiddetini belirli bir seviyeye düşürerek gereksiz enerji tüketiminin engellenmesini sağlamaktadır. Böylece, yalnızca ihtiyaç duyulan aydınlatma sağlanmakta ve enerji verimliliği artırılmaktadır. Bu tür uygulamalar, özellikle ofisler, konferans salonları ve benzeri büyük alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. (Roisin, Bodart, 2008).

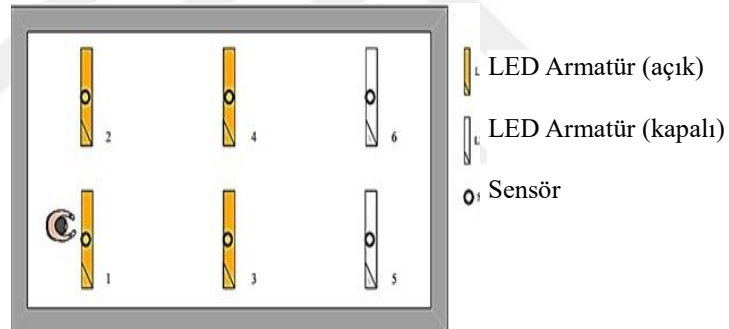
Bu kategoride üç farklı tipte varlık sensörü bulunmaktadır: (a) ultrasonik, (b) pasif kızılötesi ve (c) mikrodalga olarak kategorize edilmektedir. Buna ilaveten, kullanımı sınırlı olan ses sensörleri de vardır. Çoğunlukla endüstriyel ve/veya depo lokasyonlarında makine seslerini insan seslerinden ayırmak için kullanılırlar.

Ultrasonik sensörler, yüksek frekanslı ses dalgalarını yaymakta ve algılamaktadır. Bir kişi, sensörün bulunduğu mekâna girdiğinde, sensör çevredeki ses dalgalarındaki frekans değişimini tespit ederek ışıkları açmaktadır.

Pasif kızılötesi sensörler sıcak nesnelere tarafından yayılan kızılötesi radyasyonu algılamaktadır. Bu sensörlerin yerleştirildiği mekânda kızılötesi seviyesinde bir değişiklik algılandığında, ışıklar açılmaktadır.

Mikrodalga sensörleri ise radyo dalgası sinyallerini alır. Ultrasonik sensörler gibi, mikrodalga sensörleri de alınan radyo frekansındaki farklılıklara dayanarak varlığı tespit eder ve ışıkların açılıp kapanmasını sağlar. (Saskatchewan).

Şekil 17’de bir LED armatürü ile onun eş-yerleştirilmiş algılama modülü arasındaki etkileşiminin bir örneği gösterilmektedir. Varlık tespit edildiğinde, kontrol stratejisinin bir sonucu olarak LED armatür 1 ile işaretli kısmın seviyesini %100’e ayarlanmakta ve yan armatürler 2. ve 3. kısma da %100 aydınlatma seviyesi bilgisini iletilmektedir. Bu yöntemde, 1., 2. ve 3. kısımların armatürlerinin sadece yandığı durumda, tüm alanın gerekli aydınlık koşulunu sağlamaya yeterlidir. Böylece, enerji verimliliği sağlanmakta ve kullanıcıların ihtiyaç duyduğu aydınlatma seviyesi karşılanmaktadır (Cheng, 2020).



Şekil 17. Varlık sensörleri ile bölümlenme (zonlama) oluşturulması (Cheng, 2020).

- **Fotosel sensör (Doğal aydınlatmaya duyarlı)**

İdeal doğal aydınlatma, bir alanda yeterli doğal aydınlatma olduğunda, gerekli en az aydınlık koşulunu sağlayabilmek için yapay aydınlatma kullanımının azaltılması veya tamamen ortadan kaldırılması ile mümkündür. Bu amaçla, ışık kontrol sensörleri (fotosel) ve kısımlabilir elektronik balastlı floresan armatürler kullanılmaktadır. Bu yöntem, odanın bir veya birden fazla tarafında bulunan pencereler aracılığıyla doğal aydınlatmanın iç mekâna ulaştığı mekanlarda kullanılabilir. Verimliliği en üst düzeye çıkarmak için, “Modüler Kontrol” adı verilen bir yöntem uygulanmaktadır. Modüler kontrolde, kontrol sistemi odanın küçük bölümlerini bağımsız olarak kontrol edebilmektedir. Doğal aydınlatma kısmi kullanıldığında aydınlatma enerjisi tasarrufunun ölçümleri çok değişmektedir ve farklı deneyler yaklaşık %30 ila %70

arasında tasarruf sağladığını göstermektedir. Ancak odadaki doğal aydınlatma miktarını etkileyecek bina konumu ve mekanların güneş ışığı yörüngesine göre yönelimi gibi faktörler bulunmaktadır. (Roisin, Bodart, 2008).

Fotosel sensörü iki şekilde çalışmaktadır. İlki, fotosel sensörlerine çarpan doğal aydınlık düzeyi miktarına göre elektrik aydınlatma seviyesini sürekli ayarlayan şekildedir. İkincisi ise, doğal aydınlatma, ortamın ihtiyaçlarını karşılayacak düzeye ulaştığında, fotosel sensör ortam ışığını otomatik olarak kapatacak şekildedir. (Francis, Rubinstein, Karayel, 1985).

- **Zaman kontrolü (Planlama)**

Gelişmiş planlama modu kullanılarak, zaman planlaması ile, iş günlerinde, tatillerde ve farklı mevsimlerde binanın farklı bölümleri için uygun ışık seviyesinin sağlanması mümkündür. Örneğin, bir ofis için sabah 8:00'de ışık seviyesi azaltılmış (Dim edilmiş) durumda tutulmaktadır. Bu uygulama, doğal aydınlatmanın yeterli olduğu zamanlarda gereksiz enerji tüketimini önlemek ve görsel konforu artırmak amacıyla uygulanmaktadır. Akşam 8:00'de ise ışık tamamen kapatılmaktadır, böylece çalışma saatleri dışında gereksiz yapay aydınlatma kullanımının önüne geçilmektedir.

- **Otomatik perdelerin kontrolü**

Otomatik perde kontrol sistemi ile aydınlık düzeyi algılanmakta ve yeterli günışığı seviyesinde perdeler açılabilir. Ayrıca, gün boyunca doğal aydınlatmadan yararlanmak amacıyla sistem, sabahları perdeleri otomatik olarak açacak ve gün batımında kapatacak şekilde programlanabilmektedir. Bu sistemde, perdeler manuel olarak da açılıp kapatılabilmektedir. Otomatik modda ise, sensörler veya belirli bir program aracılığıyla kontrol sistemine bilgi iletilmekte ve bu bilgiler doğrultusunda sistem, perde motoruna komut göndererek perdeleri açmakta, yarı açık duruma getirmekte veya tamamen kapatmaktadır. (Souza, Rodrigues, Hurandher, 2018).

2.4.1.3. *Gelişmiş Kontrol*

Ağ bağlantılı aydınlatma kontrol sistemleri (Networked Lighting Controls, NLCs), LED' ler, kontrol mekanizmaları, bağlantı özellikleri ve veri toplama teknolojilerini birleştirerek esnek bir aydınlatma sistemi sunmaktadır. Bu sistem, kullanıcı konforunun artırılmasını ve alan kullanımının daha verimli hale getirilmesini

sağlamaktadır. NLC kontrol stratejileri arasında varlık algılama, doğal aydınlatmadan yararlanma, sürekli parlaklık ayarı ve benzeri yöntemler bulunmaktadır. (Url 10).

Ağ bağlantılı aydınlatma kontrol sistemleri (Networked Lighting Controls, NLCs), kablosuz ağ üzerinden entegre sensörlerle donatılmış aydınlatma sistemleri olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemler, içerdikleri armatürlerin birbirleriyle iletişim kurmasına olanak tanımaktadır. NLC sistemleri, varlık algılama, doğal aydınlatmadan yararlanma, veri iletimi gibi çeşitli kontrol işlevlerini bir arada sunmakta ve bu işlevlerin kombinasyonlarını gerçekleştirebilmektedir. Günümüzdeki ağ bağlantılı aydınlatma kontrol sistemleri (NLCs), tüm bina tipleri için yüksek ışık kalitesini ve en fazla enerji tasarrufunu sağlayan gelişmiş çözümler arasında yer almaktadır. Bu sistemler, kullanıcıların farklı aydınlatma ihtiyaçlarına cevap verebilmek için varlık algılama, doğal aydınlatmadan yararlanma, görev ayarı ve sürekli parlaklık ayarı gibi birden fazla kontrol işlevini tek bir pakette sunmaktadır. Böylece hem enerji verimliliği sağlanmakta hem de kullanıcı konforu artırılmaktadır.

- **Ağ aydınlatma kontrol sisteminin avantajı**

Kolay kurulum ve kullanım: NLC sisteminin türüne bağlı olarak, ürünler kurulum için entegre sensörler ve kontrol mekanizmaları içerebilmektedir. Doğrusal floresan armatürlere sahip binalar için retrofit kitleri (Aydınlatma yenileme kiti), kurulum sürecini basitleştirmektedir. Birçok ürün, bir uygulama veya tablet aracılığıyla uzaktan programlama ve kontrol imkânı sunmaktadır.

Uzun vadeli esneklik (Long-term flexibility): NLC sistemleri tarafından kontrol edilen armatürler, alan kullanımındaki değişikliklere uyarlanabilir olup, yeni kullanıcılar için değişim maliyetlerini azaltmaktadır. Aydınlatma düzeni, yeni kullanım senaryosuna göre kolayca yeniden gruplandırılabilen ve ayarlar yeni kullanıcılar için düzenlenebilmektedir.

Enerji maliyeti tasarrufu: NLC sistemleri, kontrolsüz armatürlere göre %25 ila %75 daha az enerji kullanarak işletme maliyetlerini düşürmektedir.

Daha iyi kullanıcı deneyimi: Doğru miktarda ışık, çalışanlara daha iyi bir çalışma ortamı sunarak verimliliklerini ve mutluluklarını artırmaktadır.

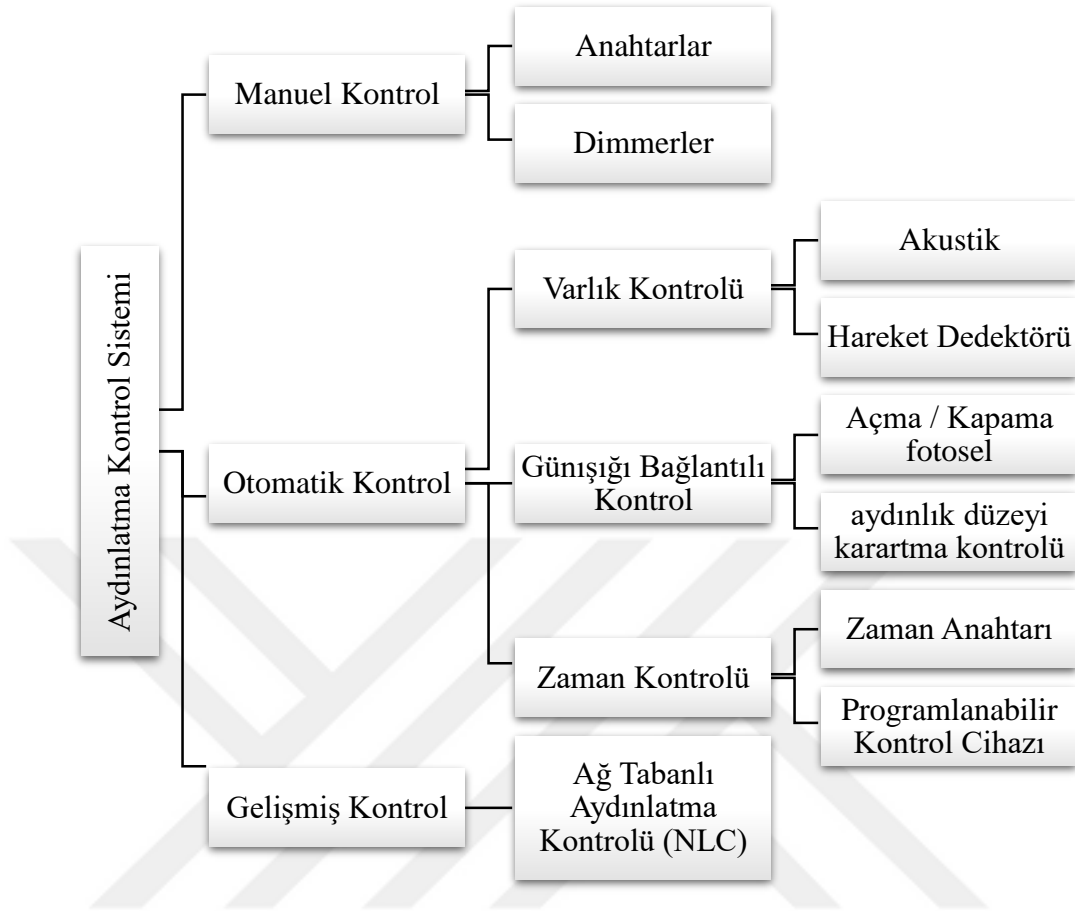
Tablo 3. Ağ aydınlatma kontrol paneli (solda) (Url 11), internet üzerinden uygulamalarla uzaktan kontrol cihazları (sağda) (Url 12).

Kontrol paneli	Uzaktan kontrol cihazları
	

Binalarda tavan lambaları, duvar lambaları, masaüstü, dekoratif renkli lambalar, floresan ve lambalar LED' ler gibi ışık kaynakları ayrı ayrı veya gruplar halinde kontrol edilebilir yapıda bulunmaktadır. Dokunmatik kontrol paneline (Tablo 3), tek bir dokunuşla stor perdeler üzerinde kontrol sağlanabilir. Elektrik maliyetlerinin büyük bir kısmı, bir mekânda insan var olsun ya da olmasın hiç sönmeyen armatürlerden kaynaklanmaktadır. Bu durumda sistem ışık miktarını (Dim) azaltmaya imkân tanımaktadır. Bu nedenle enerji kaybından önemli ölçüde kaçınılmaktadır (Url 13).

Ağ kontrol sistemlerinde, akıllı aydınlatma internete bağlıdır ve genellikle cep telefonuna veya tablete yüklenen bir uygulama aracılığıyla (Tablo 3) farklı ölçeklerdeki alanlardaki (şehir, ev, ofis vb.) ışıkların uzaktan kontrol edilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca, bir hub' a ihtiyaç duymadan doğrudan Wi-Fi veya Bluetooth' a bağlanabilen sistemler de mevcuttur. Bunlar ayrıca, sesli asistanlarla kullanılabilenkte örneğin, Apple Home Kit, Amazon, Echo veya Google Home gibi sesli asistanlar, bir binadaki akıllı armatürleri kontrol etmek için kullanılabilir (EM Diaconu).

- **Aydınlatma kontrol sistemi şeması**



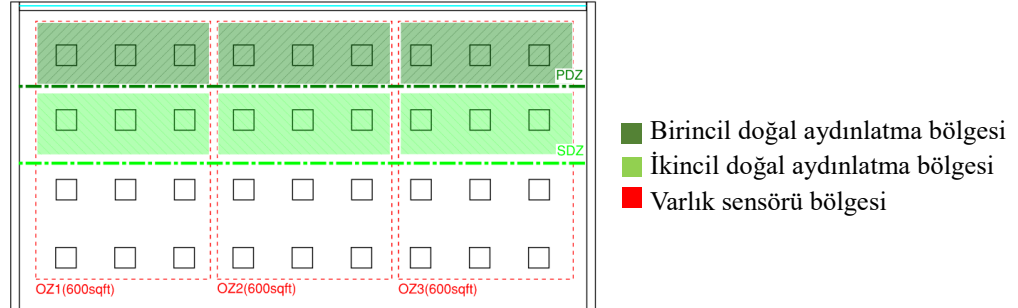
Şekil 18. Aydınlatma kontrol sistemi şeması (Url 13' den uyarlanmıştır)

2.4.1.4. Ofislerde aydınlatma düzeni ve bölgeleme

Bölgeleme, farklı aydınlatma seviyelerine ihtiyaç duyan büyük çalışma alanlarında kullanılabilir. Bağımsız olarak kontrol edilebilen bölgeler oluşturmak, belirli alanlardaki ışıkları açmak ya da kapatmak, parlaklık ayarı yapmak mümkündür. Örneğin, doğal aydınlatmadan daha fazla yararlanmak için pencerelerin yakınındaki armatürler kapatılabilir, ancak odanın daha iç kısımlarındakiler açık tutulabilir. (Url 14). Kullanıcı sayısı açısından farklı bölgeler olduğunda, daha fazla aydınlatma ihtiyacı duyulan bireysel çalışma alanları olduğunda ve farklı düzeylerde doğal aydınlatma ihtiyacı olduğunda bölgeleme kontrollerinin kurulması uygun olabilir (Url 15).

Bölgesel aydınlatma kontrolünde, iç mekân çeşitli bölgelere ayrılır ve her bir sensör, ilgili bölgeyi ve bu bölgeye ait aydınlatma elemanlarını denetler. Fotosel sensörü, bağlı olduğu bölgedeki aydınlık düzeyini tespit ederek, aydınlatma

seviyelerinin düzenlenmesine olanak tanır, hareket sensörü bu bölge üzerindeki varlığı algılar ve tanımlandığı şekilde merkezi denetleyiciye göndermektedir (Li, 2013). Sensörlerin konumu önemlidir, çünkü iki bölgeden gelen ışık, sensörlerin konumlarına göre her biri üzerinde farklı bir etkiye sahiptir (Keyser, Lonescu, 2010).



Şekil 19. Örnek bir açık ofiste bölgeleme (Zoning) (Themhcompanies, 2021).

- **Ofislerde bölgeleme türleri**

Armatürlerin, düzgün bir şekilde kontrol edilmeden önce uygun bir şekilde gruplanması gerektiği belirtilmektedir. Örneğin, pencerelere yakın olan armatürlerin aynı devre üzerinde olması gerektiği ifade edilmektedir (Kelly, O'connell). Ofisler, alanın işlevine, varlık miktarına ve aydınlatma ihtiyacına göre farklı bölgelere ayrılabilir. Yoğun çalışma gereksinimi olan bölgelere daha fazla aydınlatma sağlanırken, daha sakin ve odaklanmaya yönelik alanlarda düşük aydınlatma seviyelerinin tercih edilmesi önerilmektedir. Bu şekilde, her bir alanın spesifik ihtiyaçlarına göre optimize edilmiş aydınlatma çözümleri sunulabilmektedir.

Açık planlı bir ofiste, armatürler iki seviyeli aydınlatma düzenine göre gruplandırılmaktadır. Bu sistemde, bakım ve temizlik gibi işlemler için seviye 1 (ışıkların %50' si kapalı) kullanılırken, normal çalışma alanları için seviye 2 (tüm ışıklar açık) tercih edilmektedir. Bu düzenleme, enerji verimliliğini artırırken, aynı zamanda farklı aktiviteler için uygun aydınlatma koşullarının sağlanmasına yardımcı olur. (Kelly, O'connell).

Ofis aydınlatma tasarımında bir diğer strateji de mekandaki varlık miktarına göre bölgeleme yapabilmektir. Bu bölgeleme metodunda, çalışma alanı üç ana bölüme ayrılır (Şekil 20):

- Çalışma alanı (Task area), çalışmanın yapıldığı yer;
- Çevre alanı (Surrounding area), çalışma alanının etrafındaki bölge ve
- Arka alan (Background area), daha uzak bölgeler (Christel, 2019)

olarak kabul edilmektedir. Bu bölgeleme, her alanın işlevine göre aydınlatma seviyelerinin optimize edilmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 20. Örnek bir ofis alanında tavandaki yapay aydınlatma düzeni, çalışma alanı, yakın çevre ve arka plan alanlarındaki farklı parlaklık seviyeleri (dimming), (Christel, 2019)

Bir açık ofis, her biri farklı aydınlatma ihtiyaçlarına sahip birden fazla bölgeye ayrılabilir. Bu bölgeleme, her alanın işlevine ve kullanım yoğunluğuna göre optimize edilmiş aydınlatma çözümleri sunarak verimliliğin artırılması ve enerji tasarrufunun sağlanmasını amaçlanmaktadır. Örneğin, Şekil 21'de, üç farklı bölge tipini içeren bir ofis sunulmaktadır: A bölgesi, dinlenme alanı olarak kabul edilmekte; B bölgesi ve C bölgesi ise çalışma alanları olarak belirlenmektedir. B bölgesi, yüksek doğal aydınlatma potansiyeline sahip pencerelere yakın bir konumda yer almaktadır. A ve C bölgelerinde ise doğal aydınlatma bulunmamaktadır ve bu bölgelerde yapay aydınlatma gereksinimi duyulmaktadır. Pasif kızılötesi sensörlerin (Passive infrared sensor- PIR) kullanıldığı bir mekân için, bölgelere göre sensor tanımları Şekil 21'de sunulmaktadır (Cheng, Fang, Yuan, Zhu, 2020).

Bölge	Sensör tipi
A	PIR sensör (hareket sensör)
B	Fotosel sensör (pencereye yanında) PIR sensör ve mikrodalga sensör
C	PIR sensör ve mikrodalga sensör

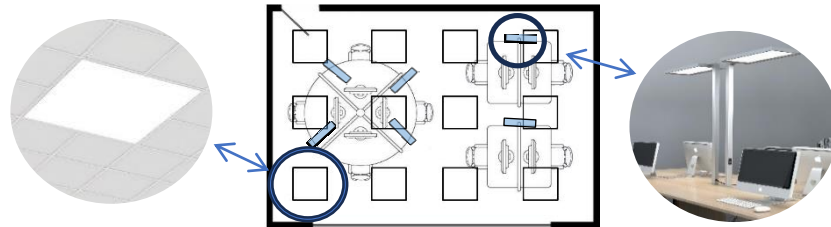
Şekil 21. Ofis mekanının düzeni (solda) ve sensör tanımlamaları (sağda) (Cheng, Fang, Yuan, Zhu, 2020).

- Aydınlatma düzeni konseptlerine örnekler

Ofislerde aydınlatma tasarımı ofisin tipine ve mobilya düzenine göre farklılık göstermektedir. Ofislerde aydınlatma tasarımı, kullanıcıların ihtiyaçlarına, faaliyetlerin türüne ve mekânsal düzenlemelere göre şekillenmektedir. Grup ofisler ve bireysel ofisler arasındaki bu farklılıklar, aydınlatma stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Her iki ofis türünde de görsel konforun sağlanması, enerji verimliliğinin artırılması ve kullanıcı memnuniyetinin desteklenmesi hedeflenmektedir. Bu nedenle, her bir ofis tipi için özel tasarım kriterlerinin geliştirilmesi gerekmektedir (Boyce, Raynham, 2009).

- **Açık ofis düzeninde tavan aydınlatması tasarımı**

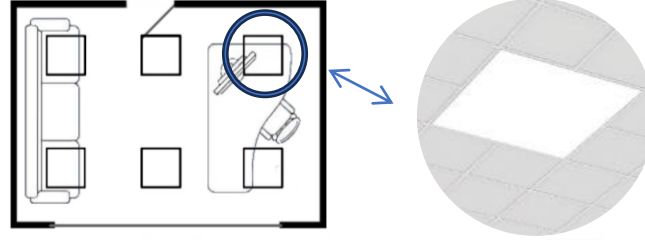
Grup ofislerde aydınlatma tasarımı düzenli ve doğrusal olarak yapılmaktadır. Bu durumda mobilyaların yerleşimi dikkate alınmaz ve düzenleme kolaylıkla değiştirilebilir. Genellikle bu tür ofislerde, çalışanların ihtiyaçlarına göre aydınlatma düzeni otomatik olarak ayarlanmaktadır. Ayrıca, çalışanların daha fazla rahatlık sağlanması ve kişisel ihtiyaçlarına göre ışık şiddetini artırıp azaltabilmesi için her masada görev aydınlatması (task light) bulunmaktadır. (Ganslandt, Hofmann, 1992).



Şekil 22. Açık ofis düzeninde tavana yapay aydınlatma yerleşimi (Yazar tarafından oluşturulmuştur); genel aydınlatma (solda) (Autodesk Revit Family), görev aydınlatması (sağda) (Url 16)

- **Bağımsız ofis düzeninde tavan aydınlatması tasarımı**

Bağımsız ofislerde aydınlatma tasarımı, mobilyaların yerleşimine ve pencereye paralel olarak yapılmaktadır. Işıklar, çalışma alanının düzenine göre yerleştirilmiş olup, kapı önündeki ışık şiddeti, çalışma masa alanına göre daha düşük olacak şekilde tasarlanmıştır. Aydınlatma düzeni hem otomatik hem de manuel olarak kontrol edilebilecek şekilde ayarlanmaktadır (Ganslandt, Hofmann, 1992).



Şekil 23. Bağımsız ofis düzeninde tavana yapay aydınlatma yerleşimi (Yazar tarafından oluşturulmuştur); genel aydınlatma (sağda) (Autodesk Revit Family)

2.4.2. Bütünleşik aydınlatma kurulumuna ilişkin örnekler

Dünyanın farklı bölgelerindeki doğal ve yapay aydınlatma entegrasyonuna ilişkin çeşitli çalışmalar seçilmiş ve bu bölümde sunulmaktadır. Bu bağlamda, dünyada gerçekleştirilen başarılı uygulamaların incelenmesi, aydınlatma tasarımında yol gösterici olabilir. Bu tezde, doğal ve yapay aydınlatmanın entegrasyonu ve kullanımına dair örnek projeler olarak NZE ofis binası (Pekin, Çin), Aurecon (Brisbane, Avustralya) ve Navitas (Aarhus, Danimarka) incelenmiştir. Bu projeler, yenilikçi aydınlatma çözümleriyle enerji verimliliğini artırma, kullanıcı konforunu sağlama ve sürdürülebilir tasarım ilkelerine uygun olma özellikleriyle öne çıkmaktadır. Örneklerin seçiminin de belirli kriterler kabul edilmiştir. Bu kriterler, bina programı olarak ofis olması, farklı iklim bölgelerinde olması, bütünleşik aydınlatma tekniklerinin kullanılması, internetten açık kaynaklardan bu bilgilere erişilebilir olması şeklinde tariflenmektedir. Her bir projede farklı aydınlatma stratejileri kullanılmış ve bütünleşik aydınlatmaya ilişkin kullanılan stratejiler burada değerlendirilmektedir.

Örneğin, Pekin’deki NZE Binasında, gün ışığı faktörünü optimize etmek için geniş pencereler ve ışık tüpleri kullanılmış, doğal ve yapay aydınlatma dengesine odaklanılmıştır. Brisbane’de Aurecon Binası, tropikal bir bölgede yer aldığı için doğal ışığın yoğunluğu ve yapay aydınlatmanın uyumlu entegrasyonu, çalışanların verimliliğini artırmaya yönelik tasarlanmıştır. Danimarka’daki Navitas Binasında,

Kuzey Avrupa iklimine uygun olarak, düşük gün ışığı seviyelerini dengelemek için ileri aydınlatma kontrol sistemleri ve sensörler kullanılmıştır. Bu örnekler, farklı iklim, coğrafya ve kullanıcı ihtiyaçlarına yönelik çözüm geliştirilmesinin önemini göstermektedir. Böylelikle doğal ve yapay aydınlatmanın etkili entegrasyonu, enerji tasarrufu ve kullanıcı memnuniyeti sağlama açısından dünyada uygulanan mimari projelerde önemli bir rol oynamaktadır.



Şekil 24. Örneklerin konumu: Navitas binası, Aarhus, Danimarka’ da (solda), NZE binası, Pekin, Çin’ de (orta), ve Aurecon binası, Brisbane, Avustralya’ da (sağda) (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

2.4.2.1. NZE’ye ait CABR ofis binası, Pekin, Çin

Çin Bina Araştırmaları Akademisi’ nin (China Academy of Building Research - CABR) kullandığı Near Zero Enerji (NZE) ofis binası, Pekin’de, 116°20’ doğu boylamı, 39°56’ kuzey enlemi üzerinde yer almaktadır. Binanın, kuzey ve kuzeydoğu tarafı “Çin Bina Araştırmaları Akademisi” tarafından, güney tarafı da “Yangın Araştırma Enstitüsü” tarafından ofis olarak kullanılmaktadır. Ofis binasının birinci ve ikinci katlarından ziyade üçüncü ve dördüncü katları daha iyi manzaraya ve doğal aydınlatmaya sahip olduğu belirtilmektedir. Toplam 4025 m² alana sahip, dört katlı ofis binası ağırlıklı olarak ofis ve konferans amaçlı kullanılmakta olup, yaklaşık 160 kişilik bir personele ev sahipliği yapmaktadır. Bina resmi olarak 2014 yılında kullanıma açılmıştır ve yeşil bina sertifikası olarak “LEED-NC platin” e sahiptir (Şekil 25). NZE binasının “Çin Bina Araştırmaları Akademisi” ofislerinde doğal aydınlatma ve yapay aydınlatmaya entegrasyonuna yönelik çözümleri sayesinde yaklaşık 75% oranında enerji tasarrufu sağlandığı kamuya açık yayınlarda belirtilmektedir. (Tao, 2022).



Şekil 25. Pekin'deki NZE' ye ait CABR ofis binasının dıştan görünümü (Url 17)

Bu projede, ofislerde çalışanlara yeterli doğal aydınlatma sağlamak hedeflenmiş olup, her ofiste yatay pencereler bulunmaktadır. Aydınlatma enerji tüketimini azaltmak için binanın dördüncü katında yer alan konferans salonunda, çeşitli aydınlatma modları yapılandırılmaktadır. Doğal aydınlatmadan yararlanmak amacıyla tavanda ışık tüpü sistemi uygulanmaktadır. Bu sistem, gün ışığını etkili bir şekilde iç mekâna yönlendirerek enerji tüketimini azaltmakta ve mekândaki görsel konforu artırmaktadır. Işık tüpleri, güneş ışığını tavandan iç mekâna iletip yapay aydınlatma ihtiyacını en aza indirmekte ve enerji verimliliği sağlamaktadır. Yuvarlak veya dikdörtgen şekillerdeki gömme LED armatürler ile de yapay aydınlatma uygulanabilmektedir. (Şekil 26) (Tao, 2022)



Şekil 26. NZE' ye ait CABR ofis binası konferans salonu (solda), tavanda ışık tüpü ile doğal aydınlatmanın sağlanması (orta), ofiste LED tavan aydınlatması (sağda) (Xu, 2018)

Dördüncü katta bulunan konferans odasının gün ışığı faktörü ise Tablo 3'te gösterildiği şekilde test edilmektedir (Tao, 2022). Projede yüksek verimli enerji tasarruflu aydınlatma armatürü ve fotosel, kızılötesi, hareket sensörleri kullanılmakta ve ofis genel aydınlatması için tavanda floresan lambalar ve LED aydınlatmalar tercih edilmektedir. Ayrıca, koridorlar ve kamusal alanların tavanlarında LED downlight tipi armatürler kullanılmaktadır (Xu, 2018).

Tablo 4. Işık tüpü kullanılarak doğal aydınlatma sağlandığı durumda ölçülen ortalama günışığı faktörü (ADF) ve aydınlık düzeyi (lüks).

	ADF (%)	Aydınlık düzeyi (lüks)
Yan pencere ve ışık tüpü kullanılarak doğal aydınlatma sağlandığı durumda	0.73	365
Yalnızca ışık tüpü kullanılarak doğal aydınlatma sağlandığı durumda	0.61	305

Dördüncü katta bulunan bağımsız ofiste, merkezi kontrol ve bireysel kontrol modları olan cep telefonu uygulaması aracılığıyla erişim sağlanıp, kontrol edilebilen armatürler kullanılmıştır. Bu armatürler, güç kaynağı teknolojisi ile çalışmaktadır. Söz konusu teknoloji, aydınlatma sistemlerinin kullanım sonrası performansını izleyerek enerji verimliliğinin artırılması ve kullanıcı ihtiyaçlarına uygun iyileştirmelerin yapılmasına imkân tanımaktadır (Tao, 2022).

Aydınlatma kontrol sistemi, akıllı aydınlatma teknolojilerinden yararlanarak varlık denetimi, ışık düzeyinin düzenlenmesi ve çeşitli kontrol yöntemlerinin uygulanmasını sağlamaktadır. Pencereye yakın konumlandırılan armatürler, doğal aydınlatma düzeyi ve mekânın gereksinimlerine bağlı olarak ışık seviyesini ayarlamaktadır. Konferans odası, ofis ve koridor gibi alanlarda, insanlar bulunmadığında ışıkların otomatik olarak kapatılmasını sağlamak amacıyla varlık kontrol sistemi kullanılmaktadır. (Tao, 2022).

Otomatik perde kullanımı, doğal aydınlatmanın mekâna homojen bir şekilde dağılmasını sağlarken ve aynı zamanda kamaşmayı engeller. Bu sayede, ofislerde hem görsel konfor artar hem de güneş ışığının olumsuz etkileri azaltılır. Ayrıca doğal aydınlatmanın düzenli ve etkili kullanımı, çalışanların biyolojik ritimlerini olumlu şekilde etkileyerek odaklanma ve genel verimlilik seviyelerini artırdığı belirtilmektedir.

Yine aynı araştırmada, aydınlatma kullanımı üzerine çalışan personel ile yapılan anket sonuçlarına yer verilmiş, katılımcıların %85'inden fazlasının genel olarak memnuniyeti veya yüksek memnuniyeti olduğu ifade edilmiştir. Katılımcıların %90'undan fazlasının otomatik perdelerden memnun olduğu, ayrıca çalışanların kendilerini daha aktif ve mutlu kılan doğal ışığı tercih ettiği bilgisi paylaşılmaktadır (Tao, 2022).

2.4.2.2. Aurecon Binası, Brisbane, Avustralya

Aurecon Binası Brisbane, Avustralya’da 27° 27’ 7.884” güney boylamı ve 153° 2’ 1.95” doğu enleminde yer alan 10 katlı ahşap bir bina olarak tanımlanmaktadır (Şekil 27). Aurecon binası, Bates Smart ve Woods Bagot tarafından tasarlanan, yüksek verimliliğini belgeleyen enerji sertifikalarına sahip bir ofis binasıdır (Kieu Pham, 2022).



Şekil 27. Aurecon ofis binası Brisbane, Avustralya (Url 18)

Aurecon binasında, aydınlatmaya bağlı enerji verimliliğini, görsel konforu ve kullanıcı memnuniyetini sağlamak amacıyla kullanım sonrası değerlendirme (post occupancy evaluation- POE) yürütüldüğü açıklanmakta ve elde edilen bulgular ile iç mekân aydınlatma düzeyi izlenmektedir. Yapay aydınlatmayı oluşturan LED aydınlatma armatürlerinin ışık seviyeleri, asma tavana montelenmiş doğal aydınlatmaya bağlı aydınlık seviyesini ölçen foto sensörler tarafından algılanan ışık seviyesine göre ayarlanmakta ve doğal aydınlatma ile optimal denge sağlanmaktadır. Yapay aydınlatma sistemi, askıya alınmış parabolik panjurlara yerleştirilmiş doğrusal LED armatürlerinden ve balastlardan oluşmaktadır (Şekil 28).

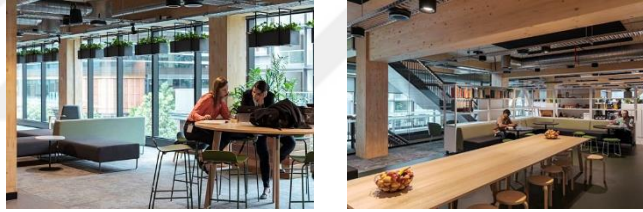


Şekil 28. Aurecon Brisbane ‘deki açık planlı ofisten iç mekân görünümü ve aydınlık düzeyini ayarlamak için kullanılan uzaktan kontrol cihazı (solda) (Gentile, 2022), Tavanda kablo tavaasına monteli spot aydınlatma (orta) (Aurecongroup), Ofiste doğal aydınlatma kontrolü için kullanılan gölgeleme elemanı (sağda) (Kieu Pham, 2022).

İncelenen araştırmaya göre, Aurecon’ın yeterli aydınlatma aydınlatmayı sağlama yaklaşımında doğal ve yapay aydınlatma birlikte kullanılarak, en az %75 oranında çalışma istasyonunda 200 lüks seviyesine ulaşılması hedeflenmiştir. Araştırmada, bina kullanıma açılmadan önce sahada doğrulama ölçümleri yapılmıştır.

Bu vaka çalışmasında, yalnızca doğal aydınlatma (11:30-12:30 saatleri arasında bulutlu hava koşullarında) ve yalnızca yapay aydınlatma kullanılarak değerlendirilmiştir. Ölçümlerin, oturma pozisyonundaki göz hizasında, kuzeybatı ve güneydoğuya bakan iki alandaki toplam on iki çalışma istasyonunda gerçekleştirildiği belirtilmektedir. Sonuçlar, yapay aydınlatma kullanılmadan da kuzey, doğu ve batıya yönlendirilmiş dış cepheye yakın çalışma istasyonlarında, açık veya hafif bulutlu hava koşullarında gün ışığının uygun aydınlatma uyarımı sağlayabildiğini ortaya koymaktadır.

Bu tasarım konseptinde, 3000K renk sıcaklığına sahip sıcak beyaz bölgesel aydınlatma önemli bir rol üstlenmektedir. Geniş ışık dağılımına sahip ince gömme armatürler, birinci kattaki lounge alanı başta olmak üzere diğer alanları aydınlatmaktadır. İkinci kattaki mola alanında bulunan açık mutfak nişi, downlight armatürleri ile aydınlatmaktadır. Küçük masaların üzerinde geniş ışık dağılımına sahip armatürler, uzun masanın üzerinde ise oval ışık dağılımına sahip armatürler kullanılmıştır (Şekil 29) (Kieu Pham, 2022).



Şekil 29. Birinci kattaki lounge alanı (sol), ikinci kattaki mola alanında bulunan açık mutfak nişi (sağ) (Url 19)

Strüktürü ahşap iskelet olarak oluşturulan binanın birinci katında tavanda tesisat sistemleri düzenlenmiş, ancak, kapatılmamıştır. Bunun yerine tüm tesisat görünür halde bırakılmıştır. Elektrik tesisatı için düzenlenen kablo tavalara monteli spot aydınlatmalar kullanılmıştır. Aydınlatma armatürlerinin tavandaki metal ray sistemine monte edilmesi ile, konumlandırma, hizalama ve ışık dağılımının farklı düzenlemelere kolayca ve esnek bir şekilde uyarlanabilmesi sağlanmıştır. Bu sayede açık ofisin çok yönlü kullanımının mümkün olduğu belirtilmiştir (Gentile, 2022).

Kullanıcı geri bildirimleri, kullanım sonrası değerlendirme (post occupancy evaluation- POE) programının bir parçası olarak, iç mekân çevre kalitesi (IEQ) hakkında sorular içeren bir değerlendirmenin Aurecon Binası için yapıldığına literatürde rastlanmıştır. Çalışanların %70' inin iç mekân aydınlatmasından memnun

olduğu bu anket sonuçlarında ifade edilmektedir. İlâveten, %64' ünün yapay aydınlatma ve %59' unun da doğal aydınlatmadan genel olarak memnun olduğunda aynı çalışmada gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, %89' u pencerelerden gelen kamaşmayı fark etmiş ve %12' si de bu durumdan yüksek derecede rahatsızlık duyduğunu belirtmiştir. Ayrıca, %46' sı aydınlatma üzerinde kişisel kontrolün önemli olduğuna dair bulgular bulunmaktadır. Çalışanların istenmeyen parlamayı tamamen engellemelerine olanak tanımak için daha düşük görünür ışık geçirgenliğine (VLT <%10) sahip ek panjurların eklenmesi, ancak daha fazla doğal aydınlatma talep edilmesi durumunda mevcut panjurların daha yüksek bir VLT' ye (> %40) sahip olması gerektiğini ortaya koyan araştırma sonuçlarına ulaşılmıştır (Kieu Pham, 2022).

2.4.2.3. Navitas Binası, Aarhus, Danimarka

Navitas binası, Aarhus limanı'nda konumlanmış, iklim, çevre, enerji, inovasyon alanlarında eğitim ve araştırmayı bir araya getirdiği açık kaynaklarda tespit edilmiştir. (Şekil 30). Toplam 38.000 m²' lik kapalı alanda yer alan bu yapı, 3.000'e kadar öğrenci, akademisyen, araştırmacı ve yenilikçiye hizmet verdiği literatürde belirtilmektedir. Bina, kullanıcılara gün içinde uzun süre doğal aydınlatma sağlamayı hedefleyen cephe ve iç avlu düzeninde tasarlanmıştır (Osterhaus, 2022).



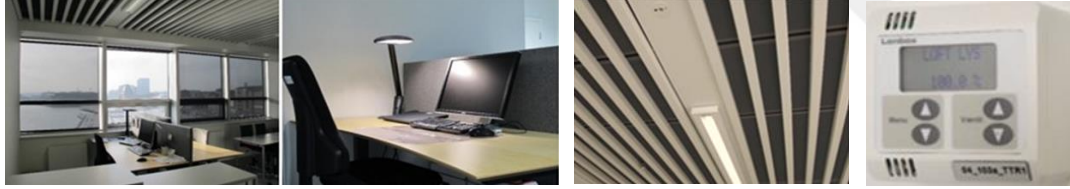
Şekil 30. Aarhus limanındaki Navitas binasının dıştan görünümü (Url 20)

Binaya ilişkin yapılan literatür araştırmasında simülasyonların yapıldığı tespit edilmiş ve bu simülasyonlarda, binanın enerji tüketiminin, standart bir ticari binanın ihtiyaç duyduğu enerjinin %50'sinden daha az olacağını yönünde öngörüler sunulmaktadır. Bu başarı, planlama aşamasında entegre enerji tasarımı, üç camlı pencerelere sahip yüksek yalıtımlı bina cephesi, varlık sensörleri ile algılanan doğal aydınlatmaya duyarlı yapay aydınlatma kontrolü, çatısındaki 5.500 m² lik fotovoltaik paneller ve limandan temin edilen suyla iç havanın soğutulması gibi stratejilerin ortaya konduğu kaynaklarda belirtilmektedir. İç mekân iklimlendirmesinin ve

aydınlatmasının, akıllı bir bina yönetim sistemi (BMS, Building Management System) tarafından sürekli olarak izlendiği ifade edilmektedir (Osterhaus, 2022).

Navitas binasında, EN 17037 standardına göre tespit edilen, yıl boyunca gün ışığı saatlerinin en az yarısında, cepheden 2,5 m derinliğe kadar %2,1 gün ışığı faktörünü ve 300 lüks değerini sağladığı yönünde literatürde tespitlerde bulunulmuştur. Navitas binasındaki çalışma alanlarının çoğu binanın dış cephesi boyunca konumlandırıldığı kaynaklarda gözlemlenmiştir. Ancak aynı çalışmalarda, örnek olarak incelenen güneybatı ofisinin kuzeybatı köşesindeki çalışma masasının yeterli doğal aydınlatma almadığı iddia edilmektedir. Cepheden 8 ila 10 m derinliğe sahip sınıflarda ise alanın üçte ikisi yalnızca doğal aydınlatma ile 300 lüks eşik değerinin altında kaldığı, bu nedenle kullanım süresinin büyük kısmında yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulduğu sonuçlarda belirtilmiştir.

Aydınlatma sistemi, ofislerde, toplantı odalarında ve sınıflarda 300 lüks aydınlatma düzeyini hedefleyen T5 floresan armatürleri (4.000 K) ile sağlanmakta ve gerektiğinde 500 lüks seviyesine ulaşmak için ek olarak elle çalıştırılan masa armatürleri (task lighting) kullanıldığı bilgisine erişilmiştir. (Şekil 31).



Şekil 31. Navitas binasında tipik bir ofiste doğal ve yapay aydınlatma ve gölgeleme kontrolü ve aydınlık düzeyini ayarlamak için kullanılan uzaktan kontrol cihazı (Gentile, 2022).

Ofislerde fotosel sensörler ve varlık sensörleri olarak iki tür sensör kullanıldığı açıklanmaktadır. Asma tavana monte edilmiş aydınlatma armatörleri, mevcut doğal aydınlatma seviyelerine göre otomatik olarak kısılmakta ve varlık sensörleri herhangi bir hareket algılamadığında tamamen kapatılmaktadır. Çalışanlar, her odanın girişinde bulunan bir kontrol paneli aracılığıyla ışık seviyesini %0 ile %100 arasında manuel olarak ayarlayabilmektedir. Gölgeleme sistemi olarak kullanılan, manuel olarak kontrol edilen perde yüzeyinde %50 oranında boşluklar bulunmaktadır. Kullanılan bu tür perdeler sayesinde ders sırasında yapılan medya sunumları için ışık seviyesini azaltılabilmektedir.



Şekil 32. Navitas binasında tipik bir sınıfın iç mekân görünümü (Osterhaus, 2022).

Varlık sensörü vasıtası ile algılanan bir kişi, odaya girdiğinde eğer mevcut aydınlık seviyesi tanımlı en az aydınlık seviyesinden az ise yapay aydınlatma devreye girmekte ve otomatik olarak açılmaktadır. Kullanıcılar odaya yalnızca kısa bir süre girip tekrar çıksalar bile en az otuz dakika açık kalmaktadır (Osterhaus, 2022).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

OFİSLERDE GÖRSEL KONFOR ETKENLERİ

Aydınlatma, yalnızca bir tasarım ögesi olarak değil, aynı zamanda işyerinde sağlık ve güvenliği destekleyen bir faktör olarak da önemli bir rol oynamaktadır. Yürütülen işin türü, önerilen aydınlatma seviyelerini etkiler. Görev ne kadar karmaşıksa aydınlatmadan kaynaklanabilecek sağlık sorunlarını engellemek aydınlatma tasarımının ana amacı olmaktadır. Bu nedenle, ofis aydınlatma düzenlemelerinde, çalışanların üretkenliği ile konforunu artırmak amacına odaklanılabilmektedir (Url 21).

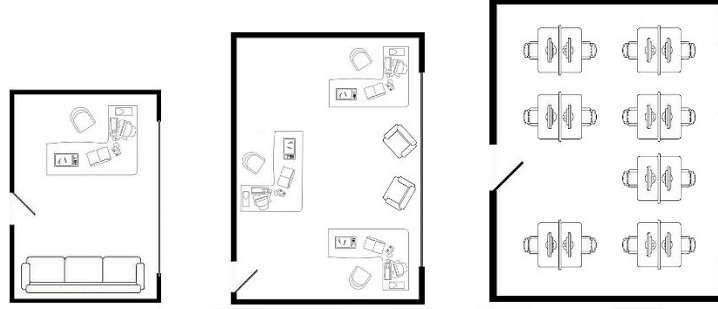
Görsel konfor, genellikle belirli bir mekânda, belirli bir zamanda ışığın niceliği ve niteliğine karşı bir öznel tepki olarak tanımlanır. İnsan konforu için yaygın olarak kabul edilen bir tanım bulunmamaktadır, ancak kullanıcıların çevreleri, nesnelere veya arayüzleri ne kadar takdir ettiğini nicelleştirmeye yönelik çeşitli ölçütler geliştirilmiştir. Hem çok az ışık hem de fazla ışık görsel rahatsızlığa yol açabilir. (Gale, J. E. 2011). Aydınlatma tasarımının görsel konfor açısından sağlanması gereken değerler EN 12464-1, CEN, CIE, CIBSE, DIN ve IES standartlarında tarif edilmektedir. Türkiye’de de EN 12464-1 standardının esas alındığı TS EN 12464-1 standardı kullanılmaktadır.

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) belgeleri, iç mekân aydınlatmasıyla ilgili standartları, ilgili yönetmelikleri ve mevcut araştırmaları belirlemektedir. Görsel konfor için iç mekân aydınlatmasında dikkate alınması gereken parametreler şu şekilde tanımlanmaktadır: aydınlık düzeyi (düzgünlüğü faktörü), parlılık (kamaşma, yansıtma oranları) ve renk.

3.1. Ofis Tipleri

Aydınlatma hesaplamalarını yapmadan önce, mekânın kullanım amacının tespit edilmesi gerekmektedir. Buna bağlı olarak, farklı mekanlar farklı türden aydınlatmaya ihtiyaç duymaktadır. Örneğin, bir çalışma alanı parlak ve odaklanmış bir aydınlatmaya ihtiyaç duyabiliyorken, bir dinlenme alanı ise daha yumuşak ve kısık bir aydınlatmaya ihtiyaç duyabilir. Dolayısıyla, hesaplamaları yaparken mekân kullanımını önemli bir parametre olmaktadır. Yapılacak ölçümler ile, mekânın boyutlarına bağlı olarak ihtiyaç duyulan uygun ışık seviyesi ve armatür sayısı tespit edilebilmektedir.

Mimari tasarım açısından ofisler, çalışanların ihtiyaçlarına ve yaptıkları işe göre farklı gruplara ayrılmaktadır. Bu gruplar arasında geleneksel (hücresel) ofisler, açık planlı ofisler, grup düzenli ofisler yer almaktadır (Gezersu, 2019). Ofislerdeki mimari tasarım farklılıkları, aydınlatma tasarımını da etkileyerek her tür ofis için farklı çözümler gerektirmektedir (Şekil 33).



Şekil 33. Geleneksel (hücresel) ofisler (solda), grup düzenli ofisler (ortada), ve açık planlı ofisler (sağda) (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

3.2. Aydınlık Düzeyi

Aydınlık düzeyi, aydınlatılan yüzeyin birim alanı başına düşen görünür ışık akısı miktarını ifade eder. Bu birim lüx'tür (lx) ve ulusal düzenlemelere göre genellikle ofisler için minimum aydınlık düzeyinin 300 lüks olması gerekmektedir. Ofis alanındaki konforlu aydınlatma, çalışanların performansını daha elverişli hale getirdiği kabul edilmektedir.

Aydınlatma seviyesi, belirli bir alanda gereken ışık miktarını ifade etmektedir ve genellikle lüks ile ölçülmektedir. İdeal aydınlatma seviyesini belirlemek için mekânda gerçekleşecek aktiviteler dikkate alınmalıdır. Genel aydınlatma için konut ve ticari alanlarda 200-500 lüks aralığı uygun aydınlatma seviyesi olarak kabul edilmektedir. Görev aydınlatması için ofisler gibi detaylı çalışmalar yapıldığı alanlarda 300-1000 lüks aralığı olarak daha yüksek seviyelere ihtiyaç duyulmaktadır. Uzmanlık alanları için, örneğin sanat galerileri veya ameliyathaneler gibi özel gereksinimleri olan alanlarda daha da yüksek aydınlatma seviyelerine ihtiyaç duymaktadır (Url 21)

Aydınlatma ve enerji tasarruflu lambalar sıradan lambalara göre yaklaşık dört kat daha fazla ışık sağlamaktadır. Bir ışık kaynağının ürettiği lümen miktarı, ortamın ışık seviyesinin lüksmetre adı verilen cihazla ölçülebilmektedir. Bu ölçüm, aydınlatma tasarımcılarının gerekli aydınlatma seviyesini doğru şekilde planlamasına ve ayarlamasına olanak sağlamaktadır. (Url 22).

Genel aydınlatma ve görev aydınlatmasının aynı anda kullanıldığı durumlarda, çalışma alanı dışındaki alanların ortalama aydınlık değeri, çalışma alanının aydınlık değerinin yarısından az olmamalı ve 200 lüks' ten düşük olmamalıdır. Ofisin yanındaki koridorun aydınlatması ofisin ortalama aydınlatmasının belirli bir oranında olması da beklenmektedir. Aksi takdirde, ofis içindeki parlıltı düzeyinde oluşan güçlü kontrast değişiklikleri, çalışanlarda görsel rahatsızlığa veya yorgunluğa yol açabilir (Url 19).

- **Düzgünlük Faktörü (Aydınlığın Dağılımı)**

Göz, görme alanındaki parlıltıya uyum sağladığı için görme alanı içindeki aydınlık seviyesinin düzgünlüğü yani aydınlatmanın düzgün dağılımı önemlidir. Düzgünlük faktörünü etkileyen parametreler olarak, ölçülen en düşük aydınlık düzeyi “Emin” ve ölçülen aydınlık düzeylerinin ortalaması “Eort” tanımlanmaktadır.

Düzgünlük faktörü (Uniformity ratio): $U = \text{Emin} / \text{Eort}$

Genel aydınlatma için en az aydınlık değerinin ortalama aydınlık değerine oranının 0,7' den, çalışma alanı çevresindeki aydınlık değerlerinin oranının ise 0,5' ten az olmaması gerekmektedir (Özkaya ve Tüfekçi, 2011).

3.3. Parlıltı

İç mekânlarda, hacim yüzeylerindeki parlıltı dağılımı, görsel konfor açısından önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir. Parlıltı dağılımının neden olduğu olumsuz etkilerin giderilmesi ve görsel algıyı destekleyen uygun bir çevrenin oluşturulabilmesi için, görme alanına giren farklı yüzey ve nesnelerin ışıklıkları arasında belirli oranların sağlanması ve bu değerlerin belirlenen sınırlar içinde kalması gerekmektedir (Yağmur ve Sözen, 2016).

- **Yansıma oranları**

Mekân içindeki tüm yüzeyler, sahip oldukları malzeme özelliklerine bağlı olarak farklı ışık yansıtma oranlarına sahiptir. Bazı malzemeler yüksek oranda ışık yansıtarak daha parlak bir görünüm oluştururken, bazıları ise ışığı büyük ölçüde emerek daha düşük bir parlıltıya sahip olmaktadır. Bu durum, mekânda aydınlık düzeyinin dengeli bir şekilde dağıtılmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Aydınlık düzeyi dengeli bir aydınlatma ortamı, mekânı oluşturan tüm yüzeylerin parlıltısı ve ışık yansıtma dereceleri dikkate alınarak sağlanmaktadır. Mekânda kasvetli

bir atmosferin oluşmasını önlemek ve konfor seviyesini artırmak için özellikle duvar ve tavanlarda parlak yüzeylerin kullanımı büyük önem taşımaktadır (Eaton, 2013). İç yüzeyler için uygun yansıtma oranları ise tablo 5’te sunulmaktadır.

Tablo 5. CIE standartlarında ofis yüzeyleri için yansıtma çarpan önerileri

Ofis yüzeyi	Yansıtma Oranı
Tavan	0.6- 0.9
Duvarlar	0.3- 0.8
Çalışma alanları	0.2- 0.6
Zemin	0.1- 0.5

- **Görünür ışık geçirgenliği (Visible light transmission, VLT)**

Cam sisteminden geçen görünür ışık miktarı yüzdelik olarak ifade edilmektedir. Görünür ışık geçirgenliği (visible light transmittance – VLT) derecesinin düşük olması, kamaşma kontrolü açısından avantaj sağlarken, yüksek derecede geçirgenlik ise doğal aydınlatmanın büyük ölçüde sağlanması açısından tercih edilmektedir (Modaresnezhad. 2016). Daha yüksek VLT değeri, daha fazla görünür ışığın iletiildiği anlamına gelirken, daha düşük VLT değeri ise daha az görünür ışığın iletiildiğini göstermektedir. Görünür ışık geçirgenliği (VLT), çeşitli faktörlerden etkilenmektedir. Cam yüzeyine uygulanan kaplamalar, görünür ışığın bir kısmını yansıtarak ve emerek VLT’ yi azaltmaktadır. Benzer şekilde, renkli cam kullanımı da, ışığın emilmesi veya yansıtılması yoluyla VLT’ yi düşürmektedir. Ayrıca, camın kalınlığı da önemli bir faktör olup, daha kalın camlar, daha fazla ışık emerek daha ince camlara kıyasla VLT’ yi bir miktar azaltmaktadır (Url 23). Görünür ışık geçirgenliği türleri Şekil 34’ te sunulmaktadır.



Şekil 34. Görünür ışık geçirgenliği türleri (Modaresnezhad. 2016).

- **Kamaşma**

Kamaşma değerleri, farklı kullanım amaçlarına sahip hacimler için çeşitli limitlerle belirlenmiştir. Örneğin, en az aydınlık koşulunun 500 lüks olduğu bir ofis alanı için UGR değeri 19 olarak sınırlandırılmıştır. En az aydınlık koşulunun 750 lüks olduğu başka bir ofis için ise, UGR değeri 16 ile sınırlandırılmaktadır. UGR kamaşma kategorisi değer aralıkları, Tablo 6' da yer almaktadır (Jakubiec ve Reinhart, 2010)

Tablo 6. CIE standartlarında UGR kamaşma kategorisi aralıkları

Kamaşma Kategorisi	UGR
Hissedilmeyen kamaşma	<13
Hissedilebilir kamaşma	13-22
Rahatsızlık verici kamaşma	22-28
Katlanılmaz kamaşma	>28

3.4. Renk

Yapay aydınlatma, kullanıldığı mekâna ve görsel ihtiyaçlara bağlı olarak renk algısını en doğru şekilde sağlaması gerekmektedir. Bu, doğal aydınlatmada olduğu gibi mekânda dengeli bir algılamanın oluşmasını amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, bir ışık kaynağının renksel geriverim özellikleri belirleyici bir ölçüt olarak kabul edilmektedir. Bu özellikler, “genel renksel geriverim endeksi” (Ra) ile ifade edilmektedir. Ra = 100 değerine sahip bir ışık kaynağı, tüm renkleri referans ışık kaynağı altında olduğu gibi optimal şekilde göstermektedir. Ra değeri azaldıkça, renklerin doğru algılanma düzeyi de giderek düşmektedir (CIE, 1995).

Tablo 7. TS EN 12464-1, CEN, CIE, CIBSE, DIN ve IES standardına göre ofis mekanlarında görsel konfor koşullarının sağlanmasında eylem türüne bağlı minimum gereksinimler.

Ofis	E (lüks)	UGR	Ra	U
Dosyalama, kopyalama, sirkülasyon	300	19	80	0.40
Yazmak, yazmak, okumak	500	19	80	0.60
Teknik çizim	750	16	80	0.70
CAD iş istasyonu	500	19	80	0.60
Konferans ve toplantı odaları	500	19	80	0.60
Resepsiyon masası	300	22	80	0.60
Arşivler	200	25	80	0.40

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ALAN ÇALIŞMASI: IGU K BLOK, 18. KAT OFİSLERİ

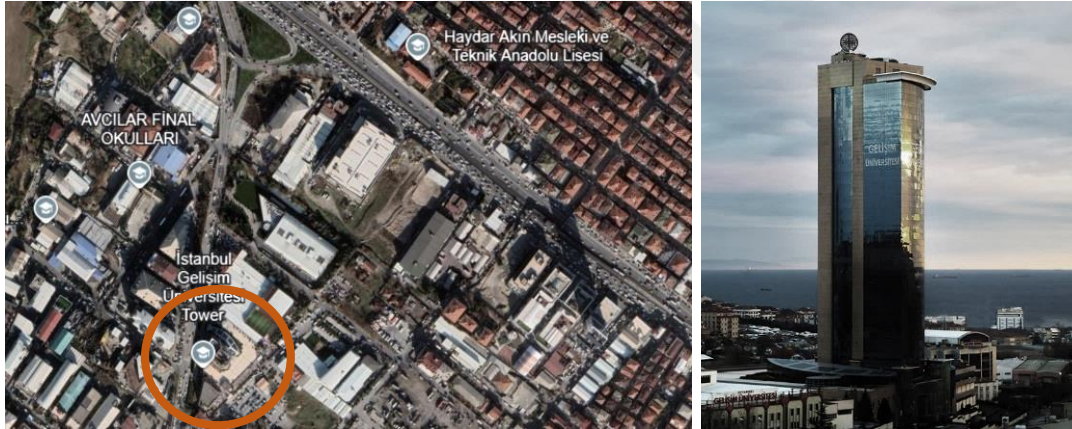
Tez çalışmasının bu bölümünde, İstanbul Gelişim Üniversitesi'nin K Blok kule binasının 18. katı, çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bütünleşik aydınlatmaya ilişkin teknoloji ve yöntemler bu örnek analizi üzerinden değerlendirilmektedir. Çalışmada, K blok kule binasının yalnızca 18. kattaki ofislerine odaklanılmaktadır. Binanın ilk yapımından günümüze mülkiyet değişikliğine gidilmesi sonucunda farklı katlarında farklı revizyonlara gidilmiştir. Ancak, bazı katları ilk işlevi olan ofis olarak kullanılmaya devam edilmiştir. 18. kat ofisleri de bu kapsamdadır ve ofis olarak kullanılmaya devam etmektedir. Ancak, ofis kullanımına yönelik bir değişikliğe gidilmiştir. Eski plan olarak anılan, açık plan düzeninde, revize plan olarak anılan geleneksel (hücreli) plan tipindedir. Bu bakımdan, bu bölümde bu iki ayrı plan türü üzerinde çalışma gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada eski plan, PLT1 (plan tipi 1) olarak kodlanmaktadır. Açık ofis tipi olan bu planda, doğal aydınlatmadan doğrudan faydalanılmakta ve ihtiyaç duyulduğunda aydınlatmanın iyileştirilmesi için yapay aydınlatmadan yararlanılmaktadır. Revize plan ise, PLT2 (plan tipi 2) olarak kodlanmaktadır. Geleneksel (hücreli) ofis tipi olan bu plan türünde ise, yalnızca pencere kenarında bulunan sınırlı sayıdaki ofisler, doğal aydınlatmadan doğrudan faydalanmakta, diğer ofisler, yapay aydınlatmayı daha uzun süre kullanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, mekânın görsel konfor şartları üzerinde bir araştırma yapılmaktadır. Görsel konforun değerlendirilmesi kapsamında, farklı parametreler arasından özellikle aydınlık düzeyi incelenmektedir. Seçilen bina bir üniversite olduğundan, analiz için belirlenen süre eğitim takvimine dayanmaktadır. Bu analiz, Mart, Haziran ve Aralık tarihlerinde yapılacak şekilde planlanmıştır. Yapılan analizler, çalışanların konforunu artırmaya yönelik aydınlatma stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Modelleme ve analiz süreçleri için Autodesk Revit yazılımı (eğitim versiyonu) aydınlatma analizlerinde, Google earth ise güneş yörüngesi diyagramı analizlerinde kullanılmaktadır.

4.1. Çalışma Alanına İlişkin Bilgiler

Bina, İstanbul'da yer almakta olup toplamda yaklaşık otuz kata sahiptir (Şekil 35). Bu bina, 1998-1999 yılları arasında inşa edilerek başlangıçta ofis işleviyle kullanılmaktaydı. Akabinde mülkiyet değişikliği sonrasında, işlev değişikliğine gidilmiş ve Gelişim Üniversitesi kullanmaya başlamıştır. İşlev değişikliği sonrasında, bina karma kullanıma sahip olmuş, eğitim ve ofis amaçlı kullanılmaya başlanmıştır. Dolayısıyla, yapının iç mekân planlamasının ve aydınlatma sisteminin yeniden düzenlenmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda, otomasyon sisteminde yenilemeye gidilmiştir. Otomasyon sisteminin bir parçası olan aydınlatma sisteminde de hareket ve fotosel sensörleri kullanılarak otomatik aydınlatma sistemi mevcut aydınlatma sistemine entegre edilmiştir. Bu entegrasyon sayesinde kullanıcı konforunun artırılması ve enerji tüketiminin azaltılması hedeflenmiştir. Doğal ve yapay aydınlatma entegrasyonunda otomatik aydınlatma sisteminin kullanım şekli ve performansı, yapının önceki ve yeniden düzenlenmiş durumları üzerinden incelenmektedir.

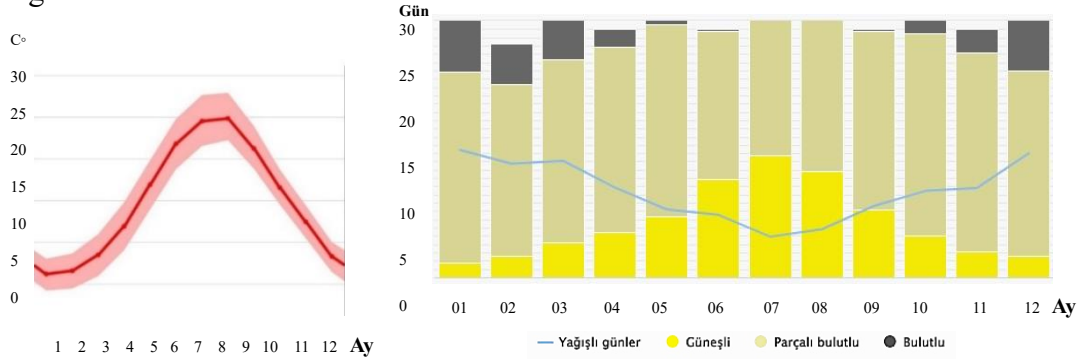


Şekil 35. İstanbul Gelişim Üniversitesi K blok yerleşimi (solda) (Google earth 2025), binanın genel görünümü (sağda) (Url 24).

4.1.1. İklim ve çevre koşulları

K bloğu, 40.993 enlem ve 28.699 boylamda konumlanmaktadır. İncelenen kat 18. katta olduğu için, bu mekânda doğal ışığın gelişini engelleyecek herhangi bir engel ya da bina bulunmamaktadır. Avcılar ilçesine ait sıcaklık grafiği ve bulutlu, güneşli ve yağışlı günleri gösterir grafik Şekil 36 de sunulmaktadır. 24,8 °C sıcaklıkla Ağustos yılın en sıcak ayıdır. Ocak ayında ortalama sıcaklık 6,2 °C olup yılın en düşük

ortalamasıdır. Aylık güneşli, parçalı bulutlu, bulutlu ve yağışlı gün sayıları Şekil 36’da gösterilmektedir.

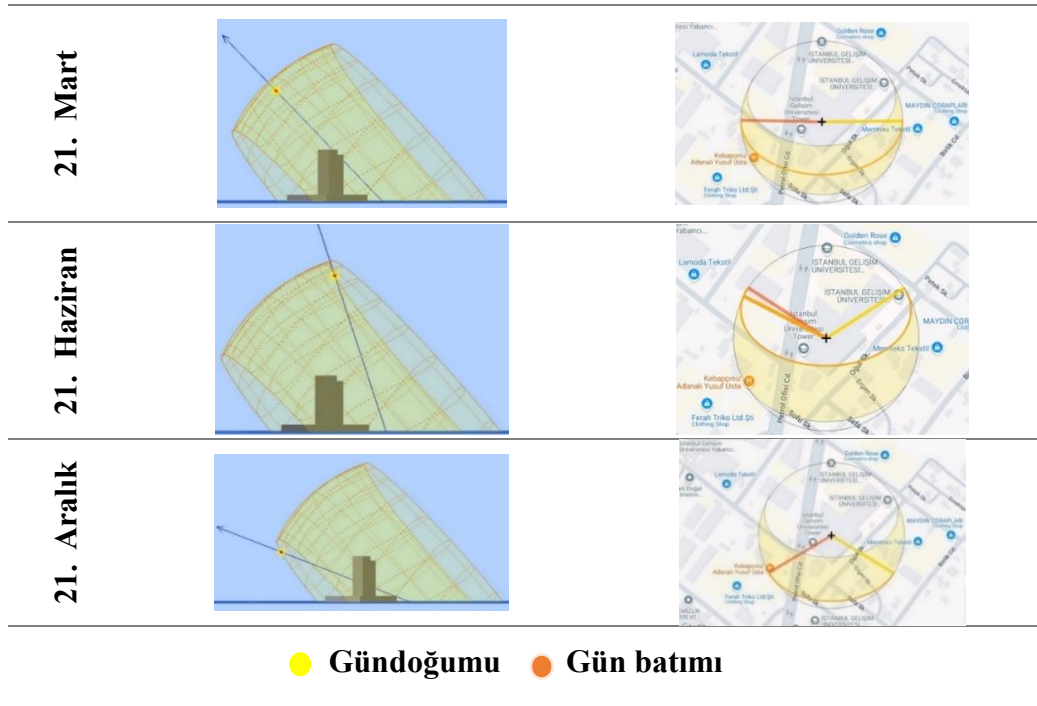


Şekil 36. İstanbul’da avcılar ilçesine ait sıcaklık grafiği (solda) (Url 25), bulutlu, güneşli ve yağışlı günleri gösterir grafik (sağda) (Url 26)

Avcılar’ a kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış düşmektedir. Yıllık ortalama sıcaklığı 15,0 °C 'dir (Url 25). İstanbul’un Avcılar ilçesi, 1991–2020 yılları arasındaki veriler baz alındığında, yıllık ortalama güneşlenme süresi bakımından günde 6,51 ile 6,75 saat arasında güneş ışığı almaktadır. Bu durum, doğal ışıkla aydınlatma yapılacak mimari tasarımlar, güneş enerjisi sistemleri kurulumu ve açık hava aktiviteleri planlaması açısından avantaj sağlamaktadır (Url 27).

Tablo 8. Mevsimlere göre güneş yörüngesi diyagramı analizleri, Google earth kullanarak yapıldı

Güneş yörüngesi diyagramı analizleri İstanbul Gelişim Üniversitesi Kule



Tablo 8’de Mevsimlere göre güneşin konumu ve yönü gösterilmiştir. Güneş yörüngesi diyagramındaki yaylar ayı gösterir. Haziran en üst yayken aralık en alttaki yaydır, Mart ise ortada yer almaktadır.

4.1.2. İç mekân özellikleri

PLT1’ de, bu katta çalışanlar için dört bağımsız ofis, bir mutfak, iki tuvalet ve geniş bir açık ofis yer almaktadır. PLT2’ de, açık ofis, buzlu ve şeffaf cam bölmeler kullanılarak (Tablo 9) daha küçük ofis alanlarına dönüştürülmüştür. Bu alana ondört ofis daha eklenerek, toplam ofis sayısı ondokuza ulaşmıştır (Tablo 10). Genellikle cam üreticilerinin web sitelerinde, buzlu camların ışık geçirgenlik değeri (VLT-visible light transmittance) değerlerinin %30 ile %90 arasında değiştiği belirtilmektedir. Düşük VLT değerleri (%30 gibi) yüksek mahremiyet sağlarken, ışık geçirgenliğini önemli ölçüde azaltmaktadır. Daha yüksek VLT değerleri (%90 gibi) ise daha fazla doğal ışık geçişine izin vererek mekânın daha aydınlık olmasını sağlamakta, ancak mahremiyet seviyesini düşürmektedir (Url 28).

Bu projede, ofis bölme camlarının hem şeffaf hem de mat olması nedeniyle, mat bölümlerde mahremiyet ve ışık geçirgenliği arasında dengeli bir seçim yapılmıştır. Orta mat (%60 VLT) cam tam mahremiyeti sağlamasa da daha düşük VLT değeri alternatiflerine kıyasla daha fazla doğal ışık geçişine olanak tanımaktadır. Ancak ışık kaybını en aza indirmek amacıyla, Orta mat cam yerine %85 VLT değerine sahip bir mat cam seçilmiştir. Bu sayede, ofis içinde yeterli gizlilik sağlanırken, doğal ışığın verimli şekilde kullanılması mümkün olmaktadır (Url 28).

Tablo 9. Bağımsız ofislerin kurulumunda kullanılan cam bölme duvarlara ait detaylar (Fotoğraf; Nahid Babaei)



Teknik Detaylar

- Tek camlı
- Alüminyum çerçeveli cam
- Buzlu ve şeffaf cam
- 4 mm
- 85% VLT

Gelişim Üniversitesi K blok kule binasında, giydirmeye cam cephe duvar sistemi kullanılmaktadır. Cam yüzeylerinin gri-mavi renkte seçilmesi hem görsel açıdan gökyüzü rengi ile uyum sağlamak hem de doğal ışık geçirgenliğini optimize etmektedir. Binalarda doğal ışığın verimli kullanılması amacıyla, ışık geçirgenlik değeri (VLT), 70 ile 90 arasında değişen bir aralıkta seçilmektedir. Bu projede, %85 VLT değeri öngörü olarak dikkate alınmaktadır. Bu değer, yüksek ışık geçirgenliği sağlarken, ofislerde aydınlık ve konforlu bir ortam yaratılmasına olanak tanımaktadır. Şekil 37’ de projede kullanılan giydirmeye cam cephe sisteminin iç mekândan görünümü sunulmaktadır.



Şekil 37. Ofis ortamında doğal aydınlatmadan yararlanılan cephe görünümü (Fotoğraf; Nahid Babaei)

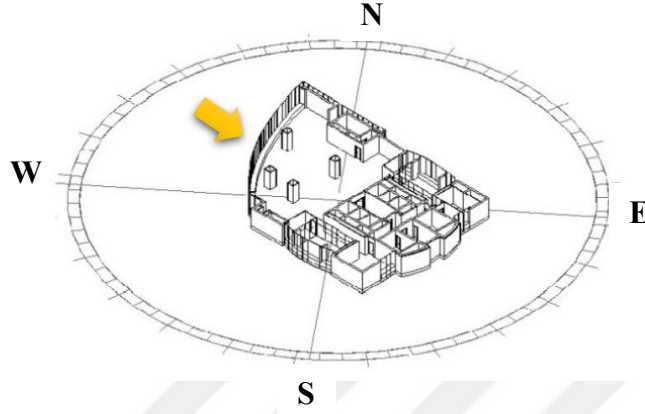
İç mekân düzenindeki değişiklik nedeniyle, PLT1 ve PLT2 plan tiplerinde doğal ve yapay aydınlatmada farklılıklar oluşmuştur. Doğal aydınlatmadan daha verimli yararlanmak amacıyla, pencere kenarlarında mümkün olduğunca fazla sayıda ofis yerleştirilmeye çalışılmıştır. Ofislerin kapasitesi, iki ila dört kişi arasında değişmektedir.

Tablo 10. K blok Kule 18. kat PLT1 ve PLT2 plan düzenleri (Planlar, İstanbul Gelişim Üniversitesi Yapı İşleri Daire Başkanlığı’ndan temin edilmiştir. Tablo yazar tarafından oluşturulmuştur)

PLT1	PLT2		
		1	Akademik ofis
		2	Akademik ofis
		3	Mutfak
		4	Wc
		5	Akademik ofis
		6	Akademik ofis
		7	Asansör girişi
PLT1		Açık ofis	
PLT2		Hücresel Ofisler	

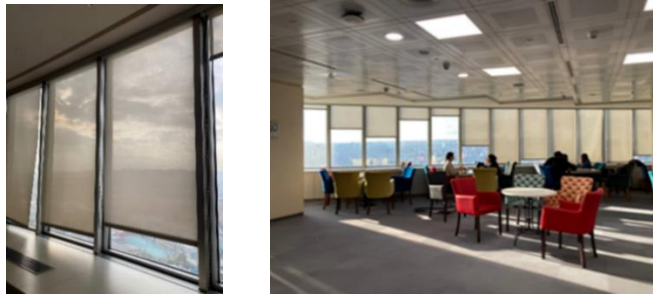
4.2. Doğal Aydınlatmaya İlişkin Tespitler

18. kattaki ofis mekanının yanal aydınlatması büyük oranda kuzeybatıya yönelmektedir. Kulenin kuzeybatı cephesi giydirme cam cephe olduğu için açık ofis alanı bu cepheden günışığı almaktadır. (Şekil 38).



Şekil 38. K bloğun coğrafi yönlere göre konumlanışının 18. kat planı üzerinden ifade edilmesi (Yazar tarafından uyarlanmıştır)

Doğal aydınlatma kontrolü için manuel veya otomatik perdeler kullanılabilir. Otomatik perdelerde, fotosel sensörleri kullanılarak ışık şiddeti algılanmakta ve buna göre perde açılmakta, kapanmakta veya yarı açık tutulmaktadır. Manuel sistemlerde ise, perdelerin açılıp kapanması kullanıcıların müdahalesine bağlıdır. Bu tür perdeler, genellikle yüksek kullanıcı yoğunluğu olan kamusal alanlarda sorunlara yol açabilmektedir. Kule binasında manuel perdeler kullanılmış olup, bu durum bazı sorunlara neden olabilmektedir. Ancak, plan revizyonunda, ofislerin daha küçük hale getirilmesi ve her alandaki kullanıcı sayısının azaltılmasıyla bu sorunlar en aza indirilmiştir. (Şekil 39).



Şekil 39. Açık ofis düzeninde stor perde kullanımı (Fotoğraf; Nahid Babaei)

4.3. Yapay Aydınlatmaya İlişkin Tespitler

PLT1 düzeninde, açık ofis alanlarında iç mekân tasarımı ve mobilya yerleşimi dikkate alınmaksızın genel bir aydınlatma düzeni uygulanmıştır. Aydınlatma, tüm alanı

kapsayacak şekilde homojen bir dağılım sağlamak amacıyla tasarlanmış olup, bireysel kullanıcı ihtiyaçları ve çalışma alanlarının spesifik gereksinimleri göz önünde bulundurulmamıştır.

PLT2 düzeninde ise, kapalı ofislerin tasarlanması ve ofislere ulaşımı sağlayan koridorların oluşturulması doğrultusunda aydınlatma bölgelendirmesi yeniden yapılandırılmıştır. Mekân on beş ayrı bölüme ayrılmış ve tavan aydınlatma düzeni yeniden yapılandırılmıştır. Bu doğrultuda, her ofis için bağımsız bir kontrol mekanizması entegre edilmiş ve böylece bireysel aydınlatma ihtiyaçlarına uygun, esnek bir sistem oluşturulmuştur. Koridorlar ayrı bir bölge olarak tanımlanmış, farklı kullanım senaryolarına uyum sağlayabilecek şekilde aydınlatma kontrolü sağlanmıştır.

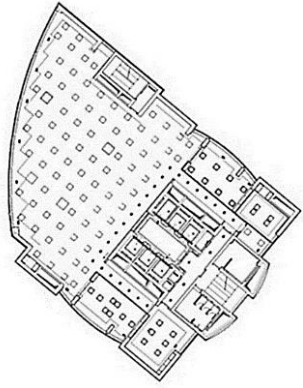

Bu yaklaşım, enerji verimliliğini artırırken kullanıcı konforunu da iyileştirmeyi hedeflemektedir. Bölgesel kontrol mekanizmaları sayesinde gereksiz enerji tüketimi önlenmekte ve aydınlatma sisteminin adaptif bir yapıya kavuşması sağlanmaktadır. Tablo 11’de, PLT1 ve PLT2 düzenlerinde yapay aydınlatmanın nasıl bölümlere ayrıldığı gösterilmektedir.

Tablo 11. PLT1 ve PLT2 düzeninde yapay aydınlatmanın bölgelere ayrılması (Planlar, İstanbul Gelişim Üniversitesi Yapı İşleri Daire Başkanlığı’ndan temin edilmiştir. Tablo yazar tarafından oluşturulmuştur)



PLT2 düzeninde tavan armatürlerinin yerleşimi, ofislerin spesifik aydınlatma gereksinimleri ve mobilya düzenleri dikkate alınarak yeniden tasarlanmış ve optimize edilmiştir. Böylece hem görsel konfor hem de enerji verimliliği açısından daha etkin bir aydınlatma tasarımı oluşturulmuştur. PLT1 ve PLT2 düzeninde yapay aydınlatmaya ait tavan armatürlerinin yerleşimi Tablo 12’de sunulmaktadır.

Tablo 12. PLT1 ve PLT2 düzeninde yapay aydınlatmaya ait tavan armatürlerinin yerleşimi (Planlar, İstanbul Gelişim Üniversitesi Yapı İşleri Daire Başkanlığı' ndan temin edilmiştir. Tablo yazar tarafından oluşturulmuştur)

PLT1	PLT2
	

Her bölümde, duvara monte edilmiş ayrı bir anahtar bulunmaktadır ve bu anahtar, kullanıcıların manuel kontrol sağlamasına olanak tanımaktadır. Ayrıca, sistem doğal aydınlatma miktarına duyarlı olup, ortam ışığı seviyesine bağlı olarak otomatik açılıp kapanan bir foto sensör ile donatılmıştır. Bu sayede, gereksiz enerji tüketimi önlenerek daha verimli bir aydınlatma yönetimi sağlanmaktadır.

Bağımsız ofislerde, aydınlatma kontrolü hem manuel hem de otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Kullanıcılar, ihtiyaçlarına göre duvara monte edilen anahtar aracılığıyla aydınlatmayı yönetebilirken, foto sensör doğal ışık seviyesini algılayarak sistemin otomatik olarak devreye girmesini veya kapanmasını sağlamaktadır. Aydınlatma kontrol mekanizmasının detayları ve çalışma prensipleri Tablo 13'te gösterilmektedir.

Tablo 13. Yapay aydınlatma için duvar anahtarı (solda), anahtar kontrol modlarının tanımlanması (sağda) (Fotoğraf; Nahid Babaei. Tablo yazar tarafından oluşturulmuştur)

Anahtar seçenekleri	Fonksiyon
1	Açık/Kapalı
2	Fotosel sensor
3	Bölge değiştirme
4	Parlaklık düzeyi ayarı (Dimming)
^ v	Manual parlaklık düzeyi ayarı (Manual dimming)

PLT2 düzeninde her ofis, görsel konforun artırılması ve enerji verimliliğinin sağlanması amacıyla iki aydınlatma bölgesine ayrılmıştır: pencere kenarındaki armatürler ve iç kısımda yer alan armatürler olarak. Mekânda yeterli doğal aydınlatma sağlandığında, ışıklar otomatik olarak kapanarak gereksiz yapay aydınlatma kullanımının önüne geçilmektedir.

Görsel konforun sağlanması için çalışma masası seviyesinde en az aydınlık koşulunun 300 lüks olması gerektiği kabul edilmiştir. Doğal aydınlatmanın seviyesinin eşik değerini üzerine çıkması durumunda, öncelikle pencereye yakın armatürler kapatılmakta, böylece doğrudan güneşten en iyi şekilde faydalanılması sağlanmaktadır. Doğal aydınlatmanın seviyesinin eşik değerinin altına düşmesi durumunda çıkması yapay aydınlatma devreye girmekte ve iç kısımda bulunan armatürler aktif hale gelmektedir.

Tablo 14. Tavanda kullanılan armatür modelleri (Planlar, İstanbul Gelişim Üniversitesi Yapı İşleri Daire Başkanlığı'ndan temin edilmiştir. Tablo yazar tarafından oluşturulmuştur)

PLT1	PLT2	
		Giriş, koridorlarda ve pencerenin yanında 18W gömme yuvarlak LED panel armatürü
		Kapalı ofisler 60x60 40W gömme kare panel armatür
		Açık ofis 60x60 24W gömme kare panel armatür

Bu sistem hem otomatik hem de manuel kontrol imkânı sunarak kullanıcıların kişisel tercihlerine göre aydınlatma seviyesini ayarlamasına olanak tanımaktadır.

Böylece, kullanıcıların göz yorgunluğunu önleyen, yansımaları ve kontrast farklılıklarını minimize eden, dengeli ve konforlu bir aydınlatma ortamı oluşturulmaktadır.

PLT1' de ve PLT2 düzeninde üç model armatür kullanılmıştır. Girişte, koridorlarda ve pencerenin yanında yuvarlak lambalar kullanılırken, açık ofiste ve bölünmüş ofislerde kare lambalar kullanılmıştır. Lambaların özellikleri Tablo 14' te listelenmiştir.

PLT2 plan düzeninde tüm koridorlarda yuvarlak armatürler kullanılmış olup, bağımsız ofislerde ise 40 W, 60×60 cm boyutlarında kare armatürler tercih edilmiştir. Eski aydınlatma tasarımı değiştirilerek, her ofisin aydınlatması ayrı ayrı tasarlanmıştır. Giriş koridorunda bir tarafta doğrudan ışık, diğer tarafta ise dolaylı ışık uygulanmıştır. Koridorlarda ise ortama yeterli ışık sağlayan yuvarlak armatürler kullanılmıştır.



Şekil 40. PLT2 ofis düzeninde, koridorlardaki tavan aydınlatmaları (Fotoğraf; Nahid Babei)

4.4. Doğal Aydınlatma Performans Değerlendirmesi

Bu projede, PLT1 ve PLT2 düzenindeki planlar için günışığı faktörü (DF), günışığı özerkliği (DA) ve aydınlık düzeyi (lüks) performans değerlendirmeleri simülasyonlar aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

PLT1 düzeninde, açık ofis düzenine sahip alanlarda doğal aydınlatma dağılımı incelenmiş ve günışığının homojenliği değerlendirilmiştir. Bu analizler, geniş açıklıklardan gelen günışığının iç mekâna nasıl yayıldığını ve çalışma alanlarında yeterli aydınlık seviyesinin sağlanıp sağlanmadığını belirlemek amacıyla yapılmıştır.

PLT2 düzeninde ise, açık ofisin bağımsız ofislere dönüştürülmesi ve koridorların oluşturulmasıyla birlikte günışığı faktörü, günışığı özerkliği ve aydınlık seviyeleri ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Ofislerin bağımsız bölgelere ayrılması nedeniyle, her iki

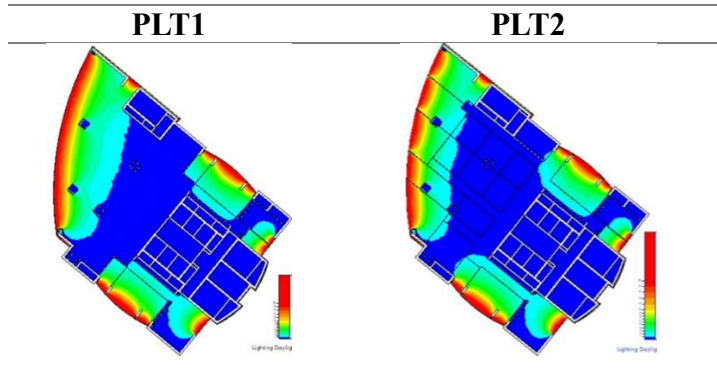
planın düzeninde, mekânın doğal aydınlatma performansları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Her iki plan düzeni için yapılan simülasyonlar, günışığının verimli kullanımını değerlendirmek, yapay aydınlatma ihtiyacını belirlemek ve görsel konforun sağlanmasına yönelik optimizasyonları yapmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler üzerinden, farklı aydınlatma stratejilerinin enerji verimliliği ve kullanıcı konforu üzerindeki etkilerinin neler olduğu ve nasıl okunması gerektiği değerlendirilmektedir.

4.4.1. DF ve DA Analizleri

Ofislerin doğal aydınlatma analizlerini yapabilmek için ilk olarak Autodesk Revit programı kullanarak 18. kat PLT1 ve PLT2 plan düzenlerindeki modellemeleri yapılmıştır. Sonra, yapılan modellemeler üzerinde Autodesk Revit' e eklenen aydınlatma analizi eklentisi kullanılarak performans değerlendirmesi (DF ve DA) gerçekleştirilmiştir. Tablo 15'de PLT1 ve PLT2 plan düzenindeki günışığı faktör (DF) analizi görünmektedir.

Tablo 15. DF analizi sonuçlarının farklı plan düzeninde karşılaştırması (Tablo yazar tarafından oluşturulmuştur)



PLT1 plan düzeninde, simülasyon sonucunda ADF değeri %3 olarak hesaplanmıştır. Aydınlatma prensiplerine göre ADF değeri olarak %2-%5 aralığı yeterli ışık seviyesi olarak tarif edilmektedir. Ancak bazı zamanlarda yapay aydınlatma gerekebilir. Tablo 15' de her iki plan düzenine ait aydınlık seviyeleri görülmektedir. Aydınlık seviyesi incelenen mekânın toplam alanı 892 metrekaredir. Bu alanın %15'i tanımlanan eşik değerleri dahilinde (136 m²), %18' i eşik değerinin üstünde (159 m²), ve %67' si eşik değerinin altında (597 m²) bulunmaktadır. PLT2 plan düzeninde, simülasyon sonucunda ADF değeri %2,8 olarak hesaplanmıştır. Alanın %13' ü eşik

değerleri dahilinde (120 m²), %17' si eşik değerinin üstünde (149 m²), ve %70' i eşik değerinin altında (623 m²) bulunmaktadır.

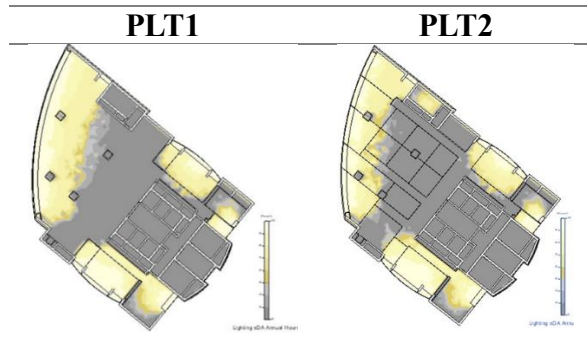
PLT1 ve PLT2 plan düzenleri arasında ADF değerinde %0,2 oranında bir farklılık görünmektedir. PLT2 düzeninde ADF değeri daha düşük olup, bu azalmanın ortamda doğal aydınlatma seviyesinin düşmesiyle ilişkilidir. Bu duruma, buzlu cam bölmelerin varlığı ve günışığının mekânda yayılımını cam bölme paneller aracılığıyla sınırlandırması neden olmaktadır (Tablo 16).

Tablo 16. DF analizi verilerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

***	ADF	Eşik değeri		
		Dahilinde	Üstünde	Altında
PLT1	%3	%15	%18	%67
PLT2	%2,8	%13	%17	%70

DA analizi, ofis içindeki doğal aydınlatmanın nasıl dağıldığını ve mekanların aydınlık seviyelerini belirlemek için önemli bilgiler sunmaktadır. PLT1 ve PLT2 plan düzenleri için yapılan simülasyon sonuçlarından elde edilen bulgulara göre, özellikle pencere kenarlarındaki sarı ve açık tonlarla işaretlenen bölgelerin yıl boyunca daha fazla doğal aydınlatma alan bölgeler olduğu karşımıza çıkmaktadır. Koyu gri renklerle işaretlenen alanlar ise daha az doğal aydınlatma almakta olup, bu bölgelerde yapay aydınlatma ihtiyacı artmaktadır. Bu analiz, iç mekânda aydınlatma stratejilerinin optimize edilmesine yardımcı olmaktadır.

Tablo 17. Günışığı özerkliği (DA) analizlerinin plan düzleminde karşılaştırılması (Tablo yazar tarafından oluşturulmuştur)



4.4.2. Aydınlik Düzeyi (lüks) Analizleri

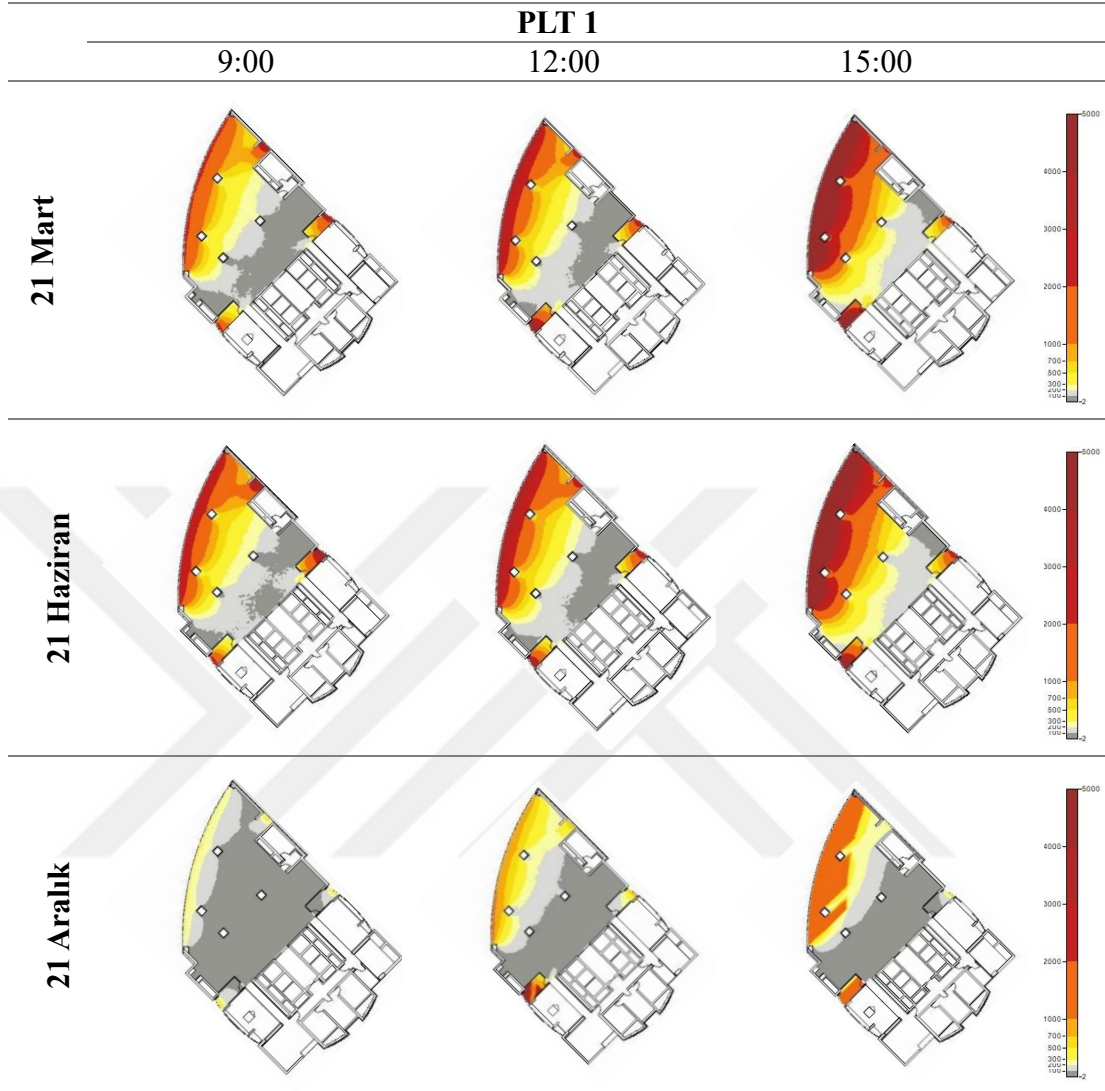
PLT1 ve PLT2 plan düzenine ait aydınlık düzeyi analizleri Tablo 18' ve 19' da sunulmaktadır. Güvenkaya (2008) tarafından yapılan çalışmada, doğal aydınlatma hesaplarına yönelik istatistiksel analizler sonucunda, her ayın karakteristik gününün o

ayın 15. günü olduğu tespit edilmiştir, ancak bu çalışmada istatistiksel olarak yıllık ve aylık bir analiz yapılmaması nedeniyle, tespit edilebilen ayların 21. günü esas alınmıştır.

Doğal aydınlatmanın değerlendirilmesi amacıyla analizler, 21 Mart, 21 Haziran ve 21 Aralık tarihlerinde, saat 09:00, 12:00 ve 15:00 zaman dilimlerinde yapılmıştır. Aydınlatma analizlerinde, gün içindeki ışık değişimlerini doğru bir şekilde değerlendirebilmek amacıyla 09:00-12:00, 12:00-15:00 ve 15:00-18:00 saat aralıkları dikkate alınmıştır. Bu zaman dilimleri, gün boyunca güneşin konumuna bağlı olarak doğal aydınlatma koşullarındaki değişimleri gözlemlemek ve analiz etmek için belirlenmektedir. Böylece, farklı saatlerde iç mekânda oluşan aydınlık seviyeleri ve gölgeli alan dağılımları daha kapsamlı bir şekilde incelenebilmektedir.

Autodesk Revit yazılımının aydınlatma analizlerinde gök modeli olarak “Perez All-Weather Sky” modeli kullanılmaktadır. Bu modelin tercih edilme nedeni, tüm hava koşullarını kapsayan gerçekçi bir gökyüzü dağılımı sağlamasıdır. Farklı hava durumlarında gökyüzü parlaklığı ve ışık dağılımını doğru bir şekilde temsil edebilmesi sayesinde, doğal aydınlatma analizlerinde güvenilir sonuçlar elde edilmesine olanak tanınmaktadır. Özellikle, bulutluluk durumu, atmosferik koşullar ve günün farklı saatlerindeki ışık değişimlerini dikkate alarak daha kapsamlı bir değerlendirme yapılmasını sağlamaktadır.

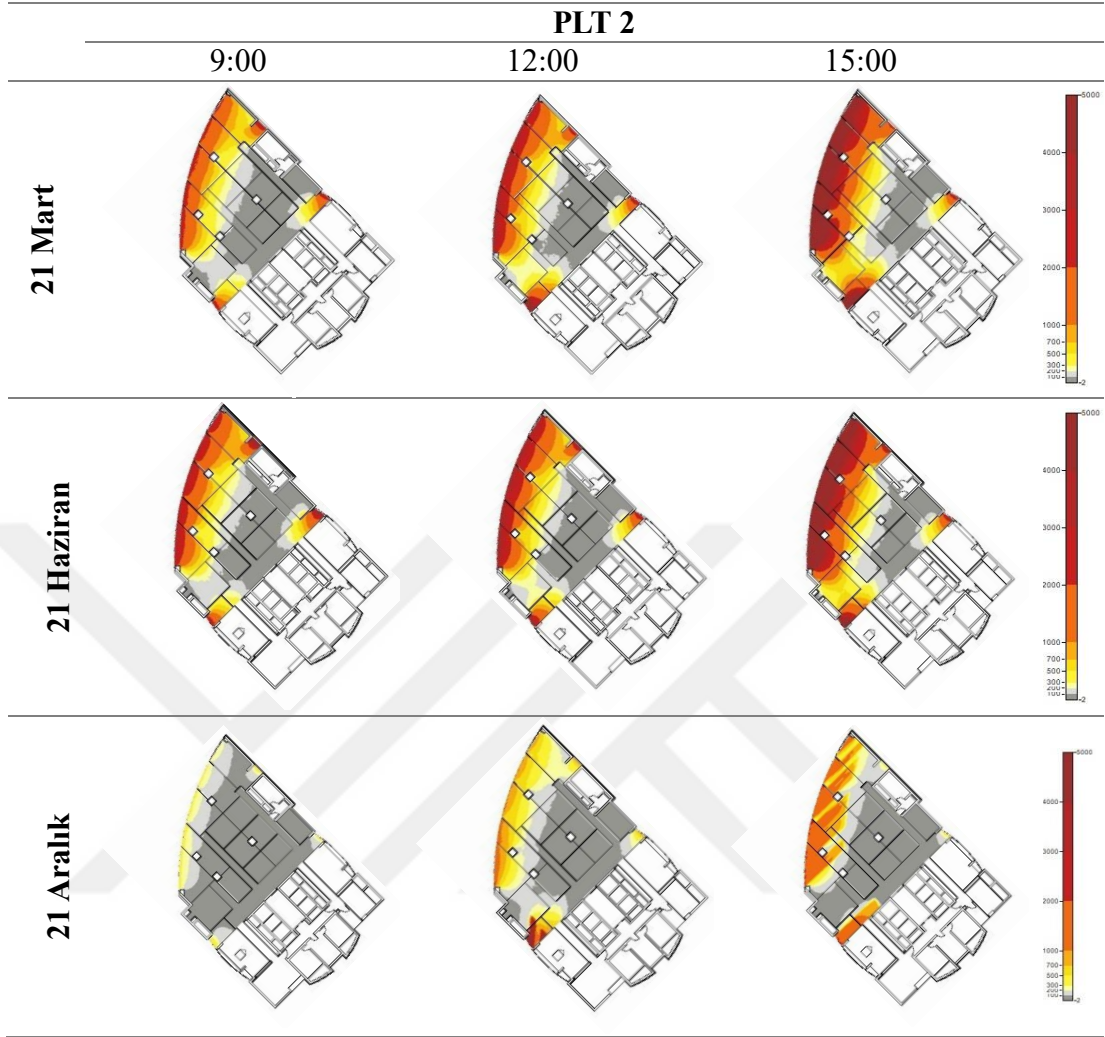
Tablo 18. PLT1 plan düzenine ait doğal aydınlatmaya ilişkin aydınlık düzeyi analizleri (lüks) (Tablo yazar tarafından oluşturulmuştur)



Bu analizde PLT1 ve PLT2 arasındaki temel fark, ışığın mekânda dağılım şekli olup, bu farkın ana nedeni cam bölmelerin varlığıdır. PLT1 modelinde, ışık daha homojen bir şekilde dağılmakta ve pencereden daha uzak bölgelere kadar ulaşabilmektedir. Buna karşılık, PLT2 modelinde, bölmeler ışık akışını kısmen engelleyerek mekân içinde daha düzensiz bir aydınlatma dağılımına neden olmaktadır.

Bu durum, PLT2 modelinde yapay aydınlatma kullanımının artmasına neden olmaktadır. Doğal ışığın iç mekânda homojen dağılmaması, özellikle pencereye uzak bölgelerde yapay aydınlatmaya olan bağımlılığı artırmakta, dolayısıyla enerji tüketiminin yükselmesine yol açmaktadır.

Tablo 19. PLT2 plan düzenine ait doğal aydınlatmaya ilişkin aydınlık düzeyi analizleri (lüks) (Tablo yazar tarafından oluşturulmuştur)



Görsel konfor, ofis ortamlarında çalışanların verimliliği ve iyi hissetmesi açısından önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır. PLT1 plan düzeninde, açık ofislerde daha geniş pencerelerin ve derin bir ofisin bulunması nedeniyle, asansörlerin olduğu bina çekirdeğine yakın merkezde daha yüksek düzeyde kamaşma oluşmasının öngörüldüğü söylenebilir. Buna karşılık, PLT2 plan düzeninde bağımsız ofislerin daha küçük pencerelere sahip olması nedeniyle, kamaşma düzeylerinin PLT1 plan düzenine göre daha sınırlı kalacağı öngörülebilir. Bu durum, kullanıcı konforunun sağlanması açısından detaylı kamaşma analizlerinin ayrıca yapılmasını gerekli kılmaktadır. Özellikle çalışma alanlarında görsel konforun korunabilmesi için, gün ışığının kontrol edilmesine yönelik uygun stratejilerin belirlenmesi gerekmektedir.

Her iki plan düzeninde de, genel olarak, pencere kenarında konumlanan ofislerde yüksek aydınlık seviyeleri ve artan kamaşma etkisi gözlenmektedir. Bu durum,

çalışanların görsel konforunu olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle, aydınlatma kontrol stratejilerinin ve stor perdelerin kullanıldığı uygun gölgeleme sistemlerinin devreye alınması önem arz etmektedir. Stor perdeler, gün ışığının kontrol edilmesine yardımcı olarak aşırı parlaklık ve rahatsız edici kamaşmayı azaltmakta, böylece daha konforlu bir görsel ortam sağlanmaktadır. Bu konunun kesin olarak doğrulanabilmesi için ek analizlere ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, bu ek analizler bu tez kapsamında gerçekleştirilmemektedir. Gelecek çalışmalarda, farklı gün ve hava koşullarında detaylı parıltı analizleri yapılarak pencere kenarında oluşan yüksek aydınlık seviyelerinin ve olası rahatsız edici kamaşmanın daha kapsamlı bir şekilde incelenmesi mümkündür.

Her iki plan düzeninde doğal aydınlatma seviyelerinde Aralık ayında, belirgin bir azalma gözlemlenmektedir. Kış döneminde güneş ışınlarının daha düşük açılarda binaya etki etmesi buna sebeptir. Bunun sonucunda doğal ışık ile yeterli aydınlık seviyesi elde edilemeyen alanlarda yapay aydınlatmaya olan bağımlılığın artması kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu durum, enerji verimliliği ve görsel konfor açısından ek düzenlemeler yapılmasını gerektirebilir.

Farklı gün ve zamanlar için yapılan simülasyonlar arasından bir tanesi örnek olarak seçilmiş ve 21 Mart saat 15:00'teki veriler hedef eşik değeri kapsamında değerlendirilmiştir. Bu analiz doğrultusunda elde edilen veriler, aydınlatma performansı ve bölgesel ışık dağılımını anlamaya yönelik önemli bulgular sunmaktadır. Analiz sonuçları ve ilgili veriler, Tablo 20' de sunulmaktadır.

Tablo 20. PLT1 ve PLT2 plan düzenlerinde, 21 Mart saat 15 için yapılan aydınlık düzeyi analizleri verilerinin karşılaştırılması (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

***	Alan	Hedef Eşik Değeri	
		Alan	%
PLT1	415,73	190 m ²	%45,70
PLT2	m ²	174 m ²	%41,85

Yapılan analizler sonucunda, PLT1 ve PLT2 plan düzenlerinin hedef eşik değeri kapsamında kalan alanları değerlendirilmektedir. PLT1 plan düzeninde toplam 415,73 m² alan içerisinde 190 m² lik bölümün belirlenen eşik değerler içinde kaldığı tespit edilmiş olup, bu oran %45,70 olarak hesaplanmıştır. PLT2 plan düzeninde ise hedef eşik değeri kapsamında değerlendirilen alan 174 m² olup, toplam alana oranı %41,85 olarak belirlenmiştir.

Bu veriler, doğal ve yapay aydınlatmanın mekânda nasıl dağıldığını ve her iki bölgedeki aydınlatma seviyelerinin eşik değerlerle ilişkisini ortaya koymaktadır. PLT1 plan düzeninin hedef eşik değeri kapsamında daha yüksek bir orana sahip olması, bu bölgede daha az yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmasına sebep olurken, PLT2 plan düzeninde daha düşük hedef eşik değerinden dolayı yapay aydınlatmaya daha fazla ihtiyaç duyulacağı öngörülmektedir. Bu değerlendirme, aydınlatma tasarımının verimli ve kullanıcı konforunu artıracak şekilde optimize edilmesine katkı sağlamaktadır.

4.5. Bağımsız Bir Ofis Üzerinde Yapılan Analizler ve Değerlendirmeler

Revize plan düzeni olan PLT2 içinde bir tane bağımsız ofis örnek olarak seçilmiş ve bu ofis üzerinden doğal ve yapay aydınlatma entegrasyonuna yönelik tespitlerde bulunulmaktadır. Aydınlatmaya seviyelerine yönelik inceleme için, binanın kuzeybatısında yer alan, her iki düzlemde penceresi olan bir ofis seçilmiştir (Şekil 41). Simülasyonlarda, daha önceden kullanılan 21 Mart, 21 Haziran ve 21 Aralık günleri 09:00, 12:00 ve 15:00 saatleri, gün ve saat parametreleri olarak kullanılmıştır. Benzer şekilde gök modeli olarak ta tüm analizlerde “Perez All Weather Sky” gökyüzü modeli kullanılmıştır. Aydınlik düzeylerinin tespiti ve kamaşmaya yönelik ön tespitlerin yapılması amaçlanmıştır.



Şekil 41. Örnek ofis aydınlatma tasarımı (Şekil yazar tarafından uyarlanmıştır)

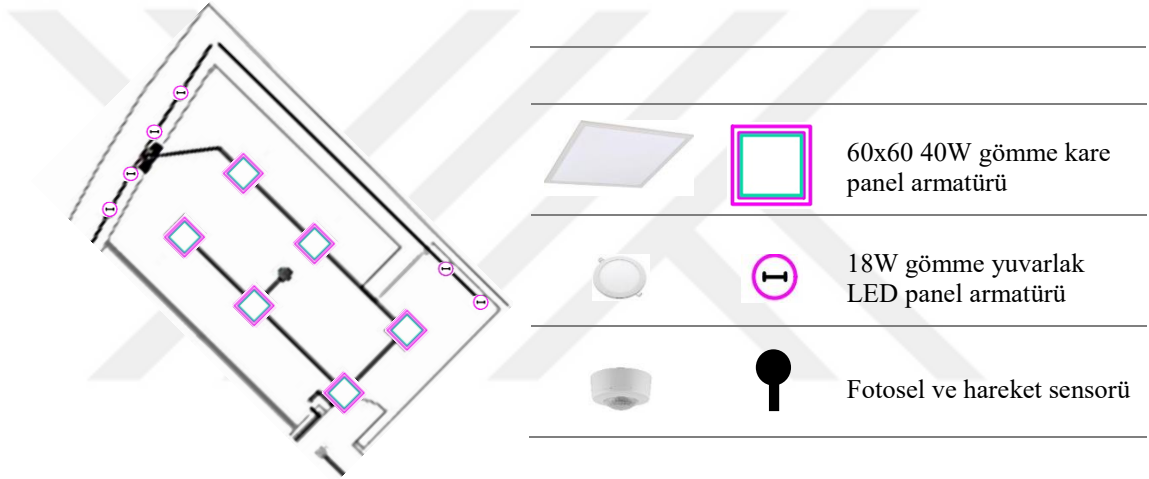
Seçilen ofiste, biri kuzey-doğuya diğeri kuzey-batıya bakan iki pencere bulunmaktadır. Tablo 21'e göre, kuzey-doğu penceresinde sabah saatlerinde, kuzeybatı penceresinde öğleden sonra daha fazla aydınlık seviyesi görülmektedir. Yapılan analiz çalışması sonucunda, aralık ayında seçilen ofisin daha düşük aydınlık seviyelerine sahip olduğu ve diğer aylara kıyasla yapay aydınlatma ihtiyacının daha fazla olduğu görülmüştür. Örnek ofisin kuzey-batıya konumlanmasından dolayı, üç farklı zaman dilimi arasından, 15:00 ile 18:00 saatleri arasında daha fazla doğal ışık aldığı ve bu durumun rahatsız edici kamaşmaya yol açabilecek seviyelere ulaşabildiği gözlemlenmiştir.

Tablo 21. Örnek ofise ait aydınlık düzeyi ve kamaşa analizi (Tablo yazar tarafından oluşturulmuştur)

	09:00	12:00	15:00			
21. Mart						
21. Haziran						
21. Aralık						

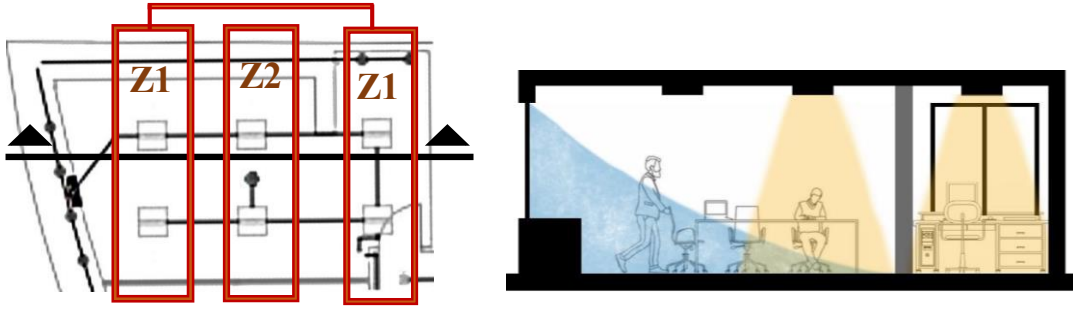
Gerekli en az aydınlık koşulu doğal aydınlatma ile tek başına sağlanamadığı durumda, yapay aydınlatma devreye girmektedir. Örnek olarak seçilen ofis, diğer bağımsız ofislerde olduğu gibi doğal aydınlatmaya duyarlı fotosel sensör ile donatılmış olup, günışığı seviyesini sürekli olarak algılamaktadır. Ortamda yeterli doğal aydınlatma sağlandığında yapay aydınlatma otomatik olarak kapatılmakta, ancak aydınlık seviyesi belirli bir eşik değerin altına düştüğünde sistem otomatik olarak devreye girerek armatürleri açmaktadır.

Yapay aydınlatma için, üç sıra halinde ikili gruplar şeklinde düzenlenmiş altı adet kare şeklinde lamba kullanılmaktadır. Bu lambalar hem manuel olarak çalıştırılabilmekte hem de hareket sensörü ve fotosel ile kontrol edilmektedir.



Şekil 42. Bağımsız ofiste kullanılan armatür modelleri (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Ofiste yerleştirilen armatürler, aydınlatmanın verimli ve dengeli bir şekilde sağlanması amacıyla iki bölüme ayrılmıştır. Birinci bölüm, doğal aydınlatmanın en fazla sağlandığı pencere kenarlarında oluşturulmuştur. İkinci bölüm ise doğal aydınlatmandan en az sağlandığı ofisin orta bölümünde yer almaktadır. Bu düzenleme sayesinde, çalışma alanında optimum görsel konfor sağlanmakta ve gereksiz enerji tüketimi önlenerek verimlilik artırılmaktadır. Doğal ve yapay aydınlatmayı en verimli şekilde kullanan bu yaklaşım, hem kullanıcı deneyimini iyileştirmekte hem de aydınlatma enerjisi kullanımında verimliliği sağlamakta, sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır (Şekil 43).



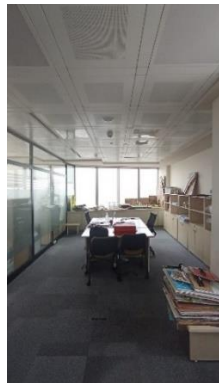
Şekil 43. Bağımsız ofisin tavan aydınlatmasında bölgeleme; bağımsız ofisin planı (solda), bağımsız ofisin kesiti (sağda) (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

18 Kasım 2024 tarihinde fiziki fotoğraf çekimi aracılığıyla, ön tespit mahiyetinde incelenen bağımsız ofis için iki farklı durum tespitinde bulunulmuştur. Bu fotoğraflardan biri, yapay aydınlatma açıkken, diğeri ise kapalıyken kaydedilmiştir. Tablo 22’ de sunulan görseller, incelenen bağımsız ofiste kullanılan yapay aydınlatma sisteminin doğal aydınlatma ile entegrasyonunu ve fotosel sensör ile nasıl çalıştığını gözlemlemek açısından ön veri sunmaktadır.

Tablo 22. İncelenen bağımsız ofiste doğal ve yapay aydınlatmaya ilişkin ön tespit mahiyetinde durum tespiti; yalnızca doğal aydınlatma ile (solda), doğal ve yapay aydınlatma ile (sağda) (Fotoğraf; Nahid Babaei)

**Yalnızca doğal aydınlatma ile
(18 Kasım 2024- 14:00)**

**Doğal ve yapay aydınlatma ile
(18 Kasım 2024- 16:00)**



Tablo 22’ deki soldaki fotoğrafta, doğal aydınlatmanın yeterli olduğu durumda fotosel sensörün devreye girerek ışıkların kapandığı, böylece enerji tasarrufu sağlandığı gözlemlenmektedir. Sağdaki fotoğrafta ise, doğal aydınlatmanın yeterli

olmadığı durumda fotosel sensörün devreye girerek ışıkların açıldığı, mekânın yeterli düzeyde aydınlatıldığı ve homojen bir ışık dağılımının sağlandığı görülmektedir. Bu görüntüler, doğal ve yapay aydınlatmanın entegre edilmesi ile nasıl çalıştığını ve görsel konfor ile enerji verimliliği açısından nasıl bir fayda sunduğunu ortaya koymaktadır.

4.6. Alan Çalışmasından Elde Edilen Bulgular

İstanbul'un Avcılar ilçesinde bulunan, İstanbul Gelişim Üniversitesi K blok kule binasının 18. katı, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi ofisleri olarak kullanılmaktadır. Tezde alan çalışması olarak ele alınan ofisler üzerinde yapılan analizlerden ve ön testlere dayalı değerlendirmelerden elde edilen bulgular burada özetlenmektedir.

Yürütülen çalışma ile ofislerin aydınlatma performansı, doğal aydınlatmanın mekânda dağılımı ve yapay aydınlatma ile entegrasyonu hakkında önemli veriler ulaşılmaktadır. Her iki plan tipi (PLT1 ve PLT2) için doğal aydınlatmaya yönelik günışığı faktörüne (DF), günışığı özerkliğine (DA) ve aydınlık düzeyine (lüks) yönelik performans değerlendirmeleri simülasyonlar aracılığıyla analizler mümkün olmuştur.

Günışığı faktörü (DF) Analizi: PLT1 ve PLT2 plan düzenlerinde yapılan DF analizleri, doğal ışığın ne düzeyde sağlandığını ortaya koymaktadır. PLT1 plan düzeninde ADF değeri %3 olarak hesaplanmış olup, bu oran, doğal aydınlatmanın yeterli olduğunu ancak bazı zamanlarda yapay aydınlatmanın gerekebileceğini göstermektedir. PLT2 plan düzeninde ise ADF değeri %2,8 olarak hesaplanmış ve doğal ışıkla aydınlatılamayan alanların arttığı gözlemlenmiştir. Bu da PLT2 plan düzenindeki daha düşük doğal aydınlatma seviyesi ve performansını ortaya koymaktadır.

Günışığı özerkliği (DA) analizi: DA analizi, her iki planda doğal ışığın mekânda nasıl dağıldığını ve hangi alanların daha fazla ışık aldığını belirlemektedir. PLT1 plan düzenindeki açık ofislerde, pencere kenarlarının hedef eşik değerinin üzerinde ışık almasından dolayı bu kısımlarında kullanıcılar açısından rahatsız edici kamaşma oluşmaktadır. Açık ofisin derinliklerine doğru, daha az doğal ışığın içeri nüfus etmesinden dolayı, en az aydınlık seviyesi ile pencere kenarındaki en yüksek aydınlık seviyesi arasındaki fark açılmakta ve kamaşma oranında artış gözlenmektedir. Ancak, PLT2 plan düzenindeki ofislerin bölümlere ayrılması nedeniyle bağımsız ofislerin derinlikleri azalmakta, dolayısıyla en az aydınlık seviyesi ile pencere

kenarındaki en yüksek aydınlık seviyesi arasındaki fark azalmaktadır. Bu durumda kontrast etkisi ve dolayısıyla kamaşma oranı azalmaktadır. Merkezde yer alan ofislerde ise doğal aydınlatma seviyesinin düşük olmasına rağmen kamaşma problemi daha az olup ışık dağılımı daha dengelidir. Bu sonuç, aydınlatma stratejilerinin optimizasyonunda kullanabilmek ve görsel konforun artırılması için önemli bir tespittir.

Aydınlık düzeyi (lüks) analizi: Aydınlık düzeyi analizlerinde, farklı tarihlerde (21 Mart, 21 Haziran ve 21 Aralık) günün belirli saat dilimlerinde yapılan simülasyonlar, iç mekânda doğal ışık ile sağlanan aydınlık seviyelerinin nasıl değiştiğini ortaya koymaktadır. Analizler, PLT1 ve PLT2 plan düzenindeki aydınlık düzeylerinin, belirlenen eşik değerlerle uyumlu olup olmadığını değerlendirmiştir. PLT1 plan düzeninde, hedef eşik değeri alanlarında daha yüksek bir orana sahipken (%45,70), PLT2 plan düzeninde bu oran %41,85 olarak tespit edilmiştir. Bu fark, PLT2 plan düzeninde daha fazla yapay aydınlatma kullanılması gerektiğini göstermektedir.

Güneş ışığının zamanla değişimi: Gün içindeki farklı saatlerde yapılan analizler, doğal ışık seviyelerinin güneşin konumuna göre nasıl değiştiğini gözler önüne sermektedir. Özellikle aralık ayında, kuzeybatıya bakan ofislerde düşük güneş açılarından dolayı doğal ışık seviyelerinde belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. Bu, özellikle pencere kenarından uzak alanlarda yapay aydınlatmaya olan bağımlılığın artmasına yol açmıştır.

Görsel konfor ve kamaşma: PLT1 ve PLT2 plan düzeninde yapılan parlıltı analizleri, pencere kenarındaki alanlarda yüksek lüks seviyeleri ve artan kamaşma etkisini göstermektedir. Bu durum, çalışanların görsel konforunu olumsuz yönde etkileyebilir ve daha fazla kontrol edilmesi gereken bir parametre olduğunu ortaya koymaktadır. PLT1 plan düzeninde, daha geniş pencere ve daha derin mekan nedenleriyle kamaşma etkisinin yüksek olabileceği, PLT2 plan düzeninde ise daha küçük pencereler ile derin olmayan mekân nedenleriyle daha az kamaşma olabileceği öngörülmektedir.

Bölünmüş ofis üzerinden inceleme: Örnek inceleme için, binanın kuzeybatısındaki, her iki düzlemde penceresi olan bir ofis seçilmiş ve analiz edilmiştir (Şekil 41). Çalışmalar, 21 Mart, 21 Haziran ve 21 Aralık aylarındaki ve 09:00, 12:00 ve 15:00 saatlerine odaklanılarak gerçekleştirilmiştir. Örnek ofisin analizlerinde

“Perez All Weather Sky” gök modeli temel alınmıştır. Bu analizler, aydınlık düzeyi ve kamaşmaya yönelik ön tespitlerin yapılabilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Analizi yapılan ve değerlendirilen örnek ofis, biri kuzey-doğu diğeri kuzey-batıya bakan iki pencereye sahiptir. Kuzey-doğu penceresinde sabah saatlerinde, kuzey-batı penceresinde öğleden sonra daha fazla aydınlık düzeyi görülmektedir. Yapılan analiz çalışması sonucunda, aralık ayında örnek ofisin daha düşük ışık seviyelerine sahip olduğu ve diğer aylara kıyasla yapay aydınlatma ihtiyacının daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Örnek ofis 15:00 ile 18:00 saatleri arasında daha fazla doğal ışık almakta ve bu durum görsel kamaşmaya yol açabilecek seviyelere ulaşabilmektedir. Doğal aydınlatmanın gerekli en az aydınlık koşulunu sağlayamadığı durumda, yapay aydınlatma devreye girmektedir. Örnek ofiste, doğal aydınlatmaya duyarlı fotosel sensör yerleştirilmiş olup, günışığı seviyesini sürekli olarak algılamaktadır. Doğal aydınlatma ile ortamda yeterli aydınlık düzeyine ulaşıldığında yapay aydınlatma otomatik olarak kapatılmakta, ancak ışık seviyesi belirli bir eşiğin altına düştüğünde sistem devreye girerek armatürleri açmaktadır.

Yapay aydınlatma için, üç sıra halinde ikili gruplar şeklinde düzenlenmiş altı adet kare şeklinde lamba kullanılmaktadır. Bu lambalar hem manuel olarak çalıştırılabilmekte hem de hareket sensörü ve fotosel ile kontrol edilmektedir. Ofise yerleştirilen armatürler, aydınlatmanın verimli ve dengeli bir şekilde sağlanması amacıyla iki bölüme ayrılmıştır. Birinci bölüm, doğal aydınlatmadan maksimum düzeyde faydalanabilmek için pencere kenarında konumlandırılmıştır. İkinci bölüm ise ofisin orta bölümünde yer almakta olup, iç mekânın genel aydınlatma ihtiyacını karşılamaya yönelik düzenlenmiştir. Bu sistem sayesinde, çalışma alanında optimum görsel konfor sağlanmakta ve gereksiz enerji tüketimi önlenerek verimlilik artırılmaktadır. Günışığına ve harekete duyarlı bu aydınlatma stratejisi hem kullanıcı deneyimini iyileştirmekte hem de sürdürülebilir bir aydınlatma çözümü sunmaktadır (Şekil 43).

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Mimari tasarımda doğal ve yapay aydınlatma entegrasyonu dikkatle planlanmalıdır. Çalışanların ofis ortamında uzun saatler geçirdiği düşünüldüğünde, doğru aydınlatma tasarımı hem enerji tasarrufu hem de çalışan sağlığı ve konforu açısından büyük önem taşımaktadır. Yanlış tasarlanmış bir aydınlatma düzeni, çalışanların görsel yorgunluğunu artırarak verimliliği düşürebilir. Bu nedenle, modern aydınlatma teknolojileri (sensörler, otomatik kontrol sistemleri) ve bölgeleme stratejilerinin kullanılması, ofis alanlarında daha sürdürülebilir ve kullanıcı dostu çözümler sunmaktadır. Aydınlatma tasarımında kullanıcı ihtiyaçlarına duyarlı, enerji verimliliği sağlayan ve sağlıklı bir çalışma ortamı yaratan yöntemlerin uygulanması, mimaride insan odaklı tasarım yaklaşımının önemli bir parçasıdır.

Bu tezde, doğal ve yapay aydınlatmanın entegrasyonu, İstanbul Gelişim Üniversitesi K blok kule binasının 18. katında, PLT1 ve PLT2 plan düzenleri ve bağımsız ofis planı üzerinden analiz edilmiştir. Yapılan çalışmalar ile, doğal aydınlatmanın tek başına yeterli olmadığı durumlarda, yapay aydınlatma ile desteklenerek, bütünlük aydınlatma ile ofis ortamlarında gerekli en az aydınlık koşullarının sağladığı ortaya konmuştur. Bu çalışmanın bulgularına dayanarak, aydınlatma tasarımının hem işlevsel hem de kullanıcı dostu bir şekilde nasıl geliştirilebileceğine dair şu öneriler sunulmaktadır:

Güneş ışığının iç mekândaki etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan simülasyonlar, 21 Mart, 21 Haziran ve 21 Aralık tarihleri ve 09.00, 12.00 ve 15.00 olmak üzere üç farklı zaman diliminde gerçekleştirilmiştir. Bu analizler sonucunda, PLT1 ve PLT2 plan düzenlerinde şu sonuçlara ulaşılmıştır;

Aydınlık düzeyi (lüks) analizleri neticesinde 21 Mart' ta güneş ışığı sabah ve öğleden sonra göreceli olarak daha dengeli bir şekilde içeri nüfus etmektedir. Bu sebepten dolayı ofis kullanımı için en uygun dönemin bu dönem olduğu söylenebilir. Gün ortasında planın merkezine daha sınırlı doğal ışık ulaşmaktadır. Güneşin yüksek açıyla gökyüzünde olması sebebiyle 21 Haziran' da mekandaki doğal aydınlatma seviyesi en üst düzeydedir. Bu dönemde görsel konfor sorunları (yansıma, kamaşma) ve ısı yükleri artar. Gölgeleme elemanları (perde, güneş kırıcı) ve yansıtıcı camlar kullanılması önerilir. PLT1 plan düzeninde tüm gün boyunca pencere kenarlarında yüksek ışık şiddeti var olup, bölücü ara panolar olmadığı için doğal ışık iç mekâna

daha iyi dağılmaktadır. PLT 2 plan düzeninde, yüksek ışık şiddeti ile sadece dış cephe yakınlarında karşılaşılmaktadır. İç bölgelere ise yeterince doğal ışık ulaşmamaktadır. 21 Aralık' ta mekandaki doğal aydınlatma seviyesi en az düzeydedir. Yeterli aydınlık düzeyine sahip alanlar sınırlı olup, genellikle sadece kuzey cephesine yakın alanlardır. Bu dönemde, yapay aydınlatma kullanımına gereksinimi artar. Aydınlatma verimini artırmak için açık renk iç mekân yüzeyleri kullanımı ve mobilya yerleşimi dikkate alınmalıdır.

Her iki plan düzeninde en yüksek aydınlık düzeyine 21 Mart günü saat 15.00'te ulaşıldığı; en düşük aydınlık düzeyinin ise 21 Aralık günü saat 09.00'da gözlemlendiği belirlenmiştir. 21 Mart, 21 Haziran ve 21 Aralık tarihleri için gerçekleştirilen simülasyonlarda öğleden sonra mekânların daha fazla doğal ışık aldığı gözlemlenmiştir. Analiz edilen saatler arasında en yüksek aydınlık düzeyine saat 15.00'te ulaşılmıştır.

Gerçekleştirilen gün ışığı analizlerine dayanarak, güney cepheye bakan mekânlarda yaz aylarında yüksek ışık şiddetini kontrol altına alabilmek amacıyla dış gölgelendirme elemanlarının kullanılması önerilmektedir. Aynı zamanda, bu dönemde oluşabilecek aşırı ısınmanın önüne geçmek için etkili bir doğal havalandırma sistemi ile birlikte uygun ısı yalıtımı sağlanmalıdır. Kış aylarında ise doğal ışık seviyelerinin düşük olması nedeniyle, iç mekânlarda açık renkli ve yansıtıcı yüzey malzemeleri tercih edilmeli, aydınlatma düzeyini artırmak amacıyla yapay aydınlatma destekleyici biçimde planlanmalıdır. Ayrıca, planın merkez bölgelerinde gün ışığının sınırlı olduğu göz önünde bulundurularak bu alanlarda yapay aydınlatma tasarımı öncelikli olarak ele alınmalıdır. Buradaki tasarım önerileri, mevsimsel ışık değişimlerinin kullanıcı konforu, enerji verimliliği ve iç mekân kalitesi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmayı amaçlamalıdır.

PLT 2 varyantında ofis alanlarının bölümlere ayrılması, pencereye uzak konumda yer alan ofislerin daha az doğal ışık almasına neden olmaktadır. Bu durum sonucunda, söz konusu mekânlarda analiz edilen tüm saat dilimlerinde yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulduğu belirlenmiştir.

Tablo 23. PLT 1 ve PLT 2 plan düzenlerinde aydınlatmaya ilişkin genel karşılaştırma (Yazar tarafından oluşturulmuştur)

Özellik	PLT 1	PLT 2
Işık Yayılımı	Daha geniş ve homojen	Sınırlı ve pencere kenarlarında yoğunlaşmış
Alan Kullanımı	Geniş açık ofis, daha az bölme	Küçük bağımsız ofis, daha fazla bölme
Doğal Işık Verimliliği	Orta-Düşük	Orta-Düşük
Merkez Alanların Aydınlığı	Orta seviyede	Düşük seviyede

Doğal ışığın mekâna daha etkili bir şekilde ulaşabilmesi için, buzlu cam gibi ışık geçirgenliği düşük malzemeler yerine, daha yüksek ışık geçirgenliğine (VLT) sahip camlar tercih edilebilir. Özellikle doğal ışığın sınırlı olduğu planın merkezinde kalan ofislerde, yapay aydınlatmanın doğal ışığa yakın renk sıcaklığı ve ışık kalitesine sahip olması çalışanların görsel konforunu artırır ve yorulmalarını azaltır. Günün saatine ve mevsimlere göre kendini ayarlayabilen dinamik sistemler kullanılarak, çalışanlara her an uygun bir aydınlatma sunulabilir. Fotosel ve hareket sensörleri gibi teknolojiler ise gereksiz enerji tüketimini azaltarak, yalnızca ihtiyaç duyulan alanların aydınlatılmasını sağlar. Aydınlatma üzerinden yapılacak enerji tasarrufu, sürdürülebilir bir gelecek için önemli bir adımdır. Gün ışığından maksimum fayda sağlamak için ofis planlarında pencere alanlarına ve mekân derinliğine dikkate edilmelidir. Açık ofis plan düzeninde ve bağımsız ofis plan düzeninde farklı düzlemlerde pencere olması daha dengeli doğal ışık dağılımı sağlamaktadır. Mekânın yeterli aydınlık düzeyine ulaşması için yapay aydınlatma ile desteklenmesi durumunda ortam aydınlatmasının bölgelere ayrılması, bütünleşik aydınlatma tasarımında önemli bir yer tutmaktadır. Her bölgenin aydınlatma ihtiyacına özel çözümler sunmak önemlidir. Örneğin, pencereye yakın ve uzak alanlar için ayrı ayrı tasarlanmış ortam aydınlatması kullanılabilir. Yoğun iş alanlarında görev aydınlatması gibi odaklanmış çözümler, ortam aydınlatmasıyla entegre edilerek işlevselliği artırabilir.

Mekanların kullanım amacına göre, en az aydınlık koşulu farklılık göstermektedir. İç mekânda, farklı düzlemlerde hedeflenen aydınlık düzeyleri için tasarım çeşitliliğine gidilmektedir. Çalışanların tercihlerini dikkate alarak, ışığın yoğunluğu, renk sıcaklığı ve düzeni optimize edilebilir. Ayrıca, biyolojik saati destekleyen ve doğal ışığın etkilerini taklit eden insan odaklı aydınlatma sistemleri

kullanılarak daha sağlıklı ve konforlu bir ortam yaratılabilir. Aydınlatma tasarımlarının planlama aşamasında bilgisayar destekli simülasyonlardan yararlanılabilir. Bu simülasyonlar, ışık kaynaklarının ve malzemelerin mekâna etkilerini önceden görselleştirerek tasarım hatalarını en aza indirmeye yardımcı olur.

Aydınlatma alanında yeni teknolojiler geliştirilmekte ve uygulamalara yansımaktadır. Daha düşük enerji tüketen, kullanıcı dostu çözümler sunan sistemlerin geliştirildiğini, mimarlık ve mühendislik alanında yenilikçi yaklaşımlara kapı araladığını da sıklıkla görmekteyiz. Ayrıca, farklı yapı tipleri ve kullanım senaryoları için benzer analizler yapılarak elde edilen verilerin genişletilmesi ve genelleşmesi sağlanabilir. Bu öneriler, sadece enerji tasarrufunu değil, aynı zamanda kullanıcı memnuniyetini artırmayı ve sürdürülebilir, insan odaklı bir mimari anlayışı teşvik etmeyi hedeflemektedir. Görsel konfor şartlarını sağlayan mekânlar yaratmak, yaşam kalitesini artırmada önemli bir adımdır.

Bu araştırma, ofislerde görsel konforun sağlanması için çeşitli teknoloji ve yöntemlerin kullanılması ile doğal ve yapay ışığın entegre edilebileceğini göstermektedir. Ancak, görsel konforu tam anlamıyla analiz edebilmek için daha ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Özellikle, her bir ofisteki aydınlık ve kamaşma seviyeleri ve bunun görsel konfor üzerindeki etkileri daha detaylı bir şekilde incelenmelidir. Malzeme seçimleri, iç mekânın aydınlatma verimliliği üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Yüzeylerin ışığı emme ya da yansıtma kapasitesi, mekândaki doğal ışığın dağılımını ve görsel konforu doğrudan etkileyebilir. Kullanılan malzemelerin (zemin, duvar, tavan gibi) ışık yansıtması üzerindeki etkileri ve bu yansımanın ortamın genel aydınlık düzeyi üzerindeki rolü de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu nedenle, kullanılan malzemelerin ışık yansıtma özelliklerinin, mekânın aydınlık koşulları ve görsel konfor üzerindeki etkilerinin incelenmesinde fayda vardır. Ayrıca, farklı mekânlarda ışığın nasıl dağıldığı ve bu dağılımın kullanıcılar üzerindeki etkileri daha ayrıntılı analiz edilebilir. Bu ek analizler, ofis tasarımlarının ve aydınlatma stratejilerinin daha verimli hale getirilmesine yardımcı olabilir ve kullanıcı deneyimini iyileştirmek için önemli veriler sağlayacaktır. Bu nedenle, gelecekteki çalışmalar için önerilen bu ek analizler, görsel konforun tam anlamıyla sağlanabilmesi ve sürdürülebilir aydınlatma çözümlerinin geliştirilmesi olumlu katkı sağlayabilecektir.

KAYNAKÇA

- Ahmadian Tazemahalle, K. (2018). Aydınlatma tasarımı ilkelerini tanımak. Tahran: Tarrah Yayıncılık.
- Archdaily. (2018). The tallest timber tower in Australia opens in Brisbane. Alındığı tarih 15 Aralık 2024, erişim; <https://www.archdaily.com/906495/the-tallest-timber-tower-in-australia-opens-in-brisbane>
- Arpacıoğlu, Ü. (2010). *Günışığı öncelikli fiziksel çevre tasarım destek modeli* (Doktora tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.
- Baker, N. V., Fanchiotti, A. ve Steemers, K. (1993). *Daylighting in Architecture, a European Reference Book*. UK: Routledge.
- Bednar, M.J. (1986). *The new atrium*. New York: McGraw-Hill Book Company
- Boyce, P. ve Raynham, P. (2009). *The SLL lighting handbook, The society of light & lighting*, London: Chartered Institution of Building Services Engineers.
- CEN. (2011). EN 12464-1, Light and lighting; lighting of work places. Indoor work places. Belgium: European Committee for Standardization
- Cheng, Y., Fang, C., Yuan, J, F. ve Zhu, L. (2020). Design and application of a smart lighting system based on distributed qireless sensor networks. *Applied Sciences Dergisi*. 10(23):8545.
- Christel, B., Mariëlle, A., Helianthe, Kort, E. ve Alexander, R. (2019). Preferred luminance distributions in open-plan offices in relation to time of day and subjective alertness, *LEUKOS Dergisi*. Erişim adresi: <https://doi.org/10.1080/15502724.2019.1587619>
- Chun, S. Y., Lee, C. S. ve Jang J. S. (2015). Real-time smart lighting control using human motion tracking from depth camera. *Real-Time Image Processing Dergisi*. 10: 805–820.
- CIBSE. (1999). *Daylighting and window design, lighting guide 10*. London: The Chartered Institution of Building Services Engineers.
- CIBSE. (2011). *Lighting for education, lighting guide 5*. London: The Society of Light and Lighting.
- CIE (Commission Internationale de l'Éclairage). (1995). *Discomfort glare in interior lighting, CIE 117*. UK: CIE central
- Clear, R. D. (2012), Discomfort glare. What do we actually know. *Lighting Research & Technology Dergisi*, 45(2): 141-158.
- Craddock, D. (2008). *Renewable energy made easy: free energy from solar, wind, hydropower, and other alternative energy sources*. Amerika Birleşik Devletleri: Atlantic Publishing Group Inc.

- Cungiono, K., Indrawan, H. ve Mariana, M. (2021). Artificial lighting design in the japan foundation library (Case Study: The Japan Foundation Library Design, Jakarta). *International conference on economics, business, social, and humanities (ICEBSH 2021)*. Sydney.
- Çağal Taşdelen, D. (2020). *Aydınlatma tasarımı ilkeleri ve iç mimari projelendirme sürecindeki yerinin farklı fonksiyondaki iç mekân modelleri üzerinden analizi* (Doktora Tezi). Mimar sinan güzel sanatlar Üniversitesi, Fen bilimleri enstitüsü. İstanbul.
- Çetin, E. (2018). Aydınlatma tekniği. *Ders notları*. Bozok Üniversitesi.
- Designing Buildings Limited. (2020). Artificial Lighting. *Designing buildings The Construction Wiki Newsletter*.
- Diaconu, E., Gheorghe, A.C., Andrei, H. ve Andrei, P.C. (2024). Smart system for reducing standby energy consumption in residential appliances. *Energies Dergisi*. 17, 2989.
- Dodsworth, S. (2009). The Fundamentals of Interior Design. *AVA Publishing*, 185, UK.
- Dounis, A.I., Tiropanis, P., Argiriou, A. ve Diamantis, A. (2011). Intelligent control system for reconciliation of the energy savings with comfort in buildings using soft computing techniques, *Energy and Buildings*, 43(1):66-74.
- Eaton. (2013). Lighting design guide. Eaton, 30, South Yorkshire.
- Egan, M. D. ve Olgyay, V. (2002). Architectural lighting (2nd ed.). London: McGraw-Hill Science/Engineering/Math
- Elektrik Mühendisleri Odası (EMO). Teknik bilgiler; aydınlatma lambaları hakkında genel bilgiler, alındığı tarih Haziran 2024. Alındığı tarih 20 Kasım 2024. Erişim adresi: www.emo.org.tr
- EN 12464-1. (2011). Light and lighting, Lighting of work places, part 1: indoor work places. Brussels
- Entwistle, J. (1999). Designing with light bars and restaurants. UK: Roto vision SA.
- Erel, B. (2004). *Gün ışığı ile aydınlatma alanında geliştirilen yeni teknolojiler hakkında bir araştırma* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fördergemeinschaft Gutes Licht. (2008). Lighting with artificial. Booklet 1.
- Francis M. Rubinstein ve Karayel, M. (1985). The measured energy savings from two lighting control strategies. *IEEE Transactions Dergisi*. IA-20(5).
- Gale, J. E., Cox, H. I., Qian, J., Block, G. D., Colwell, C. S. ve Matveyenko, A. V. (2011). Disruption of circadian rhythms accelerates development of diabetes

through pancreatic beta-cell loss and dysfunction. *Journal of Biological Rhythms*, 26(6), 467-478.

Ganslandt, R. ve Hofmann, H. (1992). *Lighting design handbook*. Germany: The F.Vieweg publishing company

Gentile, N. (2022). Evaluation of integrated daylighting and electric lighting design projects: Lessons learned from international case studies. *Energy and Buildings Dergisi*. 268, 112191

Gezersu, A. (2019). *Yeşil ofislerde aydınlatma sistemleri* (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü İç Mimarlık Ana Sanat dalı.

Gordon, G. (2003). *Interior Lighting for Designers*. *John Wiley & Sons Dergisi*, New Jersey, USA.

Gorgani, N. (2010). Background of light and lighting devices in Islamic architecture of Iran. Alındığı tarih 15 Kasım 2024. Erişim adresi: <https://www.irandeserts.com/>

Greuther, J. (2007). Aesthetics in architecture. *Shahid Beheshti Üniversitesi Dergisi*. translated by Jahanshah Pakzad, Abdul Reza Homayun.

Güvenkaya, R. K. (2008). *İlköğretim dersliklerinde aydınlatma enerjisi yönetimi açısından yönler göre uygun cephe seçeneklerinin belirlenmesi üzerine bir yaklaşım* (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.

Gyimah, K. A., Amos Abanyie, S. ve Koranteng, C. (2019). Review on approaches and tools used in assessing indoor environmental quality. *Journal of Building Performance*, 10(1) 68-79

Hülya, O. (2008). *Gün ışığı ile aydınlatmanın temel ilkeleri ve gelişmiş gün ışığı aydınlatma sistemleri* (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul, Haziran.

Hwang, T. ve Kim, J. T. (2011). Effects of indoor lighting on occupants' visual comfort and eye health in a green building. *Indoor and Built Environment Dergisi*. 20(1), 75-90.

IESNA. (2011). *The lighting handbook reference and application*, 10th Edition. Editors: D.L. DiLaura, K.W. Houser, R.G. Mistrick, G.R. Steffy. New York: Illuminating Engineering Society of North America.

Innes, M. (2012). *Lighting for interior Design*. *Laurence King Publishing Ltd*. 192, London.

Jakubiec, A. ve Reinhart, C. (2010). The use of glare metrics in design of daylit spaces, Recommendations for Practice. 9th International Radiance Workshop, Harvard Design School.

- Kelly, K ve O'connell, K. (t.y). Interior Lighting Design. *Students Guide pdf*. Dublin Institute of Technology. Alındığı tarih 12 Ekim 2024 Erişim adresi: https://abs.cu.edu.tr/Dokumanlar/2016/EEE463/495694447_lightingdesignstudentsguide.pdf
- Keyser, R., ve Ionescu, C. M. (2010). Modelling and simulation of a lighting control system. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 18(2), 165–176.
- Kitsinelis, S. (2011). Light sources: Technologies and applications. Florida: CRC Press.
- Lei, Z., Xia, G., Ting, L., Xiaoling, G., Ming, L. Q. ve Guangdi, S. (2007). Color rendering and luminous efficacy of trichromatic and tetrachromatic LED-based white LEDs. *Microelectronics Journal*, 38(1), 1–6.
- Li, Sh. (2013). Light-harvesting wireless sensors for indoor lighting control. *IEEE Sensors Journal*, 13(12), 4599–4606.
- Lighting Design for Schools; Building Bulletin 90 (1999). Department for Education and Employment, London, England: The Stationery Office Ltd.
- Lim, G. H., Hirning, M. B. ve Keumala, N. (2017). Daylight performance and users' visual appraisal for green building offices in Malaysia. *Energy and Buildings*, 141, 175–185.
- Linhart, F., ve Scartezzini, J. L. (2011). Evening office lighting visual comfort vs. energy efficiency vs. performance. *Building and Environment*, 46(5), 981–989.
- Liu, J., Newsham, G. R., Veitch, J. A. ve Gorgolewski, M. (2019). Evaluating the in-situ effectiveness of indoor environment guidelines on occupant satisfaction. *ARCC Conference Repository*, 1(1). Alındığı tarih 5 Kasım 2024. Erişim adresi: <https://www.arccjournal.org/index.php/repository/article/view/630>
- Lorenz, D. (2009). Good lighting for offices and office buildings. Frankfurt, Germany: Fördergemeinschaft Gutes Licht.
- Majlesi, A., ve Mehraram, M. (2006). Landscape design, light, lighting. *Daneshnama Specialized Dergisi*.
- Mardaljevic, J., Andersen, M., Roy, N., & Christoffersen, J. (2012). *Daylighting, artificial lighting and non-visual effects study for a residential building*. School of Civil and Building Engineering, Loughborough University. Erişim adresi: <https://infoscience.epfl.ch/server/api/core/bitstreams/1dc7cd1b-336a-47b5-8175-be8dbc525f10/content>
- Mazharuddin, S. A. (2000). *Linear atria daylight analysis: A graphical design tool* (Yüksek lisans tezi). King Fahd University of Petroleum and Minerals.
- Modaresnezhad, M. (2016). *A comparative study of workstation partitions in an existing side-lit open plan office with daylight results using annual climate-based simulations* (Yüksek lisans tezi). University of North Carolina at Greensboro.

- Newsham, G. R., Birt, B. J., Arsenault, C., Thompson, A. J. L., ve Veitch, J. A. (2013). Do green buildings have better indoor environments? New evidence. *Building Research & Information*, 41(4), 415–434.
- Newsham, G. R., Veitch, J. A., Reinhart, C. F. ve Sander, D. M. (2004). Lighting design for open-plan offices (Construction Technology Update No. 62). National Research Council Canada.
- OECD/IEA. (2006). Light's labour's lost: Policies for energy-efficient lighting. Paris: International Energy Agency.
- Onaygil, S., Erkin, E. ve Güler, Ö. (2004). Kompakt flüoresan lambalarda (KFL) ömür maliyet ilişkisi. *ELECO 2004 Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, 1–5, Bursa.
- Osterhaus, W., Gkaintatzi-Masouti, M., Nielsen, K., Baumann, T., ve Dobos, F. (2022). *NAVITAS – A testbed for integrated daylighting and electric lighting aspects*. IEA SHC.
- Özkaya, M. ve Tüfekçi, T. (2011). Aydınlatma tekniği (10. bs.). İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Öztürk Gül, E. (2023). *Ofislerde görsel konfor ve enerji tüketimine ilişkin aydınlatma tasarım parametreleri ve etkilerinin belirlenmesi üzerine bir yaklaşım* (Doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pelsan (2024). İç mekân aydınlatma armatürleri nelerdir. *Pelsan Aydınlatma Blog*. Alındığı tarih 15 Aralık 2024. Erişim adresi: <https://pelsan.com.tr/blog/ic-mekan-aydinlatma-armaturleri-nelerdir/>
- Pham, K., ve Garcia-Hansen, V. (2022). *Evidence-based management to monitor and improve indoor lighting: Aurecon building, Brisbane, Australia* (IEA SHC Task 61 Subtask D). Brisbane, Avustralya: Queensland University of Technology.
- Philips (2008). *Basics of light and lighting*. Koninklijke Philips Electronics N.V.
- Phillips, D. (2004). *Daylighting: Natural light in architecture*. Architectural Press.
- Plympton, P., Conway, S. ve Epstein, K. (2000). Daylighting in schools: Improving student performance and health at a price schools can afford. *American Solar Energy Society Conference*, 10, 2010.
- Reinhart, C. F. ve LoVerso, V. R. (2010). A rules of thumb-based design sequence for diffuse daylight. *Lighting Research & Technology*, 42(1), 7–31.
- Reinhart, C., ve Walkenhorst, O. (2001). Dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a full-scale test office with outer Venetian blinds. *Energy and Buildings*, 33(7), 683–697.

- Roisin, B., Bodart, M., Deneyer, A. ve D’Herdt, P. (2008). Lighting energy savings in offices using different control systems and their real consumption. *Energy and Buildings*, 40(3), 514–523.
- Russell, S. (2012). *The architecture of light*. La Jolla: Conceptnine Publishing.
- Saskatchewan Energy Management Task Forces. (t.y.). *Energy management task forces technology information sheets*. Saskatchewan Energy.
- Schneidman, D. (2003). Chapter leaders head to the Hill. *Bulletin of the American College*, 88(8), 28–33.
- SLL (2002). *Code for lighting*. Italy: CIBSE.
- Soltan Zadeh, H. (2010). Mimarlıkta aydınlatma. *Mimarlık ve Kültür Dergisi*, 60, 15–20.
- Son, A. R., Kim, I. T., Choi, A. S. ve Sung, M. K. (2015). Analysis of UGR values and results of UGR calculations in commercial lighting simulation software. *LEUKOS: The Journal of the Illuminating Engineering Society of North America*, 11(3), 141–154.
- Souza, L. C., Rodrigues, J. ve Dhurandher, S. K. (2018). An IoT automated curtain system for smart homes. *International Conference on Engineering, Computer Science, Environmental Science*.
- Steffy, G. (2008). *Architectural lighting design* (3. bs.). Hoboken, NJ: Wiley Publishing.
- Tahbaz, M. ve Moosavi, M. F. (2009). Daylighting methods in Iranian architecture (green lighting). In *CISBAT 2009 – International Conference on Sustainable Building and Urban Development* (pp. 273–278). Lausanne: Swiss Federal Institute of Technology (EPFL).
- Tao, L. (2022). *Integrated solutions for daylight and electric lighting in NZEB office building*. Erişim adresi: <https://task61.ieashc.org/Data/Sites/1/publications/CN-CABR.pdf>
- Themhcompanies (2021). IECC lighting controls open office. Alındığı tarih 15 Kasım 2024. Erişim adresi: <https://themhcompanies.com/2021-iecc-lighting-controls-open-office>
- Url 1, <https://www.lightingstyle.com.au/guide-to-lighting-colour-temperature.html>
- Url 2, <https://mountlighting.co.uk/office-lighting-regulations-compliance/>
- Url 3, <https://radarchitect.com>
- Url 4, <https://planlux.net/sidelighting-openings/>
- Url 5, <http://www.sunvia.net>

- Url 6, <https://planlux.net/sun-catchers-atria/>
- Url 7, <https://www.standardpro.com/3-basic-types-of-lighting/>
- Url 8, <https://www.whe.org/blog/lighting-your-way-to-energy-efficiency.html>
- Url 9, <https://lightingcontrolsassociation.org/2017/07/21/introduction-to-lighting>.
- Url 10, <https://www.seattle.gov/documents/Departments/CityLight/LightingControlToolkit.pdf>
- Url 11, <https://www.alkhalili.com/systems-and-electrical/lighting-control-home-automation.php>
- Url 12, <https://www.helestra.de/en/info/news/smart-lighting>
- Url 13, <https://www.controlco.com.au/blog/2015/7/16/lighting-control-methods>
- Url 14, http://help.synapsewireless.com/Lighting/Content/SimplySNAP_Topics/Understanding_Zones_Behaviors_and_Scenes.htm
- Url 15, <https://www.nibusinessinfo.co.uk/content/efficient-zonal-and-sensor-lighting-controls>
- Url 16, <https://www.ebay.co.uk/itm/144926871655>
- Url 17, <https://www.construction21.org/case-studies/h/china-academy-of-building-research-nzebuilding.html>
- Url 18, <https://usyd-engineering.prosple.com/interviews/aurecon-brisbane-office-tour>
- Url 19, <https://www.aurecongroup.com/projects/property/25-king>
- Url 20, <https://www.visitaarhus.com/aarhus-region/plan-your-trip/navitas-gdk1028741>
- Url 21, <https://www.savemoneycutcarbon.com/learn-save/brief-guide-to-lighting-levels/>
- Url 22, <https://fiache.ir/articles/>
- Url 23, <https://www.cardinalcorp.com/glossary/visible-light-transmittance-vlt/>
- Url 24, <https://gelisim.edu.tr/tr/gelisim-icerik-istanbul-gelisim-universitesi-k-blok>
- Url 25, <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/istanbul/avc%C4%B1lar-924047/>

Url 26,

https://www.meteoblue.com/tr/hava/historyclimate/climatemodelled/avc%C4%B1lar_t%C3%BCrkiye_322953

Url 27, <https://www.mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx?l=tg>

Url 28, <https://www.contravision.com/privacy-window-film/frosted/>

Ünver, R. (2017). Yapı dışı engeller ve hacim içi doğal aydınlık ilişkisi üzerine bir inceleme. *III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, Ankara.

Veitch, J. A. (1998). Commentary: On unanswered questions. In J. A. Veitch (Ed.), *Proceedings of the First CIE Symposium on Lighting Quality (CIE-x015-1998, s. 88–91)*. Vienna, Austria: Commission Internationale de l'Eclairage Central Bureau.

VisitAarhus (t.y.). Plan your trip: Navitas – GDK1028741. Erişim adresi: <https://www.visitaarhus.com>

Wikibooks (2018). Technical theatre/lighting/introduction. Alındığı tarih 10 Aralık 2024. Erişim adresi: https://en.wikibooks.org/wiki/Technical_Theatre/Lighting/Introduction

Xu W. ve Zhang S. (2018). APEC Nearly (Net) Zero Energy Building Roadmap. China Academy of Building Research.

Yücel, Ş. B. (2019). *Açık planlı ofislerde aydınlatma tasarımının irdelenmesi* (Yüksek lisans tezi) Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Y

ağmur, Ş. A. ve Sözen, M. Ş. (2016). Dersliklerde görsel konfor ve iç yüzeylerin etkisi. *Megaron*, 11(1), 49–62.

Yener, A. (2003). Binalarda günışığında yararlanma yöntemleri: Çağdaş teknikler. *VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi* (25–28 Ekim 2007, s. 231–241), İzmir.

Yıldırım, S. G. ve Küçükdoğu, M. Ş. (2024a). Performance evaluation of daylight in terms of visual comfort in design studios and classrooms. *Balkanlight 2024 Conference*, İstanbul, Turkey, 28–29 November 2024, 1–10.

Yıldırım, S. G., Baur, S. W., Yarbrough, T. G. ve Nieters, M. (2023). *International Journal of Engineering Technologies*, 8(2), 77–82.

Yıldırım, S. G., Küçükdoğu, M. Ş. ve Baur, S. W. (2024b). Binalarda günışığı performansı değerlendirme metotları ve kullanım alanları. *4. Ulusal Yapı Fiziği ve Çevre Kontrolü Kongresi*, İstanbul.

Yun, G., Yoon, K. C. ve Kim, K. S. (2014). The influence of shading control strategies on the visual comfort and energy demand of office buildings. *Energy and Buildings*, 84, 70–7

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : BABAEİ Nahid

Uyruğu : İran

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	İstanbul Gelişim Üniversitesi-Lisansüstü Eğitim Enstitüsü- Mimarlık Anabilim Dalı	2025
Lisans	Eastern Mediterranean University- Mimarlık Bölümü	2014
Sertifika	MFT- İran- Interior Design	2008

İş Deneyimi

- HVAC Sistem Tasarım Stajı
- AutoCAD Öğretimi
- Villa / Daire Plan Tasarımı- Free lancer

Yabancı Dil

Farsça (anadil), İngilizce (profesyonel yetkinlik), Türkçe (profesyonel yetkinlik)

