

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİMARİ TASARIMDA GÜN IŞIĞI VE GÜN IŞIĞI AYDINLATMA
SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammed Engin ÇİFTÇİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Fiziği ve Malzemesi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ümit Turgay ARPACIOĞLU

ŞUBAT 2023

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİMARİ TASARIMDA GÜN IŞIĞI VE GÜN IŞIĞI AYDINLATMA
SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammed Engin ÇİFTÇİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Fiziği ve Malzemesi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ümit Turgay ARPACIOĞLU

ŞUBAT 2023

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ücret karşılığı başka kişilere yazdırmadığımı (dikte etme dışında), uygulamalarımı yaptırmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

Muhammed Engin ÇİFTÇİ

Aileme ve Tüm Sevdiklerime...

ÖNSÖZ

Hayatım boyunca her zaman ve her şekilde destek olan; Annem Gülay ÇİFTÇİ'ye , Babam Abdulkadir ÇİFTÇİ'ye ,Kardeşlerim Sezgin ÇİFTÇİ ve Zehra ÇİFTÇİ'ye ve Eşim Türkan ÇİFTÇİ'ye minnetle teşekkür ederim.

Tez dönemim ve yüksek lisans eğitimim süresince yoğun iş temposuna rağmen bilgisini, deneyimini ve hoşgürüsünü hiçbir zaman esirgemeyen, bu çalışmanın ortaya çıkması, şekillenmesi ve sonuçlanmasında katkılarda bulunan yüksek lisans tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ümit T. ARPACIOĞLU 'na, teşekkürlerimi sunarım.

Muhammed Engin ÇİFTÇİ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ	ix
İÇİNDEKİLER	x
KISALTMALAR	xii
SEMBOLLER	xiv
ÇİZELGE LİSTESİ	xvi
ŞEKİL LİSTESİ	xviii
ÖZET	xxii
SUMMARY	xxiv
1.GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	3
1.2 Çalışmanın Kapsamı ve Yöntemi	3
2.GÜN IŞIĞI VE MİMARİ TASARIM	5
2.1 Güneş, Gün Işığı ve Aydınlatma İlişkisi	5
2.1.1. Güneş.....	5
2.1.2 Gün ışığı	7
2.1.2.1 Güneş ışığı.....	7
2.1.2.2 Gök ışığı	9
2.1.3 Aydınlatma	10
2.1.3.1 Aydınlatma kavramları ve bileşenleri	10
2.1.3.2 Kaynağına göre aydınlatma türleri	14
2.1.3.3 Yönlendirmesine göre aydınlatma çeşitleri	16
2.1.3.4 Amacına göre aydınlatma çeşitleri	21
2.2 Gün Işığı İnsan İlişkisi.....	23
2.2.1 Görsel Konfor.....	23
2.2.1.1 Göz ve Görme Olayı	23
2.2.1.2 Dış görüş (manzara)	25
2.2.1.3 Kamaşma	26
2.2.1.4 Parlama-parlaklık	26
2.2.2 Isısal konfor	27
2.2.3 Renk	27
2.2.4 Sağlık.....	29
2.3 Gün Işığı Yapı İlişkisi	31
2.3.1 Çevresel değişkenler	32
2.3.1.1 Coğrafi değişkenler	32
2.3.1.2 Engeller-sınırlayıcılar	33
2.3.2 Yapısal değişkenler	34
2.3.2.1 Bina konumu, yönelimi ve formu	34
2.3.2.2 Hacimlerin yerleşimi & iç mekân organizasyonu	37
3.GÜN IŞIĞI AYDINLATMA SİSTEMLERİ	39

3.1 Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Amaçları ve İşlevleri	40
3.2 Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Sınıflandırılması	41
3.3 Gün Işığı Yönlendiren Sistemler	42
3.3.1 Işık rafı	42
3.3.2 Anidolik sistemler	45
3.3.2.1 Anidolik tavan	46
3.3.2.2) Anidolik açıklık (anidolik zenital açıklığı)	49
3.3.2.3 Anidolik petek (anidolik güneşlik)	53
3.3.3 Prizmatik paneller	54
3.3.4 Lazer kesim paneller	60
3.3.5 Holografik optik elemanlar	63
3.4 Gün Işığı Taşıyan Sistemler	65
3.4.1 Heliostat	65
3.4.2 Işık tüpleri	67
3.4.2.1 Gün ışığı tübü	70
3.4.2.2 Heliobus sistemi	72
3.4.3 Işık kılavuzu	75
3.4.3.1 Arthelio sistemi	78
3.4.4 Fiber optik ile gün ışığı taşıma	81
3.4.4.1 Himewari sistemi	83
3.4.4.2 Hibrit solar aydınlatma	85
3.4.4.3 Parans fiber optik sistem	86
3.4.4.4 Solux sistemi	88
3.4.5 Işık kılavuz tavanlar	89
4. GÜN IŞIĞI AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	91
5.SONUÇ	120
KAYNAKÇA	123

KISALTMALAR

y.y.	: Yüzyıl
kW	: Kilowatt
UV	: Ultraviole
IR	: Kızılötesi
CIE	: Commission Internationale De L'Eclairage (International Commission On Illumination)
OIS	: Ortalama Işımmsal Sıcaklık
CPC	: Compound Parabolic Concentrator
CPD	: Compound Parabolic Deconcentrator
Örn	: Örneğin
LKP	: Lazer Kesim Panel
HOE	: Holografik Optik Eleman

SEMBOLLER

z	: Zenit Açısı
A	: Güneş Azimut Açısı
h	: Güneş yükseklik açısı
d	: Güneş Denklikasyon Açısı
nm	: nanometre
m	: Metre
km	: Kilometre
mm	: Milimetre
cm	: Santimetre
lm	: Lümen
Q	: Işık Akısı
cd	: Kandela
I	: Işık Şiddeti
E	: Aydınlık Düzeyi
L	: Parıltı
A	: Yüzey Alanı
m²	: Metrekare
K	: Kelvin
Fr	: Yansıtılan Bileşen
Fd	: Kırılan Bileşen
Fu	: Kırılmayan Bileşen
W	: Kesik Derinliği
D	: Kesik Boşluğu
n	: Yansıtıcılık İndeksi
U	: Isı Geçirgenlik Katsayısı

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Elektromanyetik Güneş Spektrumu İçerisindeki Işıma İsimleri ve Dalga Boyu	9
Çizelge 2.2: Dış Görüş ve Katman Bağlantısı.....	26
Çizelge 2.3: Renk ve Dalga Boyu İlişkisi	28
Çizelge 3.1: Gün Işığı Tübü Sistemi Yansıma Kat Sayısı ve Yansıma Adedinin Önemi	71
Çizelge 3.2: Gün Işığı Tübü Sisteminden Kullanılan Boru Çapının Aydınlatma Özelliklerindeki Değişimi	72
Çizelge 4.1: Belirlenen Kriter İle 5’li Likert Ölçekli Oluşturulan Soru Kalıpları ve Cevapları	94
Çizelge 4.2: Odak Grup Katılımcıları İle İlgili Veriler	95
Çizelge 4.3: Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Amacıyla Belirlenen Maliyet Kriteri İçin Verilen Cevaplar ve Oranları	99
Çizelge 4.4: Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Amacıyla Belirlenen Bakım-Onarım ve Temizlik Kriteri İçin Verilen Cevaplar ve Oranları.....	103
Çizelge 4.5: Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Amacıyla Belirlenen Performans Kriteri İçin Verilen Cevaplar ve Oranları	107
Çizelge 4.6: Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Amacıyla Belirlenen Entegrasyon Kriteri İçin Verilen Cevaplar ve Oranları	110
Çizelge 4.7: Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Amacıyla Belirlenen Coğrafi Koşullara Bağlılık Kriteri İçin Verilen Cevaplar ve Oranları.....	114
Çizelge 4.8: Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Amacıyla Belirlenen Dış Görüş Kriteri İçin Verilen Cevaplar ve Oranları	117

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Güneş Açıları	7
Şekil 2.2: Beyaz Işığın Kırılması	8
Şekil 2.3: Elektromanyetik Tayf	8
Şekil 2.4: Sert-Yumuşak Gölge Durumları	13
Şekil 2.5: Yüze Oturan Nesnelerin Sert-Yumuşak ve Açık-Koyu Gölge Durumları Gösterimi	14
Şekil 2.6: Doğrudan(Direkt) Aydınlatma Şeması	16
Şekil 2.7: Doğrudan(Direkt) Aydınlatma Örneği	17
Şekil 2.8: Yarı Doğrudan (Yarı direkt) Aydınlatma Şeması	17
Şekil 2.9: Yarı Doğrudan (Yarı direkt) Aydınlatma Örneği	18
Şekil 2.10: Yayınık (Homojen) Aydınlatma Şeması.....	18
Şekil 2.11: Yayınık (Homojen) Aydınlatma Örneği	19
Şekil 2.12: Yarı Dolaylı (Yarı endirekt) Aydınlatma Şeması	19
Şekil 2.13: Yarı Dolaylı (Yarı endirekt) Aydınlatma Örneği.....	20
Şekil 2.14: Dolaylı (Endirekt) Aydınlatma Şeması.....	20
Şekil 2.15: Dolaylı (Endirekt) Aydınlatma Örneği	21
Şekil 2.16: Fizyolojik Aydınlatma Örneği	21
Şekil 2.17: Dekoratif Aydınlatma Örneği	22
Şekil 2.18: Dikkat Çeken Aydınlatma Örneği	22
Şekil 2.19: H.Munsell Renk Diagramı	29
Şekil 2.20: Sirkadyen Ritim ve Biyolojik Saat Döngüsü	31
Şekil 2.21: İklim Bölgelerine Göre Konumlanma Şeması.....	36
Şekil 2.22: Hacimdeki Gün Işığı Miktarını Etkileyen Faktörler	38
Şekil 3.1: ‘Ash Creek Intermediate School’ Sınıf Işık Rafı Uygulaması.....	42
Şekil 3.2: Işık Rafı Çalışma Prensibi	43
Şekil 3.3: ‘Clackamas High School’ Cephe Perspektifleri	44
Şekil 3.4: ‘Clackamas High School’ Sınıf Görseli.....	45
Şekil 3.5: Anidolik Tavan Sistemi	46
Şekil 3.6: LESO Binası Güney Cephesi.....	48
Şekil 3.7: LESO Binası Kontrollü Anidolik Sistem Deneyi Görselleri	48
Şekil 3.8: LESO Binası Kontrollü Anidolik Sistem Deneyi Görselleri	49
Şekil 3.9: Anidolik Tepe Açıklığı Sistemi	49
Şekil 3.10: Kabul Sektörü Gösterim Diagramı	50
Şekil 3.11: Anidolik Zenital Açıklık Sistemi	51
Şekil 3.12: LESO Binası DIANE Aydınlatma Laboratuvarı Anidolik Zenital Açıklık Sistemi(.....	51
Şekil 3.13: Anidolik Zenital Açıklık Kontrollü Deneyi	53
Şekil 3.14: Anidolik Petek(Anidolik Güneşlik) Sistemi	54
Şekil 3.15: Prizmatik Paneller(Simetrik Asimetrik ve Farklı Açılımlarına Sahip Dişler	55
Şekil 3.16: Prizmatik Paneller Çalışma Prensibi Şeması	55
Şekil 3.17: Prizmatik Panelin Yaygın Gün Işığı ve Direkt Gün Işığı İlişkisi	56
Şekil 3.18: Pencere Üzerine Yerleştirilen Prizmatik Panel Gösterimi.....	57
Şekil 3.19: Pencere Arasına Yerleştirilen Prizmatik Sistemler.....	59
Şekil 3.20: Pencere Arkasına Yerleştirilen Prizmatik Sistemler.....	60

Şekil 3.21: Lazer Kesim Panel Yansıma Şeması	61
Şekil 3.22: Işık Yönlendirici Sabit Lazer Kesim Panel Yansıma Şeması.....	62
Şekil 3.23: Sabit ve Hareketli Lazer Kesim Panel Yansıma Şeması	62
Şekil 3.24: Gölgeleme ve Işın Yönlendirme Amaçlı Lazer Kesim Panel Yansıma Şeması	63
Şekil 3.25: Holografik Elemanın Çalışma Prensipleri	63
Şekil 3.26: Tepe Işığı Kılavuzu Kullanımı ile Gün Işığının Tavan ve Hacmin Derinliklerine Taşınması.....	64
Şekil 3.27: 1975-1982 Yılları Arasında Geliştirilen Heliostat Modelleri	65
Şekil 3.28: Heliostat Uygulama Örneği	66
Şekil 3.29: Ayna Yüzeyle Işık Tüpü.....	68
Şekil 3.30: Prizmatik Yüzeyle Işık Tüpü.....	68
Şekil 3.31: Mercek (Lens) Sistemli Işık Tüpü	69
Şekil 3.32: Gün Işığı Tüpü Sistemi Şematik Gösterim ve Aydınlatma Örneği	72
Şekil 3.33: Heliobus Postdamer Platz Örneği (Meydanda Bulunan Gün Işığı Tüpleri ve Metro İstasyonuna Ulaşan Gün Işığı).....	73
Şekil 3.34: Heliobus St.Gallen Örneği (Toplayıcı Ünite).....	74
Şekil 3.35: Heliobus St.Gallen Örneği (Kare Kesitli Gün Işığı tüpü Gün Işığı Şaftı ve İçerisinde Bulunan Kare Kesitli Gün Işığı Tüpü)	75
Şekil 3.36: Işık Kılavuz Sistemleri (Bu şekilde; 1-ışık kaynağı, 2,4-yansıtıcı ayna, 3- cam, 5- ışık kılavuz tüpü, 6-aynasal film tabakası, 7-yaygın yansıtıcı, 8- dağıtıcı, 9-prizmatik film tabakasıdır.).....	76
Şekil 3.37: Berlin Teknik Üniversitesi Işık Kılavuz Sistem Örneği	77
Şekil 3.38: Prizmatik Işık Kılavuzu Şematik Kesit.....	77
Şekil 3.39: Işık Kılavuzu Kesit	78
Şekil 3.40: Arthelio Toplayıcı Ünite Şematik Gösterim.....	79
Şekil 3.41: Arthelio Dikey Işık Tüpü	80
Şekil 3.42: Arthelio Dağıtıcı Ünite Şematik Gösterim	80
Şekil 3.43: Arthelio Sistemi Gündüz ve Gece Aydınlatma Şematik Gösterimi	81
Şekil 3.44: Fiber Optik İle Gün Işığı Taşıma (Kollektör ve Aydınlatma Armatürü). 82	
Şekil 3.45: Fiber Optik Kablo Kesiti	83
Şekil 3.46: Himewari Örnekleri	84
Şekil 3.47: Himewari Sistem Şematik Gösterim	85
Şekil 3.48: Hibrit Solar Aydınlatma Sistemi Şematik Gösterim.....	86
Şekil 3.49: Parans Fiber Optik Gün Işığı Sistemi–Malmö Müzesi.....	86
Şekil 3.50: Parans SP3 – SP4 Kollektör	87
Şekil 3.51:Parans Sistemi Şematik Gösterim.....	88
Şekil 3.52: SOLUX Sistemi Şematik Gösterim	89
Şekil 3.53: Işık Kılavuz Tavan Şematik Gösterim.....	90
Şekil 4.1: SPSS Programı Verilerin Giriş Yapıldığı Ekranın Görüntüsü	96
Şekil 4.2: Maliyet Kriteri İçin Verilen Cevapların Grafik Üzerinde Dağılımı	97
Şekil 4.3: Maliyet Kriteri İçin Verilen Cevapların Ağırlıklı Ortalama Grafiği	97
Şekil 4.4:Bakım-Onarım ve Temizlik Kriteri İçin Verilen Cevapların Grafik Üzerinde Dağılımı.....	100
Şekil 4.5: Bakım-Onarım ve Temizlik Kriteri İçin Verilen Cevapların Ağırlıklı Ortalama Grafiği	101
Şekil 4.6: Performans Kriteri İçin Verilen Cevapların Grafik Üzerinde Dağılımı ..	104
Şekil 4.7: Performans Kriteri İçin Verilen Cevapların Ağırlıklı Ortalama Grafiği .	105
Şekil 4.8: Entegrasyon Kriteri İçin Verilen Cevapların Grafik Üzerinde Dağılımı.	108
Şekil 4.9: Entegrasyon Kriteri İçin Verilen Cevapların Ağırlıklı Ortalama Grafiği	109

Şekil 4.10: Coğrafi Koşullara Bağlılık Kriteri İçin Verilen Cevapların Grafik Üzerinde Dağılımı	111
Şekil 4.11: Coğrafi Koşullara Bağlılık Kriteri İçin Verilen Cevapların Ağırlıklı Ortalama Grafiği	112
Şekil 4.12: Dış Görüş Kriteri İçin Verilen Cevapların Grafik Üzerinde Dağılımı ..	115
Şekil 4.13: Dış Görüş Kriteri İçin Verilen Cevapların Ağırlıklı Ortalama Grafiği..	116
Şekil 4.14: Gün Işığı Yönlendirme Sistemlerinin Belirlenen Kriterlere Ait Ağırlıklı Ortalama Değerlerinin Kesişim Grafiği	119
Şekil 4.15: Gün Işığı Taşıma Sistemlerinin Belirlenen Kriterlere Ait Ağırlıklı Ortalama Değerlerinin Kesişim Grafiği	119

MİMARİ TASARIMDA GÜN IŞIĞI VE GÜN IŞIĞI AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Dünya popülasyonunun hızlı bir şekilde arttığı günümüzde, gelişen teknoloji ve artan nüfus nedeniyle insanların ihtiyaç duydukları enerji miktarının artış gösterdiği bilinmektedir. İhtiyaç duyulan bu enerji miktarındaki artışın karşılanabilmesi için kullanılan fosil yakıtlar daha fazla tüketilmeye başlanmış ve sınırlı olan bu kaynaklar tüketimi hızlanmıştır. Geçmişten günümüze gelene kadar gelen süreç içerisinde endüstrileşmenin artmasıyla beraber ihtiyaç duyulan enerji miktarı artış göstermiş ve bu ihtiyacı karşılanmasını sağlamak amacıyla dünya genelinde zaman zaman enerji krizleri meydana gelmiştir. İnsanların karşılaştıkları enerji krizleri insanları var olan enerjinin daha verimli kullanılması konusunda dikkatli davranmalarını sağlamış ve yeni enerji kaynakları aramaya yöneltmiştir.

Günümüzde enerji tüketiminin önemli bir bölümünü aydınlatma için kullanılan enerjinin oluşturduğu bilinmektedir. Enerjinin etkin kullanımı konusunun ön planda olduğu günümüzde gün ışığı kullanımı ile aydınlatmanın sağlanması hem enerji tasarrufu açısından hem de insanlar için konforlu ortamlar oluşturulabilmesi bakımından gereklidir.

Popülerliği her gün artan sürdürülebilir tasarım ve çevreye duyarlı proje oluşturma amacı kapsamında enerji etkin bina tasarımları önem kazanmıştır. Bu sebeple ortaya atılan ve kısa zaman içerisinde hızlı bir şekilde geliştirilerek geniş kitleler tarafından benimsenen yeşil bina sertifika sistemleri, sürdürülebilir mimarlık ve enerji tasarrufu başlıklarında tasarımcılara yardımcı olabilecek tasarım kriterleri ortaya koymaktadır. Geliştirilen sertifika sistemleri sayesinde global ve bölgesel olarak sunulan kriterler ile gün ışığı aydınlatma sistemlerinin teknik özellikleri ve çalışma yöntemlerine ilişkin belirlenen bilgiler bir sistematik içerisinde incelenerek tasarımcıya sunulmuştur. Bu sayede tasarımcıya yol gösterecek sistematik bir yardımcı kaynak oluşturulmak istenmiştir.

Bu tez çalışmasında, birinci bölüm giriş kısmıdır. Bu bölümde; çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi belirlenmiştir.

İkinci bölümde; güneş, gün ışığı ve aydınlatma terimlerinin açıklamaları ve birbirleri ile olan ilişkilerinin durumları incelenmiştir. Buna ek olarak gün ışığının insan ve yapı ile olan ilişkisi alt başlıklar halinde detaylandırılarak anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde; gün ışığı aydınlatma sistemlerinin amaçları ve işlevlerine ilişkin genel bilgi verilmiştir. Bu sistemlerin hangi kriter kullanılarak yönlendiren ve taşıyan sistemler olarak sınıflandırıldıkları ortaya konulmuştur. İki farklı başlık altında incelenen sistemlerin teknik tanımları, özellikleri, çalışma ilkeleri ve işlevleri örnekleriyle anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde; çalışmada anlatılan gün ışığı aydınlatma sistemlerinin tamamının değerlendirilebileceği ve gerektiğinde sistemleri birbirleri ile karşılaştırabileceği değerlendirme kriterleri yapılan literatür taraması ile belirlenmiştir. Belirlenen kriterler ile gün ışığı aydınlatma sistemlerinin tamamını değerlendirebilmek amacıyla 5 'li likert ölçeğinin kullanıldığı soru kalıpları oluşturulmuştur. Oluşturulan soru kalıpları yüksek lisans düzeyinde gün ışığı dersini tamamlamış mimarlardan oluşan odak grubun değerlendirilmesine sunulmuştur. Odak grup tarafından verilen cevaplar SPSS programına aktararak nicel veriler haline getirilerek grafiklere

dönüştürülmüştür. Bu yöntemle kullanıcı ve tasarımcıların gün ışığı aydınlatma sistemlerini seçtikleri aşamada uygun sistemin seçimine yardımcı olacak bir kaynak oluşturulması amaçlanmıştır.

Beşinci, sonuç bölümünde çalışma ile ilgili genel bir değerlendirme yapılarak sistemlerin kullanımı ve seçimi hakkında tavsiyeler verilmiştir.

Anahtar kelimeler; Gün ışığı, Gün ışığı aydınlatma sistemleri.

INVESTIGATING DAYLIGHT AND DAYLIGHT LIGHTNING SYSTEMS IN ARCHITECTURAL DESIGN

SUMMARY

It is known that the amount of energy that people need increases due to the developing technology and increasing population in today's world population is increasing rapidly. In order to meet the increase in the amount of energy needed, the fossil energy resources used have started to be consumed more and these limited resources are being depleted faster. In the process from the past to the present, the amount of energy needed has increased with the increase in industrialization, and energy crises have occurred from time to time around the world in order to meet this need. The energy crises that people face have made people be careful about using the existing energy more efficiently and have led them to look for new energy sources.

It is known that lighting energy constitutes an important part of energy consumption today. In today's conditions, where the effective use of energy is at the forefront, the use of daylight and lighting is necessary both in terms of energy savings and in terms of creating comfortable environments for people.

Energy efficient building designs have gained importance within the scope of sustainable design and environmentally friendly projects, whose popularity is increasing day by day. For this reason, green building certification systems, which were developed rapidly and adopted by large masses in a short time, reveal design criteria that can help designers in the titles of sustainable architecture and energy saving.

Thanks to the developed certification systems, the criteria presented globally and regionally, the technical characteristics and working methods of daylight lighting systems were examined in a systematic manner and presented to the designer. In this way, it was desired to create a systematic auxiliary resource to guide the designer.

In this thesis, the first chapter is the introduction. In this chapter; The subject, purpose, scope and method of the study were determined.

In the second part; The explanations of the terms sun, daylight and lighting and their relations with each other are examined. In addition, the relationship between daylight and human and building has been tried to be detailed by creating sub-headings.

In the third part; General information about the purposes and functions of daylight lighting systems is given. It has been revealed by which criteria these systems are classified as guiding and carrying systems. The technical definitions, features, working principles and functions of the systems examined under two different headings are explained with examples.

In the fourth chapter; Evaluation criteria which determined with literature review that can be used to evaluate all of the daylight lighting systems described in the study and

to compare the systems with each other when necessary have been determined. Determined evaluation criteria were converted into question patterns using a 5-point Likert scale in order to evaluate all of the daylight lighting systems described in the study. For the evaluation of daylight systems, questions patterns questions was submitted to the evaluation of the focus group whose members are put across the day light course while in master. The question patterns answered by the focus group was made analytical with the SPSS data evaluation program. The quantitative data obtained by this method is intended to be an auxiliary source during the selection of the appropriate system by the users and designers during the selection of daylight lighting systems.

In the fifth part, a general evaluation of the study and some suggestions about using and determine day light systems was made as a conclusion.

Key Words: Day light, Day light lightning systems

1.GİRİŞ

Makineleşmenin zirveye ulaştığı 20.yy. sonu ve 21.yy. başlarında artan enerji talebinin karşılanması için kullanılan fosil yakıtların aşırı ve bilinçsiz tüketimi, doğanın kendini yenileme hızının önüne geçerek geri dönüşü olmayan tahribatlara yol açmıştır. Özellikle teknolojinin zaman içerisinde gelişimi ile beraber insanların yaptıkları işleri kolaylaştırmak amacıyla üretilen aletlerin sayısının artması ve bu aletlerin çalışması için gereken enerjinin karşılanması gerekliliği bu aşırı ve bilinçsiz tüketimin başlıca nedeni olmuştur.

Artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için fosil yakıtlar gibi yüksek enerji açığa çıkaran kaynaklar fazlaca kullanılmıştır. Bu aşırı kullanımın sebep olduğu ozon tabakasının delinmesi, küresel ısınmanın artması, bazı türlerin nesillerinin tükenmesi gibi geri dönüşü olmayan küresel ekolojik sorunların ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu gibi önemli ekolojik sorunların önlenmesi ve enerjiye duyulan ihtiyacın farklı yöntemlerle karşılanarak doğaya verilen zararın önüne geçilebilmesi için sürdürülebilirlik konusu gündeme gelmiş ve her alanda kendisine yer bulmuştur.

Mevcut kaynakların kullanımı ile enerji ihtiyacını karşılayamayan devletler gerekli olan enerjiyi farklı kaynaklardan karşılamak için enerji kaynağı arayışına yönelmişlerdir. Özellikle gelişmiş ülke konumundaki devletler enerji ihtiyacını karşılayabilmek için sürdürülebilir enerji kaynaklarının kullanımına yönelik yatırımlarını arttırmışlar ve enerji politikalarında bu kaynakların araştırılması ve geliştirilmesi için fonlar oluşturmuşlardır. Araştırma ve geliştirme çalışmaları sırasında enerji ihtiyacının karşılanmasının tek başına sorunu çözmek için yeterli olmayacağı, enerjinin etkin ve verimli kullanılmasında bu sorunu çözümü için gerekli olduğu sonucu ortaya çıkmıştır. Enerjinin etkin kullanılması konusunda dünya genelinde bir çalışma yapılması gerekliliği gündeme gelmiş ve küresel ısınmaya neden olan etkenler konusunda hızlı bir şekilde çevre bilincinin oluşturulması gerekliliği görülmüştür. Enerjiyi verimli kullanabilmek ve var olan kaynakların dikkatli bir şekilde kullanılmasını anlatabilmek için konferanslar, seminerler ve eğitici yayınlar oluşturulmuş ve bunlarla insanların bilinçlenmesi sağlanmıştır.

Dünya genelinde oluşturulmak istenilen çevre duyarlılığı bilinci kapsamında sanayi kuruluşları ve konutların tabii olacakları yeni kanunlar, yönetmelikler ve standartlar oluşturulmuştur. Çevreye duyarlı bina yapımı ön plana çıkmış ve enerji etkin yapı tasarımları önem kazanmıştır. Küresel çapta meydana gelen gelişmeler ve bunların sonucunda gelişmiş ülkelerin katılımının sağlandığı Rio Konferansı, Kyoto Protokolü ve Paris Antlaşması gibi sözleşmeler yapılmıştır. Bu küresel çapta gerçekleşen çevre duyarlılığı sözleşmelerine ek olarak ülkelerin kendi özel şartlarıyla uyumlu olacak şekilde oluşturulan ‘Yeşil Bina Sertifika Sistemleri’ ile yapılmak istenilen mimari projelerin inşaat süreçleri ve yapı ömürleri boyunca yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı teşvik edilerek çevreye olan duyarlılıklarının artırılması amaçlanmıştır.

Yüzyıllardır yeryüzünde yaşayan canlıların en önemli enerji kaynağı olan güneş, çevreye zarar vermeyen temiz, doğal ve yenilenebilirdir. İnsanlar, yapay enerji kaynakları keşfedilmeden önce günlük yaşamlarını güneş merkezli kurgulamış ve güneşten her alanda maksimum düzeyde faydalanmaya çalışmışlardır. Yapay ısı ve ışık kaynaklarının bulunmasına kadar geçen süre içerisinde güneş, doğal aydınlatma kaynağı olarak görülmüş ve kabul edilmiştir. Bu kabule paralel olarak güneş enerjisinin kullanımı ve özellikle gün ışığı ile aydınlatmanın sağlanabilmesi ile ilgili olan çalışmaların sonuçlarından elde edilen bilgi birikimlerine ‘Yeşil Bina Sertifika Sistemleri’ içerisinde sistematik bir şekilde yer almaktadır.

Aydınlatma, günümüzde insanlar için büyük ihtiyaçlardan birisidir. Elektrik enerjisinin kullanımında büyük bir yere sahip olan aydınlatma enerjisinden tasarruf edebilmek için gündüz saatlerinde gün ışığı kullanılarak hacimlerin aydınlatılması, aydınlatma için ihtiyaç duyulan enerji miktarının azalmasını sağlayacaktır. Özellikle gündüz vakitlerinde hizmet veren okullar, devlet kurumları, ofisler, müzeler, vb. yerlerde gün ışığı aydınlatmasının sağlanması ile aydınlatma için kullanılan elektrik enerjisi miktarının azaltılabileceği ve hatta sıfıra indirilebileceği yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur.

Yapılan araştırma ve geliştirme çalışmalarından elde edilen veriler ile gün ışığını verimli bir şekilde yaşam alanlarına ileterek görsel konfor koşullarını iyileştiren ve aynı zamanda elektrik enerjisinden tasarruf edilebilmesine yardımcı olan sistemler geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistemlere gün ışığı aydınlatma sistemleri denilmektedir.

Gün ışığı aydınlatma sistemleri, gelişmiş ülkelerde uzun süren çalışmalar sonucunda geliştirilmiş ve bu ülkelerde zamanla yaygınlaşmıştır. Gün ışığı ile aydınlatmada geleneksel yöntemlerin kullanıldığı ülkemizde de bu sistemlere olan ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Sürdürülebilirlik ve enerjinin verimli kullanılması konularının sıkça gündeme geldiği ülkemizde bu tip sistemleri kullanmak isteyen tasarımcılara gün ışığı aydınlatma sistemlerinin tanıtılması ve seçimi sırasında yardımcı olmak hedeflenmiştir.

1.1 Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasında ilk olarak, iç mekanlarda gün ışığı ile aydınlatmanın sağlanması için geliştirilen veya geliştirilme süreci devam eden gün ışığı aydınlatma sistemlerinin çalışma prensipleri, sistemlerle ilgili temel kavramlar ve sistemlerin sağladığı faydalar hakkında bilgi verilmek istenmiştir. Devamında, gün ışığı aydınlatma sistemleri arasında karşılaştırma ve değerlendirme yaparak tasarımcı ve kullanıcının ihtiyaçlarını karşılayabilecek uygun sistemin seçilmesine yardımcı bir kaynak oluşturulması amaçlanmıştır.

1.2 Çalışmanın Kapsamı ve Yöntemi

Çalışmada ilk olarak, güneş ışığının nasıl oluştuğu, insan ile olan ilişkisi ve yapı ile olan ilişkisi alt başlıklarda incelenmiştir.

Sonrasında, çalışmanın konusu olan gelişmiş gün ışığı aydınlatma sistemlerinin anlatıldığı bölümünde, sistemlerin ortaya çıkma nedenleri, işlevleri ve amaçlarına değinilerek sınıflandırma yapılmış ve yapılan sınıflandırmaya uygun olarak gün ışığı aydınlatma sistemleri örnekleri ile beraber ele alınmıştır.

Çalışmanın devamında gün ışığı aydınlatma sistemleri arasında karşılaştırma yapabilmek için sistemlerin sahip oldukları ortak özellikler literatür taraması sonucunda belirlenerek değerlendirme kriterleri olarak seçilmiştir. Seçilen kriterler ile sistemlerin değerlendirilmesi için sorular oluşturulmuştur. Seçilen değerlendirme kriterlerinden oluşturulan bu sorular odak grup tarafından cevaplanmıştır. Cevaplardan elde edilen sonuçlar grafiklere aktarılmıştır.

Sonuç bölümünde çalışmada anlatılan gün ışığı aydınlatma sistemleri ve odak grup ile yapılan değerlendirme çalışmasının sonuçları ile ilgili genel bir değerlendirme yapılarak sistemlerin kullanımı ve seçimi hakkında tavsiyeler verilmiştir.

2.GÜN IŞIĞI VE MİMARİ TASARIM

2.1 Güneş, Gün Işığı ve Aydınlatma İlişkisi

2.1.1. Güneş

Güneş, üzerinde yaşadığımız Dünya'nın da içerisinde bulunduğu Samanyolu galaksisindeki güneş sisteminin merkezinde yer alan yıldızdır. Kütlesi Dünya'nın kütlesinin 333 bin katına, hacmi dünyanın hacminin 1.3 milyon katına ve çapı ise Dünya'nın çapının 109 katına eşit olan bu devasa küre dünyadan yaklaşık 150 milyon km uzakta bulunur(Url-1).

Güneş, Dünyadan yaklaşık olarak 150 milyon kilometre uzakta bulunmasına rağmen Dünya'ya en yakın yıldızdır. İçerisinde sürekli bir şekilde hidrojenin helyuma dönüştüğü füzyon reaksiyonun gerçekleşmesi sonucunda açığa çıkan enerjinin bir kısmını oluşturan ışınlar güneş sistemine yayılır. Güneşin içerisinde gerçekleşen füzyon reaksiyonu sonucunda oluşan bu enerjinin ışınma şeklinde Dünya'ya ulaşan kısmı küçük bir bölümdür. Bu küçük bölümün bir kısmı da atmosfer tarafın tutulur ve yeryüzüne sadece belirli bir kısmının ulaşması sağlanır. Güneşten atmosferin dış yüzeyine ulaşan enerji miktarı yaklaşık olarak 173.104 kW değerindeyken, atmosferden yeryüzüne ulaşan değer yaklaşık olarak 1.395 kW'a düşmektedir. Kısacası güneşte oluşan enerjinin çok küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır (Karamanav, 2007).

Yeryüzündeki en büyük doğal ısı ve ışık kaynağı olan güneş bu özelliğinden dolayı Dünyadaki canlılar için yaşam kaynağı olarak gösterilmektedir. Güneşin dünya için sağladığı ısı ve ışık yeryüzündeki canlılığın devamı için önemlidir.

Güneşin Hareketleri ve Açısı

Güneşten yeryüzüne gelen ışınım şiddeti dünyanın hem kendi ekseni etrafındaki hem de güneş etrafındaki yörünge hareketine bağlı olarak değişir. Dünyanın güneş

etrafındaki hareketini gerçekleştirirken dönüş aksı ile yaptığı $23^{\circ} 27'$ lik açı da yeryüzüne gelen ışınım miktarını önemli ölçüde etkilemektedir.

Dünyanın kendi eksenini etrafındaki dönüşü yani kuzey-güney eksenini etrafındaki bir tam dönüşü -1 günde- yaklaşık olarak 24 saatte (23 saat 56 dakika) tamamlanırken Dünya'nın güneş etrafındaki bir tam turunu tamamlaması -1 yıl- yaklaşık olarak 365 gün 6 saat (365 gün 5 saat 48 dakika) sürmektedir. Dünyanın kendi eksenini etrafında yapmış olduğu yörünge hareketi gece-gündüzün oluşmasına, güneş etrafında yapmış olduğu yörünge hareketi mevsimlerin oluşmasını sağlamaktadır. Dünyanın yapmış olduğu bu iki yörünge hareketi sebebiyle yeryüzüne gelen güneş ışınları herhangi bir nokta üzerinde sabit değildir. Yeryüzüne gelen ışınım şiddeti güneşin yüzey ile yapmış olduğu açı ile doğrudan bağlantılı olmasından dolayı güneşin hangi konumda olduğunun bilinmesi o an için önemlidir (Url-2).

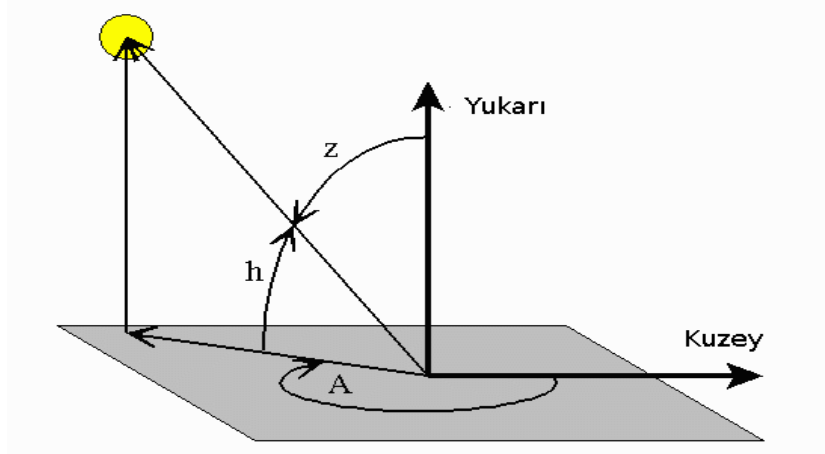
Güneşin Dünya üzerindeki bir noktaya göre konumun belirlenebilmesi için Zenit açısı(z), Güneş Azimut açısı(A), Güneş yükseklik açısı(h) ve Güneş Deklinasyon açısı(d)'nin bilinmesi gerekmektedir.

Zenit Açısı(z): Gökkürenin gözlemcinin bulunduğu düzlemin normali ile kesiştiği noktayı ifade eden noktaya zenit noktası denir. Gözlemcinin bulunduğu yatay yüzeyin normali ile direkt güneş ışını arasında kalan açı Zenit Açısı(z)'dir (Aksoylu, 2008).

Güneş Azimut Açısı (A): Kuzey 0 derece olacak şekilde güneşin dünya yüzeyinde gün boyunca taradığı açıya Güneş Azimut Açısı(A) denir. Batıya doğru ölçüldüğünde negatif, doğuya doğru ölçüldüğünde pozitif değer alır(Yücel et al., 2018).

Güneş Yükseklik Açısı(h): Gözlemcinin bulunduğu düzlem ile direkt güneş ışını arasında kalan açıya Yükseklik Açısı(h) denir. Azimut açısı ve yükseklik açısı toplamı 90° 'dir (Yücel et al., 2018).

Güneş Deklinasyon Açısı(d): Dünya ile Güneşin merkezlerini birleştiren bir doğru olduğunu düşünürsek ekvator düzlemi ile bu doğru arasında kalan açı değerine denir(Aksoylu, 2008).



Şekil 2.1 : Güneş Açıları (Url-3)

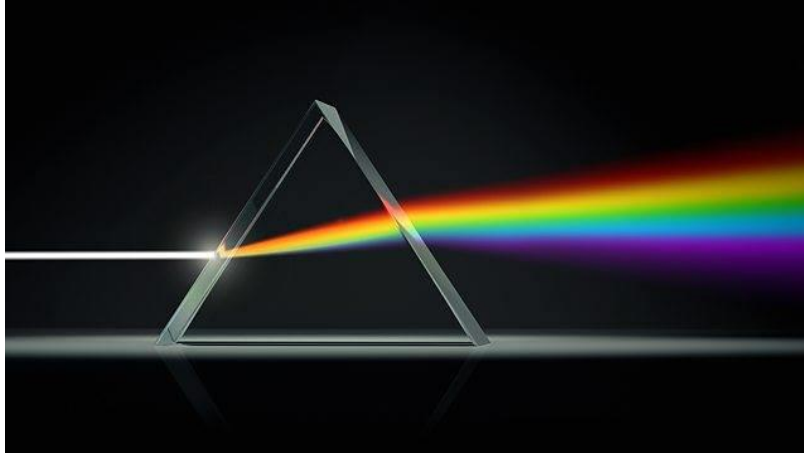
2.1.2 Gün ışığı

Gün ışığı, güneş ışığı ve gök ışığının toplamından oluşan toplam ışınımı ifade eden evrensel görünür ışınımıdır. Diğer bir deyişle güneşten dünyaya direkt gelen ışık ve yüzeylerden yansıyan ışığın beraber oluşturduğu doğal ışığı gün ışığı olarak isimlendiririz(Okutan, 2008).

Gün ışığı, sahip olduğu nitelikler bakımından değişkenlik göstermektedir. Özellikle doğrultusu ve rengi büyük oranda değişiklik gösterdiği gibi bu değişkenliğin hızı da tamamen rastlantısalıdır. Bu özellikleri ile gün ışığı durağan olmayan dinamik bir özellik gösterir. Bu özelliği insan doğasına uygunluk gösteren uyum sağlayan bir niteliktir. İnsanlık, yeryüzünde var olduğu günden günümüze kadar bu şekilde farklı özellikler gösteren bir ışıkla iç içe yaşamış ve kendi vücudunu, yaşayışını hatta yaşam rutinini buna göre düzenleyerek oluşturmuştur.

2.1.2.1 Güneş ışığı

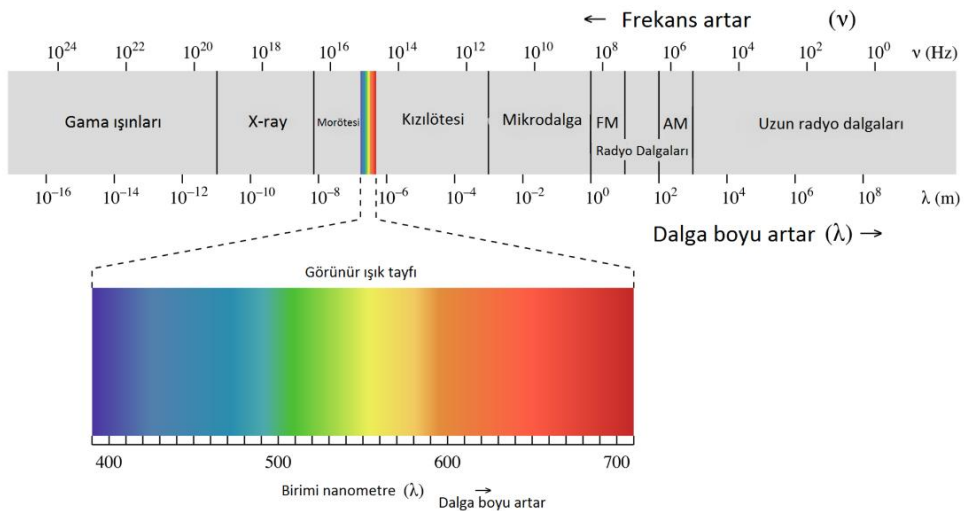
Güneşte meydana gelen kimyasal tepkimeler sonucunda parçalanmış atomlardan açığa çıkan ve uzaya yayılan enerjinin bir kısmı güneş ışığını oluşturur. Geçekleşen tepkime sonucunda açığa çıkan güneş ışığı kendiliğinden olduğu için aynı zamanda doğal bir ışık kaynağıdır. Bununla beraber Güneş ışığı, kızıl ötesinden mor ötesine kadar farklı dalga boylarını bünyesinde barındıran beyaz ışıktır. Beyaz ışığı saydam prizmadan geçirerek bir duvara ya da bir kâğıda yansıttığımızda bünyesinde bulundurduğu farklı dalga boylarına sahip renklerin belirli açılarda kırılarak birbirlerinden ayrıldığı renk tayfı görülebilmektedir. Özetle beyaz ışık, farklı renklere ve dalga boylarına sahip birden fazla ışığın birleşmesi ile oluşmaktadır (Avcı, 2010).



Şekil 2.2 : Beyaz Işığın Kırılması (Url-4)

Beyaz ışığın bünyesinde barındırdığı farklı renkli ışıkların dalga boyuna göre düzenlenerek gösterilmesine Elektromanyetik Tayf adı verilmektedir. Elektromanyetik Tayf üzerindeki 700-400 nm dalga boyu arasındaki ışıklar görünür ışık adını verdiğimiz insan gözünün algılayabildiği dalga boyu aralığını göstermektedir. Elektromanyetik Tayf gösteriminde; 400-450 nm aralığı mor renkli ışığın, 450-490 nm aralığı mavi renkli ışığın, 560-590 nm aralığı yeşil renkli ışığın, 590-635 nm arası sarı renkli ışığın, 635-700 nm aralığı kırmızı renkli ışığın elektromanyetik tayf üzerindeki dalga boyu dağılımını göstermektedir (Url-5).

Güneşten yayıldığı bilinen ışımanın görünür ışık dalga boyu aralığı dışında kalan daha büyük ve daha küçük dalga boyuna sahip ışımalara sahip olduğu da bilinmektedir. Bu temel sıralamaya ‘‘Elektromanyetik Güneş Spektrumu’’ adı verilmektedir.



Şekil 2.3: Elektromanyetik Tayf(Url-6)

Elektromanyetik Güneş Spektrumu'nun dalga boylarına göre büyükten küçüğe doğru sıralaması Çizelge 2.1'de görülmektedir.

Çizelge 2.1: Elektromanyetik Güneş Spektrumu İçerisindeki Işıma İsimleri ve Dalga Boyu(Url-7).

Işıma İsimleri	Dalga Boyu
Radyo Dalgaları	1m-100km
Mikrodalgalar	1mm-1m
Kızılötesi(IR) Işımlar	700 nm- 1mm
Görünür Işık	400 nm- 700nm
Morötesi(UV) Işımlar	10 nm- 400 nm
X-Işımları	0.01 nm -10 nm
Gama Işımları	< 0.02 nm

2.1.2.2 Gök ışığı

Dünyanın yapmış olduğu yörünge hareketlerine bağlı olarak yeryüzündeki bir nokta üzerinde güneş ışınımının farklı şekillerde oluşması doğal bir olgudur. Güneşten yayılan ışığın doğrudan dünya atmosferine girmesi ve yansımaya uğramadan ilerlemesi ile oluşan ışınım şekline direkt (doğrudan) ışınım adı verilmektedir. Atmosfere gelen güneş ışınımının atmosfere girdiklerinde karşılaştıkları engellerden yansımaları, dağıtılması ve yayılması sonucunda oluşan belirli bir doğrultusu ve yönü bulunmayan ışınımlarda yaygın (dağınık) ışınım olarak adlandırılmaktadır. Güneşten dünyaya gelen ışınımın oluşturduğu direkt ve yaygın ışınım türlerinin toplamı gök ışığı olarak ifade edilmektedir.

Direkt ışınım

Güneşten yayılan ışınımın dünya atmosferindeki maruz kaldığı seçici azaltmadan sonra doğrudan paralel ışınlar şeklinde yeryüzüne ulaşmasını sonucu oluşan ışığı ifade etmektedir. Güneşten yeryüzüne belli bir mesafeden doğrudan gelmesinden dolayı belirli bir doğrultuya sahiptir. Direkt ışınım bulutsuz bir yaz mevsiminin öğle vaktinde en yüksek değerine ulaşmaktadır. Bunun nedeni en kısa yolu izlemesi ve yansımaya neden olacak minimum engelle karşılaşacak olmasıdır(Şirel, 2011).

Yaygın ışım

Güneşte meydana gelen doğal tepkimeler sonucunda yayılan ışınımın dünya atmosferine girdiklerinde havada asılı bulunan maddelerden, bulutlardan ya da yeryüzündeki engellerden yutulması ve yayılması sonucunda meydana gelen ışımaların oluşturduğu ışığı ifade etmektedir. Gökyüzünün herhangi bir noktasından gelen ışımın yansımaları sonucunda olduğu için yaygın ışım belirgin doğrultusu olmayan bir özellik göstermektedir. Yayınık ışım bulutlu ve kapalı havalarda en yüksek değerine ulaşır. Bu durum havanın bulutlu olması halinde güneşten yeryüzüne gelen ışımaların Dünya atmosferinde en yüksek oranda yansımaya maruz kalması ile açıklanabilir(Şirel, 2011).

Dünyanın şekli, yeryüzündeki engeller, meteorolojik olaylar, sahip olduğu eksen eğikliği ve hem kendi etrafında hem de güneş etrafındaki yörüngesinde yapmış olduğu hareketin sonucunda güneşten gelen ışınım her zaman dik olarak yeryüzüne ulaşmamaktadır. Bu gibi nedenlerden dolayı direkt ışım yeryüzünde yaygın ışıma göre daha az görülmektedir. Örneğin ekvator ve çevresi yıl içinde direkt ışıma maruz kalma oranı yüksek enlemlerde yer alan kutuplara yakın bölgelere oranla daha yüksek olmaktadır.

2.1.3 Aydınlatma

Aydınlatma(illuminance), CIE(Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) tarafından ‘Çevredeki varlıklara, nesnelere ve gölgelere bunların gerektiği gibi görülebilmesini sağlamak amacıyla ışık uygulamaktır.’ şeklinde tanımlanmıştır(Şirel, 2005).

Aydınlatma, ışık kaynağı ile doğrudan ilgili bir nicelik değildir. Belirli bir yüzeydeki birim alana dik düşen ışık miktarını ifade etmektedir. Aydınlatma birimi Lüks(lx)tür. Aydınlanma kavramı ise birim yüzeyden yansıyan ışık miktarını ifade etmek için kullanılmaktadır(Okutan, 2008).

2.1.3.1 Aydınlatma kavramları ve bileşenleri

Işık akısı

Işık akısı, bir ışık kaynağının bir saniyede farklı doğrultularda yaydığı toplam ışık miktarına verilen isimdir. Birimi Lümen(lm) olup Q harfi ya da “Φ simgesi ile gösterilmektedir(Şahin, 2012).

Işık şiddeti

Işık şiddeti, bir ışık kaynağının bir saniyede belirli bir yönde yaydığı toplam ışık miktarına verilen isimdir. Diğer bir deyişle belirli bir doğrultuda yoğunlaşan ışık akısına ışık şiddeti denilmektedir. Işık kaynağından çıkan foton sayısı ile doğru orantılıdır. Birimi Kandela(cd) olup sembolü “I” simgesi ile gösterilmektedir(Sıvacı, 2017).

Aydınlık düzeyi

Aydınlık düzeyi, bir yüzeydeki belirli bir alana birim zamanda düşen ışık akısı olarak ifade edilmektedir. Belirlenen yüzeyin yatay(çalışma masası, vb.) veya düşey(duvar, vb.) nesnelere olması durumunda yatay aydınlık düzeyi ve düşey aydınlık düzeyi olarak da isimlendirilebilmektedir. Birimi lüks olup ‘E’ harfi ile gösterilmektedir.

$E(\text{Aydınlık Düzeyi (lx)}) = \Phi(\text{Işık Akısı (lm)}) / A(\text{Yüzey Alanı(m}^2\text{)})$ şeklinde formül edilmektedir.

Belirlenen yüzeydeki ışık akısı miktarı değişmediği sürece aydınlık düzeyi sabit olmaktadır. Buna ek olarak ışık akısı miktarı sabit tutularak farklı uzaklıklardaki aydınlık düzeyi ölçülmek istediğinde uzaklığa bağlı olarak aydınlık düzeyinin azaldığı görülür(Şahin, 2012).

Aydınlık düzeyi bulunulan ortam ve yapılacak olan iş, eylem bakımından önem göstermektedir. Bu nedenle dünyanın birçok yerinde yapılacak işlevlerin sağlıklı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için gerekli olan minimum aydınlık düzeyi standartları belirlenmiştir. Buna paralel olarak Arpacıoğlu (2010) *“Aydınlık düzeyi yapılan işin önemine ve hassasiyet derecesine göre artırılabilir. Üzerinde çalışılan iş dikkat gerektiriyorsa, uzun süreliyse, detaylar fazlaysa, hataların maliyeti yüksekse, yüksek verim gerekiyorsa, çalışma düzlemi ile çevre alan arasındaki kontrast farkı azsa veya çalışanın görme yeteneği normalin altındaysa, aydınlık düzeyinin artırılması önerilmektedir.”* diyerek aydınlık düzeyi ve yapılacak olan işlevin arasındaki bağlama dikkat çekmiştir(Arpacıoğlu, 2010).

Parıltı

Parıltı, yüzey birim alanına düşen aydınlanma şiddeti olarak ifade edilir. Birimi Kandela/m² olup “L” harfi ile gösterilir.

Parıltı, yüzeyin yansıtma çarpanı ve yüzeye gelen ışık şiddeti ve ile doğrudan bağlantılıdır. Parıltının düzgün olmadığı ortamlarda kamaşma oluşmaktadır. Aynı aydınlık düzeyine sahip fakat farklı özelliklere sahip yüzeylerin farklı parıltıları vardır(Sıvacı, 2017).

Grandjean parıltı-görsel konfor ilişkisini ‘‘Uygun görsel performansın istendiği görsel konfor koşulları içerisinde parıltı oranları için kabul edilebilir sınırlar, bulunan ortamın görüş alanının ortasına (yakın çevre) oranı 3:1, ortamın görme alanının sınırına (uzak çevre) oranı 10:1’den büyük olmamalıdır.’’ şeklinde ifade etmiştir.(Grandjean E, 1987)

Kamaşma

Kamaşma, ortamdaki uygun olmayan ışık, parlaklık dağılımı veya aşırı bir karşıtlık sonucunda görme duyusunda rahatsızlık oluşturmakla beraber ayrıntıların ve nesnelerin algılanmasında, ayırt edilmesinde güçlüğü sebep olan özel bir durumdur. Göze doğrudan gelen ışık ışınları kamaşma oluşturabileceği gibi objelerden yansıyan dolaylı ışık ışınlarının da göze ulaşması ile gerçekleşebilmektedir(Arpacıoğlu, 2020).

Kullanıcı üzerindeki etkisine göre konforsuzluk kamaşması ve yetersizlik kamaşması olarak ikiye ayrılmaktadır.

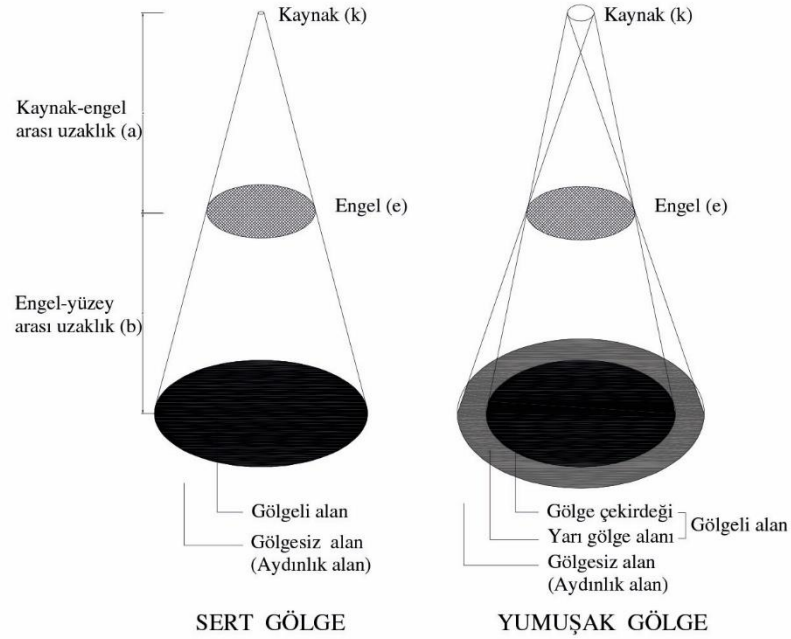
Konforsuzluk kamaşması, ortamda algılanan yüksek aydınlatma şiddeti ve parıltı sonucunda ortaya çıkan ve görsel olarak yapılacak bir işin rahatsızlık duyumu içerisinde yapıldığı rahatsızlık verici kamaşma olarak tanımlanabilmektedir. Psikolojik kamaşma olarak da kullanılmaktadır. Yetersizlik kamaşması ise algılanan düşük aydınlatma şiddeti ve parıltı sonucunda gözün kontrast duyarlılığının azalması ile ortaya çıkan kamaşma olarak tanımlanabilir. Fizyolojik kamaşma olarak da kullanılmaktadır.

Gölge

Güneş ışığı gibi belirli bir doğrultuya sahip olan ışık ışınlarının karşılaştıkları saydam olmayan engeller nedeniyle ışınlar cismin arka tarafına geçememesi ve arka bölgesinde aydınlatma meydana getirememesi durumu gölge olarak tanımlanmaktadır(Ganslandt & Hofmann, 1992).

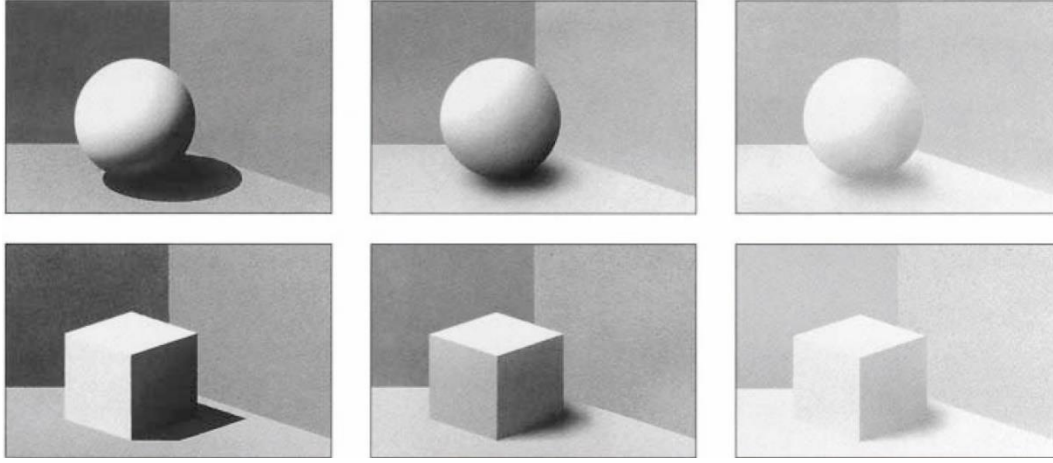
Gölgenin niteliğini belirlemeye yarayan iki önemli özelliği ‘açıklık-koyuluk’ ve ‘sertlik-yumuşaklık’tır. Bir gölge ‘sert ve açık’, ‘yumuşak ve açık’, sert ve koyu’ veya ‘yumuşak ve koyu’ şeklinde 4 farklı tipte olabilmektedir(Efe, 2007).

Gölge oluşan alana ışık kaynağından hiçbir şekilde ışık ışınları gelmiyorsa ve gölgenin sınırları net bir şekilde alınabiliyorsa bu şekilde oluşan gölgelere ‘sert gölge’ denilmektedir. Gölge oluşan alana ışık kaynağından bir şekilde ışık ışınları geliyorsa ve oluşan gölgenin sınırları kolayca anlaşılamiyorsa oluşan bu tür gölgelere ‘yumuşak gölge’ denilmektedir. Yumuşak gölgede gölgeli alandan gölgesiz alana geçiş gölgenin kademeli bir şekilde ortadan kalkması ile gerçekleşir. Gölgenin sert-yumuşak olması ışık kaynağına, cisme, aygıtın ve cismin birbirlerine göre konumlarına bağlı olarak değişebilmektedir.(Cekilmez, 2017)



Şekil 2.4: Sert-Yumuşak Gölge Durumları(Efe, 2007)

Hacmin içerisinde oluşan gölgenin dolaysız ve yansıyan ışık ışınlarını ile aydınlatılması ile ‘açıklık- koyuluk’ olarak sınıflandırdığımız gölgeler oluşur. Gölgenin açıklık-koyuluk özelliği ortamdaki aydınlatma elemanı sayısına ve bu aydınlatma elemanlarının gölgeye olan konumuna göre değişebilmektedir. Kısacası gölgenin açıklık-koyuluk derecesi gölgenin ve yakın çevresinin ışıklığına bağlıdır



Şekil 2.5: Yüze Oturan Nesnelerin Sert-Yumuşak ve Açık-Koyu Gölge Durumları Gösterimi(Ganslandt & Hofmann, 1992)

Işık renk sıcaklığı

Renk sıcaklığı ışığı ne kadar soğuk ve ne kadar sıcak gördüğünü tanımlar ve Kelvin cinsinden ölçülür. Işığı oluşturan bütün renk sıcaklıklarını üç ana grupta toplayabiliriz;

- a) Sıcak beyaz 3300K ve altı
- b) Doğal Beyaz 3300-5500K
- c) Gün ışığı beyazı 5000k ve üzeri

Işığın Kelvin değeri azaldıkça; elektromanyetik tayf üzerinde gördüğümüz kırmızı/turuncu/sarı uçtaki sıcak olarak nitelendirdiğimiz renklere, Kelvin değeri arttıkça elektromanyetik tayf üzerinde gördüğümüz mavi/mor uçtaki soğuk renklere yaklaşmaktadır(Bayrak, 2013).

Kullanılan ışık kaynağının Kelvin değerine bağlı olarak yüzey renkleri daha parlak ve canlı görülebilir, doymuşluk artabilir.

2.1.3.2 Kaynağına göre aydınlatma türleri

Öncelikli amacı görsel konforun sağlanması olan aydınlatma işlevi, kullanılan ışık kaynağına göre temelde iki başlık altında -doğal aydınlatma ve yapay aydınlatma- incelenmektedir. Bunlara ek olarak doğal ve yapay ışık kaynaklarının bir arada kullanılması ile üçüncü aydınlatma türü olarak bütünleşik aydınlatmadan söz etmek mümkündür.

Doğal aydınlatma

Doğal ışık, doğada kendiliğinden var olan gök ışığı ve güneş ışığının farklı zamanlarda, farklı miktarlarda birleşmesinden oluşan ışığa verilen isimdir. Doğal ışık kaynaklarına örnek verirsek güneş, yıldızlar, ateş böceği, şimşek, yıldırım ilk akla gelenler olarak sıralanabilir.

Doğal ışığın ışık kaynağı olan gün ışığı bileşenleri, güneş ışığı ve gök ışığının kullanılması ile nesnelerin aydınlatılmasıyla oluşan aydınlatma doğal aydınlatma şeklinde adlandırılmaktadır. Doğal aydınlatmada kullanılan gün ışığının en büyük özelliği olan değişken yapısı mevsimsel farklılıkların yanında gün içerisinde de değişken özellik gösterebilmektedir. Bu sayede gün ışığının sunduğu çeşitlilik hem gün boyunca hem de yıl boyunca devamlılık gösterir(Özkum, 2011).

Güneşten gelen ışığın Dünya atmosfere girişi sırasında içerisinde bulunan dalga boyu uzun olan mavi ve mor renkleri kaybettiğini ve yeryüzüne sıcak renkler olarak bildiğimiz kırmızı, sarı, vb. renkleri ulaştırdığından yukarıda bahsetmiştik. Gerçekleşen bu olayın gün ışığını sıcak renklere sahip bir ışığa dönüştürdüğünü söyleyebiliriz. Geçirdiği bu dönüşümle beraber gün ışığı insan gözünün cisimlerin sahip oldukları, dokuların ve renklerin gerçeğe en yakın haliyle görmemizi ve algılamamızı sağlayan en ideal ışık olarak nitelendirilmektedir(Özorhon, 2002).

Gün ışığı insan gözünü yormayan özelliğe sahip yegâne aydınlatma çeşididir. Aynı zamanda görsel konfor açısından en iyi aydınlatmayı sağlamaktadır. Bu nedenle tarihsel süreç boyunca gelişme gösteren ve farklılaşan mimarlık kavramı içerisinde her zaman kendisine yer bulmuştur.

Yapay aydınlatma

Doğal yollardan ışık üretimi gerçekleştiremeyen ve bir enerji kaynağının kullanılması sonucunda açığa çıkan enerjinin ışık enerjisine dönüştürülmesi ile elde edilen ışık kaynaklarına yapay ışık denilmektedir. Elektrik enerjisinin kullanıldığı tüm ışık kaynakları ile katı ve sıvı fosil yakıtların yanması sonucunda açığa çıkan ışık kaynakları bunlara örnek olarak gösterilebilir. Ampul, meşale, el feneri, mum, televizyon ekranı çevremizde kolaylıkla görebileceğimiz yapay ışık kaynaklarına örnek gösterilebilir.

Yapay ışık ilk olarak ateşle birlikte keşfedilmiş, ilerleyen zamanlarda ateşi taşımak ve kontrol altında tutma ihtiyacını karşılamaya yönelik tasarımlar geliştirilmiştir. Bu tasarımlar sayesinde doğal ışığın ulaşamadığı ya da yetersiz kaldığı durumlarda hacim içerisinde yapay ışık ile aydınlatma sağlanarak kullanıcıların görsel konfor gereksinimleri karşılanmaya çalışılmıştır(Ayber, 2009).

1879 yılında Edison'un ampülü bulması ve endüstrileşmenin getirdiği yeni tekniklerle berabere gelişen devamında günümüze kadar gelen teknolojik gelişmelerle yeni yapay ışık kaynakları üretilmiş ve yapay aydınlatma sadece görsel gereksinimlere değil farklı ihtiyaçlara da cevap verebilir bir hale gelmiştir(Marangoz, 2018) .

Bütünleşik aydınlatma

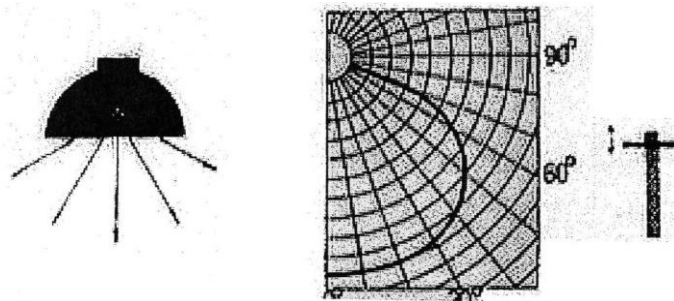
Mekân içerisinde istenilen veya ihtiyaç duyulan görsel konfor şartlarının sağlanabilmesi için doğal ve yapay aydınlatma kaynaklarının birbirini destekleyecek şekilde bir arada kullanılmasıdır.

2.1.3.3 Yönlendirmesine göre aydınlatma çeşitleri

Gün ışığının hacmin içerisine alınmadığı veya az miktarda alındığı durumlarda aydınlatma, aydınlatma aygıtlarından hacme yayılan ışığın hacim içerisinde yönlendirilmesine göre aydınlatma çeşitleri 5'e ayrılır.

Doğrudan (direkt) aydınlatma

Doğrudan aydınlatmada ışık kaynağından çıkan ışık doğrudan aydınlatılmak istenilen nesneye ya da mekâna gönderilir. Bu şekilde aydınlatma işleminden maksimum verim sağlanır.



Şekil 2.6: Doğrudan(Direkt) Aydınlatma Şeması (Göker, 2002)

Işığın %90-100'ü alt doğrultuda olur. Kullanıldığı hacimlerde sert gölgeler meydana gelir. Yansıma fazla gerçekleşir. Bundan dolayı tavan ve duvarların yansıtmayı azaltan koyu renklerde veya emici özellikte olması tercih edilir(Göker, 2002).

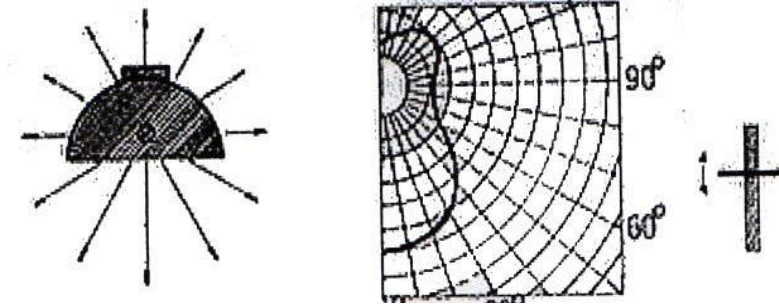
Dolaysız aydınlatma genellikle yüksek tavanlı mekânlarda, atölyelerde ve ince işlerin yapıldığı yerlerde tercih edilir.



Şekil 2.7: Doğrudan(Direkt) Aydınlatma Örneği(Alkan, 2010)

Yarı doğrudan (yarı direkt) aydınlatma

Yarı doğrudan aydınlatmada, ışık kaynağı ışığın bir kısmını ihtiyaç duyulan çalışma düzlemine gönderirken bir kısmını ise çevreye yansıtır. Böylece ışık kaynağından çevreye gönderilen ışık tavan ve duvar yüzeylerinden yansıyarak aydınlatma sağlar.



Şekil 2.8: Yarı Doğrudan (Yarı direkt) Aydınlatma Şeması(Göker, 2002)

Işığın %60-90'lık kısmı alt doğrultuda olur. Yarı doğrudan aydınlatma ışığın yüzeylerden yansıması ile oluştuğu için kamaşma az ve gölgeler daha yumuşaktır (Göker, 2002).

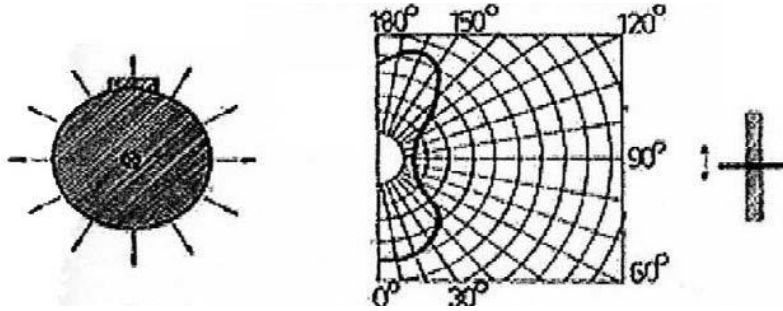
Yarı dolaylı aydınlatma aydınlık çoğunluğunun ihtiyaç olduğu fakat fazla dikkat gerektirmeyen işlerin yapıldığı yerlerde tercih edilir.



Şekil 2.9: Yarı Doğrudan (Yarı direkt) Aydınlatma Örneği(Alkan, 2010)

Yayınık (homojen) aydınlatma

Yayınık (Homojen) aydınlatma, ışık kaynağından çıkan ışık ışınlarının aydınlatma ihtiyacı duyulan hacim içerisinde her yöne eşit biçimde dağılması şeklinde oluşan aydınlatmadır.



Şekil 2.10: Yayınık (Homojen) Aydınlatma Şeması(Göker, 2002)

Işık ışınlarının her yöne eşit şekilde dağıldığı için tüm mekân yansıtıcı olarak kullanılır ve sonucunda aydınlatma yüzeylerden yansıyan ışınlar ile gerçekleştirilir. Bu sebeple kamaşma ve yansıma az, gölgeler ise yumuşaktır. Işığın %40-60'ı alt doğrultuda olur(Göker, 2002).

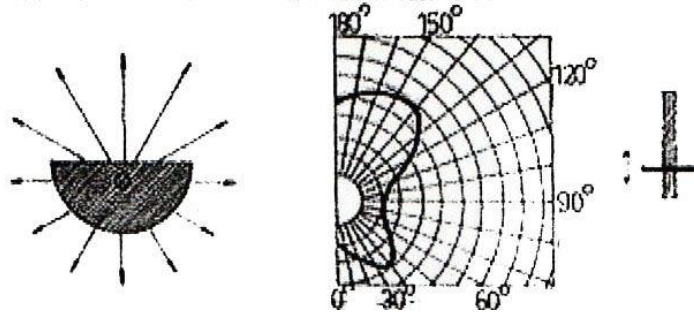
Yayınık aydınlatma genellikle ofis, okul, kütüphane, hastane gibi işlevlere sahip olan yapıların iç mekân aydınlatmasında kullanılır.



Şekil 2.11: Yayınık (Homojen) Aydınlatma Örneği(Alkan, 2010)

Yarı dolaylı (yarı endirekt) aydınlatma

Yarı dolaylı (Yarı endirekt) aydınlatmada, ışık kaynağından çıkan ışık ışınlarının büyük bir kısmı tavan ve duvarlardan yansıyarak çalışma düzlemine ulaştığı aydınlatma modelidir. Bundan dolayı duvarlarda ve tavanlarda kullanılan malzemenin türü ve rengi önemlidir.



Şekil 2.12: Yarı Dolaylı (Yarı endirekt) Aydınlatma Şeması(Göker, 2002)

Yarı dolaylı aydınlatmada ışığın %10-40'ı alt doğrultuda olur. Yansıma ve kamaşma az olmasından dolayı kullanıcılarda rahatsızlık hissi oluşturmaz(Göker, 2002).

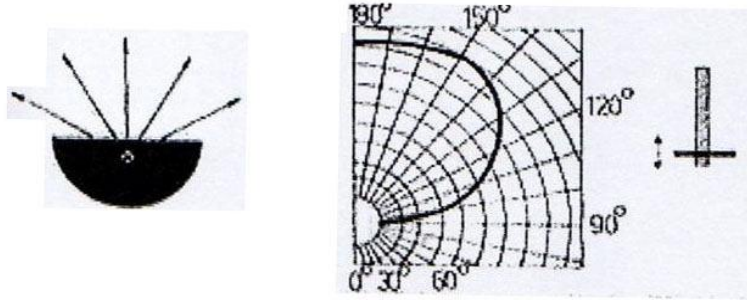
Yarı dolaylı aydınlatmanın kullanıldığı yerlere örnek verecek olursak çoğunlukla misafir salonları, bekleme salonları, restoranlar, vb. işlevlere sahip hacimlerde kullanılır.



Şekil 2.13: Yarı Dolaylı (Yarı endirekt) Aydınlatma Örneği(Alkan, 2010)

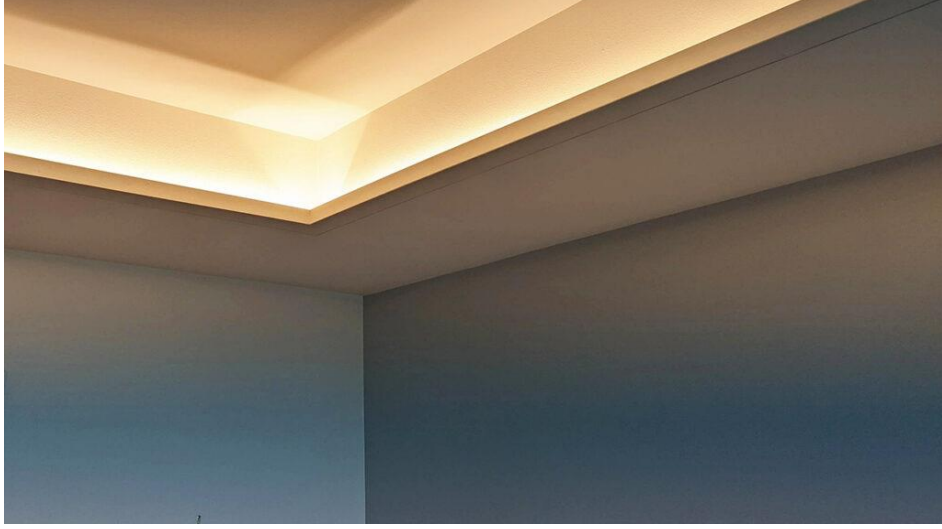
Dolaylı (endirekt) aydınlatma

Dolaylı (Endirekt) aydınlatmada, ışık kaynağından çıkan ışınların tamamına tavana yönlendirilir. Tavana yönlendirilen ışınlar yansiyarak çalışma düzlemine ulaşır ve aydınlatma bu şekilde sağlanmış olur.



Şekil 2.14: Dolaylı (Endirekt) Aydınlatma Şeması(Göker, 2002)

Dolaylı aydınlatmada ışığın tamamı yansiyarak hacme dağıldığı için kamaşma oluşturmaz. Aynı zamanda dolaylı aydınlatma yumuşak gölgelerin oluşmasına imkân tanır. Bunlara ek ışığın %0-10'u alt doğrultuda olur. Bu nedenle aydınlatma verimi oldukça düşüktür(Göker, 2002).



Şekil 2.15: Dolaylı (Endirekt) Aydınlatma Örneği(Alkan, 2010)

Dolaylı aydınlatmanın genellikle sürekli çalışma gerektirmeyen yerler ile fazla ışık akısına ihtiyaç duyulmayan eğlence mekânlarının aydınlatmasında tercih edilir.

2.1.3.4 Amacına göre aydınlatma çeşitleri

Fizyolojik aydınlatma

Fizyolojik aydınlatma; gözün yorulmadan nesnelerin sahip oldukları renk, form, vb. özellikleri kısa süre içinde algılanmasını sağlamayı amaçlar. Gün ışığı bu tür aydınlatmaya en iyi örnektir. Bundan dolayı hacimler içerisinde istenilen ışık gün ışığına yakın özellikler gösterebilen ışıktır.



Şekil 2.16: Fizyolojik Aydınlatma Örneği(Bayrak, 2013)

Dekoratif aydınlatma

Dekoratif aydınlatma, cisimlerin var olan özelliklerini olduğu gibi göstermek değil gösterilmek ya da öne çıkarılmak istenilen ayrıntıları estetik bir biçimde sunarak farklı bir etki uyandırmaktır.



Şekil 2.17: Dekoratif Aydınlatma Örneği(Bayrak, 2013)

Dikkat çeken aydınlatma

Dikkat çeken aydınlatma, aydınlatma elemanlarından çıkan ışığın doğru şekilde kullanılarak insanların dikkatini ışığın yönlendirildiği düzleme çekmesidir. Bu sayede gösterilmek istenilen vurgulanır ve insanların etkilenmesi, dikkatlerinin o yönde toplanması sağlanır. Örneğin mağaza vitrinleri, reklam panoları, sahneler ve müzeler değişik ve farklı renklerdeki aydınlatma elemanlarının kullanılması ile istenilen dikkat çekici etkiyi sağlarlar.



Şekil 2.18: Dikkat Çeken Aydınlatma Örneği(Bayrak, 2013)

2.2 Gün Işığı İnsan İlişki

2.2.1 Görsel Konfor

Hacimlerde uygun görsel konfor düzeyine ulaşabilmek için belirli şartların sağlanması gerekmektedir. Işık renkleri, aydınlık seviyesi, kontrast, kamaşma ve yüzeylerin yansıtıcılık düzeyleri gibi etkenlere tasarım aşamasında dikkat edilmesi gerekmektedir. Sıraladığımız bu etkenlerin hacmin içerisinde belirli değer aralıklarına uygun ve sürekli olması hacimlerde görsel konforun devamlılığı için önemlidir. Görsel konfor için bahsedilen etkenler arasında sağlanması gereken şartlardan aydınlık seviyesi ve kamaşma bir adım öne çıkmaktadır(Yılmaz, 2016)

2.2.1.1 Göz ve Görme Olayı

İnsanlar çevreyi algılayabilmek ve ilişki kurabilmek için duyu organlarını kullanırlar. Fiziksel veya kimyasal etkiler sayesinde çevremizde gerçekleşenler duyum olarak algılanır. Duyu organlarımız temel işlevlerini yerine getirerek çevremizde bulunan varlıkların; işitilmesine, görülmesine, tat olarak algılanmasına, kokusunun alınmasına ve hissedilmesine olanak sağlarlar. Göz, bulunduğumuz ortamdaki ışık ışınlarının cisimler üzerinden yansıyarak göze gelmesi sonucunda gelen ışınları beyin yorumlayacağı sinyallere çevirerek beyne iletir. İletilen sinyaller beyinde yorumlanması ardından görüntüye dönüştürülür.

Göz

Göz, görme işlevinin gerçekleşmesini sağlayan ve yüzümüzde göz çukuru olarak adlandırılan bölgede bulunan küre şekilli duyu organıdır. Çevreden yansıyan ışık ışınlarını geçirecek şekilde özelleşmiş sert tabaka, damar tabaka ve ağ tabaka olmak üzere 3 farklı yapısal tabakadan oluşur.

Sert tabaka veya sklera olarak isimlendirilen tabaka en dıştaki göz yuvarlağını saran birinci tabakayı oluşturur. Bu tabaka gözakı ve kornea olarak bilinen yapılardan oluşur. Gözakı, dışarıdan bakıldığında gözün beyaz renkli kısmını oluşturmakla beraber gözü koruyan zar görevi görür. Gözakı, gözün ön kısmında tümsekleşerek saydam ve eğimli kornea'yı oluşturur. Kornea görev olarak gözü korumanın dışında göze gelen ışığın kırılmaya uğradığı ilk bileşendir. Lens ile beraber gelen ışınları odaklayarak retinaya düşmesini sağlar (Url-8).

Damar tabaka veya koroid, sert tabaka ile ağ tabaka arasında bulunur. Damar tabaka olarak adlandırılmasının sebebi gözü besleyen kan damarlarının bu tabakada yoğun miktarda bulunmasıdır. Damar tabakanın ön kısmında göze rengini veren iris bulunur. İris çevreden göze gelen ışık şiddetine bağlı olarak büyüyüp küçülebilen bir özelliğe sahiptir. İrisin ortasında göz bebeği bulunur. Bu özellik sayesinde göze gelen ışık şiddeti ayarlanarak ortasında bulunan göz bebeğinden iç kısma fazla miktarda ışığın göze girmesi engellenir. Göz merceği etrafında bulunan kaslar sayesinde büküler ve böylelikle ışığı kırma gücü artırılmış olur. Damar tabakanın iç yüzeyi ise siyah renk pigmenti taşıyan hücrelere sahiptir. Bu sayede göz yuvarlağının iç kısmında karanlık bir ortam -karanlık oda- oluşur(Url-9).

Ağ tabaka ya da diğer ismi ile retina, gözün en içte kalan kısmını oluşturur. Retinada ışığa hassas 'koni' ve 'çubuk' adı verilen iki tip fotoreseptör hücre bulunur. Çubuk hücreleri, 'rodopsin' pigmenti bulundururlar ve bu sayede karanlıkta görme işlevini gerçekleştirmede görev alırlar. Bunlara ek olarak çubuk hücreleri görme işlevinin gerçekleştiği sırada objelerin şeklinin ve hareketlerinin algılanmasından sorumludurlar. Koni hücreleri ise objelerin renklerinin algılanması ve detaylarının ayırt edilmesinde görev üstlenirler. Aynı zamanda karanlık olmayan ışıklı ortamlarda görme işlevinin gerçekleşmesine yardımcı olurlar.

Görme Olayı

Göz, yatayda 120° düşeyde ise 130° 'lik bir alanı tarar ve farklı aydınlık seviyelerinde görme işlevini gerçekleştirerek görüntüyü oluşturur. Görme olayının meydana gelebilmesi için nesneden göze gelen ışık ışınlarının sırasıyla; saydam tabaka, ön oda, göz merceği, camsı sıvıdan geçerek ağ tabakaya ulaşması gerekmektedir. Ağ tabakada bulunan ışığa duyarlı hücreler gelen ışık ışınlarını sinirler vasıtasıyla beyne ileterek görüntü oluşmasını sağlarlar. Yüksek aydınlık seviyesine sahip koşullarda koniler ön planda görev alırken düşük aydınlık seviyelerine sahip olan koşullarda ise çomaklar ön plana çıkmaktadır.

Gündüz görmesi diğer adıyla fotopik görme (photopic vision) 3 cd/m² değerinden büyük parlıtlı değerlerinde koniler tarafından meydana gelen görme olarak isimlendirilir. Konilerin görev yaptığı bu durum hassas ve renkli görme halidir. Diğer taraftan gece görmesi ya da skotopik görme'nin (scotopic vision) sağlanabilmesi için 0,001 cd/m² değerinden büyük bir parlıtlı değerine gereksinim duyulur. Ortam aydınlık seviyesinin artması ve bundan dolayı parlıtlı seviyesinin yükselmesi ile beraber çomak

hücrelerin yanında koni hücrelerde çalışmaya başlar ve renkli görme işlemi gerçekleşir. Her ikisinin de beraber çalıştığı bu görme tipi karma görme (mesopic vision) olarak adlandırılır(Manav, 2005).

Göz, adaptasyon adı verilen farklı aydınlık seviyelerine sahip ortamlara göre uyum sağlama yeteneğine sahip bir duyu organıdır. Bu adaptasyon yeteneği ‘aydınlık ortama adaptasyon’ ve ‘karanlık ortama adaptasyon’ şeklinde iki farklı durumda görülebilmektedir. Aydınlık ortama adaptasyon, düşük aydınlık düzeyine sahip ortamdan yüksek aydınlık düzeyine sahip olan bir ortama geçen gözün uyum davranışını ifade eder. Karanlık ortama adaptasyonsa yüksek aydınlık düzeyine sahip ortamdan düşük aydınlık düzeyine sahip ortama geçen gözün uyum davranışını ifade etmektedir. (Manav, 2005).

2.2.1.2 Dış görüş (manzara)

Kapalı hacimlerin buldukları çevre ile görsel bağlantı kurabilmeleri önemlidir. Belirlenen bir alanda inşa edilmek istenilen yapıların arazi üzerinde konumlandırılması ve cephede oluşturulması planlanan boşluklar için referans olması bakımından önemlidir.

Gün ışığı ile ilgili standartta dış ortamla sağlanan bağlantıya yönelik değerlendirme tabloda verilen farklı üç değişken dikkate alınarak yapılmaktadır:

*Dış engellerin yapıya olan uzaklığı

*Pencere boyutları

*Görüntülenebilen katman adeti

Bu kriterler göz önünde bulundurularak cephede bulunan saydam boşlukların boyutları, şekilleri ve konumları belirlenerek iç ve dış ortamlar arasında bir geçiş yüzeyinin oluşturulması sağlanabilmektedir.

Oluşturulan hacim içerisinde bulunulan konuma göre gün ışığından yararlanma değişiklik göstermektedir. Dış görüş ile gök+manzara+zemin katmanlarının bir arada görüntülenebilmesi istenmektedir.

Çizelge 2.2: Dış Görüş ve Katman Bağlantısı(Sayın, 2019)

Değişkenler	Görsel Bağlantının Derecesi		
	En Az	Orta	Yüksek
Pencere Boyutlarına Bağlı Yatay Görüş Açısı	≥14	≥28	≥54
Dış Engellerin Yapıya Olan Uzaklığı	≥6m	≥20m	≥50m
Kullanılan Alanın ≥75 inden Görünen katman -Gök -Manzara -Zemin	Manzara katmanı dahil	En az iki katman dahil	Tüm katmanlar dahil

Bu şekilde yeterli gün ışığının iç mekâna alınarak uygun aydınlık düzeyi oluşturulması ve kullanıcının dış ortamla olan görsel iletişimin sürekliliğinin kurulmasıyla görsel konfor şartları sağlanabilmektedir. Aynı zamanda dış ortamla kurulan bağlantı; yapının çevresi hakkında bilgi edinmek, gün içinde zamanın ve hava koşullarının değişiminden haberdar olmak, gözü dinlendirmek ve kişinin psikolojik olarak kendisini iyi hissetmesine yardımcı olmak gibi çeşitli faydalarda sağlamaktadır(Sayın, 2019).

2.2.1.3 Kamaşma

Kamaşma, sağlıklı bir gözün çevresel etkenler nedeniyle geçici bir süre göremez durumuna gelmesi haline denilmektedir.

2.2.1.4 Parlama-parlaklık

Parlama, aydınlatılan yüzeylerden birinin ya da bir bölümün diğerlerine oranla ışığı daha fazla yansıtması, aşırı derecede parlak görünmesi şeklinde açıklanabilmektedir. Güneş ışığı en parlak ışık olarak kabul edilmektedir. Parlama kişilerin görme fonksiyonunu kesintiye uğratan yaygın bir aydınlatma sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Parlama;

- Belirli bir tek yönden fazla ışık gelmesi

- Doğrudan güneş ışınına maruz kalınması,
- Tasarımda güçlü bir yapay aydınlatma elemanının muhafazasız şekilde kullanılması,
- Hacim içerisindeki aydınlık ve karanlık alanların keskin bir biçimde ayrılması, gibi nedenlerden dolayı oluşmaktadır(Okutan, 2008).

2.2.2 Isısal konfor

Isısal konfor, kişinin bulunduğu ortamdaki ısı koşullardan memnun olma durumunu ifade etmektedir. Kişi bulunduğu ortam ile sürekli enerji alışverişi içerisinde. Bu nedenle kişinin kendisini ısısal konforda hissedebilmesi için ısı girdisi ve çıktısının dengeli olarak devam ediyor olması gerekmektedir. Kişinin bulunduğu ortam şartlarında kendisini ısısal konforda hissetmesini etkileyen çevresel ve kişisel parametreler bulunmaktadır.

Çevresel etkenlere göre değişen parametreler; bulunulan ortamın sıcaklığı (hava sıcaklığı), ortalama ışınımsal sıcaklık (OIS), havadaki nem ve havanın ortamdaki hızından oluşmaktadır. Kişisel etkenlere göre değişen parametreler ise aktivite düzeyi, giysi ısı yalıtım değeri, cinsiyet, yaş ve deri altı yağ oranıdır(Yeşilyurt, 2021).

Yapısal olarak bir ışımaya olan güneş ışığı, aydınlatma özelliğinin yanında ısıtıcı bir özelliğe de sahiptir. Gün ışığı ışınları yapısal olarak aydınlatma ve ısıtma özelliğine sahiptir. Gün ışığı ışınlarının göstermiş olduğu ısıtıcı özellik çoğu zaman insanların kendilerini ısısal konforda hissetmesine etki etmektedir. Bu etki özellikle çevresel etkenlere göre değişen parametrelerden ‘bulunulan ortamın sıcaklığı’ ve ‘ortalama ışınımsal sıcaklık’ parametrelerinde görülebilmektedir.

2.2.3 Renk

Işık kaynağının yaydığı ışınlar nesnelere yüzeylerine gelmekte ve gelen ışınların bir kısmı absorbe edilirken bir kısmı ise tam yansıma ile geri yansıtılmaktadır. Renk, nesnelere yüzeylerinden yansıyan bu ışınların sahip olduğu farklı dalga boyu nedeniyle gözde oluşturduğu etkinin beyin tarafından yorumlanması sonucunda algılanmaktadır. Bu bağlamda bir ışık kaynağının veya yansıyan ışınların 400nm-700nm arasındaki dalga boyuna sahip olanları gözde bulunan koni ve çomak hücreleri vasıtasıyla beyin tarafından renk olarak algılanabilmektedir. Diğer bir ifadeyle fiziksel

evrende olmayan kırmızı, mavi, sarı gibi renk algılamaları beyin içerisinde oluşmaktadır(Sema, 2006).

Çizelge 2.3: Renk ve Dalga Boyu İlişkisi(Okutan, 2008)

Renk	Dalga Boyu
Ultraviyole	100-400 nm
Mor	400-436 nm
Mavi	436-495 nm
Yeşil	495-566 nm
Sarı	566-589 nm
Turuncu	589-627 nm
Kırmızı	627-700 nm
Kızılötesi	700-1000 nm

Renk, dalga boyuna ek olarak yüzeylerden yansıyan ışığın yoğunluğuna göre de farklılık göstermektedir. Işık renkleri üç ana renk ‘kırmızı-yeşil-mavi’ ve bu üç ana rengin karışımı ile oluşan ‘sarı-turkuaz-mor’ renklerinden oluşur. Bir nesne yüzeyine gelen ışık ışınlarının tamamını yansıtması durumunda beyaz gözükürken, hepsini absorbe ederse siyah gözükür.

Belirli bir rengin tanımlanabilmesi için H. Münsell’in öne sürdüğü üç farklı unsur vardır. Renkler bu üç unsur olan türü(hue), değer(value) ve doygunluk(croma) özelliklerine göre ele alınmaktadır(Alıcı, 2019).

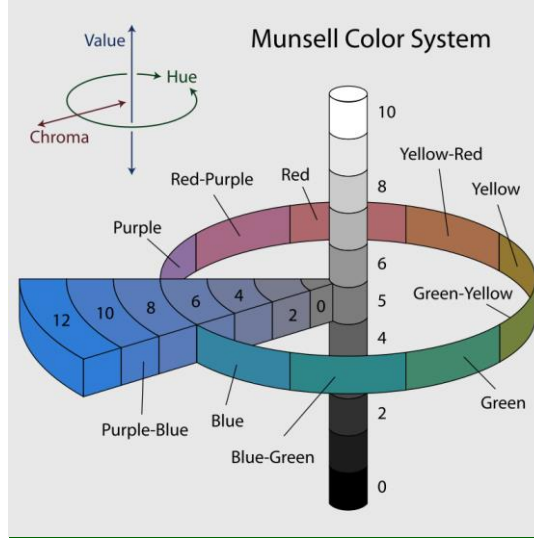
Tür(hue); Renk türü renk çemberindeki her bir renge verdiğimiz isimdir. Örneğin ana renkler olarak isimlendirdiğimiz kırmızı, yeşil ve maviyi gösterebiliriz.

Değer(value); Renklerin koyuluk-açıklık bakımından değerlendirilmesidir. Aynı rengin açık ve koyusu arasındaki farkı açıklamaktadır. Buna örnek olarak karakalem çalışması verilebilir. Karakalem çalışmasında herhangi bir renk bulunmamakta sadece açıklık ve koyuluk değerleri ile bir çalışma ortaya konulmaktadır.

Doygunluk(chroma); Rengin renklilik ölçüsüdür. Beyaz, renk yokluğuna karşılık gelir. Tek bir dalga boyundan oluşan renk oldukça saftır buna bağlı olarak renk ne kadar safsa o kadar türe(hue) yaklaşır ve doymuş görünür. Rengin doygunluk derecesi arttıkça daha parlak ve daha canlı görünürken, doygunluk derecesi azaldıkça mat ve

beyaza yakın bir renkte görülmeye başlar. Bu bağlamda bir renkte beyazlık miktarı azaldıkça doygunluğa yaklaşır.

Rengin türü, değeri ve doygunluğunu bir örnekle açıklamak gerekirse; ‘Açık Parlak Mavi’yi incelediğimizde parlak sözcüğü mavinin doygunluğunu, açık sözcüğü mavinin değerini, mavi sözcüğü de türünü belirtmektedir.



Şekil 2.19: H.Munsell Renk Diagramı(Alıcı, 2019)

Kullanılan ışık kaynağının renklerin algılanması sırasında önemi büyüktür. Özellikle bir doğal ışık kaynağı olan gün ışığının kullanımı sahip olduğu özellikler sebebiyle farklı etkiler ortaya çıkarmaktadır. Gün ışığı ışınlarının gün içerisinde değişken olması bunun ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu nedenle yüzey üzerine gelen ve yansıyan ışınım değerleri gün ışığı ile aydınlatılması durumunda dalga boyunda meydana gelecek değişiklikler rengin doygunluğunun değişmesine sebep olabilirken, şiddetinde meydana gelen değişimler ise rengin değer özelliklerinin değişmesine ve aynı yüzeyin gün içerisinde farklı algılanmasına sebep olmaktadır(Yavuz, 2009).

2.2.4 Sağlık

Canlıların ışık ile arasındaki ilişki, özellikle insanlar ile olan, nesnelere görüntülenmesi ve tanımlanabilmesinden daha ötesinde karmaşık bir süreçtir. Işık, dünya üzerinde yaşayan insanların ve diğer canlı varlıkların yaşam ritimlerinin oluşumundaki önemli faktörlerden birisidir. Işık, görmenin gerçekleşmesini sağlamak için ihtiyaç duyulan fiziksel bir unsur olmanın yanında kişinin psikolojisi ve biyolojik sistemi üzerinde etkili olan çevresel bir faktördür. Hem yapay ışık kaynaklarının hem

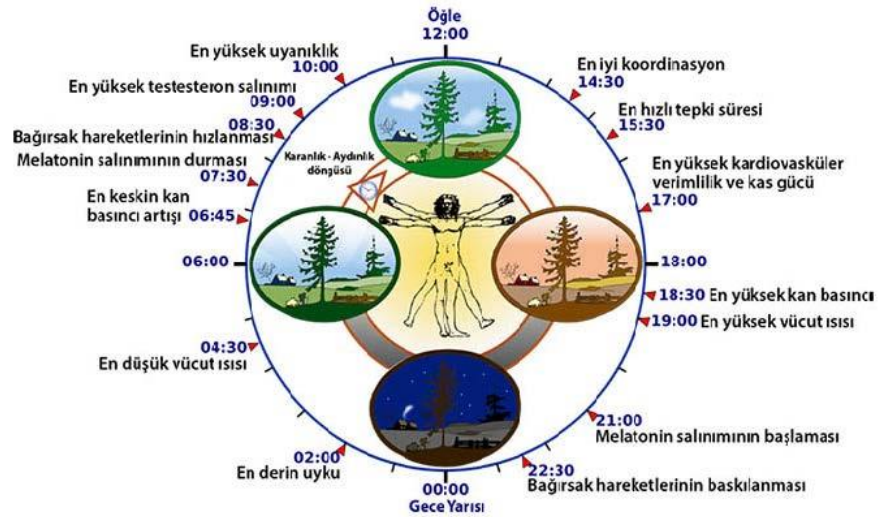
de doğal ışık kaynaklarının oluşturduğu ışık canlı metabolizmasını etkilemektedir(Manav, 2007).

Yapay kaynakların oluşturduğu ışık durağan ve tekdüze olmasında dolayı canlı metabolizmasının ihtiyaçlarına tam olarak cevap verememektedir. Bundan dolayı özellikle insanlarda sirkadyen ritim bozuklukları ve buna bağlı olarak farklı olumsuz durumlarla karşı karşıya kalabilmektedirler.

Sirkadyen ritim, 24 saatlik bir döngüde tekrarlanan ve kendisini kendini tekrar eden uyku, sindirim ve hormon salgılanması gibi biyolojik olayların temel döngüsüdür. Işık gözde bulunan sinirler vasıtasıyla beynin hipotalamusta bulunan suprakiazmatik çekirdek (SCN) bölgesini uyarır ve melatonin hormonu salgılanması düzenlenir. Bu sayede vücudun biyolojik saati kontrol edilerek sirkadyen ritmin düzenlenmesi sağlanmaktadır.

Gün içerisindeki gün ışığı miktarında meydana gelen değişim insan vücudunun sirkadyen ritminin düzenlenmesinde etkili olmaktadır. Örneğin; sabah saatlerinde alınan gün ışığı miktarı vücudun biyolojik saatini tetikleyerek döngünün başlamasını sağlamaktadır. Döngünün başlamasıyla vücut serotonin, kortizol ve adrenalin gibi hormonlar salgılayarak uyarana cevap verir. Hormon salgısıyla beraber metabolizma hızı ve vücut sıcaklığında artış gözlemlenir. Metabolizma hızı öğle saatlerinde en üst seviyeye ulaşır. Akşam saatlerinde güneşin batması ve değişen ışık miktarı epifiz bezinin uyarılmasını sağlar. Uyarılan epifiz bezi salgıladığı serotonin hormonunun azaltılması ve melatonin hormonunun salgısının arttırılmasını sağlayarak vücut sıcaklığının düşmesine neden olur. Sabah saatlerinde tekrardan melatonin hormonu salgısı durdurulur ve 24 saatlik bu döngü bu şekilde devam eder(Ekren & Memiş, 2019).

Şekil 2.20’de de görülebileceği üzere gün ışığının dinamik yapısının insan vücudunun sirkadyen ritmine etkisi sonucunda bireylerin sağlıklı bir yaşam sürmesine olanak sağladığı görülmektedir.



Şekil 2.20: Sirkadyen Ritim ve Biyolojik Saat Döngüsü(Ekren & Memiş, 2019)

2.3 Gün Işığı Yapı İlişkisi

Yapılar etrafındaki dış koşullardan izole bir ortam oluşturmak amacı ile inşa edilir fakat çevresinden tamamen bağımsız olmaları mümkün değildir. Bu durumda yapılar çevresindeki dış koşullardan farklı oranlarda yalıtılmış koşullara sahip olabilmektedir. Yalıtılmış ortamın iç koşullarının belirlenmesi sırasında tasarımcı çevresel faktörlerin hangilerine ihtiyacı olduğuna, hangi düzeyde bu ortama girebileceğine ve bu düzeylerin değişkenliklerine olan toleransın hangi aralıkta kabul edilebilir olacağına karar vermelidir. Gün ışığı ve yapı ilişkisi noktasında da tasarımcı oluşturduğu tasarımın ve gün ışığı stratejisinin birbirinden ayrı olacağı düşünülmemelidir(Sipahi, 2022)

Yapıların buldukları veya planlandıkları bölgelerin enlem, iklim ve diğer coğrafi koşullar sebebiyle tasarım sırasında alınacak gün ışığı kararları farklılık göstermektedir. Bu sebeple gün ışığı stratejisindeki hedeflenen asıl amaç, mekân içerisinde ulaşılabilecek en yüksek konfor ve kalite düzeyine ulaşabilmektir. Bu konfor ve kalite düzeyine ulaşabilmek için gün ışığının etkin bir şekilde kullanılması, çevre ile görsel ilişki sürekliliğinin sağlanması, hâkim iklimsel şartlara uygun tasarımlar oluşturulması ve diğer çevresel ve fiziksel etkilerin varlığının tasarımla ilişkilendirilmesi, vb. farklı hedeflere ulaşmak amaçlanmıştır(Sıvacı, 2017).

Bu durumumda yapı ve gün ışığı ilişkisinin düzeyini etkileyen farklı özelliklerde faktörler vardır. Coğrafi konum, enlem, bitki örtüsü, doğal ve yapay engeller ve diğer

sınırlayıcı faktörleri çevresel değişkenler olarak yapının formu, yönelimi, yapı kabuğu, cephedeki saydamlık oranı, malzemeler ve iç mekân hacim organizasyonu gibi faktörleri ise yapısal değişkenler şeklindeki üst başlıklar halinde incelenecektir.

2.3.1 Çevresel değişkenler

Çevresel değişkenler, yapının gün ışığı ile olan ilişkisini etkileyen; coğrafi konum, enlem, topografya, bitki örtüsü, doğal ve yapay engeller, vb. değiştirilemez faktörleri ifade etmektedir.

2.3.1.1 Coğrafi değişkenler

Yapının bulunduğu yerin sahip olduğu coğrafi koşullar nedeniyle bünyesindeki değişkenleri ifade etmektedir. Arazinin sahip olduğu kimlik verilerini oluşturan iklim, iklime bağlı hava koşulları, enlem ve boylam gibi değişkenler göz önüne alınarak yapılan gün ışığı tasarımları kullanıcıların konfor düzeyini arttırmaktadır.

İklim; gün ışığı stratejisini belirleyen en önemli coğrafi değişkenlerdendir. Dünya üzerinde kara parçaları buldukları enlem, boylam, denizlere olan uzaklık ve yükselti gibi faktörlere bağlı olarak farklı iklimsel özellikler göstermektedir. İklimsel koşulların özelliklerinin iyi bilinmesi yapılmak istenilen gün ışığı stratejisi başarıya ulaşması için önemlidir.

İklim tipine bağlı olarak oluşan kapalı hava koşullarının hâkim olduğu soğuk iklim tiplerinde bina içerisine gün ışığının alınabilmesi için bina dış yüzeylerinde geniş açıklıklar oluşturulmuş ve tepe pencereleri gibi saydam yüzeyler çoğunlukla kullanılmıştır. Kapalı hava koşullarının aksine açık hava koşullarının baskın olduğu nemli ve sıcak iklim tiplerinde gelen ışığı gölgeleme ve dağıtma amacıyla tasarım şekillendirilir. Bu sebepten uygulanacak mimari tasarımın bulunduğu bölgedeki iklimsel koşullarla arasındaki sıkı ilişki iyi incelenmeli ve tasarım aşamasında dikkate alınmalıdır(Lechner, 2014).

Topografya; mimari tasarım kararları alınırken öncelikli olarak değerlendirilmeye alınan unsurlardan birisidir. Düz bir alana yapı konumlandırmak ile kısa mesafelerde yükselti farklılıklarının olduğu bölgelerde veya yapının konumlandırılacağı alan bakımından önem göstermektedir. Gün ışığı stratejisi açısından güneşi kesen topografyalarda yön belirlenerek yapı tasarımında oluşturulan işlevsel bölgelerden daha az gün ışığına ihtiyaç duyan alanlar o yöne denk getirilmelidir(Sıvacı, 2017).

Enlem; yapının bulunduğu yere göre yılın belirli zamanlarında(21Haziran-21Aralık gün dönümleri) güneşin o noktaya geliş açısını, güneşin yüksekliğini ve gündüz uzunluğuna bağlı olarak gün ışığının kullanılabilirliğini belirlemektedir.(Lechner, 2014).

Yıl içerisinde farklı mevsimlerde aynı enlem üzerindeki gündüz uzunluğuna bağlı olarak gün ışığından faydalanılan süre değişiklik göstermektedir. Özellikle ekvator dan kutup noktalarına doğru artan enlemlerde mevsimselliğe bağlı olarak ortaya çıkan bu durum daha fazla belirgin olmaktadır. Kış aylarında yüksek enlemlerde gün ışığı stratejisi olarak gün ışığının direkt olarak binaya girişini maksimum düzeyde tutmak amaçlanırken, yaz aylarında ekvator ve çevresindeki düşük enlem bölgelerinde gün ışığını dolaylı olarak alınarak kamaşma ve fazla ısınmanın önüne geçilmesi amaçlanmaktadır(Sipahi, 2022).

2.3.1.2 Engeller-sınırlayıcılar

Gün ışığının yapıya olan erişimini engelleyen ya da zorlaştıran varlıklar engeller-sınırlayıcılarıdır. Çevredeki konumlarına bağlı olarak güneş ve gök ışığını engelleyerek hacmin içerisindeki gün ışığı seviyesinde azalmaya neden olurlar. Yapı çevresinde bulunan engelleri doğal veya yapay olarak sınıflandırmak mümkündür. Engeller-sınırlayıcıları konutlar, çeşitli amaçlarla kullanılan bitişik ve ayırık yapıları yapay, ağaçlar ve topoğrafik yükselteleri ise doğal engellere örnek gösterebiliriz. Bunun yanı sıra kentsel büyük ölçekli planlar ve yerel imar planları ile belirlenen bina boyutları, konumlandırılmaları ve birbirlerine olan mesafelerinin de gün ışığı ile aydınlatma stratejisinde etkisi büyük olmaktadır.

Yapılarda ihtiyaç duyulan gün ışığı stratejisinin oluşturulması sırasında sınırlayıcı engellerin ve yapı çevresinin analizini yapmak, tasarımcıya gün ışığından yeterli düzeyde faydalanabilmek noktasında yol gösterici olmaktadır.

Yapılacak olan analizlerde;

- Seçili yapı alanındaki gökyüzü görmeme çizgisinin hesaplanabilmesi,
- Alandaki güneşlenme miktarının ve süresinin ölçülmesi,
- Güneşin belli saatlerdeki konumunda cephelerdeki pozisyonunu ve oluşturduğu gölgenin belirlenmesi,

gibi çalışmalar tasarımcıya yeterli düzeyde gün ışığı alınabilmesi noktasında yardımcı olmaktadır(IEA, 2010).

2.3.2 Yapısal değişkenler

Yapısal değişkenler, yapının gün ışığı ile olan ilişkisini etkileyen; yapının formu, yapının yönelimi, yapı kabuğu, cepheadeki saydamlık oranı, malzemeleri, iç mekân hacim organizasyonu, vb. tasarımcı tarafından müdahale edilebilecek faktörleri ifade etmektedir.

2.3.2.1 Bina konumu, yönelimi ve formu

Gün ışığı tasarımı, bina için yerleşme ölçeğinde alınan kararlar ile başlar. Tasarımcı yerleşme ölçeğindeki alacağı bina konumlandırması kararı ile binanın üzerinde kurulacağı yerin eğimi, yönü, bitki örtüsü ve çevredeki engellerle olan ilişkisini belirlemektedir. Tasarım sırasında yine tasarımcıdan, gün ışığından en iyi şekilde yararlanabilmek için coğrafi değişkenlerin analizlerinin sonucundan elde edilen veriler ışığında fonksiyonlarını belirleyerek ihtiyaçlarını tespit ettiği hacimlerin yerleşimine uygun olarak binanın konumu, yönelimi ve formuna ilişkin doğru kararları alarak uygulaması beklenmektedir. Yapılan bu çalışmalarla beraber bina için gerçekleştirilmek istenilen gün ışığı stratejisi, tasarımın başlangıç aşamasında göz önüne alınarak sağlam verilerle desteklenerek oluşturulur ve sonrasında gün ışığı aydınlatması için ekstra sistemlere ihtiyacı minimuma indirilir(Sertaç et al., 2010)

Binanın konumlandırması; iklimsel özellikler, arazinin yönü, eğimi, yüksekliği ve diğer topografya özellikleri ile doğrudan ilişkilidir. Binanın, bu kriterlere uygun olarak arazisinin seçilmesi sırasında binada kullanılmak istenilen pasif sistemlerinde tasarım sırasında göz önünde bulundurulması önemlidir.

Aynı topografya üzerine farklı yönlere eğimli olan arazilerin güneşten gelen ışınlardan yararlanma düzeyleri farklı olmaktadır. Kuzey yarımküre ele alınacak olursa, bakı yönü güneyde olan diğer bir deyişle güneye yönelen eğimli arazilere güneş ışınlamalarını daha dik ve ulaşabildiği için bu yüzeylerde ışınlam daha yüksektir. Doğu ve batıya yönelen eğimler güney eğimine oranla yazın daha fazla, kışın daha az ışınlam alırlar. Bakı nedeniyle kuzey yarımkürede güneye yönelen eğimli yüzeylere kışın güneş ışınları daha dik açıyla geldiğinden, kuzey yarımküre için en iyi eğim yönü olarak kabul edilmektedir(Tekbıyık, 2018)

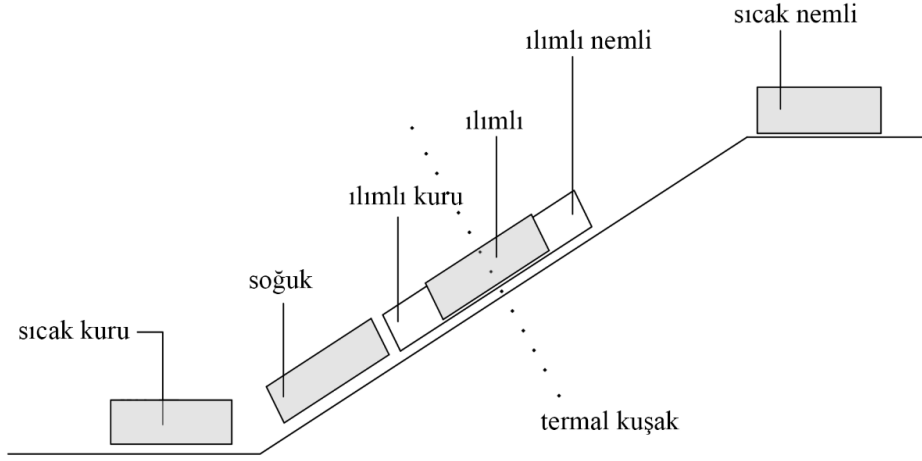
Farklı iklim bölgelerindeki binaların konumlandırılma durumu incelendiğinde, topografya üzerindeki farklı yönlerde eğimi olan arazilerin güneş ışınımından yararlanma oranları ve doğrudan ya da dolaylı güneş ışınımı ihtiyaçları farklılık göstermektedir(Zeren, 1977).

Sıcak ve kuru iklim bölgelerinde; dik gelen güneş ışınlarından korunabilmek ve serin havadan faydalanabilmek için binanın vadi tabanına konumlandırılması uygun olacaktır. Böylelikle binaya dik gelen ışınımın oluşturacağı kamaşma etkisinin önüne geçilmiş olmaktadır.

Soğuk iklim bölgelerinde; güneş ışınımından maksimum düzeyde yararlanabilmek amacıyla binanın, topografyadaki eğimli yerlerde yamacın alt kısımlarına ve bakı yönünde konumlandırılması uygun olacaktır. Bu sayede bakı etkisinden yararlanılarak yeterli gün ışığı alınacak ve yamacın yüksek kesimlerindeki rüzgarlardan bina korunmuş olacaktır.

Ilımlı iklim bölgelerinde; güneş ışınımından maksimum düzeyde faydalanabilmek için binanın topografyadaki termal kuşak olarak adlandırılan eğimli yamaçların orta kısımlarına yerleştirilmeleri uygun olmaktadır. Binanın yerleştiği bölgenin iklimi ılımlı-kuru olduğu durumda konumlandırmanın termal kuşağın alt noktalarına yapılması, ılımlı-nemli olması durumunda ise konumlandırmanın termal kuşağın üst noktalarında gerçekleştirilmesi en uygun yerleşme yerleri olacaktır. Termal kuşağın alt veya üst noktasına yerleştirilmeleri binaların gün ışığı stratejilerini büyük oranda etkilememekte fakat pasif sistemlerin kullanılarak binalarda konforun artırılmasına yardımcı olmaktadır.

Sıcak ve nemli iklim bölgelerinde; sıcak-kuru 'ya benzer şekilde dik güneş ışınımının binaya doğrudan ulaşması ve kamaşma oluşturması istenmemektedir. Bu nedenle arazinin eğimli bölgelerinin tepe noktalarında binanın konumlandırılması uygun olmaktadır.



Şekil 2.21: İklim Bölgelerine Göre Konumlanma Şeması(Bekar, 2018)

Bina tasarımı sırasında binanın konumlandırılması için seçilen bölgenin güneşlenme süresi ve güneşlenme miktarına bağlı olarak binanın yönlendirileceği doğrultu değişebilmektedir. Mevsimlere göre seçilen bölgenin farklı yönlerden, farklı günlerde, farklı şiddette güneş ışınımı alması binanın yönlenme doğrultusunun belirlenmesinde etkili olmaktadır. Özellikle bölgenin yaz ve kış aylarındaki en sıcak ve en soğuk dönemlerinde bina yüzeylerine gelen gün ışığı yoğunluğu tasarlanan binanın yönelimini belirlemede önemli göstergelerdir. Gün ışığı ile aydınlatma stratejisinin yanında ısıtma ve soğutma yükleri de düşünüldüğünde binanın güneş ışınımından en çok soğuk dönemlerde, en az sıcak dönemlerde yararlandığı yönlenme ideal yön olarak kabul edilmektedir(Özmen, 2010).

Kuzey yarım küre için düşünüldüğünde uzun cephesi güney yönüne bakan bir binanın; sabah güneydoğu, öğlen güney ve akşam güneybatı yönünden doğrudan güneş ışınlarına maruz kaldığı görülmektedir. Yaz aylarında güney cephesindeki mekanların gölgeleme ihtiyacının karşılanabilmesi amacıyla cephe elemanlarının kullanımına ihtiyaç duyulabilmektedir. Kuzey yönüne doğrudan güneş ışınlarının ulaşmaması nedeniyle gün içerisinde yayınlık gün ışığı ile aydınlanmaktadır. Bundan dolayı kuzey yönünde bu tarz gölgeleme elemanlarının kullanımına ihtiyaç yoktur. Ekvatora doğru yaklaştıkça güneş ışınlarının yeryüzüne geliş açısının dikleşmesi ve güneşlenme süresinin uzamaktadır. Bina yönlenmesinin doğu-batı eksenine doğru dönmesiyle beraber uzun cepheler kuzey-güney yönünde bakacak şekilde inşa edilmektedir. Bundan dolayı kuzey-güney doğrultusuna yönelen binalar sabah ve öğlen vakitlerinde yüksek miktarda güneş ışınımına maruz kalmaktadırlar(Öztürk, 2006).

Bina formu belirlenirken, bina yönelimini ve bina kullanım amacı birbirinden ayrı düşünülmemelidir. Binanın genel tasarım şeması tüm bina tiplerinde gün ışığı tasarımını ve gün ışığının potansiyeli dikkate alınarak belirlenmelidir. Farklı amaçlarla tasarlanmış binaların tipik bir forma ve plan düzenine sahip olması bina kullanım amacına göre iç mekânda ihtiyaç duyulan gün ışığı miktarının karşılanmasında yetersiz kalabilmektedir. Bunun önlenmesi için bina işlevinin iyi belirlenmesi ve gün ışığı stratejisi oluşturulması aşamasında kat alanlarında bulunacak hacimlerin gün ışığı gereksinimini karşılamaya yönelik yerleşimler yapılarak form oluşturulmalıdır. Aksi takdirde gün ışığının hacme dağılımı yetersiz kalarak mekanlar için konforsuzluk oluşturan zayıf bir gün ışığı aydınlatmasına sebep olacaktır(Sipahi, 2022).

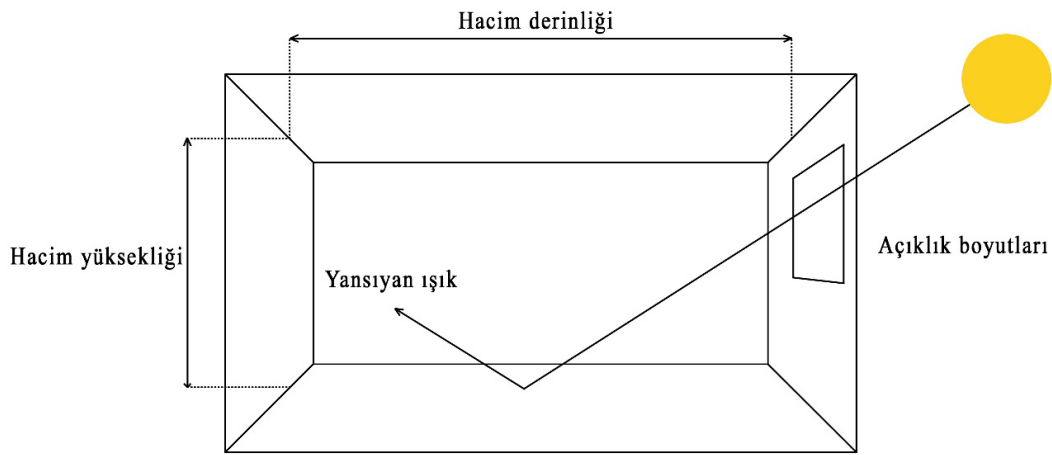
2.3.2.2 Hacimlerin yerleşimi & iç mekân organizasyonu

Hacimlerde amaçlanan işleve uygun görsel konfor koşullarını oluşturabilmek için ihtiyaç duyulan aydınlık düzeyine sahip bir ortam oluşturulmalıdır. Bunu sağlayabilmek amacıyla tasarımcının bina iç mekanlarının fonksiyonlarını belirlenmesi önemlidir. Hacimlerin işlevlerine uygun olarak boyutlandırılması ve kullanılacak malzemelerin renk, parlaklık gibi yüzey özelliklerinin belirlenmesi, hacmin içerisindeki gün ışığının dağılımını ve bu dağılımın oluşturacağı aydınlık düzeyi üzerinde etkili olmaktadır.

Hacmin boyut elemanlarından yükseklik, zeminden yansıyan gün ışığının tekrar yansıma yapabilmek için tavana ulaşana kadarki aldığı dikey mesafeyi belirtmektedir. Güneş ışınının yaptığı her yansımada sahip olduğu enerjinin bir kısmını kaybederek sönümlenmesi nedeniyle zeminden yansıyan ışının tavana çarpıp tekrar yansıma yapana kadar geçen süre boyunca hacmin içinde yatay olarak ilerleyeceği mesafe önemlidir. Yüksekliğin artması ile ışının ulaşabileceği yatay ve dikey mesafe artmasıyla beraber gün ışığı hacmin derinliklerine doğru öteleyerek iletir. Böylelikle hacmin derinliklerine ulaşan gün ışığı aydınlık düzeyinin artışına sebep olur. Hacmin derinliği, cephedeki gün ışığı açıklığının bulunduğu yüzey ile bu yüzeye hacmin yatayda olan en uzak mesafesini ifade eder. Derinlik ile gün ışığının oluşturduğu aydınlık seviyesi arasında ters ilişki söz konusudur. Derinlik arttıkça gün ışığı ışınlarının yansıma sayısında artış meydana gelir. Işının yaptığı fazla yansıma neticesinde hacmin içerisindeki ulaşabileceği mesafe azalır ve aydınlık seviyesinin düşmesine neden olur. Örneğin gün içerisinde daha fazla aydınlık düzeyine ihtiyaç duyan hacimlerde çalışma alanı olarak gün ışığı açıklığı olan cepheye yakın

konumlandırmak, daha az aydınlık düzeyi gerektiren çalışma alanlarını hacmin derinliklerinde konumlandırmalıdır(Ünver, 2005).

Hacme giren gün ışığının iç yüzeylerde tam yansıma yaparak hacmin derinliklerine doğru ilerlemesi sağlanır. Yapılan tam yansımalarda iç yüzeylerde kullanılan rengin yansıtma katsayısı önemlidir. Yüksek yansıtma katsayısına sahip olan açık renkli yüzeyler gelen gün ışığının daha az oranda kayba uğrayarak yansıtılmasında etkili olmaktadır. Bu nedenle derinliği fazla olan hacimlerde açık renkli yüzeyler kullanılarak hacmin derinliklerine daha fazla gün ışığının ulaştırılması ve buna bağlı olarak aydınlık düzeyinin artırılması amaçlanır.



Şekil 2.22: Hacimdeki Gün Işığı Miktarını Etkileyen Faktörler(Sipahi, 2022)

Hacme ulaşan gün ışığı miktarını belirleyen bir diğer etken olarak binanın dış yüzeyindeki açıklıklar olan pencereler, saydam ve şeffaf yüzeyler önemli rol oynamaktadır. Mekana gün ışığının girmesini ve dış ortam ile görsel bir iletişim kurmayı sağlamasının yanı sıra iç hacmin termal koşullarını da etkileyen bileşeni durumundadır(Kutlu, 2019).

Bina içerisindeki yerleşim; yöne bağlı olarak farklılık gösteren güneş ışınımı, hacimlerdeki gün ışığı ve ısı kazancı miktarına etki etmesi, bina iç hacimlerinin konfor düzeyine etki etmektedir. Hacimlerin ihtiyaç duyacakları gün ışığı miktarını, zamanını ve süresini tespit edebilmek tasarımcıya iç hacimleri yerleştirme konusunda öngörü oluşturacaktır. Örneğin, kuzey yarımküredeki konutlarda sabah erken saatlerde gün ışığından en çok yararlanılabilecek hacimleri doğu yönüne, öğle vaktinden sonra kullanımın muhtemelen kullanımın daha çok olacağı odaları güney veya batı yönüne yerleştirilmesi gün ışığından faydalanma konusunda daha doğru bir strateji olacaktır.

3. GÜN IŞIĞI AYDINLATMA SİSTEMLERİ

Günümüze kadar gelen süre içerisinde insanlar her zaman ışık ve enerji kaynağı olan güneşten faydalanmak istemişlerdir. Antik Yunan, Roma ve Mısır mimarisinde de gün ışığı kullanımının önemli bir ilke olarak yapı tasarımına etki ettiği görülmektedir. Yapı tasarımında gün ışığı önemli bir parametre olarak geleneksel tasarımcıların oluşturdukları yapılarda etkili olmuştur. Tasarım ve yapım aşamasında gün ışığından maksimum düzeyde yararlanabilmek için duvarda açılacak boşluklar ve çatılarda oluşturulan saçaklar özenle tasarlanmıştır.

20.yy'ın başlarındaki teknolojik gelişmelere paralel olarak yaşamın her alanında kendisini gösteren makineleşme, üretim ve kullanım konularında ihtiyaç duyulan enerji miktarını arttırmıştır. Aynı yüzyılın ikinci yarısından sonra enerji ihtiyacı artışının karşılanamamasına bağlı olarak ortaya çıkan krizler fosil enerji kaynakları üzerinde yapılan araştırmaları genişlemesine neden olmuş ve yapılan çalışma sayısı artmıştır. Yapılan çalışmalar sonucundan fosil enerji kaynaklarının sınırlı olduğunun anlaşılması ve bunun insanların yaşamları üzerinde oluşturmuş olduğu etki insanların düşüncelerinde değişikliğe neden olmuştur. Ortaya çıkan yeni araştırma sonuçları ve bilim insanların ortaya koydukları fikirlerle beraber insanların yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak enerji ihtiyaçlarını karşılamaları konusunda bir yönelim olduğu görülmektedir.

Bu yönelim sonucunda makineleşme ve diğer etkenlerle değişen aydınlatma gereksinimlerine cevap verebilecek, artış gösteren iyileştirilmiş aydınlatma ihtiyacını karşılayabilecek, küresel iklim dengelerinin korunmasına yardımcı olabilecek ve gün ışığının kendisinden ve bileşenlerinden maksimum seviyede faydalanılmasını sağlayabilecek çözümlerin gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda geleneksel mimaride kullanılan aydınlatma sistemlerini günümüz teknolojisinin ortaya koydukları ile yenileyip geliştirerek daha verimli hale getirmek ve bu sistemlerden istenilen verimi almak amaçlanmaktadır.

Gün ışığının hacmin içerisine alınmasında geleneksel yöntemlerden olan pencereler önem göstermektedir. Yapı içerisine alınan gün ışığının odanın derinliklerine ulaşması cephe açıklıkları ve şeffaf yüzeylere eklenecek optik özelliklere sahip elemanlarla donatılması ile mümkün olabilmektedir. Cephe açıklıklarına ve şeffaf yüzeylere eklenerek sahip oldukları optik özellikler ile gün ışığının odanın derinliklerine iletilmesine yardımcı olan bu elemanlara ‘Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri’ denilmektedir. Bu sistemler gün ışığını ışığın optik özellikleri ve farklı araçlar vasıtasıyla mekânın derinliklerine iletmektedirler. Yansıma, kırılma, yutulma gibi optiksel özelliklerin birini kullanan sistemler olduğu gibi hepsini kullanabilen karmaşık sistemlerde gün ışığının iletilmesinde kullanılmaktadır.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin büyük bir kısmı açık gök koşullarında, kapalı gök koşullarına kıyasla ışığın hacmin derinliklerine yönlendirilmesi konusunda daha başarılı olmaktadır. Bu sayede daha konforlu ve verimli bir aydınlatma sağlanmaktadır.

3.1 Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Amaçları ve İşlevleri

Temelde sistemlerden sırasıyla;

- ❖ ‘Dış ortamdan gelen gün ışığını toplamak’,
- ❖ ‘Toplanan ışınları yapı kabuğundan içeriye yönlendirmek veya taşımak’,
- ❖ ‘Taşınan veya yönlendirilen bu ışınları hacmin derinliklerine iletmek’

sayılan üç işlevi yerine getirebilmesi beklenmektedir. Bu temel işlevlerin yerine getirilmesi ile iç mekân içerisindeki aydınlatma düzeyinin artırılması veya homojen hale getirilmesi sağlanmak istenmektedir. Bunun sağlanmasıyla hacimdeki görsel konforun artırılması, sıcaklık kontrolünün sağlanması ve elektrik enerjisinden tasarruf edilmesi gibi başlıca ilkeler amaçlanmaktadır.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin amaçları ve işlevleri birbirine sıkı sıkıya bağlıdır. Tasarım aşamasında sistemden beklenenlere uygun tasarım parametrelerinin belirlenmesi ile istenilen amaçlara ulaşılması kolaylaştırmaktadır. Bu noktada tasarımcının ve yüklenicinin; yapının üstleneceği işlev, inşa edileceği konum, bulunduğu iklim kuşağı, ekonomik şartlar, vb. kriterler göz önüne alınarak en uygun sistemin seçilmesi önemlidir. Alınan kararlar ile sistemlerin ortaya koyacakları işlevlerin amaçlara uygunluğu birbiri ile bağlantılı olacaktır.

3.2 Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Sınıflandırılması

Sistemlerin sınıflandırılması konusunda çeşitli sınıflandırma kriterleri önerilmektedir. Bu konuda en kapsamlı çalışmayı yapan ‘Uluslararası Enerji Ajansı (IEA)’nın yapmış olduğu ‘Task 21- daylight In Buildings’ çalışmasında geliştirilen bütün gün ışığı aydınlatma sistemlerinin çalışma prensibi, kullanım yerleri, iklim bölgesi ve belirlenen kriterlerde sistemin verimine göre tablolar halinde özetlendiği görülmektedir(IEA SHC, 2000).

Yapılan bazı çalışmalarda sistemleri kullandığı ışığa göre direkt güneş ışığı kullananlar veya yayınlık gün ışığı kullananlar olarak iki başlıkta sınıflandırılırken başka bir çalışmada gölgeleme fonksiyonu gösterip göstermediğine göre iki ana başlıkta sınıflandırıldığını görülmektedir. Bahsedildiği gibi yapılan farklı sınıflandırmalarda ele alınan gün ışığı sistemlerinin birden fazla gruba ait olması ve bu nedenle sınıflandırma aşamalarında farklı sınıflandırma başlıkları altında da aynı sistemin yer alması aynı sistemin birden fazla defa incelenmesine yol açmaktadırlar. Bu nedenle sistemlerin incelenmesinde kullanılan kesin bir sınıflandırma yapılamamaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında gün ışığı aydınlatma sistemleri ışığın hacmin derinliklerine iletilme şekline göre ‘Gün Işığı Yönlendiren’ ve Gün Işığı Taşıyan’ sistemler başlıkları altında sınıflandırılarak incelenecektir.

a) Gün Işığını Yönlendiren Sistemeler;

Pencere, tepe pencereleri veya yapı kabuğunda bulunan boşluk ve şeffaf yüzeylere gelen gün ışığı ışınlarının hacmin derinliklerine doğru yönlendirilerek iletilmesini amaçlayan sistemlerdir. Bu sayede pencere önlerinde oluşturulacak gölgeleme ile sıcaklık ve kamaşma kontrolü sağlanması amacıyla kullanılır.

b) Gün Işığını Taşıyan Sistemler;

Pencere ve tepe pencereleri ile ışık alamayan karanlık iç hacimlere dış mekânlardaki ışık toplayıcılar ile toplanan gün ışığının taşınması ve dağıtılması ile hacmin gün ışığı ile aydınlatılması amacıyla oluşturulurlar.

3.3 Gün Işığı Yönlendiren Sistemler

3.3.1 Işığ rafı

Eski Mısırdan günümüze kadar uzun zamandır kullanılagelen bir gün ışığı aydınlatma sistemi olan ışık rafı, gelen ışığı hacmin tavanına yansıtarak hacmin derinliklerine ışığın iletilmesini sağlar. Üzerine gelen ışığı hacmin içine yönlendiren ışık rafları, açık gök koşullarında kapalı gök koşullarına oranla daha verimli çalışmaktadır(IEA SHC, 2000).

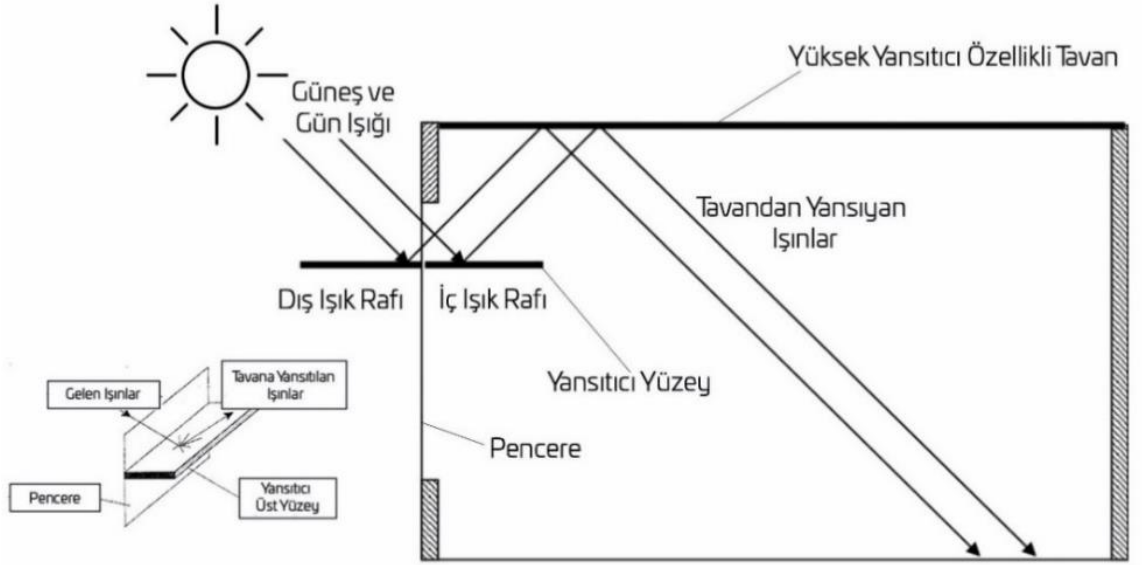


Şekil 3.1: ‘Ash Creek Intermediate School’ Sınıf Işığ Rafı Uygulaması (Url-13)

Işığ rafı, pencere çevresinde gölgeleme yaparak ısı kontrolü sağlamasına yardımcı olmanın yanı sıra direkt kamaşmayı da engellemektedir. Cepheyle bütünleşmiş bir eleman olabileceği gibi pencerenin iç, dış veya hem iç hem dış yüzeyine yatay bir şekilde göz hizasının üstünde ‘yaklaşık 2m yükseklikte’ yer alacak şekilde yerleştirilebilmektedir. Bu yükseklikte yerleştirilmesiyle dış görüşün sağlıklı bir şekilde sürdürülmesi ve aynı zamanda ışık rafının üst yüzeyinde oluşabilecek kamaşma etkisinin gözden uzaklaştırılarak görsel konforun olumsuz yönde etkilenmesini engellemek amaçlanmıştır(Scartezini & Courret, 2002).

Çalışma prensibi olarak üzerine gelen gün ışığının hacmin tavanına yansıtılarak hacmin derinliklerine iletilmesi ilkesine dayanan ışık raflarının konumlandırıldığı yer sistemin davranışını etkilemektedir. Pencerenin içerisine yerleştirilmiş ışık rafı hacim

içerisindeki toplam ışık miktarını azaltır fakat gün ışığının hacmin derinliklerine iletilmesi sayesinde ışığın hacmin içerisinde homojen bir aydınlatma sağlamasına yardımcı olmaktadır. Pencere dışına yerleştirilmiş ışık rafı hacmin içerisine dışarıdan daha fazla oranda ışığın girmesini sağladığı için hacmin içerisindeki toplam ışık miktarını artırır ve aynı zamanda gün ışığının hacmin derinliklerine iletilmesiyle beraber hacmin içerisinde homojen aydınlatma oluşmasına yardımcı olmaktadır(IEA SHC, 2000).



Şekil 3.2: Işık Rafı Çalışma Prensibi

Işık raflarından yansıyan ışınların hacim içerisinde ne kadar derine iletebileceği hacmin tavanının yüksekliğine, şekline, eğimine ve yansıtma katsayısının değerine bağlı olarak değişmektedir. Hacmin içerisine yönlendirilen ışık ışınları hacmin derinliklerine ne kadar çok iletilirse mekânın derinliklerindeki aydınlık düzeyinde artış sağlanır ve homojen bir aydınlatma gerçekleşir. Bu sayede aydınlık seviyesi oda içerisinde eşitlenir ve kullanıcıda daha aydınlık bir ortam hissi oluşması sağlanmaktadır.

Işık rafının boyutları ve pencereye göre konumu (dışarıda, içeride veya her iki tarafta) ihtiyaç duyulan gün ışığı aydınlatması ve gölgeleme gereksinimlerini karşılayabilecek şekilde enlem, iklim özellikleri ve cephenin yönü dikkate alınarak belirlenmelidir. Işık rafının altında kalan pencerenin ne oranda ve hangi saatler aralığında gölgelenmek istediğine bağlı olarak ışık rafı pencereden dışarıya doğru uzatılmalıdır. Işık rafının üzerinde kalan pencerenin boyutları ise direkt gelen ışınların doğrudan girmesini engelleyecek şekilde hesaplanmalıdır(Esen, 2015).

Işık rafının boyutlu, konumu, kaplama malzemenin özellikleri, pencere camın geçirgenliği, iç hacmin tavan yüksekliği, tavan döşemesinin rengi ve çevresel engeller sistemin performansını etkileyen faktörler olarak sayılabilmektedir(Esen & Kurtay, 2018)

Işık rafının günümüzdeki önemli kullanım alanlarından birisi faaliyetlerinin büyük bir kısmını Dünyanın 24 saatlik döngüsü içerisinde güneşin yeryüzünü aydınlattığı zaman aralığında gerçekleştiren okullardır. Bu kapsam da ABD'nin Oregon eyaletinde 2022 yılında hizmete açılan 'Clackamas High School' ışık rafı kullanımının güzel bir örneği olarak karşımıza çıkmaktadır..

Boora Architects firması tarafından 'Yeşil Bina' konsepti kapsamında tasarlanan Clackamas High School, ABD'nin ilk 'LEED-Silver' sertifikasına sahip lise binası olmuştur. 'Yeşil Bina' konsepti kapsamında doğal havalandırma, yerel malzeme kullanımı ve doğal aydınlatma gibi kriterler özellikle dikkate alınmış ve bunlara uygun tasarımlar üretilerek uygulanmıştır. Bu kapsamda sınıflarda doğal aydınlatmanın sağlanabilmesi adına Gün Işığı Aydınlatma sistemlerinden Işık Rafı sistemi tercih edilmiştir.



Şekil 3.3: 'Clackamas High School' Cephe Perspektifleri(Url-12)

İç, dış ve yerine göre iç-dış bütünleşik ışık raflarının kullanıldığı lise kompleksinde gün ışığının iç hacimlerde maksimum düzeyde kullanılması fikri tasarımda ön plana çıkmıştır. Işık raflarının sınıflarda kullanımıyla gün ışığının sınıfların derinliklerine iletilerek homojen aydınlatmanın oluşması sağlanmıştır. Homojen aydınlatma düzeyine ulaşılabilmesi için sınıfın tavanları ışık raflarından yönlendirilen ışınların

daha derinlere iletilebilmesini sağlayabilmek amacıyla eğimli olacak şekilde tasarlanmıştır. Sınıfların ve ışık raflarının pencereler etrafında oluşturduğu gölgeleme etkisiyle hem pencere kenarlarında kamaşmalar azaltılmış hem de sınıfın aşırı ısınmasının önüne geçilmektedir(Url-11).



Şekil 3.4: ‘Clackamas High School’ Sınıf Görseli(Url-12)

3.3.2 Anidolik sistemler

Eski yunanca bir ekilme olan anidolik (an= ‘-siz, -sız’ ve eidolon= ‘görüntü’) görüntü oluşturmeyen anlamına gelmektedir. Anidolik sistemler optiğin görüntü oluşturmeyen gelişmiş özelliklerinin kullanılmasıyla geliştirilmiştir(Scartezini & Courret, 2002).

Anidolik sistemler, açısal seçiciliğe sahip parabolik toplayıcıların ve iç bükey reflektörlerin birbirleriyle belirlenen açılarda ve uzaklıklarda yerleştirilerek yayınık haldeki gün ışığı ışınlarının yönlendirilmesiyle oluşturulan gün ışığı aydınlatma sistemleridir.

Anidolik sistemlerin esas amacı ve işlevi çoğunlukla kapalı gök koşullarının hüküm sürdüğü iklim bölgelerindeki yapılarda gün ışığını etkin bir şekilde toplayarak iç mekanların yeterli gün ışığı alamayan derinliklerine toplanan bu ışığın iletilmesini sağlamaktır. Bu iletimin sağlanması ile derin hacimlerde kamaşmanın oluşmadığı düzgün bir aydınlatma oluşturulması hedeflenir(Erel, 2004)

Anidolik sistemler kendi içerisinde anidolik tavanlar, anidolik açıklıklar ve anidolik petek sistemleri şeklinde üç alt başlıkta incelenmektedir.

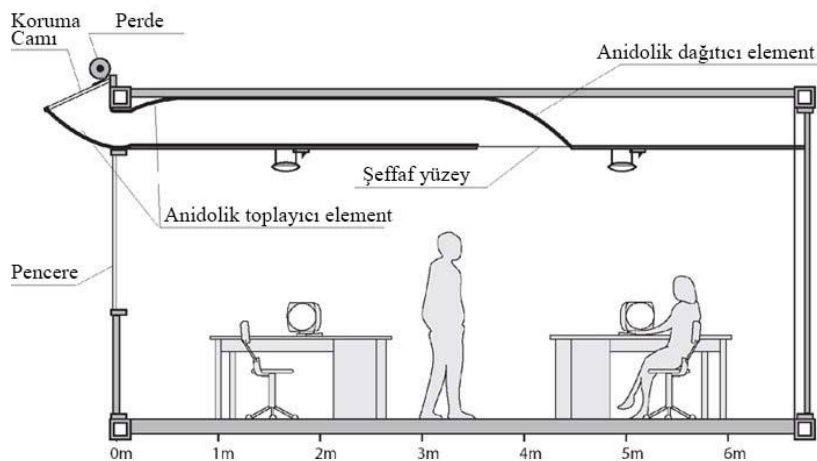
3.3.2.1 Anidolik tavan

Anidolik tavan sistemleri, bina cephesine yerleştirilen anidolik toplayıcı, toplayıcıya bağlı bir şekilde tavana yerleştirilen ve iç yüzeyi yüksek yansıtıcı özelliğe sahip bir tüp ve bu tüpün ve sonuna yerleştirilen anidolik dağıtıcıdan oluşmaktadır(IEA SHC, 2000).

Cepheye yerleştirilen anidolik toplayıcı, kapalı gök koşullarında yayınlık gün ışığı bileşenlerini toplar ve optik özellikleri sayesinde odaklayarak yansıtıcı iç yüzeye sahip tüpün içerisine iletir.

Tüp, toplayıcı tarafından içerisine yönlendirilen ışınları dağıtıcı anidolik dağıtıcı elemana iletmekle görevli sistem parçasıdır. Işık ışınları aydınlatma ihtiyacı duyulan bölüme kadar bu tüp vasıtasıyla iletilmektedir. Kanalin iç yüzeyi yüksek yansıtıcı özelliğe sahip bir malzeme ile kaplanarak ışınların enerji kaybı azaltılmaya çalışılmaktadır. Tüp için en verimli şekil dikdörtgen kesite sahip olmasıdır. Bu sayede anidolik dağıtıcıya ulaştırılmak istenen ışınların birbirine paralel yüzeylerden yansyarak tüpün sonundaki dağıtıcıya iletilmesi sağlanmaktadır(Gürsoy, 2019)

Tüp, içerisinde ilerleyen ışınları tüpün sonunda yer alan anidolik dağıtıcıya ulaştırmaktadır. Hacmin içerisinde aydınlatılmak istenilen bölümde bulunan dağıtıcıya -parabolik reflektöre- gelen ışınların tamamını geri yansımayı önleyerek iç mekâna düzgün bir şekilde dağıtılmaktadır. Sistemin çalışma şeması şekil 3.5'te şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.5: Anidolik Tavan Sistemi(Scartezini & Courret, 2002)

Sistemin girişine yatayla 25°lik açı yapacak şekilde yerleştirilen bir cam ünite üzerine düşen ışığı tüp içerisine yönlendirmektedir. Aynı şekilde sistemin çıkışın noktasına

yerleştirilen cam ünite de bakım masraflarını azaltmak ve sistemin güvenliğini sağlamak amacıyla yerleştirilmiştir. Sistemde bulunan bütün parçalar ısıl köprülerin oluşmasını engellemek ve yoğuşmayı önleyebilmek için yalıtılmıştır(IEA SHC, 2000)

Anidolik tavan sistemleri cephede pencerelerin üzerine konumlandırılması amacıyla tasarlanmıştır. Cepheye yerleştirilen anidolik toplayıcılar ile güneş ışığının yetersiz olduğu ortamlarda yayınık gün ışığı bileşenlerini kullanarak iç hacimlerin yeterli düzeyde aydınlatılması sağlanmaktadır. Kapalı gök koşullarının hâkim olduğu bölgelerde bulunan binalar, yüksek engellerin çevrelediği cepheler ve kuzeye bakan cepheler buna örnek olarak gösterilebilmektedir.

Anidolik tavan sistemlerinin kapalı gök koşullarında yayınık gün ışığı bileşenlerini toplama verimliliğinin yüksekliği sayesinde bütün iklim bölgelerinde kullanılabilir özellikleri göstermektedir. Açık gök koşullarında kullanılması durumunda direk gün ışığını oluşturduğu kamaşma ve sıcaklık kontrolü sorunlarının engellenebilmesi için gölgeleme elemanına ihtiyaç duyabilmektedir(Scartezini & Courret, 2002)

Lozan kentinde kurulmuş olan ‘LESO Araştırma Binası’ pasif gün ışığı sistemlerinin uygulanarak incelenmesi ve deneyler yapılmasına olanak sağlayan bir araştırma merkezidir. Yapı içerisinde pasif gün ışığı sistemlerinin ölçekli modelleri veya yapıya uygulanan gerçek ölçekteki hallerinin test odalarında gösterdikleri davranışlar teknolojik aletler vasıtası ile incelenebilir ve bilgisayar destekli yazılımlar kullanılarak karşılaştırmalar yapılabilmektedir.

Bina 1980-81 yılları arasında pasif güneş enerjisi tasarımı ve enerjinin korunumu ilkelerine uygun olacak şekilde inşa edilmiştir. Binanın pasif güneş enerjisi toplayan güney cephesi yaklaşık 200 m²'lik bir alandan oluşur ve 1999 yılında tamamen yenilenerek anidolik toplayıcılar yerleştirilmiştir. Binanın bir yapı fiziği araştırma laboratuvarı amacıyla kullanılması firmaların geliştirmiş oldukları yeni gün ışığı sistemlerini araştırma merkezinde çalışan uzmanlardan yardım alarak gerçek ölçeklerde test etme imkânı sağlamaktadır(Url-14).



Şekil 3.6: LESO Binası Güney Cephesi(Url-14)

Yenileme sonrası güney cephede uygulanan anidolik sistemler, bina içerisinde çalışma odalarının derinliklerine gün ışığının taşınması görevini yerine getirmektedir. Işığın yönlendirilmesi sırasında odaların derinliği 4.5m'yi aşmadığı için yansıtıcı tüplere ihtiyaç duyulmamış ve odaklanarak yönlendirilen ışık doğrudan tavana yansıtılmıştır.



Şekil 3.7: LESO Binası Kontrollü Anidolik Sistem Deneyi Görselleri(Url-15)

Anidolik sistem uygulaması ile kapalı gök koşullarında çalışma odaları içerisinde homojen bir aydınlık dağılımı sağlanmıştır. Sistem kamaşma ve sıcaklık kontrolü sağlayabilmek için güneşlik perdelerine sahiptir.

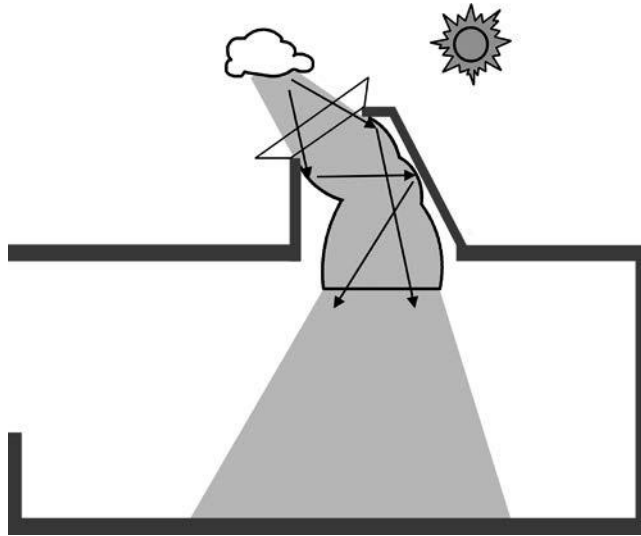


Şekil 3.8: LESO Binası Kontrollü Anidolik Sistem Deneyi Görselleri(Url-16)

3.3.2.2) Anidolik açıklık (anidolik zenital açıklığı)

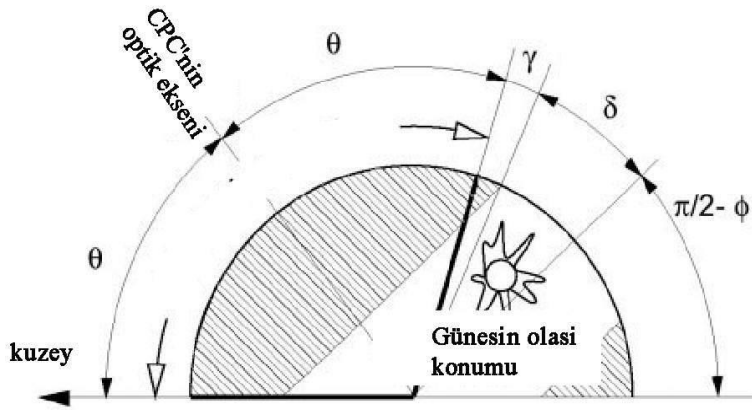
Anidolik açıklıklar görüntü oluşturmaya optiğe dayanan gün ışığı açıklıklarıdır. Yüksek açısız seçiciliğe sahip anidolik araç direk güneş ışığının geçişine izin vermeden göğün büyük bir kısmından yayınık gün ışığını toplamaktadır. Anidolik zenital açıklıkları, çok katlı binaların son katları, tek katlı binalar ve atriumlarda kullanılmaktadır.

Anidolik zenital açıklık sistemi, optik odaklayıcı ve dağıtıcı olmak üzere iki kısımdan oluşur. Optik odaklayıcı, görüntü oluşturmeyen, iki boyutlu ve uzun olan aksı doğu-batı doğrultusunda yönlendirilmiş birleşik parabolik toplayıcıdan oluşmaktadır(IEA SHC, 2000).



Şekil 3.9: Anidolik Tepe Açıklığı Sistemi(Yenidoğan, 2017)

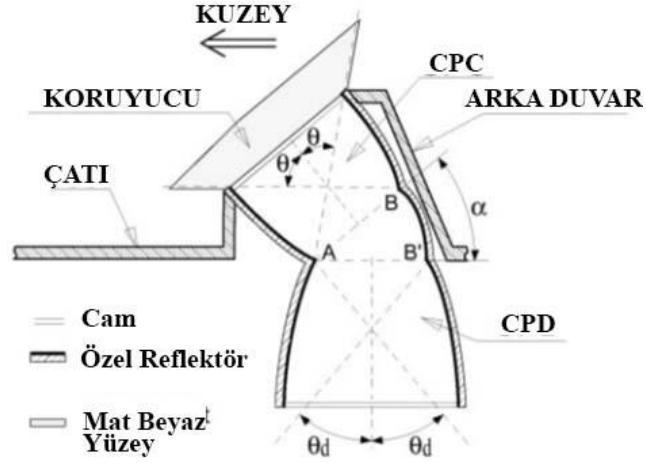
Çatı ve pencere üstlerine yerleştirilen Birleşik parabolik toplayıcı (CPC: Compound Parabolic Concentrator) sistemin ana parçasını oluşturmaktadır. Birleşik parabolik toplayıcının tasarlanması aşamasında kabul sektörünün güneşin en yüksek konumu ve ufuk noktası arasında kalan alanı kullanması amaçlanmıştır. Bir çift simetrik parabolik aynasal yansıtıcıdan oluşan iki boyutlu optik bir elemandır. Bu aynasal yansıtıcılar uyguladıkları açısal seçicilik ile direkt gün ışığı bileşeninin sisteme girmesini önlerken, kabul sektörü aralığında gelen tüm ışınların tek bir yansıma yaparak iletilmesini sağlamaktadır(Scartezzini & Courret, 2002).



Şekil 3.10: Kabul Sektörü Gösterim Diagramı (IEA SHC, 2000)

Hacmin içerisine doğru yönlendirilen Birleşik parabolik dağıtıcı (CPD: Compound Parabolic Deconcentrator) birleşik parabolik toplayıcının tersi şekilde çalışarak toplanan gün ışığını hacmin içerisine yayılması görevini yerine getirebilmek için aygıtın çıkış noktasını oluşturmaktadır. Dağıtıcı elemana gelen ışınlar oluşabilecek kamaşma ve geri yansımaların engellenerek hacim içerisine yönlendirilmesi ile düzgün bir aydınlatma gerçekleştirilmektedir(Erel, 2004).

İki parçadan oluşan sistemde Birleşik parabolik toplayıcı ve Birleşik parabolik dağıtıcı arasındaki bağlantı silindirik şekle sahip bir yansıtıcı eleman ile sağlanmaktadır. Şekil 3.28'de görülebileceği üzere [AB] aralığında kalan bu eleman sistemin geometrik şeklini korur ve toplayıcıdan giren ışınların dağıtıcıya iletilmesini sağlar.



Şekil 3.11: Anidolik Zenital Açıklık Sistemi(IEA SHC, 2000)

Gün ışığından maksimum seviyede faydalanılması için sistem; kuzey yarım kürede kuzey yönüne, güney yarım kürede güney yönüne bakacak şekilde konumlandırılmalıdır. Bu şekilde sistemin yaynık gün ışığı bileşenlerini optimum düzeyde toplamasına ek olarak kamaşma olmadan istenilen aydınlık seviyesi değerlerine ulaşmak ve aşırı ısınma gibi konfor düzeyini etkileyecek etkilerden kaçınılması sağlanmaktadır(Ünal et al., 2005).

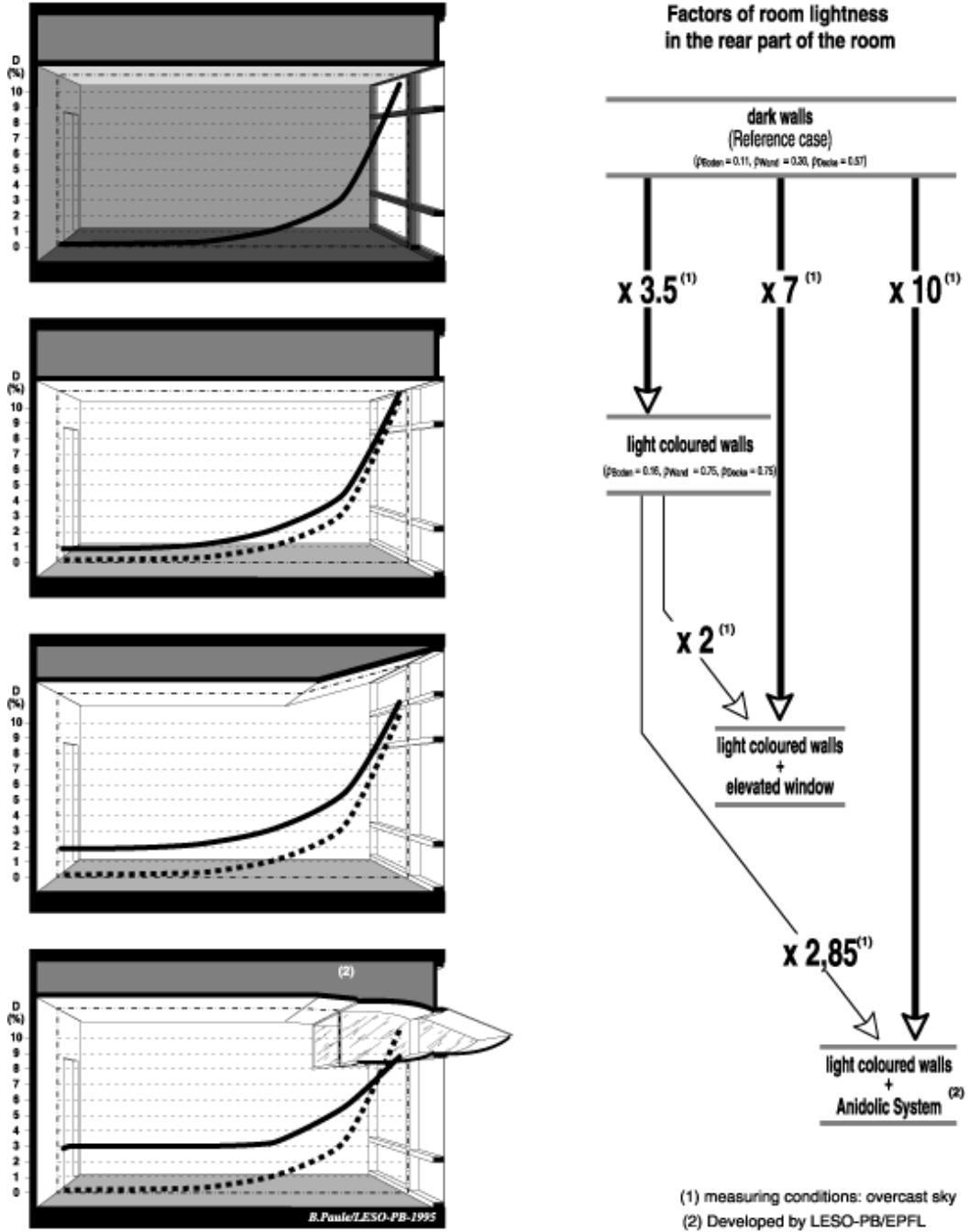


Şekil 3.12: LESO Binası DIANE Aydınlatma Laboratuvarı Anidolik Zenital Açıklık Sistemi(Url-16)

Anidolik Zenital Açıklık sisteminin deneyleri LESO Araştırma Binası içerisinde DIANE aydınlatma laboratuvarı içerisinde yapılmıştır. Hazırlanan deney düzeneğinin kontrollü bir deney olabilmesi adına kapalı gök koşullarının hâkim olduğu zaman aralığında 5.4m X 3.4m X 2.7m ölçülerine sahip laboratuvar odası için dört farklı

durum belirlenmiştir. İlk durumda, koyu renkli duvarlar ve standart yükseklikte pencere açıklığına ait aydınlatma veriler toplanmıştır. İkinci durumda, açık renkli duvarlar ve standart pencere açıklığına ait aydınlatma veriler toplanmıştır. Üçüncü durumda; açık renkli duvarlar, standart pencere açıklığı ve bu açıklığın üzerine ek olarak yükseltilmiş pencere açıklığı eklenmesi durumundaki veriler toplanmıştır. Son olarak dördüncü durumda; açık renkli duvarlar, standart pencere açıklığı ve bu açıklığın üzerine yerleştirilen anidolik zenital açıklık sistemine ait veriler toplanmıştır. Sonuçta dört farklı durumdan elde edilen veriler bir araya getirilmiş ve oda içerisindeki aydınlık düzeyi performansı ilk duruma göre karşılaştırılmıştır(Url-16).

Şekil 3.13'te görülebileceği üzere kapalı gök koşullarında deney odası içerisindeki dört duruma ait verilerden üzerinden elde edilen bilgilere göre anidolik zenital açıklık sistemi ışığın oda içerisinde homojen olarak dağılmasını sağlayarak oda içerisindeki aydınlatma düzeyini yükseltme durumunda en verimli düzenek olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 3.13: Anidolik Zenital Açıklık Kontrollü Deneyi(Url-15)

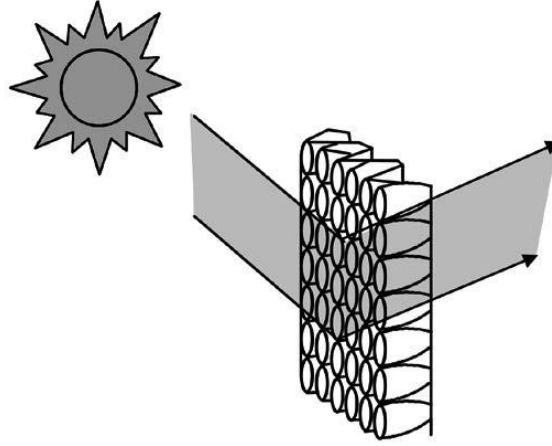
3.3.2.3 Anidolik petek (anidolik güneşlik)

Anidolik Petek Sistemleri yukarıda bahsedilen anidolik sistemlerin aksine direkt gelen gün ışığı bileşenlerini de kullanabilen üç boyutlu bir yapıya sahip olması sebebiyle diğer sistemlerden farklı olarak açık gök koşulları için tasarlanan sistem kapalı gök koşulları olan bölgelerde de kullanılabilir.

Her biri iki adet üç boyutlu birleşik parabolik toplayıcıdan oluşan içi boş yansıtıcı elemanlardan oluşmaktadır. Yansıtıcı elemanları soğuk kalıplama tekniği kullanılarak

silikon kalıplarda plastik malzemelerden üretilirken iç yüzeyleri özel bir teknik olan buharlı vakumlama ile alüminyum kaplanır. Işığın iletilmesi sırasında yüksek açısal seçicilik sağlayarak güneş ışınlarını kontrol etmek ve kamaşmayı önlemek için tasarlanmışlardır. İç yüzeylerinde bulunan reflektörlere zarar gelmemesi adına sistem çift cam arasına yerleştirilerek uygulanmaktadır. Tasarım günümüzde deneme aşamasında olan bir prototiptir(IEA SHC, 2000)

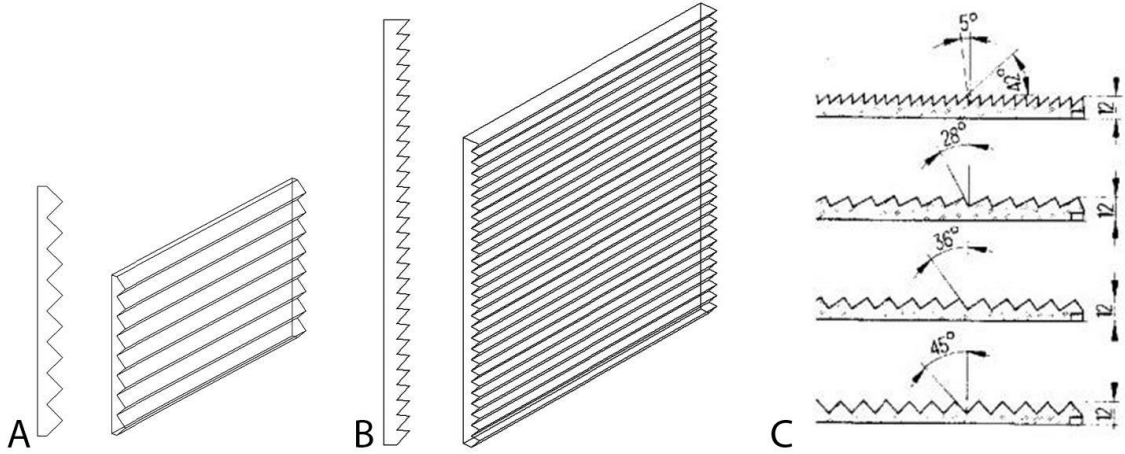
Anidolik petek sisteminin diğer anidolik sistemlerden en büyük farkı uygulanacağı iklime, enleme ve yere özel olarak üretilebilir olmasıdır. Dışarıya yönlendirilen üç boyutlu Birleşik Parabolik Toplayıcı ile kullanım ihtiyacına özel bir kabul sektörü sağlar ve açısal seçicilik göstermektedir. Hacme yönlendirilen Birleşik Parabolik Toplayıcı ise toplanan ışığı hacmin arka kısımlarına yönlendirmektedir. Bu şekilde hacmin derinliklerinde aydınlık düzeyinin artırılması ile homojen bir aydınlatma sağlamayı hedeflemektedir. Aydınlatmanın konforlu bir şekilde sağlanabilmesi için ışık ışınları 25°lik açıyla tavana doğru yönlendirilerek kamaşmanın önüne geçilmesi amaçlanmaktadır(Scartezzini & Courret, 2002).



Şekil 3.14: Anidolik Petek(Anidolik Güneşlik) Sistemi(IEA SHC, 2000)

3.3.3 Prizmatik paneller

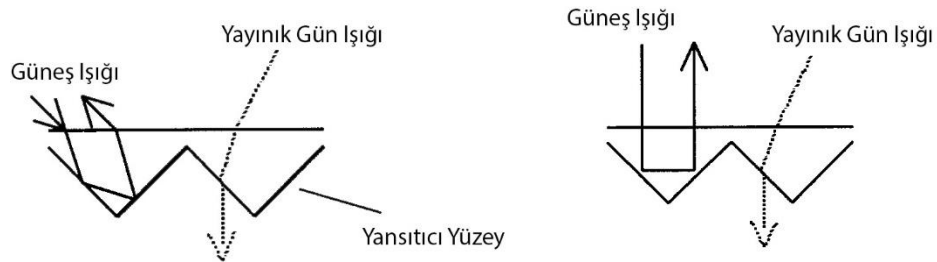
Saydam akrilikten üretilen prizmatik paneller; ince, düzlemsel ve testere dişli yapıya sahip olan gün ışığı aydınlatma sistemleridir. Ilıman iklim bölgelerinde gün ışığını yönlendirmek ve kırarak yansıtmak için kullanılmaktadır. Belirlenen gün ışığı stratejisine bağlı olarak sabit veya güneşi takip edebilen hareketli sistemlerle beraber kullanılabilmesinin yanında çatı ışıklıklarında ve cephede de kullanılabilecek birden fazla uygulama şekli bulunmaktadır(Kazanasmaz et al., 2011).



Şekil 3.15: Prizmatik Paneller (Simetrik Asimetrik ve Farklı Açı Değerlerine Sahip Dişler) (Kazanasmaz et al., 2011)

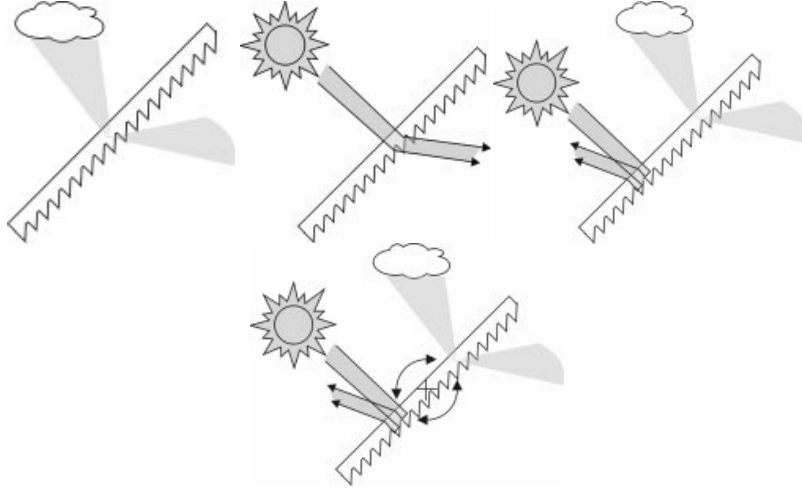
Bir yüzü düz diğer yüzü prizmatik testere dişli şekil sahip olan prizmatik paneller asitle taşlama yöntemi ve enjeksiyon yöntemi olmak üzere iki farklı üretim tekniği ile üretilmektedirler. Asitle taşlama yöntemi ile yapılan üretimde araları bir milimetreden daha az olan prizmalar oluşacak şekilde üretim yapılmaktadır. Böylelikle iyi optik özellikler gösteren hafif akrilik film tabakası elde edilmektedir. Enjeksiyon yöntemi ile üretimde dört farklı şekilde üretim yapılabilmektedir ve bu yöntem ile bazı panellerin bir kısmı yüksek yansıtıcı özelliğe sahip alüminyum film tabakasıyla kaplanmaktadır (IEA SHC, 2000).

Kullanılma amacı gün ışığını odanın derinliklerine ulaştırabilmek olan prizmatik paneller optik özellikleri sayesinde direkt gün ışığı bileşenlerinin kontrol edilmesini sağlayabilmektedir. Sistem göğün büyük bir kısmından gelen gün ışığının yönlendirilmesini amacıyla tasarlanmış olması açık gök koşulları için yüksek performans göstermesini sağlmasına karşın kapalı gök koşullarının hâkim olduğu bölgelerde kullanımı tavsiye edilmemektedir.



Şekil 3.16: Prizmatik Paneller Çalışma Prensibi Şeması (IEA SHC, 2000)

Prizmatik paneller ışık ışınlarını reddetme ve yansıtma özelliğine sahiptir. Prizmalar sahip oldukları geometrik biçime bağlı olarak üzerine gelen belli açı aralıklarındaki ışınlar karşı ayna gibi davranarak tam yansıma yapmasını sağlarlarken daha büyük derecelerde gelen ışınların yönlerinin değiştirilmesi ve hacmin içine yönlendirilmesine neden olmaktadır. Panellerin sahip oldukları bu özellik nedeniyle gölgeleme ve gün ışığını yönlendirme işlevlerinin hangisine ihtiyaç duyulduğunun belirlenmesi sistemden beklenen davranış açısından önem göstermektedir(Sarıtaş, 2008).



Şekil 3.17: Prizmatik Panelin Yaygın Gün Işığı ve Direkt Gün Işığı İlişkisi(Sarıtaş, 2008)

Gölgeleme elemanı olarak kullanılması durumunda dış ortamdan hacme gelen gün ışığının bir kısmını engelleyerek hacimdeki gün ışığı faktöründe artışa neden olmamakla beraber oda içerisinde homojen bir aydınlatma hissi oluşmasını sağlamaktadır.

Pencere Üstüne Yerleştirilen Prizmatik Sistemler

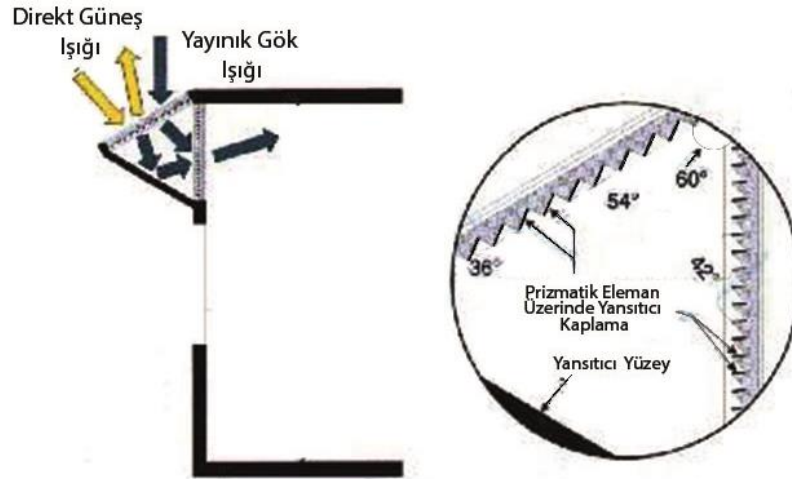
Pencere üzerine yerleştirilen prizmatik sistemler, farklı geometrik özelliklere sahip iki prizmatik panel ve bunların altında yer alan bir aynanın oluşturduğu eşkenar üçgen formuna sahip olacak şekilde bir araya getirilmiş sabit elemanlardan oluşmaktadır. Sistem göz seviyesinin üzerinde kalacak şekilde cephe dışına yerleştirilerek dış görüşün engellenmesi önlenmektedir. Sistemin yerleştirildiği konum ve çalışma şekli ışık rafı sistemine benzemektedir.

Prizmatik panellerin dişleri farklı boyutlarda olmakla beraber üçgen formun iç yüzeyine doğru bakacak şekilde yerleştirilmiştir. Üstte bulunan prizmatik panelin dişleri birbirlerine 36° ve 54° iç açılara sahip dik üçgen şeklinde, içeride yer alan

prizmatik panelin dışları 42° ve 48° iç açılara sahip dik üçgen şeklinde yerleştirilmiştir. İçeride yer alan panelin prizmatik dışları aynasal yansıtıcı malzeme ile kaplanmıştır(Erel, 2004).

Sistem yayınlık gün ışığı bileşenlerini odanın tavanına yönlendirerek hacmin derinliklerindeki aydınlık düzeylerini arttırmayı amaçlamaktadır. Sistem aynı zamanda gerekli düzeyde direkt gün ışığı kontrolü sağlayarak kamaşmayı önlemektedir. Bundan dolayı hacmin içerisinde aydınlık düzeyini arttırmayı amaçlayan sistem gün ışığı bileşenlerini seçerek geçirdiği için hacmin içerisine giren ışığın miktarında azalmaya neden olmaktadır.

Pencere üstüne yerleştirilen prizmatik panel sisteminin üst kısmında yer alan prizmatik panel direkt gelen düşük açılı ışınları tam yansıma ile geri yansıtırken yayınlık gelen yüksek açılı ışınları sistemin içine iletmektedir. İletilen ışınlar sistemin alt kısmında bulunan ayna tarafından geniş açıyla aynı açılal değerde olacak şekilde sistemin üçüncü elemanı olan prizmatik panele yansıtılmaktadır. Aynadan yansıtılan ışınları hacmin tavanına yönlendiren prizmatik panelin dışları bu işlevi yüksek verimlilikle yerine getirebilmek için yüksek yansıtıcılık değerine sahip alüminyum malzeme ile kaplanmıştır(Kazanasmaz et al., 2011).



Şekil 3.18: Pencere Üzerine Yerleştirilen Prizmatik Panel Gösterimi(Erel, 2004)

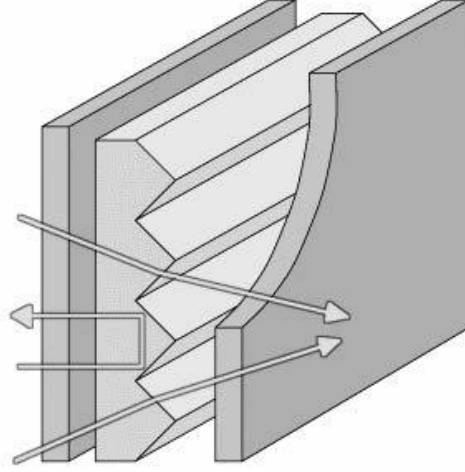
Pencere Camının Arasına Yerleştirilen Prizmatik Sistemler

Pencere camı arasına yerleştirilen prizmatik paneller kullandıkları ışık türüne göre yayınlık gök ışığını hacme yönlendiren ve direkt güneş ışığını hacme yönlendiren olmak üzere iki farklı şekilde gün ışığı aydınlatması sağlamaktadır.

Gün ışığı bileşeni olan direkt güneş ışığının yansıtılarak hacmin aydınlatılmasında kullanılan özel prizmatik panellerin dışları 45° iç açığa sahip aynı zamanda pencere düzlemine dik normaline paralel olacak şekilde üretilir ve yerleştirilir. Bu prizmatik panel sistemi direkt gelen ışığın yansıtma ve kırılma özelliklerini kullanarak hacmin derinliklerine doğru ışığı yönlendirmektedir. Pencere normaline paralel olan dışın üst yüzeyi yansıtıcılık katsayısı yüksek bir malzeme ile kaplanmaktadır. Böylece gelen ışınların kayıp olmadan prizmatik panele yansıtılması ve hacmin tavanına yönlendirilmesi sağlanmaktadır. Aydınlatılmak istenilen hacmin bulunduğu coğrafi konuma ve mevsime bağlı olarak ışık ışınlarının geliş açısındaki değişimler tavana yansıtılan ışınların hacim içerisinde ulaşabildiği maksimum derinlik mesafesini değiştirmektedir. Tavana yönlendirilen ışınların oluşturacağı kamaşmayı önleyebilmek için sistemin göz hizasının üstünde kalan pencere alanına konumlandırılması gerekmektedir. Bu şekilde kamaşma oranı en aza indirilmektedir. Sistem gölgeleme yapmadan güneş ışığını içeri kabul ederek tavana yönlendirmektedir. Bu şekilde oluşabilecek olumsuzluklar engellenmektedir(Erel, 2004).

Yayınık ışığın yansıtılması ile gün ışığının hacme yönlendirilmesi vasıtasıyla aydınlık düzeyinin artırılması ve bu sayede hacmin genelinde gün ışığı aydınlatmasını sağlayabilmeyi amaçlamaktadır. Bu amacın gerçekleştirilebilmesi için sistem hacme gelen ışığın belirli bir kısmını geri yansıtarak pencereye yakın kısımlardaki aydınlık değerinin düşmesine hacmin derinliklerinde kalan kısımların ise yönlendirilen ışıkla beraber aydınlık değerinin yükseltilmesini sağlamaktadır. Bu şekilde oda içerisinde homojen bir aydınlık düzeyi oluşturulur. Bu nedenle açık gök koşullarının hâkim olduğu yaz aylarında kapalı gök koşullarının hâkim olduğu kış aylarına oranla daha yüksek gün ışığı dağılımı olmaktadır(Erel, 2004).

Prizmatik paneller göz hizasının üst kısmında bulunan pencerede yer alan iki camın arasına yerleştirilmiştir. Bu şekilde konumlandırılan prizmatik paneller manzaranın önemli olduğu yerlerde dış görüşü engellemezler.



Şekil 3.19: Pencere Arasına Yerleştirilen Prizmatik Sistemler(Öztürk, 2006)

Pencere Arkasına Yerleştirilen Prizmatik Sistemler

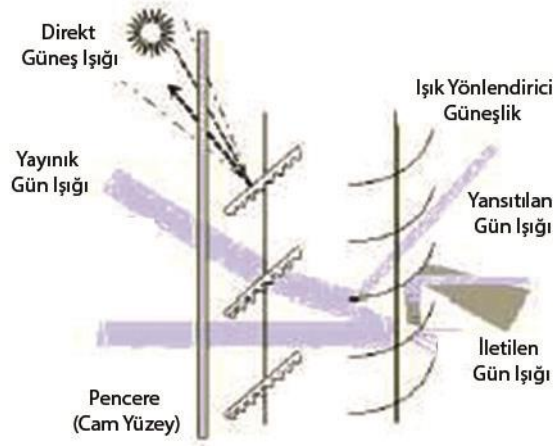
Sistem, prizmatik paneller ve güneşliklerin beraber çalıştığı bir gün ışığı aydınlatma sistemidir. Dişleri özel olarak $45^\circ/45^\circ$ iç açılına sahip olacak şekilde üretilen dik üçgen prizmatik panelin güneşlik sistemlerini birleştiren bütünleşik bir sistem şeklinde çalışmaktadır(IEA SHC, 2000).

Yukarıda bahsettiğimiz prizmatik panel uygulamaları gibi bu sistemde temel amacı direkt gelen gün ışığı bileşenlerinin hacmin içerisine girmesine engel olmak, yayınlık gün ışığı bileşenlerini ise hacmin derinliklerine yönlendirerek oda içerisinde homojen bir aydınlık seviyesi yakalamaktır.

Bütünleşik olarak kullanılan sistemde kapalı gök koşullarının hâkim olduğu yerlerde aydınlık düzeyinin düşük olması nedeniyle gölgeleme yapılması ihtiyacına gereksinim duyulmadığı için güneşliklerin kısmen açılarak prizmatik panellerden yönlendirilen ışık ışınlarına engel olmayacak şekilde ayarlanması gerekmektedir. Açık gök koşullarının hâkim olduğu yerlerde kurulan sistem ışık ışınlarını odanın derinliklerine yönlendirmektedir. Aynı zamanda prizmatik panellerin hacmin içerisinde konumlandırılmasından dolayı ortaya çıkan gölgeleme ihtiyacının karşılanmasında oluşan zaafında güneşliklerle giderilmesi ile yüksek performans alınması sağlanmaktadır(Erel, 2004).

Sistemin pencerenin arkasına konumlandırılması sonucunda manzara ve dış görüş engellenmektedir. Buna ek olarak direkt gelen gün ışığı bileşeni olan güneş ışınlarının

hacmin içerisine girdikten sonra engellenmesi iç mekânın aşırı ısınmasına neden olabilmektedir.



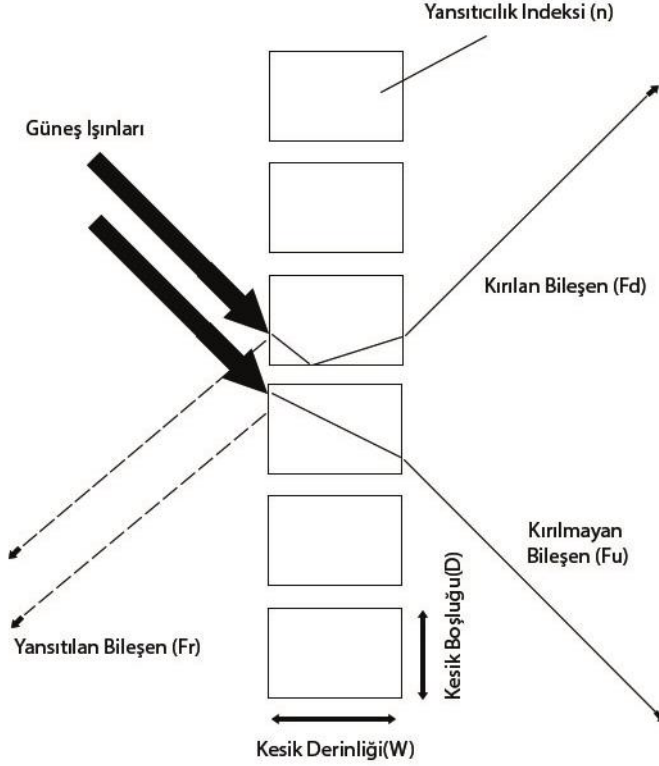
Şekil 3.20: Pencere Arkasına Yerleştirilen Prizmatik Sistemler(IEA SHC, 2000)

3.3.4 Lazer kesim paneller

Saydam akrilik panellerin üzerine lazer vasıtasıyla kesikler atılarak ince dörtgen şekiller oluşturulması yoluyla üretilen bir gün ışığı aydınlatma sistemidir. Panel üzerinde oluşturulan her bir kesik ile panel üzerinde ayna gibi davranan etkili ışık yönlendiriciler oluşturulur(IEA SHC, 2000).

Gün ışığının hacmin içerisine yönlendirilmesi ve istenmeyen güneş ışınlarını hacmin dışarısında tutmak amacıyla tasarlanmış elemanlardır. Yüksek enlemlerde bölgelerinde gün ışığı ile aydınlatma sağlamak amacıyla kullanılan sistem ekvator çevresinde yer alan düşük enlem bölgelerinde kamaşma ve ısı kontrolü sağlamak amacıyla kullanılmaktadır(IEA, 2010).

Lazer kesim panel üzerine gelen ışık ışınları geri yansıtılabilir veya hacmin derinliklerine yönlendirilebilir. Geri yansıtılan ışınlar tam yansımaya uğrayarak geliş açılarıyla aynı şekilde yansıtılır ve hacmin içerisine girmesi engellenmektedir. Hacmin içerisine alınan ışınlar kırma-yansıma-kırma sürecinden geçerek hacme alınmaktadır. Sistem ışınları hep aynı açıda hacmin içerisine yönlendirdiği için sistemden sağlanan verim oldukça yüksektir(Edmonds & Greenup, 2002).



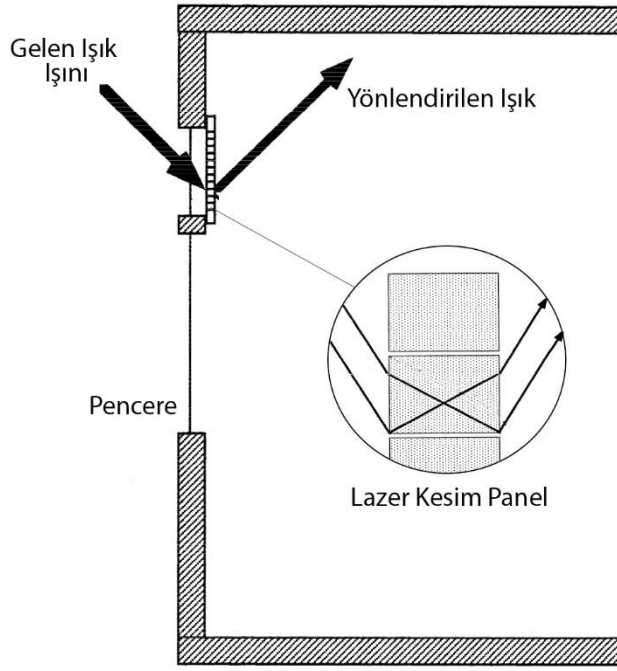
Şekil 3.21: Lazer Kesim Panel Yansıma Şeması(Edmonds & Greenup, 2002)

Paneller dış görüşün belli bir oranda bozulmasına neden olmasına rağmen gelen ışık ışınlarını hacmin içerisine, tavana doğru yönlendirmesinden dolayı kamaşma probleminde yol açabilmektedir. Bunu engelleyebilmek adına panellerin göz hizasının üstünde yer alan bir konuma yerleştirilmeleri önerilmektedir.

Lazer kesim paneller kullanılmak istendiği amaç doğrultusunda farklı şekillerde de kullanılabilir. Paneller; sabit güneş kırıcı sistemler şeklinde, sabit ya da hareketli ışık yönlendirici sistemler şeklinde ve gölgeleme(güneş kırıcı)-ışın yönlendirici sistemler şeklinde kullanılabilir(Kazanasmaz et al., 2011).

Panellerin sabit ışık yönlendirici şeklinde kullanılması durumu;

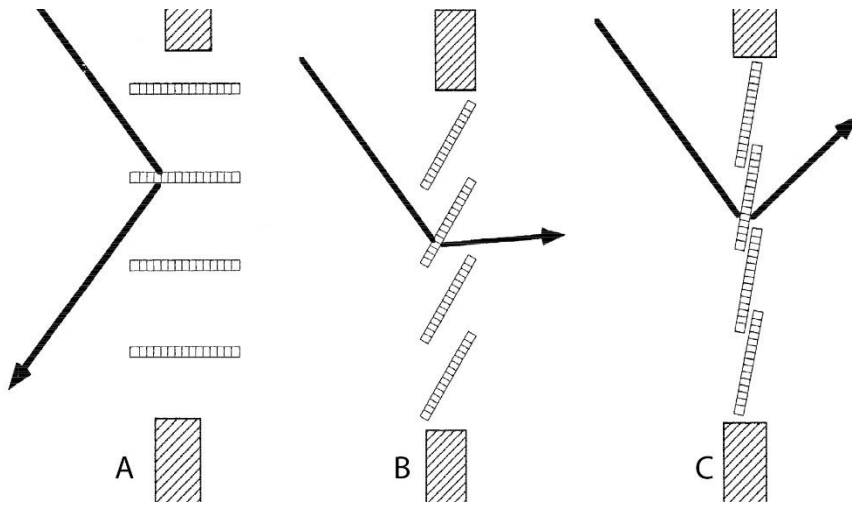
Kesik aralığının kesik derinliğine oranı (D/W) 0.7 olan ve sabit olarak pencereye yerleştirilen lazer kesim panel 45° den daha büyük açılarla gelen ışınları yansıtarak hacme girmesinin önlerken 20° altında gelen açıları hacmin tavanına yönlendirilerek tavadan yansıyan ışınların odanın derinliklerine ulaşması sağlanmaktadır(Edmonds & Greenup, 2002).



Şekil 3.22: Işık Yönlendirici Sabit Lazer Kesim Panel Yansıma Şeması (Edmonds & Greenup, 2002)

Panellerin sabit ya da hareketli ışık yönlendirici şeklinde kullanılması durumu;

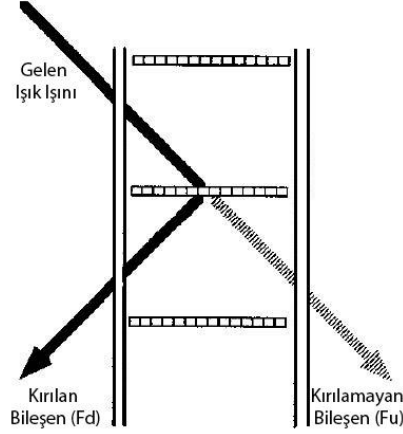
Düşey olarak yerleştirilen paneller gün ışığının hacmin içerisine yönlendirilmesini veya yansıtılarak hacmin dışında kalmasını sağlamaktadır. Gün ışığının yaz ve kış aylarındaki geliş açısına bağlı olarak bu panellerin hareketli olan tipleri tasarlanıp bir kanat sistemine benzer şekilde belirli açılarda döndürülerek gereken konuma getirilebilir(IEA SHC, 2000).



Şekil 3.23: Sabit ve Hareketli Lazer Kesim Panel Yansıma Şeması(Edmonds & Greenup, 2002)

Panellerin gölgeleme(güneş kırıcı)-ışın yönlendirici şeklinde kullanılması durumu;

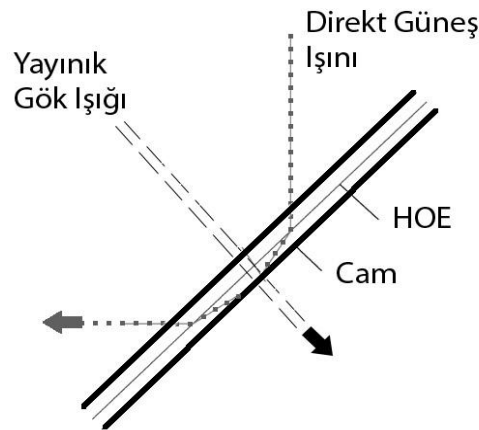
Pencerenin içerisine yatay bir şekilde ve kesik yüzleri yukarıya yönlendirilerek yerleştirilen paneller yüksek açılarla gelen ışık ışınlarının dışarıda kalmasını sağlamaktadır. Böylelikle pencere yakınlarında gölgeleme saplanarak ısı kontrolü sağlanmış olur. Panellerin yatay şekilde yerleştirilmesi düşük açılı yayıncı gün ışığının hacmin içerisine girmesi gün ışığı aydınlatması sağlanır(IEA SHC, 2000).



Şekil 3.24: Gölgeleme ve Işın Yönlendirme Amaçlı Lazer Kesim Panel Yansıma Şeması(Edmonds & Greenup, 2002)

3.3.5 Holografik optik elemanlar

Zenital ışık yönlendirici cam olarak da bilinen Holografik Optik Elemanlar(HOE) iki cam panel katmanı arasına lamine edilmiş holografik ızgaralardan oluşan polimerik film tabakasından oluşmaktadır. Sistem ışığı yönlendirebilmek için ışığın kırılma özelliğini kullanmaktadır(IEA SHC, 2000).

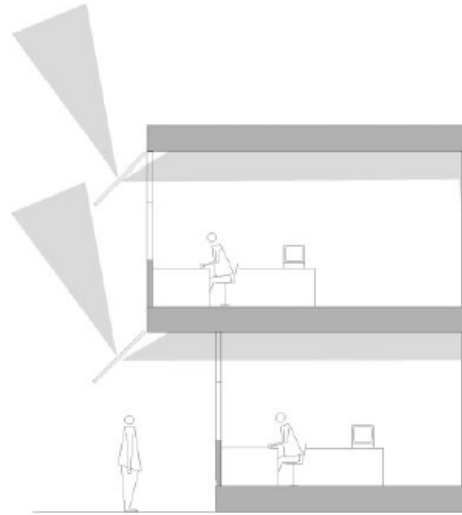


Şekil 3.25: Holografik Elemanın Çalışma Prensibi(Manav et al., n.d.)

Gün ışığının özellikle yayınlık bileşenlerini kullanılması amacıyla tasarlanan sistem direk gün ışığına maruz kaldığında renk bozulmasına ve kamaşmaya sebep olmaktadır. Bu nedenle sistemin direk gün ışığı alan cephelerde kullanılmaması gerekmektedir. Kapalı gök koşullarında gökyüzünün zenital bölgesinin parıltı oranının ufuk çizgisinin parıltı oranından daha büyük olması nedeniyle kapalı gök koşullarının hâkim olduğu bölgelerde sistemin verimi daha yüksektir.

HOE'ler ışığın dalga boyuna karşı duyarlı şekilde üretilebilmektedirler. Bu sayede istenilen dalga boyunda ışık iletimi ve ışınım kontrolü sağlanarak iç mekân içerisindeki görsel ve ısıl konfor şartlarının sağlanmasına yardımcı olmaktadır(Erel, 2004)

Pencere önüne konumlandırılmış iki cam arasına yerleştirilen HOE'lere 'Tepe Işığı Kılavuz Sistemleri' de denilmektedir. Düşey pencerelerin üst kısımlarına 45 derece açıyla yerleştirilmesi ile yayınlık gün ışığının kırılarak daha fazla miktarda hacmin içerisine iletilmesi amaçlanmaktadır. Yayınlık gün ışığının hacmin derinliklerine yönlendirilmesi ile odanın içerisinde homojen aydınlık seviyesine ulaşılması ve pencereye yakın bölgelerde parıltı farklılığından kaynaklanan kamaşmanın azaltılması sağlanmaktadır(Manav et al., n.d.).



Şekil 3.26: Tepe Işığı Kılavuzu Kullanımı ile Gün Işığının Tavan ve Hacmin Derinliklerine Taşınması(Erel, 2004)

Tepe Işığı Kılavuz Sistemleri sabit bir gün ışığı aydınlatma sistemidir ve bakım-onarım için herhangi bir ek uygulamaya ihtiyacı yoktur.

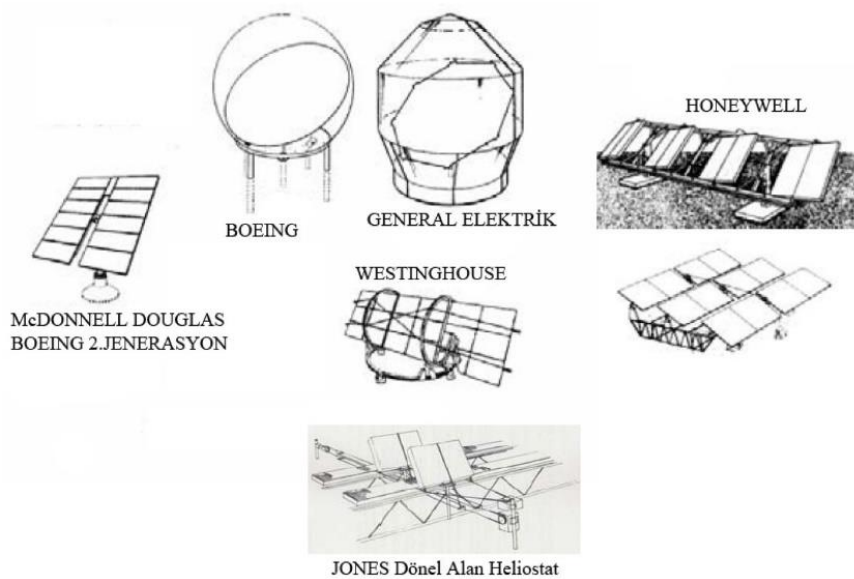
3.4 Gün Işığı Taşıyan Sistemler

3.4.1 Heliostat

Güneş i otomatik takip edebilme özelliğine sahip olan; bir mercek (fresnel mercek) ve bir ya da birden fazla aynadan oluşan, güneş ışınlarını toplamaya yardımcı olan bütünleşik sistemlere Heliostat adı verilmektedir. Heliostatlar bir aydınlatma teknolojisi olmayıp asıl görevleri gün ışığı taşıma sistemlerinin ihtiyaç duyduğu güneş ışınlarını bir noktaya odaklamakta veya toplayıp sistemlere yönlendirmeleri için kullanılmaktadırlar(Erel, 2004).

Heliostatlar genel olarak güneş kulelerine gün ışığını yansıtmak amacıyla çok sayıda kullanılan sistemlerdir. Heliostat sistemlerinin ilk örnekleri 19.yy da görölmeye başlanmakla beraber bu sistemin mimaride aydınlatma amacıyla kullanılmaya başlanmasının 20.yy'da olduğu görülür.

1975 yılında ABD'de bulunan 4 endüstri kuruluşunun çalışmaları ile günümüzdeki anlamıyla ilk heliostat tasarımları oluşturulmuştur. Bu çalışmalar kapsamında her endüstri kuruluşu 4-6 adet prototip üretmiştir. Üretilen prototiplerin maliyetlerinin yüksekliği ön plana çıkmıştır.1977-1982 yılları arasında devam eden heliostat tasarımı geliştirme çalışmaları ile üretim maliyetleri önemli derecede düşürülebilmesi başarılımış ve maliyet/yüzey alanı düşük olan prototipler üretilebilmiştir. 1981 yılına gelindiğinde heliostat geliştirme çalışmalarının zirveye ulaştığı ve yapılan yatırımlarla yoğun bir şekilde optimizasyon ve maliyet çalışmaları yapılmıştır(Şenol, 2009).



Şekil 3.27: 1975-1982 Yılları Arasında Geliştirilen Heliostat Modelleri(Şenol, 2009)

Heliostatlar, gün ışığı taşıma sistemleri içerisinde güneş ışınlarının yansıtılarak yönlendirilmesi ve bir noktada toplanarak odaklanması konusunda önemli rol almaktadır. Bu nedenle Gün ışığı taşıma sistemlerinde kullanılan heliostatlar genellikle binaların çatısına yerleştirilirler. Sistem sabit olması durumunda gün ışığı aydınlatmasına en fazla ihtiyaç duyulan saatlerde tam performans verecek şekilde yerleştirilmektedir. Sistemin hareketli olması durumunda bünyesinde bulundurduğu sensörler sayesinde güneşin hareketlerini takip ederek güneş ışınlarını verimli bir şekilde yansıtabilmektedir. Sistemlerin zamanlayıcıların kullanılması, algılayıcıların kullanılması ve bu ikisinin beraber kullanılması gibi farklı yöntemlerle hareket ettirildiğini görmekteyiz. İlk'i sensörlerin bir bilgisayar kontrollü yazılım ile heliostatları hareket ettirebilmesidir. Bu hareketin sağlanabilmesi için heliostatın bulunduğu bölgenin meteorolojik verileri bilgisayar üzerinden yazılıma aktarılıp hareket sağlanmaktadır. İkincisi, heliostatın üzerine düşen ışın yoğunluğunun algılanması ve yoğunluğun çok olduğu yere doğru heliostat sisteminin döndürülmesi ve yüzeylerde eşit ışın yoğunluğuna ulaşılması şeklindeki sistem hareketidir. Üçüncüsü ise hem zamanlayıcı hem de algılayıcıya sahip olarak sistemin kapalı ve açık hava koşullarında maksimum verimde çalışması için tasarlanmıştır(Zhang, 2017). Heliostatlar kullanılarak yansıtılan ve odaklanan ışınların aydınlatma sistemi bünyesinde bulunan ve ışığın taşınması görevini yapan taşıyıcı tüpler ve fiber optik kablolar gibi elemanlara iletilmektedir. Aşağıda bahsedeceğimiz gün ışığı taşıma sistemlerinin temelinde heliostatların direkt ve yayınlık olarak gelen gün ışığını yansıtma ve odaklama amacıyla kullanıldığını görmekteyiz.



Şekil 3.28: Heliostat Uygulama Örneği (Url-18)

3.4.2 Işık tüpleri

Işık tüpü sistemleri prizmatik veya farklı tür malzemelerden yapılan ve toplanan gün ışığının uzakta bulunan iç hacimlere ulaştırılmasını sağlayan optik sistemlerdir. Işık tüpünün ilk örnekleri 1978 yılında prizmatik polimer materyalden üretilen ve yüksek yansıtıcı özelliğe sahip iç kaplamaya sahip olan içi boş bir tüpten oluşturulmuştur. Oluşturulan sistem 27.6°'ye kadar olan gelen ışık ışınlarını iletmesi sürecinde yansımalar sonucunda neredeyse hiç kayba uğratmadan iletiyor olması sebebiyle günümüzde hala aydınlatma için kullanılmaktadır(Özgün, 2007).

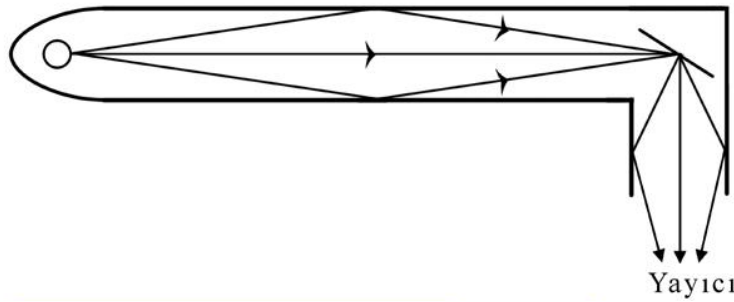
Işık tüpleri farklı şekillerde ve formlarda üretilebilir olmakla temelde her ışık tüpünün öncelikli amacı gün ışığının aydınlatma ihtiyacı olan bölgelere taşıyarak ulaştırmaktır. Işık tüpünün iç yüzeyine gelen ışınlar yüksek yansıtıcı özelliğe sahip yüzeylerden yansyarak tüp boyunca uzun mesafelere taşınabilmektedir. Sistemin genel olarak 3 ana bileşenden oluştuğu bilinmektedir. Bunlar; toplayıcı heliostat (aktif veya pasif), taşıyıcı tüpler ve dağıtıcı(yayıcı) eleman olarak sıralanabilmektedir(Garcia Hansen & Edmonds, 2007).

Toplayıcı Heliostat (Aktif veya Pasif); Güneş ışınlarının genellikle çatıya yerleştirilen bir toplayıcı heliostat yardımıyla ile aktif (hareket sensörlü) veya pasif (hareketsiz, sabit) odaklayarak taşıyıcı tüplerin içerisine doğru yansıtılmasını sağlarlar. Aktif heliostatlar, yukarıda heliostatlar bölümünde de bahsettiğimiz gibi bir bilgisayar yazılımı ile kontrol edilerek güneşin hareketlerini takip edebilmektedir. Kapalı ve açık hava durumlarına tepki verebilmeleri aynı zamanda da güneşi takip edebilmeleri sayesinde güneş ışınlarını maksimum düzeyde yansıtılabilmekte veya odaklanabilmektedir. Pasif heliostatlar ise sabit konumludurlar. Bunlar uygun konuma yerleştirilen sabit aynalar veya iç bükey mercekler olabileceği gibi yine çatılara yerleştirilen ve bünyelerinde bulunan elemanlar sayesinde optiğin kurallarından faydalanılarak üzerine gelen ışınları taşıyıcı tüpe aktaran farklı şekillere sahip prizmatik elemanlar olabilmektedir.

Taşıyıcı Tüpler; Odaklanan gün ışığının aydınlatılma ihtiyacı duyulan mekânda bulunan dağıtıcıya taşındığı bölümdür. Taşıyıcı tüplerin iç yüzeyleri yüksek yansıtıcı özelliğe sahip malzemelerle kaplanarak taşınan gün ışığı ışınlarının yüksek verimle dağıtıcıya ulaştırılması sağlanmaktadır. Taşıyıcı tüpün uzunluğu arttıkça yansımaya sayısı ile doğru orantılı olacak şekilde sistemin verimi de düşmektedir.

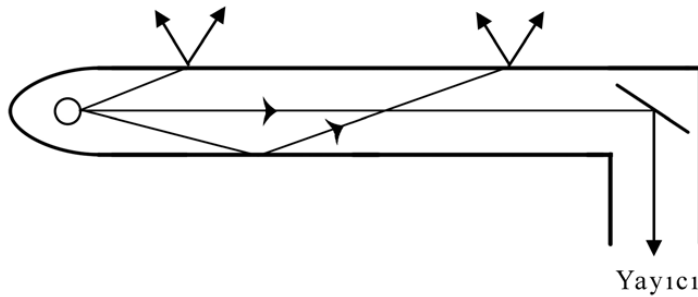
Işık tüpleri 3 şekilde üretilmektedir. Bunlar;

1-Ayna Yüzeyle Tüp: Bu sistem ışık tüplerinin temel halidir. Bu sistemde dağınık ışık, yansıtıcı bir boru iç yüzeyinden yansımalar yaparak ışığın tüp boyunca iletilmesi prensibiyle çalışır. Tüpün iç yüzeyindeki kaplamanın yansıtma oranı ne kadar yüksekse o kadar verimli aydınlatma sağlanır. Aydınlatma oranı hem iç yüzey kaplamasına, tüp uzunluğuna ve tüpün çapına bağlı olarak değişebilmektedir(Yenidoğan, 2017).



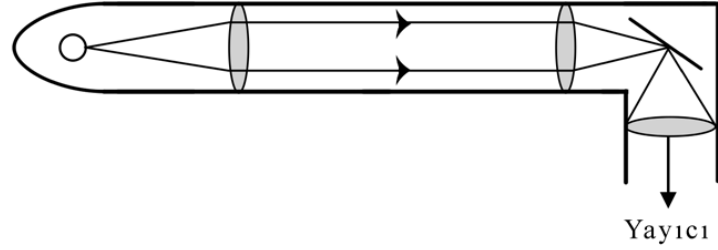
Şekil 3.29: Ayna Yüzeyle Işık Tüpü(Öztürk, 2006)

2-Prizmatik Yüzeyle Tüp: Bu Sistem içerisinde ışığı tutan ve iletilmesini yardımcı olan prizmatik yüzeylerden oluşmaktadır. Prizmatik tüpler, gün ışığı ışınlarını belirli açılarda yansıtan ayna gibi çalışmaktadırlar. Prizmatik düzeyde iki kere yansıma prensibinden dolayı sistemin veriminin artırılması için tüpün dış yüzeyi akrilik veya polikarbon malzeme ile kaplatılarak kullanılır(Yenidoğan, 2017).



Şekil 3.30: Prizmatik Yüzeyle Işık Tüpü(Öztürk, 2006)

3-Mercek (Lens) Sistemli Tüp: Bu sistemde taşıyıcı tüpe yansıtılan gün ışığı ışınlarını mercek tarafından toplanarak tüp içerisinde iletilir. Sistemde merceklerin kullanılması ışınların %92 sine geçiş imkânı tanımaktadır ve bu optik işlemler nedeniyle sistemde yüksek oranda ışık kaybı olmaktadır(Yenidoğan, 2017).



Şekil 3.31: Mercek (Lens) Sistemli Işık Tüpü(Öztürk, 2006)

Dağıtıcı (Yayıcı); ışık tüpleri vasıtasıyla ihtiyaç duyulan iç hacimlere iletilen gün ışığı dağıtıcılar sayesinde hacmin içerisine dağılır. Dağıtıcılar ayrı bir eleman olabildiği gibi ışık tüpleri üzerindeki açıklıklarda olabilmektedir.

Sistemin verimi büyük oranda ışık tüplerinin ışığı iletimine bağlı olmaktadır. Bu noktada ışık tüpünün uzunluğu, ışık tüpünün çapı, ışık tüpünün iç yüzey kaplama malzemesinin yansıtıcılık oranı, ışık tüpünün iç yüzeylerinin temizliği ve ışık tüpüne aktarılan ışığın yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir.

Işık tüplerinde taşınan güneş ışınları tüp boyunca iletilirken yaptığı yansımalar ile bünyesinde bulunan ısıyı kaybetmektedir. Böylelikle aydınlatma ihtiyacı duyulan iç hacimlerde sıcaklık değişimine neden olmaz ve serin bir aydınlatma sağlanmaktadır. Bu sayede görsel konfor şartlarının sağlandığı bir aydınlatma uygulanmış olmaktadır.

Işık tüplerinin şekillerine ve kurulum pozisyonlarına göre sınıflandırıldıkları görülmektedir. Kurulum pozisyonlarına göre ise; dikey ışık tüpleri ve yatay ışık tüpleri olarak iki başlık altında incelenmektedir(Özgün, 2007).

Dikey Işık Tüpleri; Gelişen teknolojilerle beraber ışık tüplerinin iç yüzey kaplamalarında kullanılmak amacıyla cama benzer özellikteki yüksek kaliteli filmlerin geliştirilmesi ve benzer cilalı alüminyum, mikro gümüş, vb. yüksek yansıtma katsayısına sahip materyallerin artmasıyla beraber dikey ışık tüplerinin kullanımında artış görülmektedir. Binalarda çatıya konumlandırılan heliostatlar yardımıyla toplanan güneş ışınları ışık taşıyıcı tüplere yansıtılmaktadır. Yansıtılan güneş ışınları tüp boyunca iletilir ve tüp üzerinde aydınlatma ihtiyacı bulunan bölgelerdeki dağıtıcı elemanlar yardımıyla iç mekânlarda aydınlatma sağlarlar. Dikey ışık tüpleri çok katlı binalarda aydınlatma ihtiyacı duyulan katlarda, hacimlerde aynı zamanda metro istasyonu gibi yeryüzünden çok aşağıda kalan mekanlarda verimli şekilde çalışan sistemlerdir(Görgülü, 2011).

Yatay Işık Tüpleri; Yapılarda buldukları çevreden dolayı ışığın her zaman çatıya yerleştirilen heliostatlarla toplanması mümkün olmamaktadır. Çatıların ışık toplanması için uygun olmadığı durumlarda cephe yüzeylerinden yararlanılarak döşemeye yüzeyine paralel olarak yatay şekilde yerleştirilen ışık tüpleri yardımıyla derin hacimlere yapay ışık veya gün ışığı kamaşma olmadan taşınması sağlanabilmektedir(Görgülü, 2011).

Cephe yüzeyine yerleştirilen heliostat ve ihtiyaç duyulan durumlarda heliostatın topladığı ışığı ışık tüpü içerisine yansıtmasını sağlayacak bir ayna ile toplanan güneş ışınları odaklayıcı mercek yardımı ile taşıyıcı tüp içerisine aktarılmaktadır. Işık, tüp içerisindeki yansıtıcı yüzeylerden yansıma yaparak dağıtıcı elemana doğru iletilir. Bu şekilde iç mekândaki aydınlatma ihtiyacı giderilmeye çalışılmaktadır.

3.4.2.1 Gün ışığı tübü

Dikey ışık tüpü sınıfında yer alan gün ışığı tübü sistemi, direkt gelen ve yayınık olarak bulunan güneş ışığını kullanılabilmesi ve buna ek olarak kamaşmaya ve güneş ışınlarının oluşturduğu diğer olumsuz etkileri önleyebilmesi bakımından geliştirilmiş sistemlerdir. Gün ışığı taşıma işleminin ışık tüpü kullanılarak sağlandığı aydınlatma sistemleri, gün ışığının ihtiyaç duyulan iç hacimlerdeki görsel ve ısısız konfor şartlarını etkilemeden dış mekândan alınan gün ışığını iç mekânlara ileterek dağıtmaktadır. Özellikle gündüz süresi boyunca kullanılan gün ışığı tübü sistemi güneş ışığı bileşenlerinin sadece görünür ışık sistemini iç mekâna taşınması sayesinde soğutma yüklerini arttırmadan mekân içerisinde etkili bir aydınlık düzeyi sunduğu görülmektedir.

Gün ışığı tübü sistemleri 3 ana bileşenden oluşmuştur.

Bunlardan birinci olarak adlandırabileceğimiz toplayıcı ünite güneş ışınlarını toplamakla görevli kollektör olarak görev yapmaktadır. Genellikle binaların çatılarına yerleştirilen toplayıcı ünite üzerine gelen direkt ışınları ve yayınık ışınları toplamakta ve taşıyıcı ünite olarak adlandırabileceğimiz ışık tüpüne doğru iletmektedir. Çatıda konumlandırılan toplayıcı şeffaf bir kubbe formundadır. Saydam polikarbonat malzemedan yapılan kubbe formlu kollektörler güneş ışınının UV (ultraviyole) bileşenlerini yansıtarak sistem dışında tutacak özellikte üretilmektedirler. Forumunun kubbe olması her yönden gelen güneş ışınlarını toplamak için idealdir. Toplayıcı ünite

aynı zamanda sistemi kir, toz ve su gibi olumsuz etkileyecek etmenlerden korumaktadır(Erel, 2004).

Sistemin ikinci ya da orta ünitesi olarak adlandırabileceğimiz ışık boruları iç yüzeyleri yüksek yansıtıcılık (yansıtma katsayısı %95 ve üzeri olan Everbite ve Silverlux) özelliğine sahip malzemelerle kaplanmış içi boş düz ve dirsek şeklindeki borulardan oluşmaktadır. Bu içi boş borular aydınlatılmak istenilen iç mekânın bulunduğu konuma göre uç uca eklenerek yeterli uzunluğa ulaşabilmektedir. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken en önemli husus güneş ışınlarının borular içerisindeki iletim hareketini yansıtarak yapması ve bu yansımalar sonucunda belirli oranlarda kayba uğrayabilmesidir. Bu nedenle sistemden maksimum oranda verim alınabilmesi için ışık borusunun aydınlatılmak istenilen mekâna olabildiğince kısa mesafeden ulaştırılması gerekmektedir.

Çizelge 3.1: Gün Işığı Tübü Sistemi Yansıtma Kat Sayısı ve Yansıtma Adedinin Önemi (Okutan, 2008)

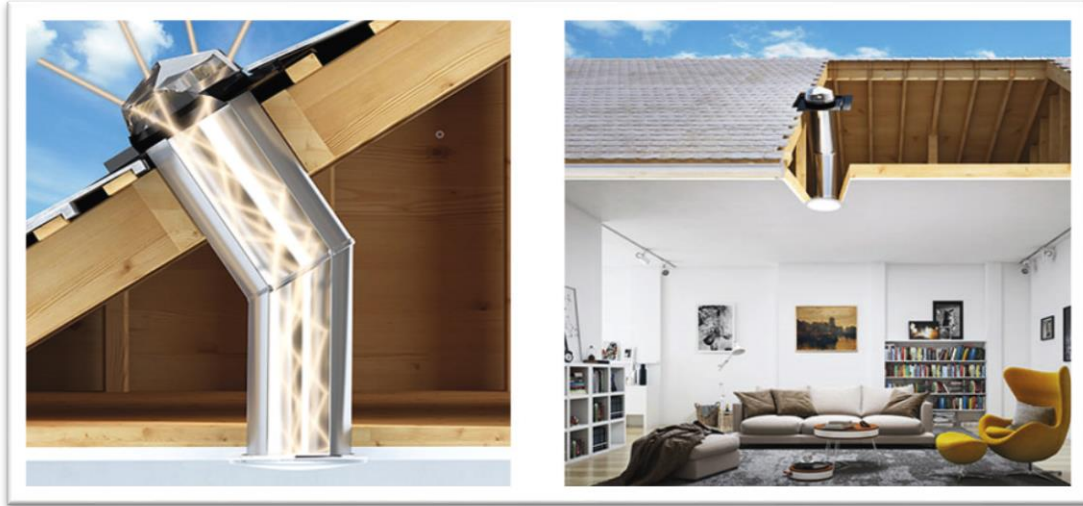
<i>Yansıtma sonunda kalan % ışık miktarı</i>					
<i>Yansıtma Katsayısı</i>	<i>0 yansıtma</i>	<i>5 yansıtma</i>	<i>10 yansıtma</i>	<i>15 yansıtma</i>	<i>20 yansıtma</i>
99.7%	100%	98.51%	97.04%	95.59%	94.17%
98.0%	100%	90.39%	81.71%	73.86%	66.76%
96.0%	100%	81.54%	66.48%	54.21%	44.20%
95.0%	100%	77.38%	59.87%	46.3%	35.85%

Sistemde kullanılan ışık boruları iç ve dış mekânlar arasındaki ısı geçişini azaltmakta ve güneş ışınının bileşeni olan IR (kızıl ötesi) bileşenlerini iç hacimden uzak tutmaktadır. Taşıyıcı ışık borularının boyutları iç hacme taşınan gün ışığı miktarını ve şiddetini belirlemede önemlidir(Erel, 2004)

Çizelge 3.2: Gün IşığI Tübü Sisteminden Kullanılan Boru Çapının Aydınlatma Özelliklerindeki Değişimi(Okutan, 2008)

<i>BORU ÇAPI</i>	<i>AYDINLATMA ALANI</i>	<i>POTANSİYEL MAKSİMUM UZUNLUK</i>	<i>TOPLANAN IŞIK AKISI (LÜMEN) Ortalama-max</i>
250 mm	14-19 m ²	6m	3,000 - 4,600
350 mm	23-28 m ²	9m	6,000 - 9,100
530 mm	38-40 m ²	15m	13,500- 20,8500

Dağıtıcı ünite, ışık tüplerinden iletilen ışığın sistemi terk ederek iç hacme homojen bir şekilde dağıtılmasını sağlar.



Şekil 3.32: Gün IşığI Tübü Sistemi Şematik Gösterim ve Aydınlatma Örneği(Url-19)

3.4.2.2 Heliobus sistemi

Heliobus bir çeşit ışık tütü sistemidir. Sistem temel olarak gün ışığına ulaşabilecek olan üst yüzeye yerleştirilen sabit toplayıcı ve dikey prizmatik ışık tütü ile tüm katları aydınlatan bir ışık taşıma sistemidir. Sistemin en bilinen örnekleri Berlin’de ve Saint-Gallen’de bulunmaktadır. Almanya-Berlin’deki Postdamer Platz kent meydanı üzerinde farklı noktalara yerleştirilerek metro istasyonuna gün ışığı taşınmaktadır. Diğer örneği İsviçre-Saint Gallen’de bir anaokulu binası merkezine konumlandırılmış ve bina kat hollerinin gün ışığı ile aydınlatılmasını sağlamaktadır.

Postdamer Platz meydanına yerleştirilen Heliobus sistemlerde, gün ışığını toplayabilmek tüp içerisine odaklamak için ışık tüplerinin üst bölgelerine aynalar yerleştirilmiştir. Aynalar gelen güneş ışınlarını dairesel kesite sahip tüpün içerisine yansıtarak ışınların tüp içerisinde ilerlemesini sağlamaktadır. Işık tüplerinin çevreden gelebilecek herhangi bir etkiden korunabilmesi için dairesel kesitli çelik ve camdan yapılmış bir koruyucu tüp ile çevrelenmiştir. Gün ışığını metro gibi uzak ve derin mesafelere taşıyan sistem, gün ışığının meteorolojik şartlar veya akşam olması sebebiyle yetersiz olması durumunda mekânın karanlıkta kalmaması için sistem yapay ışık kaynakları ile desteklenebilmektedir.



Şekil 3.33: Heliobus Postdamer Platz Örneği (Meydanda Bulunan Gün Işığı Tüpleri ve Metro İstasyonuna Ulaşan Gün Işığı)(De Vecchi et al., 2004)

İsviçre-Saint Gallen’de uygulanan Heliobus sistem örneğinde, çatıya yerleştirilen toplayıcı ünite gelen ışınları toplayarak binanın merkezine dikey olarak yerleştirilmiş olan ışık tüpüne yönlendirmektedir. Toplayıcı ünite, içbükey(konkav) şekle sahiptir. İskeleti alüminyumdan yapılmış ve iç yüzeyi yüksek yansıtıcı özelliğe sahip kaplama malzemesi ile kaplanmıştır. Bu sayede üzerine gelen güneş ışınlarının yüksek oranda ışık tüpü içerisine yönlendirilmesini sağlamaktadır(Özgün, 2007).



Şekil 3.34: Heliobus St.Gallen Örneği (Toplayıcı Ünite)(Özgün, 2007)

Binanın merkezinde bulunan kare kesitli ışık tüpü içerisinde tam yansıma yaparak ilerleyen gün ışığı rekreasyon alanı olarak tasarlanmış kat hollerinin aydınlatılmasını sağlamaktadır. Kare kesitli ışık tüpünün bir kenarının uzunluğu 62,5cm olmakta ve tüpün uzunluğu 10mden fazladır. Duvarları 10mm kalınlığında ve iç yüzeyi yüksek yansıtıcılı özelliğine sahip 3M optik ışık film tabakası ile kaplanmıştır. Gün ışığı aydınlatma düzeyinin yeterli olmaması durumunda sistemin içerisinde yer alan yapay ışık kaynağı lambalar aktif hale gerek aydınlatma seviyesinin düşmesini önlemektedir(De Vecchi et al., 2004).



Şekil 3.35: Heliobus St.Gallen Örneği (Kare Kesitli Gün Işığı tüpü Gün Işığı Şaftı ve İçerisinde Bulunan Kare Kesitli Gün Işığı Tüpü)(De Vecchi et al., 2004)

3.4.3 Işık kılavuzu

Işık kılavuzları farklı malzemelerden yapılan ve ışığa ihtiyaç duyulan daha uzakta bir noktada yer alan hacme ışığın taşınmasında kullanılan optik bileşenlerden oluşmuş bir çeşit ışık tüpü sistemidir. Işık kılavuzları aydınlatma ihtiyacını karşılamak için gün ışığını veya yapay ışığı kullanabilirler. Aydınlatma için yapay ışığı kullandıkları durumda bir yapay ışık kaynağına ihtiyaç duyulurken gün ışığı ile aydınlatmanın sağlanması istendiği durumda güneş ışınlarını odaklayıcı merceğe yansıtan bir heliostat sistemi kullanıldığı görülmektedir.

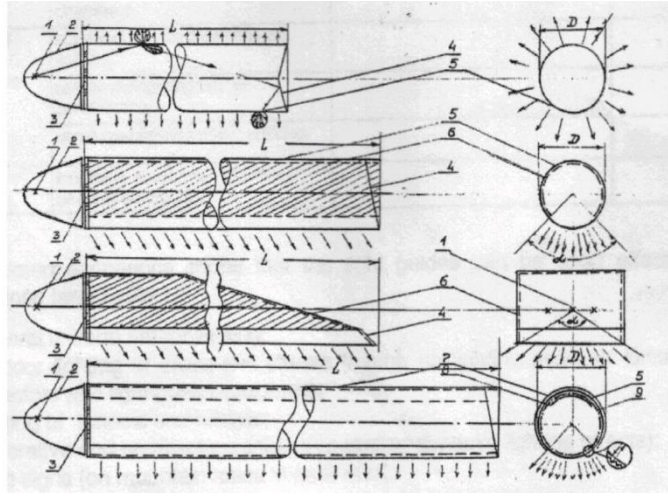
Işık kılavuzlarının ilk örneklerinin 70li ve 80li yıllarda SSCB’de kullanıldığı bilinmektedir. Bu sistemlerin temelinde üzerinde boyuna dar bir şerit şeklinde boşluk olan metalik tüpten oluşan bir tür ışık borusu kullanılmıştır. İç yüzeyi aynasal özellik gösteren metalik tüp boyunca iletilen güneş ışınları bir şerit şeklinde uzanan boşluktan ortama dağılarak aydınlatma sağlamıştır. Kullanılan metalik borunun iç yüzeyinin yansıtıcılık katsayısının düşük olması ışığın tüp içerisinde yol alırken enerjisinin kısa sürede sönümlenmesine neden olmuştur. SSCB’de kullanımı görülen bu ışık kılavuzu sistemine dar açıklıklı ışık kılavuzu (slit light guides) sistemi de denildiği bilinmektedir. Günümüzde geniş kullanım alanı bulan prizmatik ışık kılavuzları ve boşluklu ışık kılavuzları (hollow light guides) tam yansıma prensibinden hareketle teorik olarak kayıpsız şekilde ışığı taşıdıkları kabul edilmektedir(Opdal, 2001).

Işık kılavuz sistemleri 4 farklı gruba ayrılarak incelenebilmektedir(Garcia Hansen & Edmonds, 2007).

Bunlar;

- Aynalı ışık kılavuzları,
- Prizmatik ışık kılavuzları,
- Dikdörtgen ışık kılavuzları,
- Silindirik ve dairesel şekilli ışık kılavuzları,

olarak sıralanabilmektedir.



Şekil 3.36: Işık Kılavuz Sistemleri (Bu şekilde; 1-ışık kaynağı, 2,4-yansıtıcı ayna, 3-cam, 5- ışık kılavuz tüpü, 6-aynasal film tabakası, 7-yaygın yansıtıcı, 8-dağıtıcı, 9-prizmatik film tabakasıdır.)(Erel, 2004)

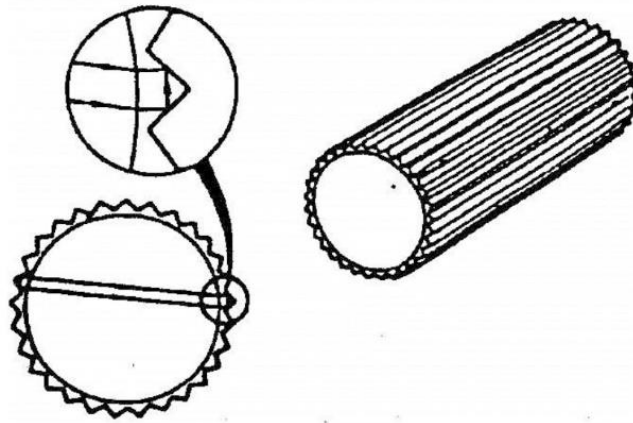
Işık kılavuz sistemi genel olarak ışık toplayıcı heliostat ve toplanan ışığı ileten aynı zamanda ışığı iletirken aydınlatma elemanı olarak da görev yapabilen ışık tüplerinden oluşmaktadır.

Genellikle çatıda konumlandırılan güneş ışınlarını toplayabilecek bir heliostat veya bazı özel durumlarda bu heliostat'a yardımcı olacak ekstra bir aynadan destek alınarak toplanan ışınlar taşıyıcı tüp içerisine yansıtılmaktadır. Taşıyıcı ışık tüplerin başlangıç konumuna (cephede ya da çatıda bulunması) göre heliostatın veya yansıtıcı aynanın konumu da değişebilmektedir. Toplanan güneş ışınları ayna yardımı ile tüp içerisine yansıtılmaktadır. Tüp içerisine iletilen ışığın taşınması sırasında ışık kaynağında oluşan ısıdan bağımsız olarak taşınmaktadır.



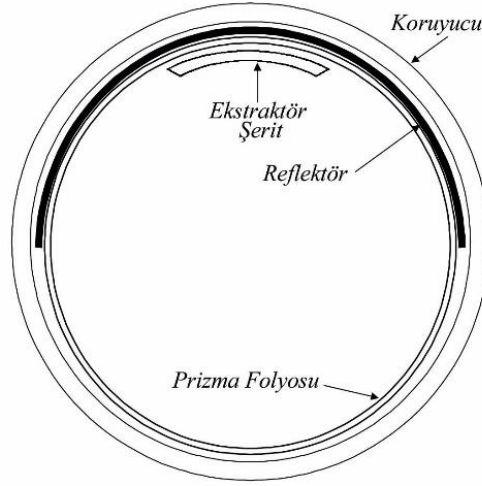
Şekil 3.37: Berlin Teknik Üniversitesi Işık Kılavuz Sistem Örneği(Özgün, 2007)

Işık tüpleri içerisine yansıtılan ışınların prizmatik ışık kılavuzları ile taşınmaktadır. Prizmatik ışık kılavuzlarının iç yüzeyi düzgün ve saydam bir optik film tabakası ile kaplanmıştır. Dış yüzeylerinde ise kılavuz boyunca dik üçgenlerden oluşan ve kesitleri 0.18mm yüksekliğine sahip mikro plazmalar bulunmaktadır. İç yüzeye gelen ışınlar düzgün yüzeyleri ve optik filmi geçerek dış yüzeyi kaplayan mikro prizmalara ulaşmaktadır. Burada belirli bir açıyla (27.6° daha düşük) gelen ışık ışınları dik üçgenlerden oluşan prizmalarda tam yansımaya uğrayarak tüp boyunca ilerlemektedir.



Şekil 3.38: Prizmatik Işık Kılavuzu Şematik Kesit(Opdal, 2001)

Işık tüpü içerisinde ilerleyen gün ışığının dışarı çıkarak iç hacmi aydınlatması için tüp üzerinde ekstraktör olarak adlandırılan ince şeritler bulunmaktadır. Bu şerit üzerine düşen ışık ışınlarını yayınlık şekilde yansıtarak prizmatik ışık kılavuzundan dışarı çıkmasını sağlamaktadır. Işık kılavuzları yatay şekilde konumlandırılabilceği gibi dikey şekilde de konumlandırılarak hacimlerin aydınlatılmasını sağlar(Kloss, 2001).



Şekil 3.39: Işık Kılavuzu Kesit(Kloss, 2001)

İç yüzeyi yansıtıcı olan tüp vasıtasıyla taşınan ışık ışınları ışık kaynağının oluşturduğu ısıyı taşımazlar ve çevresel etkenlerden etkilenmemektedir. Bu özelliği sebebiyle patlayıcı madde depolanan alanlarda, yangın riski yüksek hacimlerde, vb. sabit sıcaklığa ihtiyaç duyulan mekanlarda kullanımı uygundur.

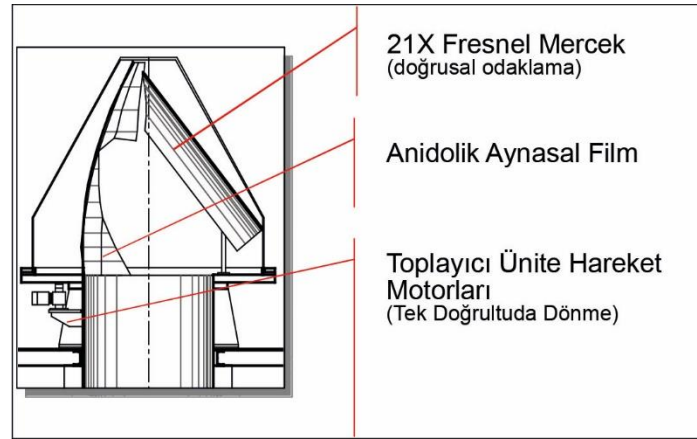
3.4.3.1 Arthelio sistemi

İtalya da Milan yakınlarındaki Carpiano kentinde bulunan 3M Avrupa Dağıtım merkezine kurulan sistemin amacı; gün ışığını uzun mesafeler taşıyarak fabrika içerisindeki depolama bölümlerinde ve yapay aydınlatma olan alanlarda aydınlık düzeyi seviyesini arttırarak görsel konfor şartlarında iyileşme sağlanmasıdır. Fabrikada gerçekleşen kutuların raflardan alınması, taşıyıcı bant ile yükleme alanına gönderilmesi ve burada araçlara yüklenmesi faaliyetlerinin gerçekleştirilmesi sırasında gün ışığı aydınlatmasının sağlayacağı görsel konfor artışını gerçekleştirilmek amaçlanmıştır. Bu görsel konfor artışının sağlanabilmesi için sistem gün ışığı ve yapay ışık kaynağının beraber kullanıldığı bir sistem oluşturulmuştur(Mingozzi & Bottiglioni, 2001).

Arthelio sistemi, gün ışığı aydınlatma ve yapay aydınlatma sistemi olarak iki farklı sistemin beraber kullanılması ile oluşturulmuştur. Yapay aydınlatma sisteminin asıl amacı, mekânın ihtiyaç duyduğu aydınlatma ihtiyacının karşılanmasıdır. Gün ışığı aydınlatma sisteminin amacı, mekân içerisinde görsel konfor şartlarının oluşmasını sağlamaktır. İnsanların dış ortamla ile bağ kurarak gün içerisindeki hava olaylarından ve zamanın değişiminden haberdar olması başlıca görsel konfor koşullarının sağlanmasından önemlidir(Mayhoub, 2014).

Carpiano’ da kurulan sistemin gün ışığını taşıma bölümü; bir doğrultu üzerinde dönebilen gün ışığı toplayıcı, dairesel kesitli ışık tüpü ve dağıtıcı olmak üzere başlıca 3 kısımdan oluşmaktadır. Yapay ışık bölümü ise sülfür lambası ve ışık kılavuzlarından oluşmaktadır. Gün ışığı ve sülfür lambasından yayılan yapay ışığın aydınlık seviyesi insanların bulunduğu yerleri tespit edebilen sensörlerin yardımı ile ayarlanmaktadır. Işık miktarı, sensörlerden gelen verilerin iletiildiği yapay zekâ sistemi tarafından ışık kılavuzu içerisindeki aynaların ve hareketli kapakçıkların kontrolü ile düzenlenmektedir(Mingozzi & Bottiglioni, 2001).

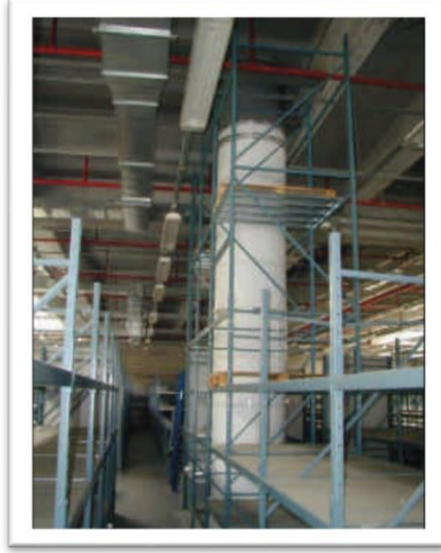
Gün ışığı toplayıcının güneş ışınlarını toplayıp sistemin içerisine odaklayabilmesi için 3 bölümden oluşan bir tasarıma sahiptir. Toplayıcı ünitenin giriş kısmına fresnel mercekler(3M-21X) yerleştirilmiştir. 21X mercekler gelen ışınların açı ve doğrultusuna çok fazla bağlı olmadan üzerine gelen bütün güneş ışınlarını odaklayabilme özelliğine sahip özel geliştirilmiş bir mercek türüdür. Merceğin hemen arkasında yer alan anidolik ayna film odaklanan ışınların ışık tüpünün içerisine dağıtılmasını sağlamaktadır. En alt kısımda ise toplayıcı ünitenin konumlandırıldığı yüzeye dik olan aks etrafında dönerek güneşi takip edebilmesini sağlayan motorlar bulunmaktadır. Fresnel merceğin odaklama özelliği üniteyi hareket ettirebilen motorlarla desteklenmiştir. Bu sayede maksimum oranda gün ışığı toplanarak ışık tüpünün içerisine yönlendirilmesi sağlanmaktadır(Mingozzi & Bottiglioni, 2001).



Şekil 3.40: Arthelio Toplayıcı Ünite Şematik Gösterim(Mingozzi & Bottiglioni, 2001)

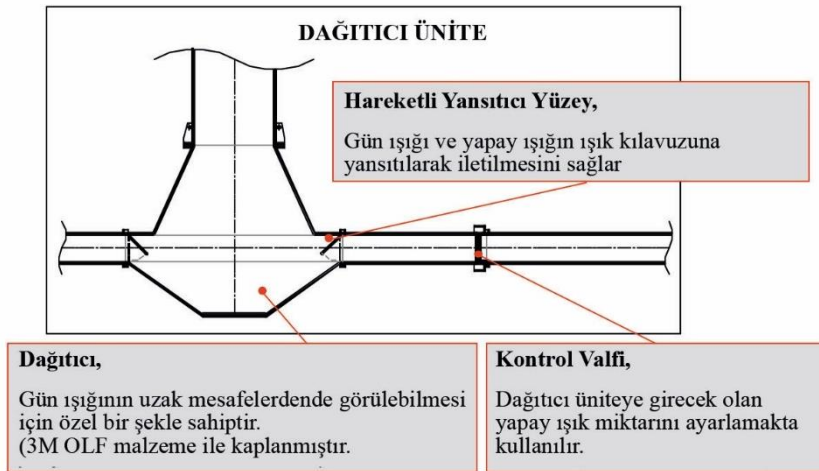
Gün ışığının taşınması için yerleştirilen ışık tüpü dairesel bir kesite sahiptir. Yarıçapı 90 cm olan tüpün uzunluğu ise 13m den fazladır. Tüpün iç yüzeyi ışığın taşınması oluşabilecek kaybın minimuma indirilmesi amacıyla yüksek yansıtma katsayısına

sahip ‘Çok Katmanlı Polimerik Film’ tabakası ile kaplanmıştır. Bu film tabakasının yansıtma oranı %99’un üzerindedir. Bu sayede ışınların sahip olduğu enerjiyi kaybetmeden defalarca yansıma yaparak derin hacimlere taşınması sağlanabilmektedir(Mingozzi & Bottiglioni, 2001).



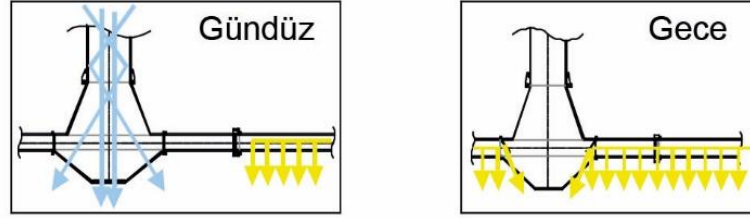
Şekil 3.41: Arthelio Dikey Işık Tüpü(Mingozzi & Bottiglioni, 2001)

Tüpün sonuna yerleştirilen dağıtıcı ışığın mekâna dağıtılmasını sağlamaktadır. Fakat çalışma alanın çok büyük olması, taşınan ışığın çalışma alanının tamamına yayılmasını mümkün kılmamaktadır. Bu sebeple uzaktan bakıldığında pencere etkisi verecek farklı bir tasarım oluşturulmuştur. Sahip olduğu farklı tasarım sayesinde çok uzak mesafelerden bile kullanıcılar tarafından görülebilmekte ve kullanıcıların dış ortamla bağlantı kurmasını sağlamaktadır(Mingozzi & Bottiglioni, 2001).



Şekil 3.42: Arthelio Dağıtıcı Ünite Şematik Gösterim(Mingozzi & Bottiglioni, 2001)

Dağıtıcı ünite, gün ışığı aydınlatma sisteminin yanı sıra yapay aydınlatma sistemiyle de bağlantılıdır. Gün ışığı seviyesindeki azalma sensörler tarafından algılanmaktadır. Sistemin çalışmasını kontrol eden yapay zeka sensörlerden gelen uyarılarla aydınlık seviyesini korumak için yatay ışık kılavuzları ve sülfür lambalarını harekete geçirmektedir. Bu sayede çalışma alanındaki ihtiyaç duyulan aydınlık düzeyinin sağlanarak görsel konfor şartları korunmaktadır(Mayhoub, 2014).



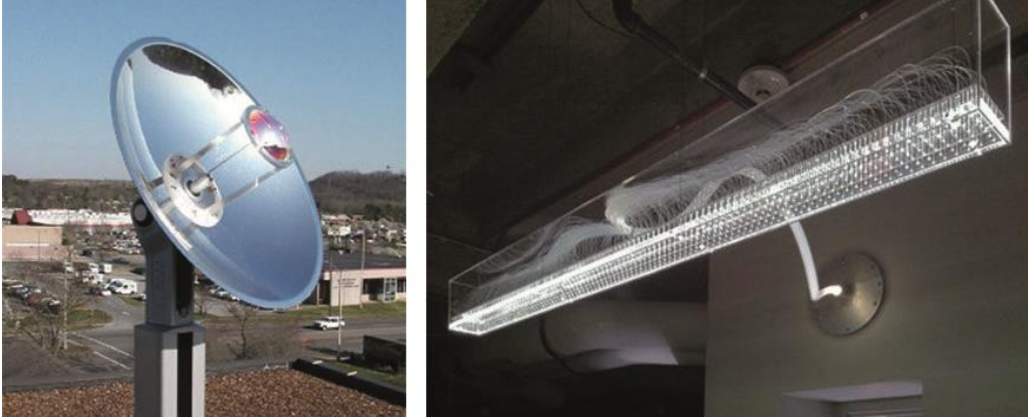
Şekil 3.43: Arthelio Sistemi Gündüz ve Gece Aydınlatma Şematik Gösterimi(Mingozi & Bottiglioni, 2001)

3.4.4 Fiber optik ile gün ışığı taşıma

İlk olarak kullanılma amacı bilgilerin ve ışık sinyallerinin taşınması olan fiber optik kablolar 1990lı yıllara gelindiğinde uzak mesafelere gün ışığı taşınması amacıyla da kullanılmaya başlandığı görülmektedir. Günümüzde uygulanmaları için gereken ilk yatırım maliyetlerin yüksek olmasından dolayı pek kullanım alanı bulamayan fiber optik kabloların kullanımı ile güneş ışığının taşınması nispeten yeni bir teknolojidir. Sistem hala gelişme aşamasında olup farklı teknikler yardımı ile kullanılabilir. Fiber optik kablolar kesit olarak küçük olmaları ve iç yansıtıcılık yüzeyleri yüksek malzemelerden oluşan fiber lifler sayesinde çok katlı yapıların gün ışığı alamayacak derin bölümlerinde kullanılmaya elverişlidirler. Buna ek olarak yangın, patlama gibi elektriğin taşınması sırasında oluşabilecek olumsuz durumların istenmediği tesislerde veya ortamlarda ihtiyaç duyulan aydınlatmayı sağlayabilmek için fiber optik kablolar ile taşınan gün ışığı kullanılarak yapılan aydınlatma istenilen görsel koşulları sağlayabilmektedir(Okutan, 2008).

Sistemin omurgası güneş ışığı toplayıp odaklayan bir kollektör ve buna entegre olan odaklanan güneş ışınlarından UV ve IR bileşenlerini ayıran ikincil optik eleman, gün ışığını taşıyan fiber liflerden oluşan fiber optik kablo ve ışığı iç mekâna dağıtan bir sonlandırıcı eleman olmak üzere 3 ana kısımdan oluşmaktadır.

Çalışma prensibinden bahsedecek olursak; güneşin gün içerisindeki hareketlerini takip güneş ışınlarını toplayan kollektör topladığı ışınları ikincil optik eleman üzerine odaklamaktadır. İkincil optik eleman üzerine odaklanan güneş ışınının sıcaklık oluşturan IR ve UV bileşenlerini bir soğuk ayna gibi davranarak ayırır ve bu şekilde fiber liflere iletmektedir. Diğer bir deyişle görünür ışığı ve sıcaklık bileşenlerini ayırmaktadır. İkincil optik elemanda gerçekleşen sıcaklık oluşturan güneş ışığı bileşenlerinin ayrılmasının nedeni sıcaklığın fiber liflere zarar vermesi ve kullanım ömürlerini kısaltmasından kaynaklanmaktadır. Fiber liflere iletilen ışık fiber optik kablo içerisinde aydınlatılmak istenilen iç hacimlere doğru yansıtılarak taşınmaktadır. Taşınan gün ışığı fiber optik kablo ucuna yerleştirilen sonlandırıcı eleman ile iç hacme dağıtılmaktadır. Bu dağıtma işlemi bir aydınlatma armatürü ile yapılabileceği gibi aynı zamanda fiber liflerin uçlarına eklenen sonlandırıcılar sayesinde de doğrudan sağlanabilir. Fiber kablolarla yapılan gün ışığı aydınlatmasında ortama sadece görünür ışık iletimi sağlanmaktadır. Bu şekilde sıcaklık etkenlerinin ortama iletilmesi engellenmektedir.



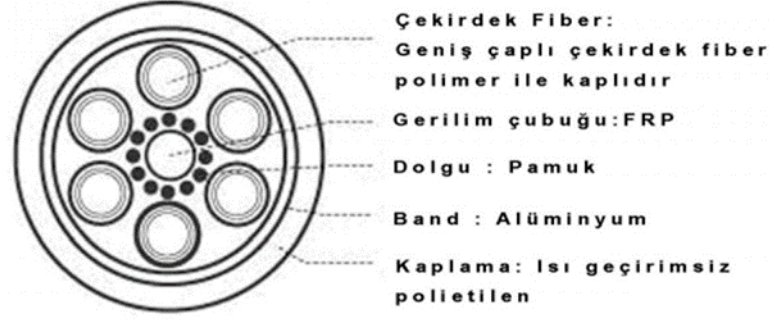
Şekil 3.44: Fiber Optik İle Gün Işığı Taşıma (Kollektör ve Aydınlatma Armatürü)
(Url-20)

Fiber optik ile gün ışığı taşıma sisteminin elemanlarına değinilmesi gerekirse;(Ağıroğlu, 2006)

Işık toplayıcı kollektör; Sistemin güneş ışığını toplayabilmek amacıyla Heliostatlardan veya içi yansıtıcı bir madde ile kaplanmış parabolik çanaklardan oluşurlar. Herhangi bir engelleme olmadan güneşin hareketlerini takip edebilmek için genellikle yapıların çatılarına yerleştirildikleri görülmektedir.

Fiber lif; tek bir cam ya da akrilik (PMMA) liftir. İçerisinde yansıtıcı kaplama mevcuttur. Koruyucu bir kaplama içermez.

Fiber kablo; birden fazla fiber lif yapısının bir koruyucu kılıf içine yerleştirilmiş halidir.



Şekil 3.45: Fiber Optik Kablo Kesiti(Ağroğlu, 2006)

Sonlandırıcı; taşınan ışığın aydınlatma armatürüne bağlanması için kullanılır veya aydınlatma armatürü kullanılmaması durumunda fiber kablolarla taşınan ışığın mekâna ulaştığı noktadaki sonlandırıcı elemandır.

Aydınlatma armatürü; fiber optik kablo ile taşınan gün ışığının amacına uygun bir şekilde (noktasal, renkli, dekoratif, vb.) çıkışını sağlamak için kullanılan dağıtıcı son elemandır.

3.4.4.1 Himewari sistemi

Himewari Sisteminin ilk örneği 1970lerin başlarında Profesör Kei Mori tarafından Japonya'da geliştirilmiştir. Sistemin ayçiçeği bitkisi gibi güneşi takip etmesinden dolayı Japoncada ayçiçeği anlamına gelen Himewari sözcüğü ile isimlendirilmiştir.

Himewari sistemlerine dışarıdan bakıldığında bir akrilik kubbe, bu kubbenin içerisinde yer alan özel bir heliostat sistemi olarak nitelendirebileceğimiz altıgen şekilli mercekler ve sistemin ortasına yerleştirilen bir sensör bileşenlerinden oluştuğu gözlemlenmiştir. Akrilik kubbe içerisinde yerleştirilmiş altıgen şekilli toplayıcılardan oluşmaktadır. Kubbe şeklindeki akrilik koruyucu sahip oluşu şekilden dolayı güneş ışığının kesintisiz bir şekilde alınmasını sağlar ve aynı zamanda kolay temizlenebilir olması sistemin verimliliğinin yüksek olmasına yardımcı olmaktadır. Sistem içerisinde bulunan sensör yardımıyla güneşin gün içerisindeki hareketlerinin takip edebilmektedir. Sensör, güneşin hareketlerinin hesaplayabilecek bir bilgisayar yazılımı ile kontrol edilmektedir ve sistemin güneş yönünde hareket ettirilmesine

yardımcı olmaktadır. Yazılım her gün sonunda sistemi bir sonraki gün doğuşu için hazır pozisyona getirmektedir. Bu şekilde sistemden maksimum düzeyde verim alınması sağlanmaktadır. Sistemin gün ışığını takip edebilmesi için herhangi bir ekstra güç kaynağına gerek duyulmamaktadır. Sistem bünyesinde bulunan güneş pili sayesinde güneş enerjisi elektrik enerjisine çevrilir ve bu enerji sistemin hareketleri için kullanılmaktadır(Özgün, 2007).



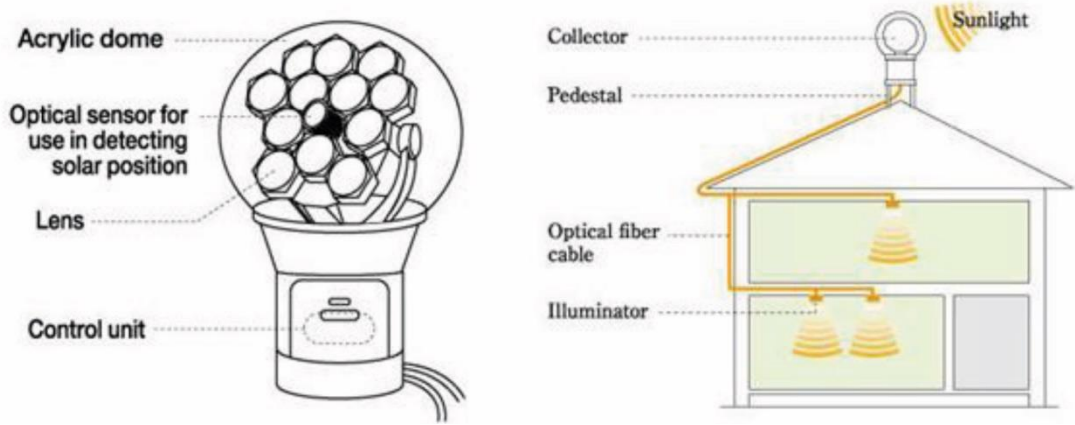
Şekil 3.46: Himewari Örnekleri (Url-21)

Himewari sistemi genel olarak 3 bölümden meydana gelmektedir. Bunlar;(Özgün, 2007)

Toplayıcı; Kubbenin içerisinde yer alan özel bir heliostat sistemi olarak nitelendirilebileceğimiz altıgen şeklindeki fresnel mercekler güneş ışınlarının odaklanmasını sağlamaktadır. Işık toplayıcıları odaklama işlemi yaparken aynı zamanda güneş ışığının bileşenleri olan UV ve IR ışınlar gibi sıcaklık oluşumuna neden olan bileşenlerin yansıtılarak sistemden ayrılmasını sağlamaktadır.

Fiber optik kablo; fresnel mercekler yardımıyla odaklanan güneş ışınları, ışığın istenilen yere taşınması için yüksek yansıtıcılık değerlerine sahip olan fiber optik kablolarla gönderilmektedir. Özellikle ışığın taşınmasında yüksek verim alınabilmesi amacıyla üretilmiş iç yüzeyi kuvars camlı fiber optik kablolar bulunmaktadır. Her fresnel merceğin bağlı bulunduğu ve odakladığı ışınları gönderdiği bir fiber lif bulunmaktadır. Her bir fiber lif aynı zamanda sistemde ışığı taşıyan fiber optik kablonun içerisinde bulunan bir parçadır. Fresnel mercekler vasıtasıyla toplanan ışınların aydınlatılmak istenilen mekâna taşınmasını fiber optik kablolar ile sağlanmaktadır. Bu taşıma işlemi sırasında fiber optik kablolar sadece görünür ışık ışınlarını iletmektedir. Böylelikle sistem mekân içerisinde herhangi bir sıcaklık değişimine sebep olmamaktadır.

Aydınlatma armatürü (dağıtıcı); fiber optik kablunun taşıdığı ışığı direk olarak herhangi bir dağıtıcı yüzey veya dağıtıcı nesne olmadan da kullanabilmektedir. Fakat bu tarz bir kullanım kamaşma oluşturması nedeniyle pek tercih edilmemektedir. Bu nedenle fiber optik kablunun taşıdığı gün ışığının mekâna ulaştığı yerde ışığın mekân içerisindeki görsel konfor şartlarını bozmadan daha düzgün bir şekilde dağıtılmasına yardımcı olmak için aydınlatma nesneleri tasarlanmışlardır.



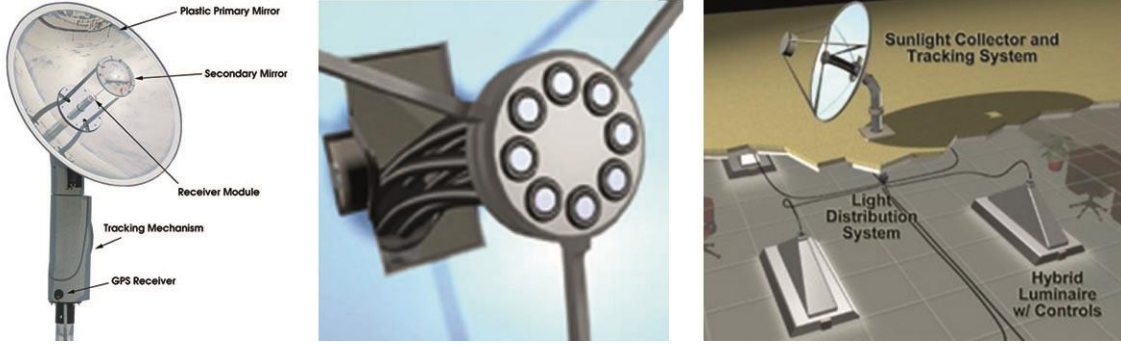
Şekil 3.47: Himewari Sistem Şematik Gösterim (Jadhav et al., 2016)

3.4.4.2 Hibrit solar aydınlatma

Hibrit aydınlatma adından da anlaşılacağı üzere gün ışığı ile aydınlatma ve yapay enerji kaynakları ile aydınlatmanın birleştirilmesiyle oluşturulmuş sistemlerdir. Parabolik güneş kollektörlerinde toplanan güneş ışığı hem iç mekânların aydınlatılması için hem de fotovoltaik hücrelerde elektrik enerjisine çevrilerek depolanması amacıyla kullanılmaktadır. Sisteme eklenmiş iki eksenli hareket sağlayan motor sayesinde kollektör güneşin hareketlerini takip ederek daha fazla gün ışığı toplayabilmektedir(Jadhav et al., 2016).

Parabolik ayna şeklinde tasarlanmış olan kollektöre gelen güneş ışınları parabolik aynanın tam orta hizasına gelen, ışıkların odaklandığı bölgede bulunan ikincil optik element olarak adlandırılan bölgeye yansıtılmaktadır. İkincil optik bölgede bulunan soğuk ayna sistemleri sayesinde gün ışığı bileşenlerinden bir tanesi olan görünür ışık burada ayrılarak fiber optik kablolarla yönlendirilmektedir. Güneş ışığının diğer bileşenleri olan UV ve IR ışınlar ise buradan fotovoltaik panellere yönlendirilerek fotovoltaik hücrelerde elektrik enerjisine dönüştürülmektedir. Soğuk aynalar vasıtasıyla yapılan bu yönlendirme işlemiyle güneş ışığının tüm bileşenleri verimli bir şekilde kullanılmaktadır(Özgün, 2007).

Fiber optik kablolarla yönlendirilen görünür ışık bileşeni güneş ışığının fiber optik kablolar yardımıyla taşınmasıyla iç mekânlarda kullanılabilir. Sistemin en büyük avantajı ise gün ışığının iç mekândaki aydınlatma düzeyini sağlamada yeterli olmadığı durumlarda fotovoltaik hücreler yardımı ile elektrik enerjisine dönüştürülüp depo edilen enerjinin aydınlatma enerjisi olarak kullanılmasıyla hibrit bir şekilde hem gün ışığı hem de yapay ışık ile aydınlatma düzeyinin istenilen düzeyde tutulabilmesidir.



Şekil 3.48: Hibrit Solar Aydınlatma Sistemi Şematik Gösterim(Jadhav et al., 2016)

3.4.4.3 Parans fiber optik sistem

Sisteme adını veren Parans firması 2003 yılında İsveç'te kurulmuştur. Çalışmalarında İsveç-Gothenburg da bulunan Chalmers Teknik Üniversitesi ile sıkı iş birliği yapan firma 2004 yılında birinci nesil (SP1) olarak adlandırılan ilk Parans fiber optik gün ışığı taşıma sistemini piyasaya sürmüştür. Firma ve işbirlikçileri tarafından sürekli geliştirilen sistemin bugün en güncel ürünü 4. Nesil (SP4) olarak adlandırılan modeli gün ışığını 100 metre boyunca yani yaklaşık olarak 30 katlı bir binanın çatısından bodrumuna kadar minimum kayıpla taşıyabilmektedir(Url-22).



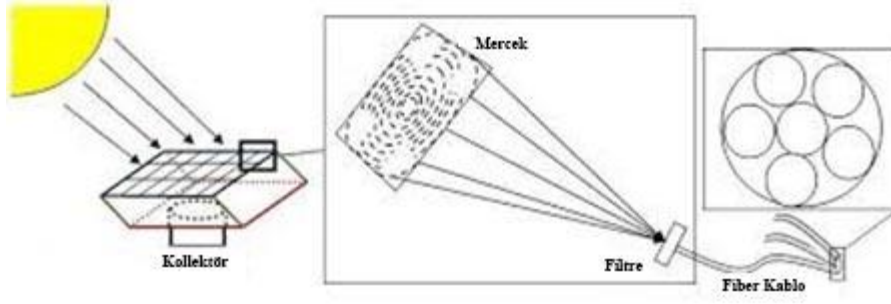
Şekil 3.49: Parans Fiber Optik Gün Işığı Sistemi–Malmö Müzesi(Url-22)

Sistem genel olarak yukarıda bahsettiğimiz fiber optik ile gün ışığı taşınmasında kullanılan sistemlerle aynı omurgaya sahiptir. Parans sisteminin yukarıda bahsetmiş olduğumuz sistemlerden en büyük farkı diyebileceğimiz kısmı gün ışığı kollektörüdür. Farklı sistemlerde kullanılan heliostatlar, parabolik büyük fresnel mercekler ya da parabolik aynaların yansıtıcılığı yüksek malzemelerle kaplanması ile oluşan kollektörlerden ziyade Parans sisteminde kullanılan kollektörler bir düzlem üzerine dizilmiş olan küçük boyutlardaki gün ışığını toplayıp odaklayabilecek kare şeklindeki küçük fresnel merceklerin alt alta ve üst üste dizilmesi ile oluşmuştur. Parans sistemi için geliştirilen bu kollektörler, uygulaması yapılan çatı yüzeyinde güneşin gün içerisindeki hareketlerini takip etmesi için dikey yönde 180° yatay yönde ise 360° ye kadar hareket imkânı sağlayabilen çift eksenli hareket mekanizması bulunmaktadır. Sistemin maksimum verimde çalışmasını sağlayabilmek için bu mekanizmayı sürekli olarak izleyebilen ve hareketleri kayıt altına alan bir çevrimiçi yazılım da kullanıcılara sunulmuştur. Yazılım sistem kullanıcılarına daha iyi çözümler sunabilmek için ana merkezden takip edilebilmekte ve gerekli güncellemeler yine ana merkezden yapılabilmektedir(Lingfors & Volotinen, 2013).



Şekil 3.50: Parans SP3 – SP4 Kollektör(Url-23)

Sistemin çalışma şekline bahsederek; SP3 olarak adlandırılan 3.Nesil Parans sistemi 36 adet kare fresnel merceğin kollektöre dizilmesi ile oluşmuştur. Her mercek yansıtıcı filtrelerle birlikte UV ve IR gibi ısı oluşturabilecek bileşenlerini yansıtarak güneş ışığını kendilerine bağlı bulunan fiber optik kablolarla iletirler. Fiber optik kablolarda taşınan ışık iç mekân içerisinde ihtiyaç duyulan ortama taşınır. Fiber optik kablunun diğer ucunda bulunan aydınlatma armatürü ile ortama düzgün bir şekilde dağıtılması sağlanır(Jadhav et al., 2016).

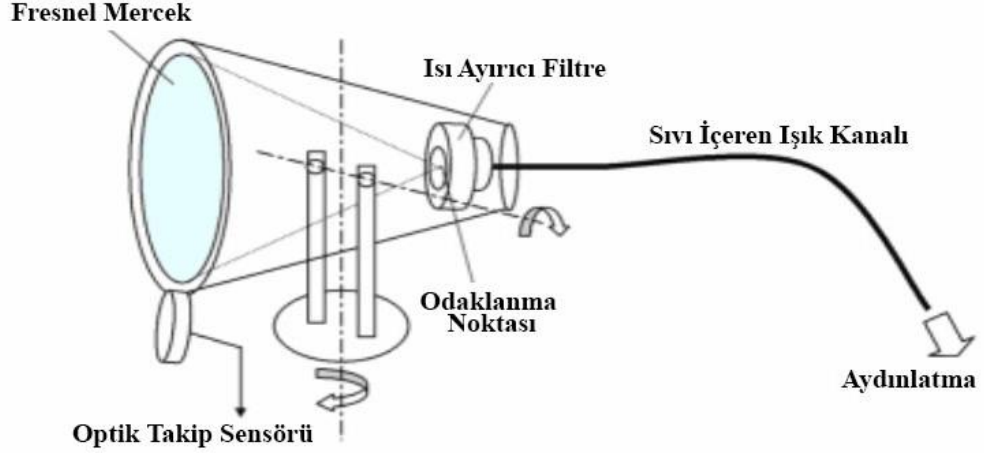


Şekil 3.51:Parans Sistemi Şematik Gösterim(Lingfors & Volotinen, 2013)

3.4.4.4 Solux sistemi

Solux, fresnel mercek kullanılarak oluşturulan bir gün ışığı taşınması ile oluşturulan aydınlatma sistemidir. Sistem Almanya merkezli Bomin Solar Research (BSR) firması tarafından geliştirilmiştir(Jadhav et al., 2016).

Güneş ışınlarını toplayabilmek amacıyla uygun konuma yerleştirilen fresnel merceklili gün ışığı kollektörü güneş ışınlarını toplayarak odaklamaktadır. Güneşin gün içerisindeki hareketlerini takip edebilmek için bu hareketleri takip edebilecek bir sensör kollektöre eklenmiştir. Sensör, sistemin güneşin hareketlerinin takip edilebilmesi sağlamak için iki ekseninde hareket edebilen bir mekanizma ve özel bir yazılım ile kollektörün daha verimli çalışmasını sağlamaktadır. Odaklanan gün ışığı ışınları sistemin bir sonraki bölümüne, ısı ayırıcı filtre olarak adlandırılan kısma yönlendirilmektedir. Burada güneş ışınlarının ısı oluşturan UV ve IR gibi bileşenleri ayrıştırılır ve toplanan görünür ışık ışınları buradan ışık yönlendirici sıvıya aktarılmaktadır. Işık yönlendirici sıvı, fiber optik kablolarına benzer içi optik özel bir sıvı ile doldurulmuş bir kablodur. Bu kablo kolektörden yönlendirilen ışığı çapı daha büyük tek bir fiber lif gibi iç yüzey yansımaları ile taşımaktadır. Sıvı içerisinde taşınan görünür ışık ışınları iç mekânda bulunan aydınlatma armatürleri ile mekâna görsel konfor şartlarına uygun bir şekilde dağıtılmasını sağlamaktadır. Aydınlatma armatüründen iç mekâna yansıtılan ışık odaklanan ışığın sıvı ile taşınmasından dolayı yeşil renkli olmaktadır(Özgün, 2007).



Şekil 3.52: SOLUX Sistemi Şematik Gösterim(Jadhav et al., 2016)

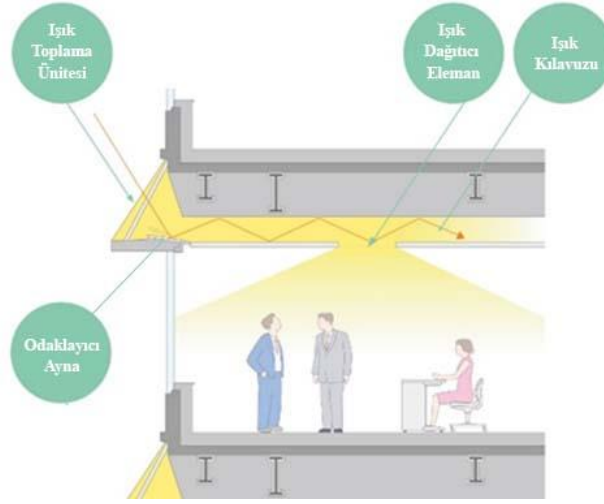
3.4.5 Işık kılavuz tavanlar

Işık kılavuz tavan sistemleri gün ışığına ihtiyaç duyulan derin iç hacimlere gün ışığının taşınması amacıyla geliştirilmiş sistemlerdir. Işık kılavuz tavan sistemi; alıcı, odaklayıcı ayna ve dağıtıcı kanal olmak üzere 3 kısımdan oluşmaktadır.

Alıcı; yapının dışına yerleştirilmiştir. Üzerine gelen direkt ve yayınık güneş ışınlarını toplar ve iletir.

Odaklayıcı ayna; alıcı ve dağıtıcı ile bağlantılı olan ara bölümdür. Toplanan güneş ışınlarını odaklayarak dağıtıcı kanal olarak adlandırdığımız ışığı taşıyan bölüme yönlendirir.

Dağıtıcı kanal; odaklayıcı bölüm tarafından yönlendirilen gün ışığını yüksek yansıtıcı özelliğe sahip maddelerle kaplanan iç yüzeyleri sayesinde ihtiyaç duyulan iç mekâna taşımaktadır. Dağıtıcı üzerine yerleştirilen aydınlatma elamanları ya da saydam yüzeyler ile kontrollü bir şekilde ışığın dağıtılması sağlanmaktadır. Dağıtıcı sadece gün ışığını taşımaz aynı zamanda gün ışığını kontrolünün de sağlandığı bölümdür(Özgün, 2007).



Şekil 3.53: Işık Kılavuz Tavan Şematik Gösterim(Ur1-24)

Sistemin temel hedefi yapılardaki gün ışığı kaynaklı doğal aydınlatma oranının artırılmasıdır. Bu şekilde iç mekânlarda kamaşma oluşturulmadan görsel konfor şartlarını sağlanması amaçlanmaktadır. Sistemin kullanımı ile gün ışığının olumsuz etkilerini önlemek amacıyla kullanılan güneşlik benzeri sistemlere gerek kalmamaktadır. Dolayısıyla pencere önündeki dış görüşü etkileyecek elemanlarını kullanılmaması sağlanır. Bir diğer kullanım faydası ise güneşli bölgelerde uygulandığında güneş ışınları yeterli düzeylerde uzun mesafeler boyunca taşınabilmektedir. Böylece yapının derin hacimlerinde yapay aydınlatmaya duyulan ihtiyaç en aza indirilmektedir.

Işık kılavuz tavanlar çalışma prensibi olarak ışık rafları sisteminin geliştirilmiş hali olarak düşünülebilir. Işık rafları üzerine gelen direkt ve yayınık güneş ışınlarını iç mekânın tavanına yansıtan sistemlerken ışık kılavuz tavanlar alıcı üzerine gelen direkt ve yayınık güneş ışınlarını dağıtıcı kanala yönlendirerek ihtiyaç duyulan derin mekânlara taşımaktadırlar.



Şekil 3.54: Işık Kılavuz Tavan Örnekleri(Ur1-25)

4. GÜN IŞIĞI AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Gün ışığı son derece yüksek bir konfordur. Mimaride gün ışığının bina içerisine alınması ve kullanılması iç mekândaki görsel konforu arttırmakta ve iç mekânda yapılan işlerin verimliliğini olumlu etkilemektedir. Gün ışığının iç hacimlerde kullanılarak aydınlatmanın sağlanması noktasında gün ışığı aydınlatma sistemleri tasarımcıya yardımcı olarak konforlu ortam oluşturabilmesini sağlayan sistemlerdir. Tasarımcıların konforlu bir ortam oluşturabilmek için tasarım sürecinde gün ışığı kullanımının hâkim olduğu bir gündüz aydınlatması planlaması zor değildir. Bu amacın gerçekleştirilebilmesi için ön proje evresinde gerekenlerin belirlenmesinin yanı sıra, projenin ilerleyen aşamalarında yapılması gereken çalışmalarla maliyet kalemlerinin oluşturulması, enerji analiz simülasyonlarının yapılması, iklimsel ve fiziksel koşulları göz önüne alarak bina için daha fazla verimlilik sağlayabilecek sistemin seçmesi gibi birden fazla faktörün uyumlu şekilde belirlenmesi önemlidir.

Gün ışığının bina içerisinde kullanımının başka bir olumlu yönü ise bina içerisinde aydınlatma için kullanılan elektrik enerjisi ihtiyacının azaltılması ve daha az elektrik tüketilmesidir. Gün ışığının miktarına, geliş açısına ve geliş yönüne uygun olarak tasarlanan yapılarda iç mekânlar kullanıcılara konforlu hacimler sunarlar. Gündüz vaktinde ve özellikle öğlen saatlerinde maksimum miktarda hacmin içine alınan gün ışığı doğru kullanıldığı durumlarda insanları hormonal, fiziksel ve ruhsal bakımdan olumlu etkileyebildiği gözlemlenmiştir.

Sistemlerin dezavantajı yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Bu sebeple yeni bina uygulamalarında sistemlerin projelendirilme aşamalarında ele alınması ve ön proje aşamasında değerlendirilmesi oldukça önemlidir. Çünkü sistemlerin bazılarında basit bir kurulum yapılması gerekirken, bazılarında ise boyutları ve detaylara sahip olması nedeniyle nitelikli bir kurulum yapılması gerekmektedir. Uygulanmış sistemlerin bazılarında ise detayların fazlalığı ve boyutlarının büyüklüğü sebebiyle binaya entegre edildikten sonra değiştirilmesi zor olmaktadır. Belirtilen nedenlerden dolayı bina için uygulanacak sistem seçimi çok önemlidir. Sistem seçilmeden önce binanın

gereksinimleri doğru bir şekilde belirlenmeli; bulunduğu coğrafya, konum, yön, geometri ve çevresindeki yerleşim özellikleri doğru bir şekilde analiz edilip ihtiyaçları bu analizlere göre tespit edilmelidir.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin çalışma prensiplerine bağlı olarak, yapı içerisindeki gün ışığı seviyesinin önemli düzeyde artırılması ve hacim içerisindeki görsel konfor koşullarının oluşturulması durumları farklılık göstermektedir. Sistemlerin neredeyse tamamı iç hacimlerdeki aydınlık düzeyinin hacmin genelinde yükseltilmesi ve homojen bir iç mekân aydınlatması oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu şekilde ortamdaki aydınlatma kalitesi artırılarak kullanıcılara hacim içerisindeki aydınlatmanın iyi olduğu hissi oluşturmak ve bu şekilde kullanıcıların yapay aydınlatma elemanlarına duydukları gereksiniminin önüne geçilebilmektedir.

Yöntem

Yöntem olarak; gün ışığı aydınlatma sistemlerini değerlendirmek ve karşılaştırmak için 6 adet değerlendirme kriteri belirlenmiştir. Belirlenen kriterler kullanılarak 5li likert ölçeğine uygun şekilde soru gruplarına dönüştürülmüştür. Oluşturulan soru grupları her bir gün ışığı aydınlatma sistemini değerlendirmek için odak grup üyeleri tarafından ayrı ayrı cevaplanmıştır. Sonuçta ortaya çıkan veriler grafiklere aktararak karşılaştırma ve değerlendirme yapılmıştır.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesi ve karşılaştırılması amacıyla kriterlerin belirlenmesi aşamasında literatür taraması yapılmıştır. Literatürde özellikle Uluslararası Enerji Ajansı(IEA)'nın 2000 yılında yayınlamış olduğu 'Task 21-Daylight In Buildings' çalışması, bu çalışmanın proje özet raporu ve 'TS EN 17037 Binalarda Günışığı Standardı' içerikleri dikkate alınmıştır. Yapılan literatür taraması sonucunda Maliyet, Bakım-Onarım ve Temizlik, Performans, Entegrasyon, Coğrafi Durum ve Koşullara Bağlılık ve Dış Görüş olmak üzere 6 adet değerlendirme kriteri belirlenmiştir.

Maliyet; Gün ışığından istenilen düzeyde faydalanabilmek amacıyla yapım ve üretim aşamasında veya sonrasında sistemin binaya entegre edilmesi için gereken yaklaşık maddi harcama miktarını ifade etmektedir.

Bakım-Onarım ve Temizlik; Binaya entegre edilen gün ışığı aydınlatma sisteminin verimli bir şekilde çalışabilmesi için sistem parçalarının ihtiyaç duyduğu bakım-onarım ve temizliğin sıklık durumunu ifade etmektedir.

Performans (Yönlendirme ve Taşıma); Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin buldukları sınıflara bağlı olarak yüzeylerden yansıma yolu ile ışığın iç mekanlara ötelemesi ve/veya araçlar kullanarak taşınması sonucunda iç hacimde oluşan aydınlık düzeyi değişimi durumunu ifade etmektedir.

Entegrasyon (Mimari Projeye veya Binaya Entegre Edilme Durumu); Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin kullanılmak istendiği durumlarda; projelendirme aşaması, inşaa süreci ve tamamlanmış yapılardan sonra gün ışığı aydınlatma sistemlerinin yapıya entegre edilme kolaylığı/zorluğu durumunu ifade etmektedir.

Coğrafi Durum ve Koşullara Bağlılık; Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin binanın bulunduğu coğrafi koşullar (hâkim iklim koşulları, konum, yönlenme, vb.) ile olan ilişkisini ifade etmektedir.

Dış Görüş; Uygulanan sistemlerin gün ışığı yönlendirme ve/veya taşıma sırasında dış görüş kalitesini hangi oranda engellediğini ifade etmektedir.

Kriterlerin değerlendirilmesi amacıyla sorulan sorularda 5’li likert tipi ölçek kullanılmıştır. 5’li likert tipi ölçekte her zaman iki uç cevap ve uçlar cevaplar arasında derecelendirme işlevi gören bir ara cevap seçeneği bulunmaktadır. Bu şekilde katılımcının cevap seçenekleri arasında kendisine uygun cevabı seçerek fikrini daha doğru ifade etmesi ve sağlanmaktadır. Literatür taraması sonucunda belirlenen kriterlerin 5’li likert tipi ölçekle değerlendirilmesindeki temel amaç aynı konuyu cevap seçeneklerinde bulunan ifadeler ile 1’den 5’e kadar farklı derecede o konu hakkında bilgi toplanmasını sağlamaktır. Bu şekilde soruda sorulan konu ile ilgili verilen cevaplardan alınan toplam puan ölçekteki cevaplara gösterilen ağırlıklı sonucu ifade etmektedir. Böylelikle sorulardan elde edilen sonuçlar ile çalışmada anlatılan gün ışığı aydınlatma sistemlerinin belirlenen kriterlerde karşılaştırılması sağlanacaktır.

Çizelge 4.1’de görülebileceği gibi sistemlerin değerlendirilebilmesi için belirlenen kriterler ile 5’li likert ölçeği kullanılarak hazırlanan sabit soru kalıpları oluşturulmuştur.

Çizelge 4.1: Belirlenen Kriter İle 5’li Likert Ölçekli Oluşturulan Soru Kalıpları ve Cevapları

<p>1. (Sistem Adı) sistemini Maliyet açısından değerlendiriniz? (Sistem, üretim ve montaj maliyeti açısından değerlendirilecektir.)</p> <p>a) Çok Düşük b) Düşük c) Orta d) Yüksek e) Çok Yüksek</p>
<p>2. (Sistem Adı) sistemini Bakım-Onarım veya Temizlik sıklığı açısından değerlendiriniz? (Sistemin sağlıklı bir şekilde çalışmaya devam edebilmesi bakımından değerlendirilecektir.)</p> <p>a) Hiç b) Nadiren c) Ara Sıra d) Sık Sık e) Her Zaman</p>
<p>3. (Sistem Adı) sistemini Performans açısından değerlendiriniz? (Sistemin, gün ışığını hacme yönlendirme ve/veya taşıma durumu değerlendirilecektir.)</p> <p>a) Çok Düşük b) Düşük c) Orta d) Yüksek e) Çok Yüksek</p>
<p>4. (Sistem Adı) sistemini Entegrasyon açısından değerlendiriniz? (Sistemin, yapıya eklenmesi durumu bakımından değerlendirilecektir.)</p> <p>a) Çok Kolay b) Kolay c) Orta d) Zor e) Çok Zor</p>
<p>5. (Sistem Adı) sistemini Coğrafi Koşullara Bağlılık ilişkisi açısından değerlendiriniz? (Sistem; iklim koşulları, Konum, Yön, vb. çevresel etkenler bakımından değerlendirilecektir.)</p> <p>a) İlişkisi Yok b) Az İlişkili c) Ne İlişkili Ne İlişkisiz d) İlişkili e) Çok İlişkili</p>
<p>6. (Sistem Adı) sisteminin Dış Görüş kavramını nasıl etkilediğini değerlendiriniz? (Sistem, mevcut Dış Görüşü engelleme durumu bakımından değerlendirilecektir.)</p> <p>a) Tamamen Engelliyor b) Çok Engelliyor c) Kısmen Engelliyor d) Az Engelliyor e) Engellemiyor</p>

Soru kalıplarının her birinin gün ışığı aydınlatma sistemlerine ayrı ayrı uygulanması ile oluşturulan soru grupları tek bir formda birleştirilmiştir. Oluşturulan form gün ışığı

aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesi amacıyla odak grubun cevaplandırmasına sunulmuştur.

Konu olarak ele alınan gün ışığı aydınlatma sistemleri ile ilgili olarak yapılan çalışmaların özellikle ülkemizde yeterli düzeye ulaşmaması nedeniyle yeterli bir uzmanlaşma sağlanamamıştır. Bu nedenle gün ışığı aydınlatma sistemlerini eğitim sürecinin bir bölümünde ders olarak görmüş bilgi sahibi olan mimarlardan oluşan bir topluluğun sistemlerin değerlendirilmesi ile ilgili verecekleri cevaplar en tutarlı cevaplar olacaktır. Dolayısıyla çalışmada hedeflenen amaca ulaşmak için oluşturulan odak gruptan faydalanılması çalışmanın tutarlılığını arttıracaktır. Oluşturulan odak grup, büyük çoğunluğunu mimarlık anabilim dalı yapı fiziği ve malzeme bölümünde lisansüstü eğitim alan ve lisansüstü eğitimi süresince günışığı dersini almış mimarların oluşturduğu 15 kişiden oluşan bir değerlendirme grubudur.

Çizelge 4.2: Odak Grup Katılımcıları İle İlgili Veriler

Odak Grup (Toplam katılımcı sayısı:15)		
Yapı Fiziği ve Malzeme Bölümü	Mimar	Diğer
Yüksek Lisans Öğrencisi	9	1
Yüksek Lisans Mezunu	5	0

Belirlenen 6 kriterin soru haline getirilmesi ile oluşturulan 6 soruluk soru grubu çalışmanın 3. bölümünde anlatılmış olan 14 farklı gün ışığı aydınlatma sistemi için odak grup üyelerine sorulmuştur. Odak grup üyeleri bireysel olarak soruları yanıtlamışlardır. Sorulara verilen cevaplar istatistiki veri işleme programı SPSS'e aktarılarak gün ışığı aydınlatma sistemleri ile ilgili nicel veriler elde edilmiştir.

ID	E_DUR	MESLE	GL_DE	HACIM	B_DUZ	IRL_M1	IRL_BO	IRL_P3	IRL_E4	IRL_CK	IRL_DG	AT_M1	AT_BO	AT_P3	AT_E4	AT_CK	AT_DG	AA_M1	AA_BO	AA_P3	AA_E4	
1	Fu Ge	Yüksek L.	Mimar	Evet	Hacim ay.	Orta	Düşük	Nadren	Yüksek	Zor	Çok İlgili	Kısmen...	Orta	Nadren	Orta	Zor	Biraz İlgili	Az Engell...	Orta	Nadren	Yüksek	Zor
2	Se Sa	Yüksek L.	Mimar	Evet	Hacim ay.	Orta	Düşük	Ara Sıra	Orta	Kolay	Çok İlgili	Çok Eng...	Orta	Ara Sıra	Yüksek	Zor	Çok İlgili	Hiç Eng...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Zor
3	Ni Ci	Yüksek L.	Mimar	Evet	Hacim ay.	Orta	Düşük	Ara Sıra	Orta	Kolay	Çok İlgili	Çok Eng...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Zor	Biraz İlgili	Hiç Eng...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Orta
4	Ce As	Yüksek L.	Mimar	Evet	Hacim ay.	Orta	Düşük	Ara Sıra	Orta	Kolay	Çok İlgili	Kısmen...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Orta	Ne İlgili...	Az Engell...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Orta
5	Mu Ci	Yüksek L.	Mimar	Evet	Hacim ay.	Orta	Düşük	Ara Sıra	Orta	Kolay	Çok İlgili	Kısmen...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Orta	Ne İlgili...	Az Engell...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Orta
6	YB	Yüksek L.	Diğer	Evet	Hacim ay.	Az	Düşük	Her Zam...	Orta	Kolay	Çok İlgili	Kısmen...	Orta	Ara Sıra	Çok Yüks...	Orta	Biraz İlgili	Az Engell...	Orta	Her Zam...	Yüksek	Orta
7	Se Yi	Yüksek L.	Mimar	Evet	Hacim ay.	Orta	Düşük	Ara Sıra	Orta	Kolay	Çok İlgili	Az Engell...	Orta	Ara Sıra	Yüksek	Orta	Çok İlgili	Az Engell...	Orta	Ara Sıra	Yüksek	Orta
8	Or Ça	Yüksek L.	Mimar	Evet	Hacim ay.	Orta	Düşük	Nadren	Orta	Kolay	Biraz İlgili	Hiç Eng...	Orta	Nadren	Orta	Orta	Biraz İlgili	Hiç Eng...	Yüksek	Nadren	Yüksek	Zor
9	Ne Ce	Yüksek L.	Mimar	Hayır	Hacim ay.	Orta	Düşük	Hiç	Yüksek	Kolay	Çok İlgili	Hiç Eng...	Orta	Ara Sıra	Yüksek	Kolay	Biraz İlgili	Hiç Eng...	Orta	Nadren	Yüksek	Orta
10	Ev So	Yüksek L.	Mimar	Evet	Hacim ay.	Orta	Düşük	Ara Sıra	Orta	Kolay	Çok İlgili	Hiç Eng...	Orta	Ara Sıra	Çok Yüks...	Kolay	Biraz İlgili	Hiç Eng...	Orta	Ara Sıra	Çok Yüks...	Çok Kolay
11	Bu Ha	Yüksek L.	Mimar	Evet	Hacim ay.	Orta	Düşük	Ara Sıra	Orta	Kolay	Biraz İlgili	Kısmen...	Orta	Ara Sıra	Orta	Orta	Biraz İlgili	Kısmen...	Orta	Ara Sıra	Orta	Orta
12	Ce As2	Yüksek L.	Mimar	Evet	Hacim ay.	Orta	Düşük	Ara Sıra	Orta	Kolay	Çok İlgili	Kısmen...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Orta	Ne İlgili...	Az Engell...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Orta
13	Se Su	Yüksek L.	Mimar	Evet	Hacim ay.	Orta	Düşük	Ara Sıra	Orta	Kolay	Biraz İlgili	Az Engell...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Orta	Biraz İlgili	Kısmen...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Zor
14	Na Ha	Yüksek L.	Mimar	Evet	Hacim ay.	Orta	Düşük	Ara Sıra	Orta	Kolay	Çok İlgili	Kısmen...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Orta	Biraz İlgili	Kısmen...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Orta
15	Ce Su	Yüksek L.	Mimar	Evet	Hacim ay.	Orta	Düşük	Ara Sıra	Orta	Kolay	Biraz İlgili	Az Engell...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Orta	Biraz İlgili	Kısmen...	Yüksek	Ara Sıra	Yüksek	Zor
16																						
17																						
18																						
19																						
20																						
21																						
22																						
23																						
24																						
25																						
26																						
27																						
28																						
29																						

Şekil 4.1: SPSS Programı Verilerin Giriş Yapıldığı Ekranın Görüntüsü

Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesi amacıyla belirlenen kriterler(maliyet, bakım-onarım ve temizlik, performans, entegrasyon, coğrafi durum ve koşullara bağlılık ve dış görüş) özelinde odak grubun cevapları ile elde edilen verilere göre her bir kriter için bir çizelge oluşturulmuş ve bu çizelgeler grafiklere dönüştürülmüştür.

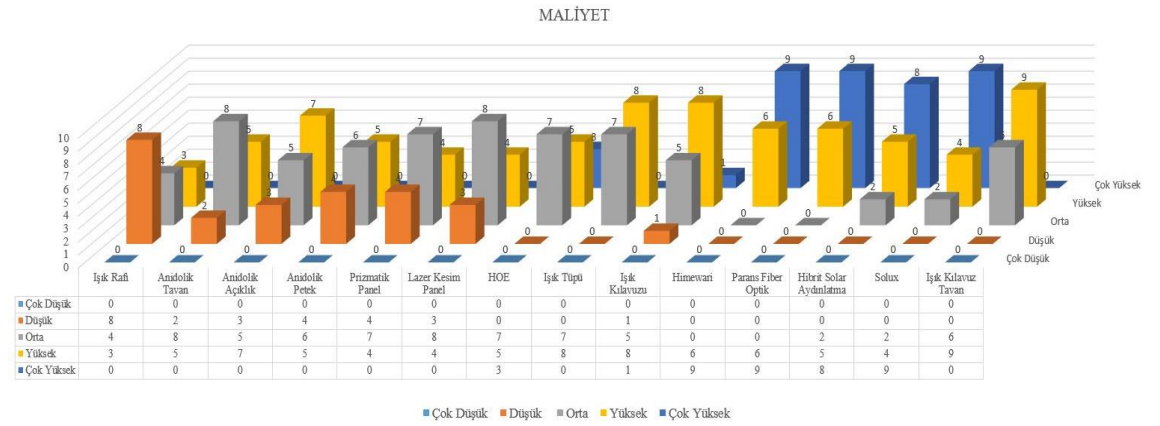
Sorularda kullanılan 5'li likert ölçeği ile seçenekler 1'den 5'e kadar puanlanarak, sorulara verilen cevaplardan her kriter için ağırlıklı ortalama grafikleri elde edilmiştir. Bu elde edilen grafikler ile gün ışığı aydınlatma sistemlerinin her kriter için genel bir değerlendirilmesi yapılabilmektedir.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerini belirlenen kriterlere verilen cevaplardan elde edilen sonuçlara göre ayrı ayrı inceleyecek olursak;

Maliyet

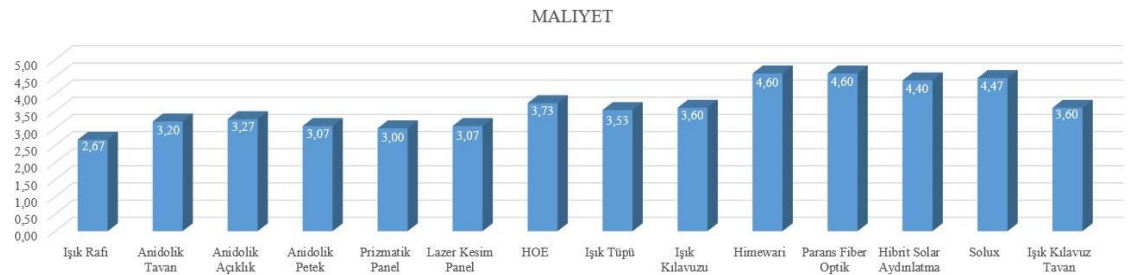
Çizelge 4.3'te görülebileceği üzere Maliyet kriteri için odak grubun verdiği cevaplardan oluşan çizelgede cevapların genel olarak 'Orta, Yüksek ve Çok Yüksek' cevap seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Odak grubun maliyet kriteri için verdiği cevaplardan ortaya çıkan sonuçtan anlaşılabilceği üzere gün ışığı aydınlatma sistemleri yüklenici ve kullanıcılar için bir ilk yatırım maliyeti gerektirmektedir.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerini çalışmamızda incelediğimiz sistematige uygun biçimde ikiye ayırarak maliyet kriterine baktığımızda ise gün ışığı yönlendirme sistemlerinde maliyet kriteri için verilen cevaplar çoğunlukla 'Orta ve Yüksek' seçeneklerinde yoğunlaşırken, gün ışığı taşıma sistemlerinde maliyet kriteri için verilen cevapların ise 'Yüksek ve Çok Yüksek' seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 4.2: Maliyet Kriteri İçin Verilen Cevapların Grafik Üzerinde Dağılımı

Odak grup tarafından maliyet kriterinin değerlendirilmesi için verilen cevapların 5'li likert cevap seçenekleri değerlerine göre ağırlıklı ortalaması alınarak oluşan grafik Şekil 4.3'de görülmektedir. Ağırlıklı ortalama grafiği '1-Çok Düşük, 5-Çok Yüksek' şeklinde yorumlanarak gün ışığı aydınlatma sistemlerin maliyeti hakkında genel bir fikir edinilmektedir.



Şekil 4.3: Maliyet Kriteri İçin Verilen Cevapların Ağırlıklı Ortalama Grafiği

Ağırlıklı ortalama grafiğine bakıldığında gün ışığı aydınlatma sistemlerin yatırımcı ve kullanıcı için ortalama ya da ortalama değerinin üzerinde bir maliyet oluşturduğu görülmektedir. Yatırım maliyetinin başlangıçta belirli bir miktarda sermaye gerektirmesi kullanıcı ve yatırımcılarda olumsuz bir düşünce ya da ön yargı oluşmasına ve gün ışığı aydınlatma sistemlerinden uzaklaşmalarına neden olmaktadır. Bu olumsuz düşüncenin aksine gün ışığı aydınlatma sistemleri için gereken sermaye miktarı, sistemlerin kullanım ömürlerinin uzunluğu ile kullanıcılar için konforlu, performans yükseltici ve sağlıklı ortamlar oluşturacak olmasının yanında elektrik enerjisinden sağlayacağı tasarrufta düşüldüğü zaman sistemler uzun dönemde kendi maliyetleri karşılayabilen ve hatta kar sağlayan yatırımlara dönüşmektedir.

Şekil 4.3'teki grafik üzerinden sistemlerin aldıkları değerler incelendiğinde; sistemin kurulumu, bünyesinde barındırdığı elemanların nitelikleri ve taşıma/yönlendirme için kullanılan yöntemin kompleksliğine göre gün ışığı aydınlatma sistemlerinin maliyet değerlerinin arttığı veya azaldığı anlaşılmaktadır.

Odak grup, gün ışığı aydınlatma sistemleri içerisinde özellikle basit ve tek bölümden oluşan sistemlerde maliyet kriteri için çoğunlukla 'Düşük ve Orta' seçeneğini, yenilikçi ve günümüz gelişen teknolojisi ile tasarlanan ve kompleks bölümlerden oluşan sistemlerde maliyet kriteri için ise çoğunlukla 'Çok Yüksek' seçeneğini tercih etmiştir. Verilen cevaplardan oluşan ağırlıklı ortalama grafiğinden çıkarılacak bir sonuçta sistemlerin maliyetleri üzerine etki eden bir unsurunda teknolojik gelişmelerin o sistemde kendisine ne kadar yer bulduğu olmaktadır.

Ağırlıklı ortalama grafiğinde gün ışığı yönlendiren sistemlerin maliyet durumuna bakıldığında 2,67-3,73 aralığında değer aldığı, yine aynı grafik üzerinde gün ışığı taşıyan sistemlerin maliyet durumuna bakıldığında ise 3,53-4,60 aralığında değer aldığı görülmüştür. Grafikten elde edilen verilerden anlaşılacağı üzere 'Işık Rafı' gibi kompleks olmayan ve tek bölümden oluşan sistemlerin maliyetleri düşük seviyede(2,67) kalırken özellikle 'Himewari ve Parans Fiber Optik' gibi yüksek teknoloji ürünü araçların ve yazılımların kullanıldığı kompleks ve birkaç bölümden oluşan yenilikçi sistemlerin maliyetleri yüksek seviyede(4,60) olduğu görülmüştür.

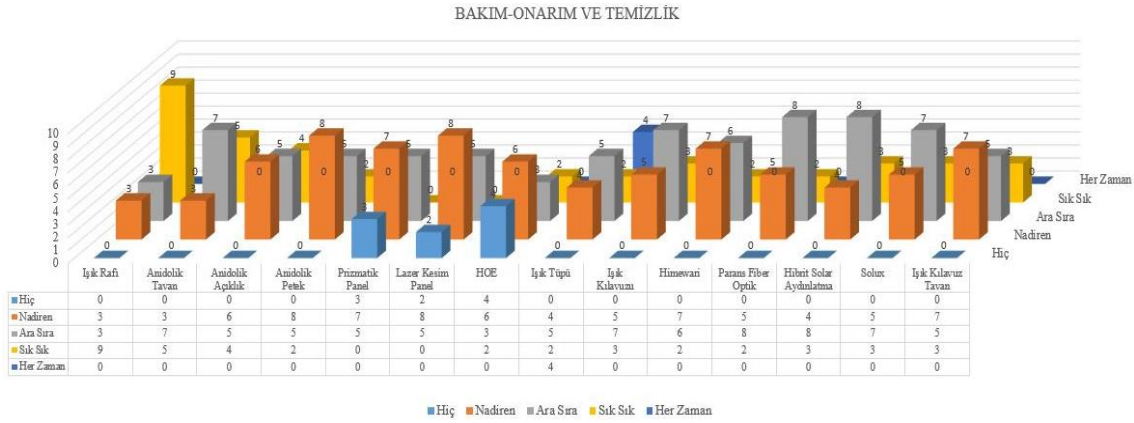
Çizelge 4.3: Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Amacıyla Belirlenen Maliyet Kriteri İçin Verilen Cevaplar ve Oranları

MALİYET					
Sistemin Adı (Sistem Sayısı:14)	Değerlendirme Ölçeği (Katılımcı Sayısı:15)				
	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Işık Rafı	0	8	4	3	0
	0%	53%	27%	20%	0%
Anidolik Tavan	0	2	8	5	0
	0%	13%	53%	33%	0%
Anidolik Açıklık	0	3	5	7	0
	0%	20%	33%	47%	0%
Anidolik Petek	0	6	7	2	0
	0%	40%	47%	13%	0%
Prizmatik Panel	0	4	7	4	0
	0%	27%	47%	27%	0%
Lazer Kesim Panel	0	3	8	4	0
	0%	20%	53%	27%	0%
HOE	0	0	7	5	3
	0%	0%	47%	33%	20%
Işık Tüpü	0	0	7	8	0
	0%	0%	47%	53%	0%
Işık Kılavuzu	0	1	5	8	1
	0%	7%	33%	53%	7%
Himewari	0	0	0	6	9
	0%	0%	0%	40%	60%
Parans Fiber Optik	0	0	0	6	9
	0%	0%	0%	40%	60%
Hibrit Solar Aydınlatma	0	0	2	5	8
	0%	0%	13%	33%	53%
Solux	0	0	2	4	9
	0%	0%	13%	27%	60%
Işık Kılavuz Tavan	0	0	6	9	0
	0%	0%	40%	60%	0%

Bakım-Onarım ve Temizlik

Çizelge 4.4'te görülebileceği üzere Bakım-Onarım ve Temizlik kriteri için odak grubun verdiği cevaplardan oluşan çizelgede cevapların büyük oranda 'Nadiren ve Ara Sıra' cevap seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Odak grubun bakım-onarım ve temizlik kriteri için verdiği cevaplar ile elde edilen sonuçlardan anlaşılabilir üzere sistemlerin sürekli aynı düzeyde aydınlatma sağlayacak şekilde çalışabilmesi için farklı zaman aralıklarında temizlenmesi ve bakım-onarımının düzenli yapılması gerektiği sonucu çıkarılabilmektedir.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerini çalışmamızda incelediğimiz sistematiğe uygun biçimde ikiye ayırarak bakım-onarım ve temizlik kriterine baktığımızda ise gün ışığı yönlendirme sistemlerinde bakım-onarım ve temizlik kriteri için verilen cevaplar genellikle 'Ara Sıra, Nadiren ve Sık Sık' seçeneklerinde yoğunlaşırken, gün ışığı taşıma sistemlerinde bakım-onarım ve temizlik kriteri için verilen cevapların büyük bölümü ise 'Nadiren ve Ara Sıra' seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 4.4: Bakım-Onarım ve Temizlik Kriteri İçin Verilen Cevapların Grafik Üzerinde Dağılımı

Odak grup tarafından bakım-onarım ve temizlik kriterinin değerlendirilmesi için verilen cevapların 5'li likert cevap seçenekleri değerlerine göre ağırlıklı ortalaması alınarak oluşan grafik Şekil 4.5'de görülmektedir. Ağırlıklı ortalama grafiği '1-Hiç, 5-Her Zaman' şeklinde yorumlanarak gün ışığı aydınlatma sistemlerin bakım-onarım ve temizliği hakkında genel bir fikir edinilmektedir.

BAKIM-ONARIM VE TEMİZLİK



Şekil 4.5: Bakım-Onarım ve Temizlik Kriteri İçin Verilen Cevapların Ağırlıklı Ortalama Grafiği

Gün ışığı aydınlatma sistemleri, bakım-onarım ve temizlik kriterinde değinildiği üzere uzun ömürlü sistemlerdir. Sistemlerin kullanım ömürleri süresince sürekli aynı düzeyde aydınlatma sağlayabilmeleri için gereken bakım-onarımının yapılması ve sisteme gelen gün ışığının hacimlere ulaşmasını engelleyecek unsurlardan(kir, vb.) temizlenmesi gerekmektedir.

Gün ışığı aydınlatma sistemleri farklı bölümlerden oluşmakta ve gün ışığının yönlendirilmesi/taşınmasını sağlayabilmek için farklı yerlerde konumlandırmaktadır. Sistemlerin konumlandırıldıkları yere, taşıma kanallarının dış etkilerden uzaklığına ve özellikle alıcı/toplayıcı bölüme sahip sistemlerde bu bölümün herhangi bir koruyucu yüzeye çevrelenmiş olup olmaması bakım-onarım ve temizleme sıklığına etki etmektedir.

Şekil 4.5'teki grafik üzerinden sistemlerin aldıkları değerler incelendiğinde; sistemlerin hepsinin bakım-onarım ve temizliğe ihtiyacı olduğu görülmektedir. Yine ağırlıklı ortalama grafiğe dikkat edilecek olursa bazı sistemler nadiren bakım-onarım ve temizliğe ihtiyacı duyarken bazı sistemlerin ise sık sık bakım-onarım ve temizliğe ihtiyacı olduğu görülmektedir. Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin bu derece farklı bakım-onarım ve temizliğe ihtiyaç duymasının başlıca nedenleri konumlandırıldıkları yer ve alıcı/toplayıcı bölümlerinin farklılığından kaynaklanmaktadır. Sistemlerin iki cam arasında kalacak şekilde pencerede, iki cam arasında yerleştirilecek şekilde cephede, alıcı/toplayıcı bölümü cephede ve alıcı/toplayıcı bölümü çatıda konumlandırılan türleri bulunmaktadır. Farklı çalışma mekanizmasına sahip olan sistemlerin farklı etkilere maruz kaldığı görülmektedir. Maruz kalınan etkilerin konumlandırıldığı yer ile doğrudan ilişkili olması ağırlıklı ortalama grafiğinde net bir şekilde görülmektedir. 'Prizmatik Panel' gibi iki cam arasına yerleştirilen sistemin bakım-onarım ve temizliğe olan ihtiyacı nadiren seçeneği ile düşük seviyede(2,13)

olurken ‘Işık Tüpü’ gibi alıcı/toplayıcı ünitesi genellikle yapının dışına konumlandırılan ve çevresel etkilere maruz kalan sistemin bakım-onarım ve temizliğe olan ihtiyacı sık sık seçeneği ile yüksek seviyede(3,40) olmaktadır.

Bakım-onarım ve temizlik kriteri için ‘Nadiren’ seçeneğin çoğunlukla seçildiği ve ağırlıklı ortalama grafiğinde değer olarak 3,00 ün altında kalan sistemler incelenecek olursa bu sistemlerin kendi içerisinde kapalı(dışarı ile bağlantısı olmayan) sistem diyebileceğimiz iki cam arasına yerleştirilen yönlendirme sistemleri ya da kablo ile kullanan taşıma sistemleri oldukları görülmüştür.

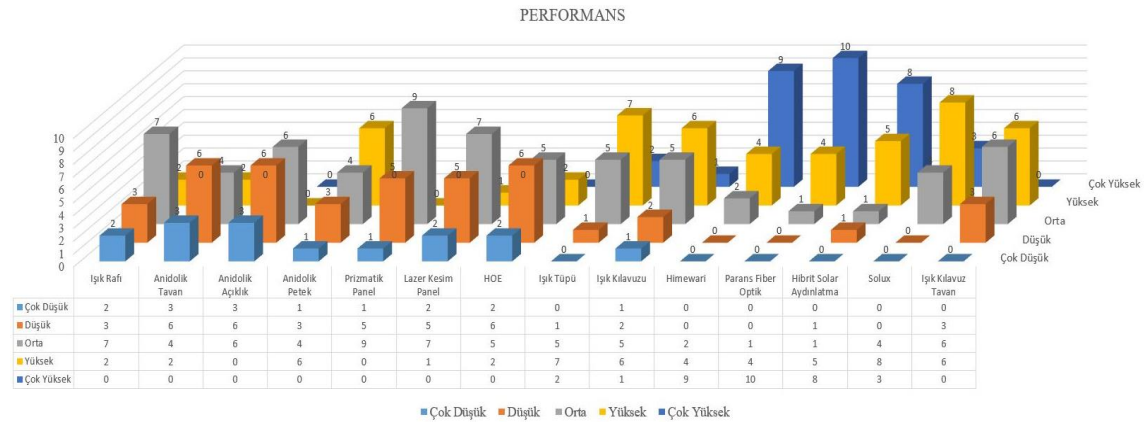
Çizelge 4.4: Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Amacıyla Belirlenen Bakım-Onarım ve Temizlik Kriteri İçin Verilen Cevaplar ve Oranları

BAKIM-ONARIM VE TEMİZLİK					
Sistemin Adı (Sistem Sayısı:14)	Değerlendirme Ölçeği (Katılımcı Sayısı:15)				
	Hiç	Nadiren	Ara Sıra	Sık Sık	Her Zaman
Işık Rafı	0	3	3	9	0
	0%	20%	20%	60%	0%
Anidolik Tavan	0	3	7	5	0
	0%	20%	47%	33%	0%
Anidolik Açıklık	0	6	5	4	0
	0%	40%	33%	27%	0%
Anidolik Petek	0	8	5	2	0
	0%	53%	33%	13%	0%
Prizmatik Panel	3	7	5	0	0
	20%	47%	33%	0%	0%
Lazer Kesim Panel	2	8	5	0	0
	13%	53%	33%	0%	0%
HOE	4	6	3	2	0
	27%	40%	20%	13%	0%
Işık Tüpü	0	4	5	2	4
	0%	27%	33%	13%	27%
Işık Kılavuzu	0	5	7	3	0
	0%	33%	47%	20%	0%
Himewari	0	7	6	2	0
	0%	47%	40%	13%	0%
Parans Fiber Optik	0	5	8	2	0
	0%	33%	53%	13%	0%
Hibrit Solar Aydınlatma	0	4	8	3	0
	0%	27%	53%	20%	0%
Solux	0	5	7	3	0
	0%	33%	47%	20%	0%
Işık Kılavuz Tavan	0	7	5	3	0
	0%	47%	33%	20%	0%

Performans

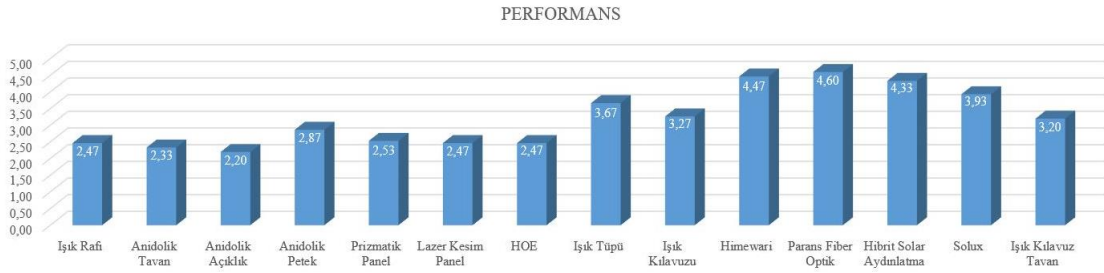
Çizelge 4.5'te görülebileceği üzere Performans kriteri için odak grubun verdiği cevaplardan oluşan çizelgedeki cevapların nerdeyse bütün sistemler için 'Orta ve Yüksek' cevap seçeneğinde yoğunlaştığı görülmektedir. Odak grup tarafından çalışmada anlatılan gün ışığı aydınlatma sistemlerinin tamamının gösterdiği performansın yüksek olarak değerlendirilmesi, sistemlerin gün içerisinde ihtiyaç duyduğumuz aydınlatma ihtiyacının doğal aydınlatma ile karşılanması bakımından önemli bir gösterge olmaktadır.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerini çalışmamızda incelediğimiz sistematige uygun biçimde ikiye ayırarak performans kriterine baktığımızda ise gün ışığı yönlendirme sistemlerinde performans kriteri için verilen cevaplar çoğunlukla 'Orta ve Düşük' seçeneklerinde yoğunlaşırken, gün ışığı taşıma sistemlerinde performans kriteri için verilen cevapların ise çoğunlukla 'Yüksek ve Çok Yüksek' seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 4.6: Performans Kriteri İçin Verilen Cevapların Grafik Üzerinde Dağılımı

Odak grup tarafından performans kriterinin değerlendirilmesi için verilen cevapların 5'li likert cevap seçenekleri değerlerine göre ağırlıklı ortalaması alınarak oluşan grafik Şekil 4.7'de görülmektedir. Ağırlıklı ortalama grafiği '1-Çok Düşük, 5-Çok Yüksek' şeklinde yorumlanarak gün ışığı aydınlatma sistemlerin performansı hakkında genel bir fikir edinilmektedir.



Şekil 4.7: Performans Kriteri İçin Verilen Cevapların Ağırlıklı Ortalama Grafiği

Ağırlıklı ortalama grafiğinde görüntülenen ve odak grubun verdiği cevaplardan elde edilen sonuçlardan gün ışığı aydınlatma sistemlerinin ortalama ve üzeri aydınlatma performansı gösterdikleri sonucuna ulaşılabilmektedir.

Şekil 4.6'daki grafikte görülebileceği üzere odak grubun, gün ışığı aydınlatma sistemleri içerisinde özellikle basit ve tek bölümden oluşan sistemlerde performans kriteri için çoğunlukla 'Düşük ve Orta' seçeneğini, yenilikçi ve günümüz gelişen teknolojisi ile tasarlanan ve kompleks bölümlerden oluşan sistemlerde performans kriteri için ise çoğunlukla 'Yüksek ve Çok Yüksek' seçeneğini tercih etmiştir.

Şekil 4.7'deki ağırlıklı ortalama grafiğinde ise gün ışığı yönlendiren sistemlerin performans durumuna bakıldığında 2,20-2,87 aralığında değer aldığı, yine aynı grafik üzerinde gün ışığı taşıyan sistemlerin maliyet durumuna bakıldığında ise 3,20-4,60 aralığında değer aldığı görülmüştür. Bu grafikte bariz bir şekilde görüldüğü üzere gün ışığı taşıma sistemlerinden aydınlatma konusunda göstermiş oldukları performansın gün ışığı yönlendirme sistemlerinin göstermiş olduğu performansa oranla daha yüksek olduğunun anlaşılmasıdır.

Grafiklerden elde edilen verilerden sistemlerin performansları birbirlerinden farklı olduğu çıkarılan diğer bir sonuçtur. 'Anidolik Açıklık' gibi sabit tek bir bölümden oluşan sistemlerin sadece kuzey yönündeki yayınık ışığı kullanmaları nedeniyle performansları düşük seviyede(2,20) kalırken özellikle 'Parans Fiber Optik' gibi güneşin hareketini takip edebilen hareketli alıcıları yazılımlarla desteklenen ve nereyse kayıpsız bir şekilde toplanan ışığı ileten fiber optik kablolar kullanan yüksek teknoloji ürünü yenilikçi sistemlerin performansı yüksek seviyede(4,60) gösterilmiştir.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin seçimi sırasında istenilen performansın alınabilmesi için öncelikle sistem ve uygulanacağı yapının uyumluluğunda göz ardı edilmemesi gerekir. Dış ortamla herhangi bir bağlantısı olmayan bir hacme ışığın taşınması/yönlendirilmesi için seçilecek sistemin bu işlemi sağlayabilecek özelliklerde

olduğu taktirde ağırlıklı ortalama grafiğinde görülen sonuçların elde edilebileceği unutulmamalıdır.

Bunlara ek olarak ağırlıklı ortalama grafiğinde görülen sistem performansının sürekli maksimum seviyede tutulabilmesi için sistemlerin varsa bakım-onarımın ihtiyaının değişen sıklıklarda yapılması gerekmektedir.

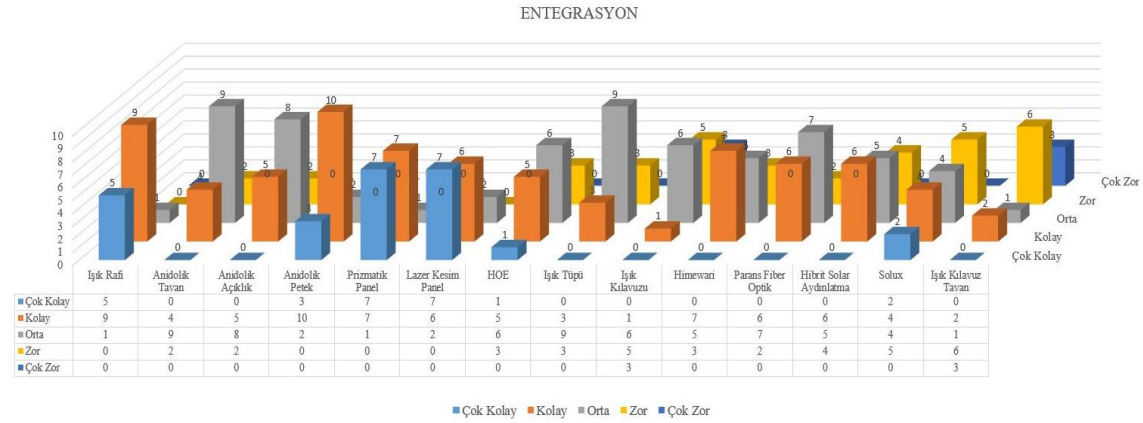
Çizelge 4.5: Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Amacıyla Belirlenen Performans Kriteri İçin Verilen Cevaplar ve Oranları

PERFORMANS					
Sistemin Adı (Sistem Sayısı:14)	Değerlendirme Ölçeği (Katılımcı Sayısı:15)				
	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
Işık Rafı	2	3	7	2	0
	13%	20%	47%	13%	0%
Anidolik Tavan	3	6	4	2	0
	20%	40%	27%	13%	0%
Anidolik Açıklık	3	6	6	0	0
	20%	40%	40%	0%	0%
Anidolik Petek	1	3	4	6	0
	7%	20%	27%	40%	0%
Prizmatik Panel	1	5	9	0	0
	7%	33%	60%	0%	0%
Lazer Kesim Panel	2	5	7	1	0
	13%	33%	47%	7%	0%
HOE	2	6	5	2	0
	13%	40%	33%	13%	0%
Işık Tüpü	0	1	5	7	2
	0%	7%	33%	47%	13%
Işık Kılavuzu	1	2	5	6	1
	7%	13%	33%	40%	7%
Himewari	0	0	2	4	9
	0%	0%	13%	27%	60%
Parans Fiber Optik	0	0	1	4	10
	0%	0%	7%	27%	67%
Hibrit Solar Aydınlatma	0	1	1	5	8
	0%	7%	7%	33%	53%
Solux	0	0	4	8	3
	0%	0%	27%	53%	20%
Işık Kılavuz Tavan	0	3	6	6	0
	0%	20%	40%	40%	0%

Entegrasyon

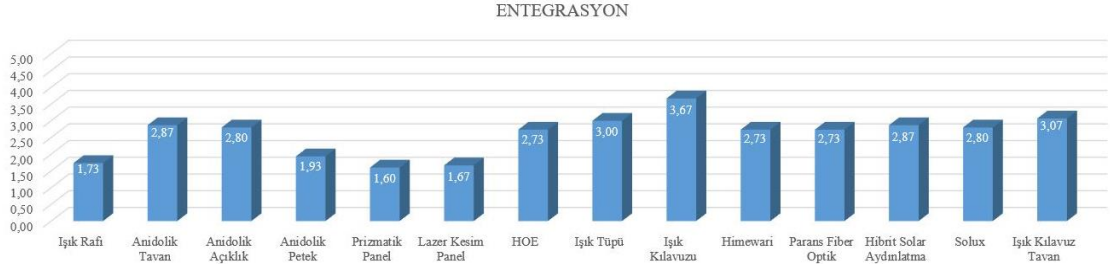
Çizelge 4.6’da görülebileceği üzere Entegrasyon kriteri için Odak grubun verdiği cevaplardan oluşan çizelgede cevapların büyük oranda ‘Kolay ve Orta’ cevap seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Odak grubun entegrasyon kriteri için verdiği cevaplardan ortaya çıkan sonuçtan anlaşılacağı üzere mevcut yapıdaki aydınlatma ihtiyacının karşılanması için uygun sistemin seçilmesi ve yapıya entegrasyonunun gerçekleştirilmesi kolay bir uygulama ile mümkün olabilmektedir. Böylece kolaylıkla hacim içerisinde gün ışığı aydınlatması sağlanabilecektir.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerini çalışmamızda incelediğimiz sistematige uygun biçimde ikiye ayırarak entegrasyon kriterine baktığımızda ise gün ışığı yönlendirme sistemlerinde entegrasyon kriteri için verilen cevaplar çoğunlukla ‘Kolay’ seçeneğinde yoğunlaştığı, gün ışığı taşıma sistemlerinde entegrasyon kriteri için verilen cevapların ise ‘Orta ve Zor’ seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 4.8: Entegrasyon Kriteri İçin Verilen Cevapların Grafik Üzerinde Dağılımı

Odak grup tarafından entegrasyon kriterinin değerlendirilmesi için verilen cevapların 5’li likert cevap seçenekleri değerlerine göre ağırlıklı ortalaması alınarak oluşan grafik Şekil 4.9’da görülmektedir. Ağırlıklı ortalama grafiği ‘1-Çok Kolay, 5-Çok Zor’ şeklinde yorumlanarak gün ışığı aydınlatma sistemlerin entegrasyonu hakkında genel bir fikir edinilmektedir.



Şekil 4.9: Entegrasyon Kriteri İçin Verilen Cevapların Ağırlıklı Ortalama Grafiği

Şekil 4.9'daki ağırlıklı ortalama grafiği üzerinden sistemlerin aldıkları değerler ve sistemlerin özellikleri incelendiğinde; sistemin kurulumu ve taşıma/yönlendirme için kullanılan iletici elemanların boyutuna göre gün ışığı aydınlatma sistemlerinin entegrasyon zorluk düzeyinin arttığı veya azaldığı anlaşılmaktadır.

Entegrasyon kriterine göre ağırlıklı ortalama grafiğinde görülen puan farklılığı büyük oranda sistemlerin tek bir elemandan oluşması veya birden fazla farklı bölümlerden meydana geliyor olmasından kaynaklanmaktadır. 'Lazer Kesim Panel' ve 'Prizmatik Panel' gibi sistemler doğrudan iki cam arasında veya camın önüne ya da arkasına yerleştirilerek kolay bir şekilde kullanılma imkânı sunarken, 'Işık Kılavuzu' gibi sistemler gün ışığını kılavuzların içerisine yansıtacak heliostatlar için uygun konumlandırılmanın yapılması, gün ışığını taşıyan kılavuzların hacmin tavanlarındaki uygun boşluklara yerleştirilmesi gibi ön hazırlıklarının önceden düşünülerek yapılmış olmasını gerekli kılmaktadır. Bu ve bunun gibi çeşitli uygulamaların zor olması entegrasyon aşamasını zorlaştırmaktadır.

Entegrasyon kriterinde grafiklerle görüntüleyemeyeceğimiz fakat değinilmesi gereken önemli bir noktada hali hazırda mevcut yapılara her sistemin entegre edilemeyeceğidir. Bu bakımdan hacimsel manada büyük boyutlu elemanlara sahip olan gün ışığı aydınlatma sistemlerinin istenilen her yerde kullanılma olanağının olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Böyle durumlarla karşılaşıldığında tek başına entegrasyon kriterinin sonucunu dikkate almak yanıltıcı olabilecektir. Karşılaşılabilecek bu tarz olumsuz durumların aşılabilmesi için yüksek teknoloji ürünü araçların ve yazılımların kullanıldığı yenilikçi gün ışığı aydınlatma sistemlerinin tercih edilmesi yatırımcı ve kullanıcılar için optimum sonuçlara ulaşılmasını sağlamaktadır. Bu sistemlerin yapı dışına yerleştirilen hareketli alıcılar ve ışığın taşınmasında kullandıkları fiber optik kablolar sayesinde herhangi bir zorlukla karşılaşmadan mevcut yapılara kolaylıkla entegre edilebilmeleri mümkündür.

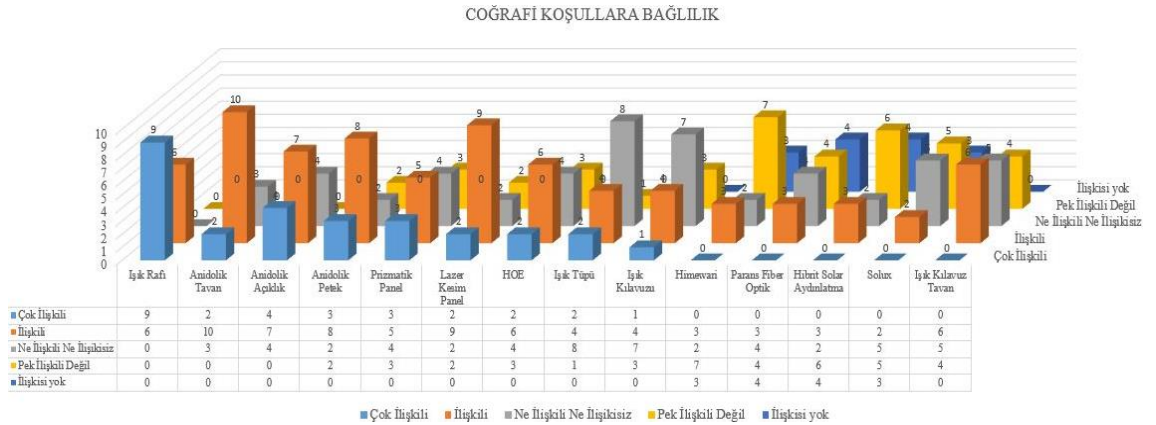
Çizelge 4.6: Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Amacıyla Belirlenen Entegrasyon Kriteri İçin Verilen Cevaplar ve Oranları

ENTEGRASYON					
Sistemin Adı (Sistem Sayısı:14)	Değerlendirme Ölçeği (Katılımcı Sayısı:15)				
	Çok Kolay	Kolay	Orta	Zor	Çok Zor
Işık Rafı	5	9	1	0	0
	33%	60%	7%	0%	0%
Anidolik Tavan	0	4	9	2	0
	0%	27%	60%	13%	0%
Anidolik Açıklık	0	5	8	2	0
	0%	33%	53%	13%	0%
Anidolik Petek	3	10	2	0	0
	20%	67%	13%	0%	0%
Prizmatik Panel	7	7	1	0	0
	47%	47%	7%	0%	0%
Lazer Kesim Panel	7	6	2	0	0
	47%	40%	13%	0%	0%
HOE	1	5	6	3	0
	7%	33%	40%	20%	0%
Işık Tüpü	0	3	9	3	0
	0%	20%	60%	20%	0%
Işık Kılavuzu	0	1	6	5	3
	0%	7%	40%	33%	20%
Himewari	0	7	5	3	0
	0%	47%	33%	20%	0%
Parans Fiber Optik	0	6	7	2	0
	0%	40%	47%	13%	0%
Hibrit Solar Aydınlatma	0	6	5	4	0
	0%	40%	33%	27%	0%
Solux	2	4	4	5	0
	13%	27%	27%	33%	0%
Işık Kılavuz Tavan	0	2	1	6	3
	0%	13%	7%	40%	20%

Coğrafi Koşullara Bağlılık

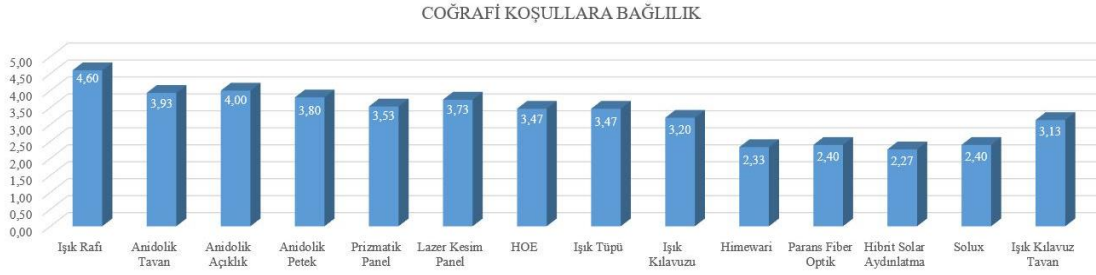
Çizelge 4.7’de görülebileceği üzere Coğrafi Koşullara Bağlılık kriteri için odak grubun verdiği cevaplardan oluşan çizelgede cevapların büyük oranda ‘İlişkili’ seçeneğinde yoğunlaştığı olsa da bazı sistemler için ‘Çok İlişkili ve Ne İlişkili Ne İlişkisiz’ cevap seçeneklerinin de işaretlendiği görülmektedir. Odak grubun verdiği cevaplardan ortaya çıkan sonuçtan anlaşılabilceği üzere, sistemlerin iklim koşulları, konumlandırma, yönlendirme ve çevresel etkenler gibi etmenlerden etkilenmeleri farklı oranlarda olmaktadır.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerini çalışmamızda incelediğimiz sistematığe uygun biçimde ikiye ayırarak coğrafi koşullara bağlılık kriterine baktığımızda ise gün ışığı yönlendirme sistemlerinde coğrafi koşullara bağlılık kriterine için verilen cevaplar çoğunlukla ‘Çok İlişkili ve İlişkili’ seçeneklerinde yoğunlaştığı, gün ışığı taşıma sistemlerinde entegrasyon kriteri için verilen cevapların ise ‘Pek İlişkili Değil ve Ne İlişkili Ne İlişkisiz’ seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 4.10: Coğrafi Koşullara Bağlılık Kriteri İçin Verilen Cevapların Grafik Üzerinde Dağılımı

Odak grup tarafından coğrafi koşullara bağlılık kriterinin değerlendirilmesi için verilen cevapların 5’li likert cevap seçenekleri değerlerine göre ağırlıklı ortalaması alınarak oluşan grafik Şekil 4.11’de görülmektedir. Ağırlıklı ortalama grafiği ‘1-İlişkisi Yok, 5-İlişkili’ şeklinde yorumlanarak gün ışığı aydınlatma sistemlerin coğrafi koşullara bağlılık kriteri hakkında genel bir fikir edinilmektedir.



Şekil 4.11: Coğrafi Koşullara Bağlılık Kriteri İçin Verilen Cevapların Ağırlıklı Ortalama Grafiği

Ağırlıklı ortalama grafiğine bakıldığında gün ışığı aydınlatma sistemlerinin tamamı coğrafi koşullardan değişen oranlarda etkilenmektedir. Grafik üzerinden sistemlerin aldıkları puanlar incelendiğinde; sistemin bünyesinde bulunan elemanların niteliklerine bağlı olarak gün ışığı aydınlatma sistemlerinin coğrafi koşullara bağlılık durumunun değiştiği anlaşılmaktadır.

Coğrafi koşullara bağlılık kriteri için odak grubun verdiği cevaplardan ortaya çıkan sonuçtan anlaşılacağı üzere, hareket kabiliyeti olmayan(sabit) alıcı/toplayıcı bölüme sahip olan sistemler için iklim koşulları, konumlandırma, yönlendirme ve çevresel etkenler hacmin içerisine yönlendirilmek/taşınmak istenen gün ışığı miktarını ve yoğunluğunu doğrudan etkileyebilmektedir. Diğer taraftan hareket kabiliyetine sahip alıcı/toplayıcı bölüme sahip veya heliostatlar yardımı ile daha fazla gün ışığı sağlanan sistemler için çevresel etkenler, iklim koşulları, yönlendirme ve konumlandırmanın hacmin içerisine yönlendirilmek/taşınmak istenen gün ışığı miktarına ve yoğunluğuna olan etkisi daha sınırlı olmaktadır.

Ağırlıklı ortalama grafiğinde gün ışığı yönlendiren sistemlerin coğrafi koşullara bağlılık durumuna bakıldığında 3,53-4,60 aralığında değer aldığı, yine aynı grafik üzerinde gün ışığı taşıyan sistemlerin coğrafi koşullara bağlılık durumuna bakıldığında ise 2,33-3,47 aralığında değer aldığı görülmektedir. Grafikteki verilerden anlaşılacağı üzere sabit olarak konumlandırılan sistemlerin özellikle konumlandırılma ve yönlendirme durumları bakımından coğrafi koşullara bağlılık düzeyi hareketli olup güneş ışığını takip edebilen sistemlere göre daha fazladır.

Sistemlerin özelliklerinin anlatıldığı bölümde bahsedildiği üzere yenilikçi taşıma sistemlerinde diğer gün ışığı aydınlatma sistemlerinden farklı olarak kullanılan takip yazılımları ile hareket edebilen alıcı/toplayıcı bölümler sayesinde yıl boyunca güneşin günlük hareketini takip edebilmektedirler. Bu şekilde coğrafi koşulların getirdiği

zorluklara karşı aydınlatma ihtiyacının karşılanabilmesi için bir çözüm yolu oluşturularak sistemden alınacak performansın ve verimin devamlılığının sağlanması amaçlanmaktadır.

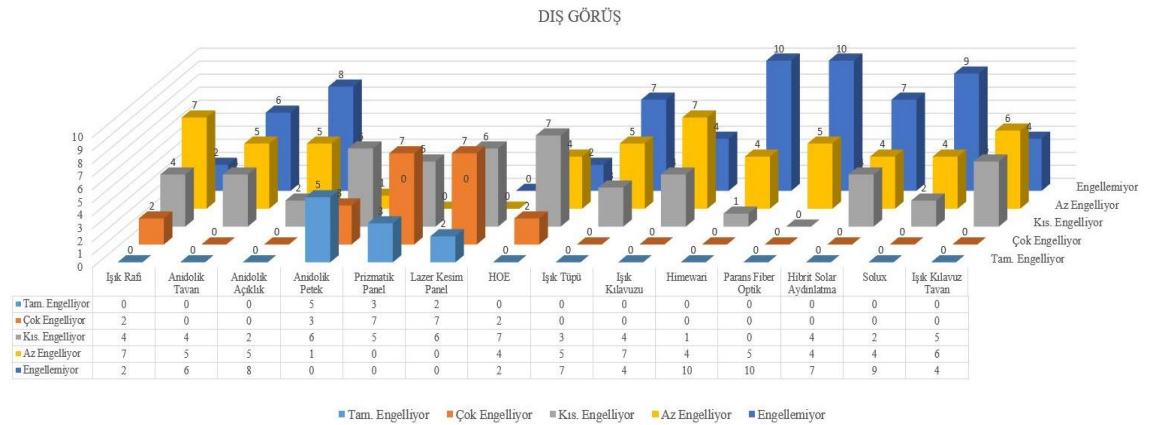
Çizelge 4.7: Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Amacıyla Belirlenen Coğrafi Koşullara Bağlılık Kriteri İçin Verilen Cevaplar ve Oranları

COĞRAFI KOŞULLARA BAĞLILIK					
Sistemin Adı (Sistem Sayısı:14)	Değerlendirme Ölçeği (Katılımcı Sayısı:15)				
	İlişkisi Yok	Pek İlişkili Değil	Ne İlişkili Ne	İlişkili	Çok İlişkili
Işık Rafı	0 0%	0 0%	0 0%	6 40%	9 60%
Anidolik Tavan	0 0%	0 0%	3 20%	10 67%	2 13%
Anidolik Açıklık	0 0%	0 0%	4 27%	7 47%	4 27%
Anidolik Petek	0 0%	2 13%	2 13%	8 53%	3 20%
Prizmatik Panel	0 0%	3 20%	4 27%	5 33%	3 20%
Lazer Kesim Panel	0 0%	2 13%	2 13%	9 60%	2 13%
HOE	0 0%	3 20%	4 27%	6 40%	2 13%
Işık Tüpü	0 0%	1 7%	8 53%	4 27%	2 13%
Işık Kılavuzu	0 0%	3 20%	7 47%	4 27%	1 7%
Himewari	3 20%	7 47%	2 13%	3 20%	0 0%
Parans Fiber Optik	4 27%	4 27%	4 27%	3 20%	0 0%
Hibrit Solar Aydınlatma	4 27%	6 40%	2 13%	3 20%	0 0%
Solux	3 20%	5 33%	5 33%	2 13%	0 0%
Işık Kılavuz Tavan	0 0%	4 27%	5 33%	6 40%	0 0%

Dış Görüş

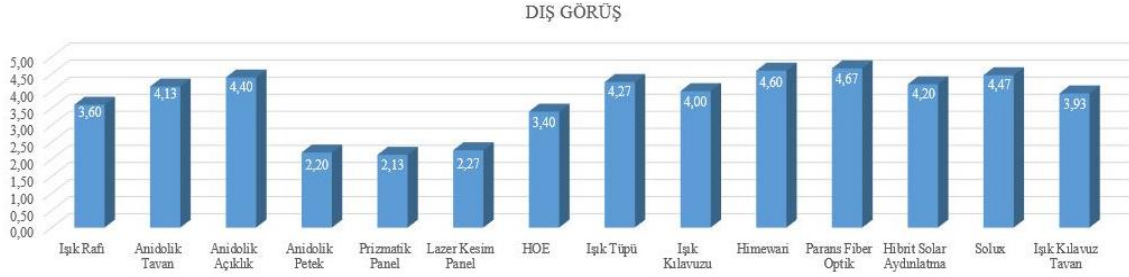
Çizelge 4.8’de görülebileceği üzere, Dış Görüş kriteri için odak grubun verdiği cevaplardan oluşturulan çizelgede cevapların büyük oranda ‘Kısmen Engelliyor, Az Engelliyor ve Engellemiyor’ cevap seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Odak grubun vermiş olduğu cevaplardan gün ışığı aydınlatma sistemlerinin şeffaf yüzeyler aracılığıyla oluşturulan iç mekânla dış mekânın bağlantısını koparmadıklarına aksine dış mekân farkındalığının devamlılığının sürdürüldüğü anlaşılmaktadır.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerini çalışmamızda incelediğimiz sistematiğe uygun biçimde ikiye ayırarak dış görüş kriterine baktığımızda ise gün ışığı yönlendirme sistemlerinde dış görüş kriteri için verilen cevaplar çoğunlukla ‘Kısmen Engelliyor ve Çok Engelliyor’ seçeneklerinde yoğunlaşırken, gün ışığı taşıma sistemlerinde dış görüş kriteri için verilen cevapların ise ‘Az Engelliyor ve Engellemiyor’ seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 4.12: Dış Görüş Kriteri İçin Verilen Cevapların Grafik Üzerinde Dağılımı

Odak grup tarafından coğrafi koşullara bağlılık kriterinin değerlendirilmesi için verilen cevapların 5’li likert cevap seçenekleri değerlerine göre ağırlıklı ortalaması alınarak oluşan grafik Şekil 4.13’te görülmektedir. Ağırlıklı ortalama grafiği ‘1-Tamamen Engelliyor, 5-Engellemiyor’ şeklinde yorumlanarak gün ışığı aydınlatma sistemlerin coğrafi koşullara bağlılık kriteri hakkında genel bir fikir edinilmektedir.



Şekil 4.13: Dış Görüş Kriteri İçin Verilen Cevapların Ağırlıklı Ortalama Grafiği

İnsanların sağlıklı bir Şekilde yaőayabilmeleri ve sirkadyen ritmin olarak adlandırılan günlük yaşam döngüsünün devamı için insanların yaşam alanlarının dış dünya ile bağlantısının sürdürülmesi gerekmektedir. Bu nedenle yaşadığımız hacimlerde saydam yüzeyler ve boşluklar oluşturularak(pencere, çatı pencereleri, atriumlar, vb.) i ve dış hacimlerin bağlantısının sürekliliği sağlanmak amaçlanmıştır.

Şekil 4.13'teki ağırlıklı ortalama grafiğinde gün iőıđı yönlendiren sistemlerin dış görüş kriteri için durumuna bakıldığında 2,20-4,40 aralığında değer aldığı, yine aynı grafik üzerinde gün iőıđı taşıyan sistemlerin maliyet durumuna bakıldığında ise 3,93-4,67 aralığında değer aldığı görülmektedir.

Ağırlıklı ortalama grafiği üzerinden sistemlerin aldıkları puanlar incelendiğinde; doğrudan pencere camı arasına yerleştirilerek kullanılan sistemler hariç tutulursa gün iőıđı aydınlatma sistemlerinin dış grőu hiç engellemedikleri fikrine ulaşılabilmektedir. Yine aynı grafikten çıkarılabilecek diğer bir sonuçta, gün iőıđı aydınlatma sistemlerinin konumlandırıldıkları yerlere bağlı olarak dış görüşün kısmen engellemesi veya bozulmasına neden olmalarına rağmen bu engelleme veya bozulmanın dış grőu tamamen ortadan kaldırarak dış mekân ve i meknı birbirinden ayırmadığı anlaşılmaktadır. Diğer bir deyişle gün iőıđının hacmin içerisine yönlendirilmesi/taşınması sırasında pencere, çatı penceresi veya cephe açıklıklarına konumlandırılan sistemlerin Şeffaf yüzeyler aracılığıyla oluşturulan i mekân-dış mekânın bağlantısını koparmadıklarına aksine dış mekân farkındalığının devamlılığının srdrldğı anlaşılmaktadır.

Gün iőıđı aydınlatma sistemlerinin yapıların bodrumlarında, otoparklarında, karanlık bölgelerinde veya büyük depolarda ve hangarlarda kullanıldığı durumlarda sistemler taşıdıkları/yönlendirdikleri gün iőıđı sayesinde yapıların bu bölümlerinde çalışan insanların gün içerisindeki deđiőimin farkında olarak dış evre ile olan bağlantılarının sürdürülmesine yardımcı olmaktadır.

Çizelge 4.8: Gün Işığı Aydınlatma Sistemlerinin Değerlendirilmesi Amacıyla Belirlenen Dış Görüş Kriteri İçin Verilen Cevaplar ve Oranları

DIŞ GÖRÜŞ					
Sistemin Adı (Sistem Sayısı:14)	Değerlendirme Ölçeği (Katılımcı Sayısı:15)				
	Tam. Engelliyor	Çok Engelliyor	Kıs. Engelliyor	Az Engelliyor	Engellemiyor
Işık Rafı	0	2	4	7	2
	0%	13%	27%	47%	13%
Anidolik Tavan	0	0	4	5	6
	0%	0%	27%	33%	40%
Anidolik Açıklık	0	0	2	5	8
	0%	0%	13%	33%	53%
Anidolik Petek	5	3	6	1	0
	33%	20%	40%	7%	0%
Prizmatik Panel	3	7	5	0	0
	20%	47%	33%	0%	0%
Lazer Kesim Panel	2	7	6	0	0
	13%	47%	40%	0%	0%
HOE	0	2	7	4	2
	0%	13%	47%	27%	13%
Işık Tüpü	0	0	3	5	7
	0%	0%	20%	33%	47%
Işık Kılavuzu	0	0	4	7	4
	0%	0%	27%	47%	27%
Himewari	0	0	1	4	10
	0%	0%	7%	27%	67%
Parans Fiber Optik	0	0	0	5	10
	0%	0%	0%	33%	67%
Hibrit Solar Aydınlatma	0	0	4	4	7
	0%	0%	27%	27%	47%
Solux	0	0	2	4	9
	0%	0%	13%	27%	60%
Işık Kılavuz Tavan	0	0	5	6	4
	0%	0%	33%	40%	27%

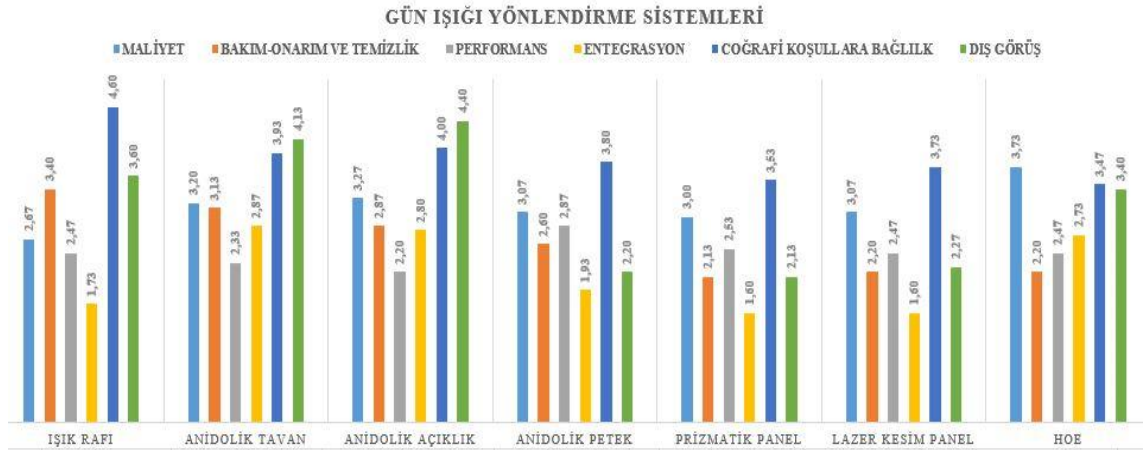
Literatür taraması sonucunda belirlenen değerlendirme kriterlerine odak grup üyelerinin gün ışığı aydınlatma sistemlerini değerlendirmek için verdikleri cevapların ayrı ayrı çizelge ve grafikler halinde gösterilerek yorumlandığı bu bölümde, gün ışığı aydınlatma sistemleri belirlenen bütün kriterler özelinde teker teker incelenmiştir. Kriterlerin incelenmesi aşamasında gün ışığı aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesi için veriler cevaplar doğrultusunda oluşturulan grafiklerden çıkarımlar yapılmıştır. Tasarımcıların bilgilendirilmesi ve kendi tasarımları için gün ışığı aydınlatma sistemleri belirlerken seçecekleri sistemleri tek kriteri göz önüne alarak değil de sistemler hakkında bütüncül düşünerek bir kriteri etkilen diğer kriterlerinde uygun sistemin seçimi sırasında göz önünde bulundurulmasının gerekliliği anlatılmak istenmiştir.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin seçim aşamasında, tasarımcılara yardımcı olmak için yapılan bu çalışmanın daha kolay anlaşılabilir bir hale gelmesi amacıyla gün ışığı aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesi için belirlenen 6 kritere verilen cevapların 5’li likert ölçeğine göre puanlamasına uygun olarak aldıkları puanlar tek bir grafikte gösterilmiştir. Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin karşılaştırılması amacıyla oluşturulan bu grafik uygun sistemin seçilmesinde tasarımcılara tüm kriterlerin değerlendirilmesini toplu halde sunarak hızlı bir karşılaştırma yapmasını sağlamaktadır. Böylelikle tasarımcıların isteklerini ve hedeflerini karşılayacak gün ışığı aydınlatma sistemlerinin hızlı bir şekilde projenin başlangıç aşamalarında belirlenmesi sağlanarak uygulanacak gün ışığı aydınlatma sistemi veya sistemleri ile ilgili aydınlatma simülasyonları yapılmasına imkân sağlayacaktır.

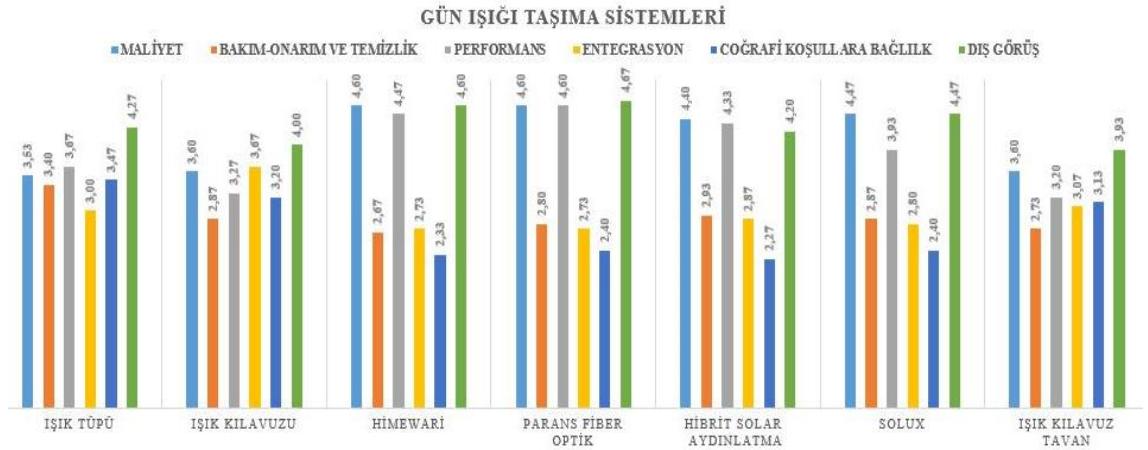
Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin karşılaştırılmasını kolaylaştırmak için sistematige uygun olarak Şekil 4.14’te gün ışığı yönlendirme sistemlerini ve Şekil 4.15’te gün ışığı taşıma sistemlerini içeren ve birebir aynı grafik sistemi kullanılarak kesişim grafikleri oluşturulmuştur. Oluşturulan kesişim grafiklerinde konu hakkında yeterli düzeyde bilgi sahibi olan odak grubun ‘maliyet, bakım-onarım ve temizlik, performans, entegrasyon, coğrafi koşullara bağlılık ve dış görüş’ kriterlerini değerlendirmek amacıyla verdikleri cevaplar toplu bir şekilde gösterilmiştir. Böylelikle tasarımcıya gün ışığı aydınlatma sistemlerinin seçimi aşamasında genel bir değerlendirme yaparak karar vermesinde doğrudan yardımcı olacak kaynak grafikler oluşturulmuştur.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin değerlendirilmesi için kullanılan kriterlerin kesişim grafiği Şekil 4.14’te ve Şekil 4.15’te gösterilmiştir. Grafiklerde maliyet kriteri için

mavi renk, bakım-onarım ve temizlik kriteri için turuncu renk, performans kriteri için gri renk, entegrasyon kriteri için sarı renk, coğrafi koşullara bağlılık kriteri için lacivert renk ve dış görüş kriteri için yeşil renkli çubuklar kullanılmıştır. Bu çubukların üzerinde yer alan sayısal değerler ise odak grubun o kriter için gün ışığı aydınlatma sistemleri arasında yapılan değerlendirmede aldığı ağırlık ortalama puan değerini göstermektedir.



Şekil 4.14: Gün Işığı Yönlendirme Sistemlerinin Belirlenen Kriterlere Ait Ağırlıklı Ortalama Değerlerinin Kesişim Grafiği



Şekil 4.15: Gün Işığı Taşıma Sistemlerinin Belirlenen Kriterlere Ait Ağırlıklı Ortalama Değerlerinin Kesişim Grafiği

5.SONUÇ

Makineleşme ve teknolojik gelişmeler sonrasında günlük yaşantımızda önemli bir olgu haline gelen enerji ihtiyacı ve bu ihtiyacın karşılanması için kullanılan enerji kaynaklarının sınırlı oluşu insanları yenilenebilir enerji kaynaklarına yöneltmiştir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş, yeryüzünün en büyük ısı ve ışık kaynağıdır. Güneş ışınlarından oluşan gün ışığının ortaya çıkan enerji krizlerine bir çözüm olarak gösteriliyor olması çalışmada anlatılan gün ışığı aydınlatma sistemlerinin aydınlatmaya duyulan ihtiyacın karşılanması için ne kadar değerli tasarımlar olduklarını bir kez daha ortaya koymaktadır.

Gün ışığı ile aydınlatma sağlanması amacıyla geliştirilen gün ışığı aydınlatma sistemlerinin anlatıldığı çalışmada, sistemlerin gün ışığını hacmin içerisine yönlendirilme veya taşınma yoluyla ileterek mevcut aydınlık düzeyinin yetersiz olduğu iç hacimlerde aydınlık düzeyini arttırmak ve hacim içerisindeki aydınlık düzeyini dengelemek için kullanıldığına değinilmiştir. Sistemlerin hacmin içerisindeki aydınlık düzeyini düzenlenmede rol oynaması, bu sistemlerin kullanıcılar için görsel konfor şartlarının sağlandığı ortamların oluşturulmasına yardımcı olduğunu da göstermektedir.

Ülkemiz güneşlenme süresinin uzun olduğu bir coğrafi konuma sahiptir. Dört mevsimin belirgin olarak yaşandığı ülkemizde güneşli gün sayısının fazla olması ülkemizin gün ışığı bakımından önemli bir potansiyele sahip olduğunu gösterir. Sahip olduğumuz bu potansiyelin kullanılması çok önemlidir. Bu potansiyelin kullanım yöntemlerinden birisi de çalışmamızda anlatılan gün ışığı aydınlatma sistemleridir. Bu sistemlerin geliştirilmesi ve yeni teknikler üretilmesi konusunda dünyada yapılan çalışmaların her geçen gün arttığı bilinmektedir. Ülkemizde bulunan üniversiteler ve araştırma kurumları da ülkemize özgü şart ve koşullara uygun gün ışığı aydınlatma sistemleri ile ilgili modellemeler ya da prototipler oluşturulmalıdır.

Günümüze kadar gelen süreçte geliştirilen, tasarlanan ve üretilen gün ışığı aydınlatma sistemlerinin kullanılması konusunda tasarımcılara büyük görev düşmektedir. Tasarımcılar, planladıkları yapılarda gün ışığı kullanımı konusunda gün ışığının geleneksel yöntemlerle kullanılmasını sağlamak yerine gün ışığı aydınlatma sistemlerini kullanmayı tercih etmelidir. Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin seçilmesi sırasında da yapı işlevine uygun olan ve beklentileri karşılayabilecek sistemi seçmeleri konusunda özverili ve dikkatli davranmalıdırlar. Tasarımcıların gün ışığı aydınlatma sistemlerinden beklediği işlevlerin sağlıklı bir şekilde yerine getirilebilmesi için proje tasarımının en başından -ön proje aşamasında- itibaren ihtiyaçları karşılayabilecek doğru sistemin seçilmesi çok önemlidir. Doğru sistemin seçilebilmesi için sistemlerin birbirleri ile karşılaştırılması ve birbirlerine üstün oldukları konuların belirlenmesi gereklidir. Yapılan karşılaştırma sonucundan tasarımcının gün ışığı aydınlatma sistemleri arasından tasarım için gerekli özelliklere sahip sistem veya sistemlerin seçilmesi kolaylaşacaktır.

Gün ışığı aydınlatma sistemlerinin tanıtılması ve seçiminde yardımcı olmak için yapılan bu çalışmada uygulanan yöntem ile sistemler birbirleri ile karşılaştırılabilir bir hale dönüştürülmüştür. Böylelikle gün ışığı aydınlatma sistemleri hakkında tasarımcıları bilgilendirmek ve bu sistemlerin seçimi ve kullanımında yol gösterecek yardımcı bir kaynak oluşturulmuştur.

KAYNAKÇA

- Ağıroğlu, O.** (2006). *Fiber Optik Aydınlatma Sistemleri*.(Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Aksoylu, E.** (2008). *Güneşlenme Olasılığına Bağlı Olarak Enerji Tüketiminin Belirlenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Alıcı, N.** (2019). *İç Mekanda Renk ve Renklerin İnsan Psikolojisine Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Alkan, İ.** (2010). *Ofis Mekanlarında Işık ve Renk İlişkisinin Görsel Konfora Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Arpacıoğlu, Ü.** (2010). *Güneşli Öncelikli Fiziksel Çevre Tasarım Destek Modeli*.(Doktora Tezi) Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Arpacıoğlu, Ü., Caliskan, C. İ., Sahin, B., Ödevci, N.** (2020). Mimari Planlamada, Güneşli Etkinliğinin Arttırılması İçin Kurgusal Tasarım Destek Modeli. *Tasarım + Kuram*, 53–78. <https://doi.org/10.14744/tasarimkuram.2020.70783>
- Avcı, C.** (2010). *Sergi Salonlarında Gün Işığından Yararlanma ve Mekan Tasarımına Etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Ayber, U.** (2009). *Mekan Kimlik İlişkisinde Işık Ve Renk Faktörlerinin Psikolojik Ve Sosyolojik Analizi*.(Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

- Bayrak, C.** (2013). *Hastane Sirkülasyon Alanlarında Görsel Konfor Açısından Aydınlatmanın Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Bekar, M.** (2018). *Sıcak-Nemli İklim Bölgelerinde avlu Boyutlarının Binalardaki Konfor Koşullarına Etkisinin Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Cekilmez, S. A.** (2017). *Aydınlatmada Modelleme Göstegesinin -Gölgenin Açıklık Koyuluk Derecesinin- Belirlenmesine Yönelik Bir Yaklaşım*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- De Vecchi, A., Coloşanni, S., & Sammataro, S.** (2004). *Daylight Transfer Systems: Physiological and Energetic Advantages*. In Sustainability of the Housing Projects (pp.56-62). TRENTO : RotoOffset Paganella.
- Edmonds, I. R., & Greenup, P. J.** (2002). Daylighting in the tropics. *Solar Energy*, 73(2), 111–121. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(02\)00039-7](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(02)00039-7)
- Efe, E.** (2007). *Aydınlatmada Gölge Niteliğinin İrdelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Ekren, N., & Memiş, Ö.** (2019). İnsan Odaklı Aydınlatma. *Int. Per. of Recent Tech. in App. Eng.* 2019, 1: 30-35. *Marmara Üniversitesi, 1(1)*, 50–56. <https://doi.org/10.35333/porta.2019.23>
- Erel, B.** (2004). *Gün Işığı Aydınlatma Alanında Geliştirilen Yeni Teknolojiler Hakkında Bir Araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Esen, O.** (2015). Doğal Aydınlatmada Kapalı Gök Koşullarında Farklı Enlemler İçin Belirlenen En Uygun Işık Rafı Tasarımı İçin Bir Yöntem. (*Doktora Tezi*). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara
- Esen, O., & Kurtay, C.** (2018). Ofis Yapıları İçin Işık Rafı Tasarımında 30 ve 45 enlemlerinde Optimum Verim Sağlanması İçin Bir Yöntem. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2018(18–2), 835–843. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.460483>

- Ganslandt, R., & Hofmann, H.** (1992). Handbuch der Lichtplanung. In *Handbuch der Lichtplanung*. <https://doi.org/10.1007/978-3-322-90449-2>
- Garcia Hansen, V., & Edmonds, I.** (2007). *Natural Illumination Of Deep-Plan Office Buildings: Light Pipe Strategies*. ISES 2003. 17(July), 5–18.
- Göker, K. M.** (2002). “İç Mimarlık-Tasarım” da Aydınlatma; İlke-Sistem-Tasarım Bağlıdır. (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Görgülü, S.** (2011). .Işık Borusuyla Aydınlatılan Odanın Şebeke Destekli Yapay Aydınlatma ile Kontrolü ve Görüntülenmesi.(Doktora Tezi) Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gürsoy, S.** (2019). *Gün Işığının Etkin Kullanımı Amacıyla Anidolik Tavan Sistemi Tasarımına Yönelik Bir Çalışma*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- IEA.** (2010). *Daylight in Buildings, Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme*.
http://www.iea-ebc.org/Data/publications/EBC_Annex_29_PSR.pdf%0Awww.iea-shc.org
- IEA SHC.** (2000). Daylight in Buildings - A Source Book on Daylighting Systems and Components. In *IEA SHC Task 21 - ECBCS Anexo 29*.
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2010.09.004>
- Jadhav, A., Gode, P., Gardi, K., & Bhandari, S.** . (2016). Photoplumbing (Optical Fiber Lighting). *IOSR Journal Of Computer Engineering (IOSR-JCE)*, 4–8.
- Karamanav, M.** (2007). *Güneş Enerjisi ve Güneş Pilleri*.(Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Kazanasmaz, T., Fırat, P., & Tosun, M.** (2011). Prizmatik ve Lazer Kesim Panellerin Doğal Aydınlatma Performansı Açısından Değerlendirilmesi. *VI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu*, İzmir.
- Kutlu, R.** (2019). Bir Tasarım Ögesi Olarak Günışığı. *TOJDAC*, 9(2), 226–233.

- Lechner, N.** (2014). *Heating, Cooling, Lighting: Sustainable Design Methods for Architects*. (4.baskı). John Wiley & Sons
- Lingfors, D., & Volotinen, T.** (2013). Illumination performance and energy saving of a solar fiber optic lighting system. *Optics Express*, 21(S4), A642.
<https://doi.org/10.1364/OE.21.00A642>
- Manav, B.** (2007). *Işık ve Sağlık: Işığın Biyolojik Sistem Üzerindeki Etkisi*. VI. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir.
- Manav, B.** (2005). *Ofislerde Aydınlik Düzeyi, Parliltı Farkı ve Renk Sıcaklığının Görsel Konfor Koşullarına Etkisi: Bir Model Çalışması.(Doktora Tezi)*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
<https://polen.itu.edu.tr/handle/11527/16591>
- Manav, B., Kutlu, R., & Küçükdoğu, M. Ş.**(2009) *Mimaride Kullanılan Cam Türlerinin Aydınlatma Açısından İncelenmesi*. V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu. <https://hdl.handle.net/11413/3240>
- Marangoz, E.** (2018). *İç Mimaride Aydınlatmanın Tanımı ve Ofis Mekanlarında Aydınlatma Kriterlerinin İncelenmesi*.(Yüksek Lisans Tezi). Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Mayhoub, M. S.** (2014). Innovative daylighting systems' challenges: A critical study. *Energy and Buildings*, 80, 394–405.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.04.019>
- Mingozzi, A., & Bottiglioni, S.** (2001). An Innovative System For Daylight Collecting and Transport For Long Distances and Mixing With Artificial Light Coming From Hollow Light Guides. *Proceeding of the 9th LuxEuropa*, 1, 12–21.
- Okutan, H.** (2008). *Gün Işığı ile Aydınlatmanın Temel İlkeleri ve Gelişmiş Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri*.(Yüksek Lisans Tezi). Mimarınan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Opdal, K.** (2001). Prismatic Hollow Light Guides for General Interior Illumination of Professional Buildings Light guides. *Proceedings Lux Europa 2001*, 244–245.

- Özgün, Ö.** (2007). *Tubular Light Guidance Systems As Advanced Daylighting Strategy* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özkum, E.** (2011). *Doğal ve Yapay Aydınlatmanın İnsan Psikolojisi Üzerindeki Etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, İstanbul.
- Özmen, P.** (2010). *20. Yüzyıl Başlarından 1980'lere Kadar Uzanan Süreçte Modern Mimarlıkta Doğal Işık Kullanımının İrdelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir
- Özorhon, İ. F.** (2002). *Mimari Mekan Kimliğini Belirleyen Yönüyle Doğal Işık*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Öztürk, Ç.** (2006). *Gelişmiş Doğal Aydınlatma Sistemleri ve Uygulama Örnekleri*. (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şahin, T.** (2012). *Yapı İçi Aydınlik Düzeyinin Yapı Biyolojisi Açısından İrdelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sarıtaş, N.** (2008). *Yapılarda Gün Işığı Denetiminde Cam Malzeme Kullanımının Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sayın, K.** (2019). *Toplu Konutların Güneş Işığı İle Aydınlanması Üzerine Bir İnceleme*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Scartezzini, J. L., & Courret, G.** (2002). Anidolic Daylighting Systems. *Solar Energy*, 73(2), 123–135. [https://doi.org/10.1016/S0038-092X\(02\)00040-3](https://doi.org/10.1016/S0038-092X(02)00040-3)
- Sema, T.** (2006). *Mimarlık ve Renk Kavramı*. (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şenol, R.** (2009). *Güneş Kulelerinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Araştırılması Ve Optimizasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

- Sertaç, G., Yüksek, İ., Dursun, B., & Kocabey, S.** (2010). *Enerji Verimliliği Kapsamında Yapılarda Doğal Aydınlatma Yöntemleri; Kırklareli Örneği*. Uluslararası II. Trakya Bölgesi Kalkınma-Girişimcilik Sempozyumu, 2, (s. 97-112). Kırklareli.
- Sipahi, G. Ş.** (2022). *Binalarda Gün Işığı ve İnsan İlişkisinin Sürdürülebilirlik Bağlamında Değerlendirilmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir.
- Şirel, P. Ş.** (2005). *Aydınlatma*. İstanbul: Yapı Fiziği Uzmanlık Uygulamaları Yayını.
- Şirel, P. Ş.** (2011). *Güneş Işığı ve Gölge*. İstanbul: Yapı Fiziği Uzmanlık Uygulamaları Yayını.
- Sıvacı, F. U.** (2017). *Doğal Aydınlatma Nitelik ve Nicelik Bağlamında Çağdaş İşlevli Tarihi Medrese Yapılarında İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tekbıyık, G.** (2018). *Sürdürülebilir Mimarlıkta Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı, Kamu Binalarında Uygulama Yöntemleri ve Örneklerinin İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). FSM Vakıf Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ünal, G., Çetegen, D., & Enarun, D.** (2005). Gelişmiş Aydınlatma Sistemleri. *Elektrik Mühendisliği*, 165–170.
- Ünver, R.** (2005). *Yapı Dışı Engeller ve Hacim İçerisinde Doğal Aydınlatma İlişkisi Üzerine Bir İnceleme*. III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, (s.211–217). Ankara.
- Yavuz, M.** (2009). *Yapı Yüzü Renklendirilmesi ve Aydınlatma İlişkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yenidoğan, C.** (2017). *Gelişmiş Doğal Aydınlatma Sistemlerinin İç Mekanda Kullanımı Açısından İncelenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yeşilyurt, C.** (2021). *Yeme-İçme Mekekanlarına Yönelik Isısal Konfor İncelemeleri: Topkapı Sosyal Tesisleri Örneği*. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yılmaz, F. Ş. (2016). Energy Efficient Lighting System Retrofit For Retail Environments. *A/Z ITU Journal of the Faculty of Architecture*, 13(10), 209–224.

Yücel, M., Kılıçarslan, Y., & Yıldırım, M. (2018). Güneş Takip Sistemiyle Çalışan Güneş Panellerin Sulama Uygulamasında Verimlilik Düzeyleri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6, 123–130. <https://doi.org/10.33202/comuagri.503955>

Zhang, J. (2017). *An Automatic Heliostat for Non-Stationary Target* (Master Thesis). Tufts University, MA-Boston(ABD)

Zeren, L. (1977). “Türkiye’de İklimle Dengeli Mimari Uygulama”, Tübitak VI. Bilim Kongresi, 17-21 Ekim 1977, Ankara.

Url-1 < <https://tr.wikipedia.org/wiki/G%C3%BCne%C5%9F>>, erişim tarihi: 20.04 2021

Url-2

<<https://tr.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnya#:~:text=D%C3%BCnya'n%C4%B1n%20G%C3%BCne%C5%9F'in%20etraf%C4%B1ndaki,ekseni%20etraf%C4%B1nda%20366%2C265%20kez%20d%C3%B6ner>>, erişim tarihi: 20.04 2021

Url-3

<https://burakbayramli.github.io/dersblog/phy/phy_081_gps/gps_kullanici_yerini_bulmak_gps_uydularina_olan_aci_uzaklik.html> erişim tarihi: 09.07.2021

Url-4 < <https://www.muhendisbeyinler.net/isigin-kirilmesi> > erişim tarihi: 09.07.2021

Url-5

<<https://tr.wikipedia.org/wiki/I%C5%9F%C4%B1k#:~:text=I%C5%9F%C4%B1k%20ve%20g%C3%B6r%C3%BCn%C3%BCr%20%C4%B1%C5%9F%C4%B1k%20e%20elektromanyetik,m%20dalga%20boylar%C4%B1%20olarak%20tan%C4%B1mlan%C4%B1r>>

erişim tarihi:20.04.2021

Url-6 < <https://rasyonalist.org/yazi/elektromanyetik-spektrum-nedir/> >, erişim tarihi:20.04.2021

Url-7 <https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Eletromanyetik_dalga_tayf%C4%B1.png>, erişim tarihi: 09.07.2021

Url-8

<<https://tr.wikipedia.org/wiki/Kornea#:~:text=Kornea%2C%20g%C3%B6z%C3%Bcn%20en%20%C3%B6n%20k%C4%B1sm%C4%B1nda,bir%20%C5%9Fekilde%20retinaya%20odaklanmas%C4%B1n%C4%B1%20sa%C4%9Flar>>, erişim tarihi: 09.05.2021

Url-9 < <http://www.halilbahcecioglu.com/tr/gozun-yapisi.html> >, erişim tarihi: 09.05.2021

Url-11 < <https://www.djc.com/news/co/11136438.html> >, erişim tarihi: 10.02.2022

Url-12 < <https://education.uslocalsearch.info/en/clackamas-high-school-1-503-353-5800.html> > , erişim tarihi: 10.02.2022

Url-13 <

<https://darkwing.uoregon.edu/~akwok/VSCS/AshCreek/lighting/home2.html> >, erişim tarihi: 10.02.2022

Url-14 < https://www.epfl.ch/labs/leso/research/resources/leso_building/ > erişim tarihi: 14.02.2022

Url-15

<https://www.epfl.ch/labs/leso/research/domains/daylight_perception/anidolics/page-43413-en-html/> erişim tarihi: 14.02.2022

Url-16 <

https://www.epfl.ch/labs/leso/research/domains/daylight_perception/anidolics/page-43415-en-html/#ceiling > erişim tarihi: 14.02.2022

Url-17 <<https://www.e-architect.co.uk/switzerland/leso-laboratory> > erişim tarihi: 14.02.2022

Url-18 < http://www.egis.org/helio_us.html#Daten > > erişim tarihi: 31.12.2020

Url-19 <<http://www.sunpipe.monodraught.com/#sunpipes-by-monodraught> >, erişim tarihi: 09.01.2021

Url-20 < <http://www.dspof.cn/article-14.html> , > erişim tarihi: 23.12.2020

Url-21 < http://www.kankyo-solutions.com/th/pdf/05_HIMAWARI.pdf > ,

erişim tarihi: 21.12.2020

Url-22 < <https://www.parans.com/customer/teknikens-och-sjofartens-hus-in-malmo-sweden/> > , erişim tarihi: 24.12.2020

Url-23 < <https://www.parans.com/products/parans-system-sp4-sunlight-collector/> > ,
erişim tarihi: 24.12.2020

Url-24

< https://www.nikken.co.jp/en/expertise/mep_engineering/incorporating_natural_light_into_windowless_rooms_by_introducing_a_mirror_duct_system.html > , erişim tarihi: 26.12.2020

Url-25 < <https://www.materialhouse.jp/english/mirrorduct.html> > , erişim tarihi: 26.12.2020