



**T.C.
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKANSAL PLANLAMA VE TASARIM ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MEKANSAL TASARIMDA HELİOSTAT
SİSTEMLERİ İLE AYDINLATMA VERİMLİLİĞİNİN
SİMÜLE EDİLEREK ARAŞTIRILMASI
VE OPTİMİZE EDİLMESİ**

Emre UYGUN

BURDUR, 2017

**T.C.
MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MEKANSAL PLANLAMA VE TASARIM ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MEKANSAL TASARIMDA HELİOSTAT
SİSTEMLERİ İLE AYDINLATMA VERİMLİLİĞİNİN
SİMÜLE EDİLEREK ARAŞTIRILMASI
VE OPTİMİZE EDİLMESİ**

Emre UYGUN

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Sertaç GÖRGÜLÜ

BURDUR, 2017

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Dünyanın en büyük, cömert ve tükenmeyen enerji kaynağı güneşin insanlığa sunduğu faydalara ve sürdürülebilirliğe katkıda bulunabilmek dileğiyle,

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Yrd. Doç. Dr. Sertaç GÖRGÜLÜ'ye saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Alan uzmanlığı eğitimim sürecinde beni yönlendiren değerli Hocam Prof. Dr. Latif Gürkan KAYA'ya ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

Öncelikle eğitim hayatımda beni her zaman destekleyen sevgili kardeşim Prof. Dr. Ayşegül UYGUN ÖKSÜZ'e, çalışmalarımı destekleyen Prof. Dr. Lütfi ÖKSÜZ'e, laboratuvar çalışma arkadaşlarım ve değerli dostlarım Gözde KARACA YURDABAK, Ferhat BOZDUMAN ve Emre AKGÜL'e destekleri için teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her aşamasında beni destekleyen aileme sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Temmuz, 2017

Emre UYGUN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ÖZET.....	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Aydınlatma ile İlgili Genel Bilgiler.....	4
2.1.1. Işık Nedir?	4
2.1.2. Işık Akısı	5
2.1.3. Işık Şiddeti.....	5
2.1.4. Aydınlık Düzeyi	5
2.1.5. Parlıltı	6
2.2. Aydınlatmada Verimlilik ve Işık Kaynakları	6
2.3. Doğal Aydınlatma ve Yararları	7
2.3.1. Yapıda Doğal Aydınlatma	8
2.3.2. Güneş ve Gün Işığı ile İlgili Bilgiler	9
2.4. Doğal Aydınlatma Sistemleri Tasarımları ve Kullanımları	11
2.4.1. Işık Rafları	12
2.4.2. Işık Boruları.....	12
2.4.3. Prizmatik Paneller	13
2.4.4. Anidolik Sistemler.....	14
2.4.5. Heliostatlı Sistemler	15
2.5. Bilgisayar Destekli Gün Işığı Ölçüm ve Tasarımı	16
2.5.1. Radiosity Metodu	16
2.5.2. Işın İzleme Metodu.....	17
2.5.3. Bilgisayar Tabanlı Basit Yapılı Hesaplama Araçları	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	19
3.1. Modern Heliostat Sistemleri.....	19
3.2. Ev Tipi Heliostat Sistemi	19
3.3. Yöntem	21
3.3.1. Ev Tipi Heliostat Sisteminin Modellenmesi.....	21
3.3.2. Heliostat Aydınlatma Hedefi; 2 Katlı Villa'nın Modellenmesi.....	22
3.3.3. Modellerin DIALux evo Ortamına Aktarılarak Düzenlenmesi.....	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	30
4.1. Gün Işığı Aydınlatma Simülasyon Sonuçları ve Verilerin Düzenlenmesi.....	30
4.2. Elde Edilen Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılma ve Görselleştirilmesi.....	35
5. SONUÇ.....	44
KAYNAKLAR.....	46
ÖZGEÇMİŞ.....	51

ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Ev tipi heliostat sistemi görseli	2
Şekil 2.1. Görülebilir dalga boyu aralığı	5
Şekil 2.2. Işık rafı sistemleri.....	12
Şekil 2.3. Işık (güneş) borusu sistemleri	13
Şekil 2.4. Prizmatik panellerin kullanımına bir örnek.....	14
Şekil 2.5. Anidolik aydınlatma sistemleri	14
Şekil 2.6. Yaygın kullanılan heliostat sistemlerine örnek uygulama	15
Şekil 2.7. Radiosity metoduna örnek bir görsel	16
Şekil 2.8. Işın izleme metoduna örnek bir görsel.....	17
Şekil 3.1. Ev tipi heliostat sisteminin örnek kullanımları	19
Şekil 3.2. Ev tipi heliostat sisteminin dikey ile yapabildiği açı kapasitesi.....	20
Şekil 3.3. Simülasyonda kullanılmak üzere modellenen ev tipi heliostat sistemi.....	21
Şekil 3.4. Oluşturulan villa modelinin üst görünüş planı	22
Şekil 3.5. Oluşturulan detaylı villa modeli ve heliostat sistemi konumu	23
Şekil 3.6. DIALux evo arayüzünde konum ve saat dilimi bilgilerinin girilmesi	24
Şekil 3.7. DIALux evo programına aktarılmış olan .dxf formatlı çizim.....	24
Şekil 3.8. Dokuları ve gün ışığı aktarma alanları oluşturulmuş model	25
Şekil 3.9. İç tasarıma ait modeller ve yansıma oranlı doku kaplamaları	26
Şekil 3.10. DIALux simülasyonu içerisinde heliostat sistemi konumu	27
Şekil 3.11. Heliostat sistemi yansıtıcı yüzeylerin açısal hareketinin tanımlanması.....	28
Şekil 3.12. Oluşturulan simülasyonda örnek yansıtma ve aydınlatma hesaplaması	29
Şekil 3.13. Oluşturulan simülasyon eşit koşullar altında alınan örnek görseller a) Simülasyona heliostat dahil edilmeden b) Heliostat ile birlikte.....	29
Şekil 4.1. DIALux gün ışığı alanı lux değerleri değişimi renk aralığı	30
Şekil 4.2. Oluşturulan simülasyonda örnek yansıtma ve aydınlatma hesaplaması a) Hesaplama alanı 1 b) Hesaplama alanı 2 c) Hesaplama alanı 3	31
Şekil 4.3. Simülasyon 15.220 lx – 21.442 lx ortalama değerleri görseli a) Heliostat pasif b) Heliostat aktif.....	32
Şekil 4.4. Ev tipi heliostat sistemi çalışma alanı bölgesi kazanç grafiği.....	36
Şekil 4.5. Ev tipi heliostat sistemi mekan iç aydınlatma ortalamasına etki grafiği.....	37
Şekil 4.6. Ev tipi heliostat sistemi ile alınan duvar aydınlık düzeyi dağılımı görseli	37

Şekil 4.7. Çalışma bölgesindeki aydınlık düzeyi dağılımı	38
Şekil 4.8. Heliostat sistemi DIALux evo ile mekan dışı mimari görselleştirilmesi	39
Şekil 4.9. Heliostat sistemi DIALux evo ile mekan içi mimari görselleştirilmesi	39
Şekil 4.10. Heliostat sistemi DIALux evo içerisinde görsel parıltı yoğunluğu.....	40
Şekil 4.11. Heliostat sistemi parıltı dağılımı parlaklık değerleri görseli.....	41
Şekil 4.12. Heliostat sistemi ile çalışma bölgesi için gün içi toplam lux değerleri grafiği .	41
Şekil 4.13. Çalışma seviyesi farklı duvar boyası dokusu yansıtma oranları değerleri	42
Şekil 4.14. Yansıtma oranı farklı duvar boyası dokularının parıltı dağılımı izohatları a) Yansıtma oranı %30 b) Yansıtma oranı %90	42
Şekil 4.15. Farklı duvar boyası dokularının aydınlatma dağılımına olan etkisi a) Yansıtma oranı %30 b)Yansıtma oranı %90	43
Şekil 5.1. Oluşturulan simülasyon bölgesi modelinin mimari görselleştirmesi	44

ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Farklı gökyüzü durumları için toplam ve yaygın ışınım miktarları.....	10
Tablo 3.1. Ev tipi heliostat sisteminin dikey ile açı ve mesafe oranları	21
Tablo 4.1. Gün ışığı aktarım bölgesi (Alan 1) için elde edilen veriler	33
Tablo 4.2. Çalışma seviyesi bölgesi (Alan 2) için elde edilen veriler	34
Tablo 4.3. Heliostat sistemi hedef bölgesi (Alan 3) için elde edilen veriler.....	35



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
C4D	: Cinema 4D
DXF	: Veri Değişim Formatı
E	: Aydınlık Düzeyi
L	: Parlıltı
lm	: Lumen
lx	: Lux
m	: Metre
m²	: Metrekare
Nm	: Nanometre
STL	: Stereolithography
3DS	: 3 Boyutlu Stüdyo Uzantısı
Φ	: Işık Akısı

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Mekansal Tasarımda Heliostat Sistemleri ile Aydınlatma Verimliliğinin Simüle Edilerek Araştırılması ve Optimize Edilmesi

Emre Uygun

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Mekansal Planlama ve Tasarım Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Sertaç Görgülü

Temmuz, 2017

Güneş enerjisinin yararları arasında en önemlisini söyleyecek olursak ilk söylenmesi gereken şeyler sınırsız ve sürdürülebilir olmasıdır. Sınırsız, maliyetsiz ve temiz bir enerji türü olan güneş enerjisi tüm alanlarda olduğu gibi mimari alanda da sıkça tercih edilmektedir. Günümüzde tüm yeni teknolojiler güneş enerjisi odaklı olarak yapılmaktadır. Güneş enerjisi hızla yükselen ve ilk sırada tercih edilen bir enerji kaynağı haline gelmektedir. Çalışmada, sürdürülebilir mimari alanında doğal gün ışığı ile mekanın aydınlatmasında kullanılan sistemler 3 boyutlu modelleme yardımı ile simüle edilerek sistem, malzeme üzerinde durularak aydınlatmada kazanç oranı hesaplanmıştır. Ülkemizde enerji tüketiminin yaklaşık olarak 1/4'ü aydınlatma ihtiyacına harcanmaktadır. Mekan aydınlatma sistemlerinde güneş ışığının önemi keşfedilmesi ile ortaya gün ışığı aydınlatma sistemleri ve tasarımlarının önemi çıkmıştır. Mekanlarda aydınlatma tasarımının temel amacı sağlık ve görsel konforu üst seviyede tutarak kaynak tüketimini en aza indirmektir. Bu çalışmada aydınlatma tasarımında yaygın kullanılan DIALux evo programı ile ev tipi heliostat sistemi kullanılarak mekan iç ve ışık ileten bölgelerinin aydınlık düzeyi, verimliliği, sağlık açısından uygunluk standartlarına göre hesaplanıp, çıktılar ile mekanın aydınlatma analizi yapılarak optimum değerler ortaya koyularak karşılaştırmalar yapılmıştır. Programda gözlem noktasına göre aydınlık düzeyi hesaplama, mekan iç bileşenlerine düşen aydınlık düzeyi ve eş aydınlık düzeyi değer çizgileri elde edilebilmektedir. Bu çalışmada ışık ve aydınlatmanın temel özellikleri ile önemine değinilerek, modern ve hesaplı ev tipi heliostat sistemi tanıtılarak özelliklerinden bahsedilmiştir. Bu sistemin özellikleri baz alınarak C4D modelleme programında 3 boyutlu olarak modellenmiştir. Oluşturulan model koşullu bir ortam içerisinde güneşin konumu, kuzey yönü, bina konum kaynaklı gölgeler ile hesaplamalar alınıp bu tip kullanışlı ve modern heliostat sistemlerinin aydınlatma kazanç performansı gözlemlenerek, veriler grafiklerle sunulmuş, gün ışığını dışarıda yakalayıp bina içerisine aktaran heliostat sistemi incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: aydınlatma tasarımı, DIALux, gün ışığı, ev tipi heliostat sistemi

SUMMARY

M. Sc. Thesis

**To Investigate and Optimize the Simulation of Lighting Efficiency with
Heliostat Systems in Spatial Design**

Emre Uygun

**Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Spatial Planning and Design Department**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Sertaç Görgülü

July, 2017

If we want to talk about the most important benefits of solar energy, the first thing we should say is; it is unlimited and sustainable. Solar energy, which is an unlimited, costless and clean type of energy, is often preferred in architecture also as in all other areas. Today, all new technologies are made by focusing on solar energy. Solar energy is rapidly increasing and becoming the preferred energy source in the first place. In the study, the systems used in the illumination of the building with natural daylight in the sustainable architecture will be simulated with the help of 3-D modeling and therefore energy saving in illumination will be calculated by focusing on the system and material. Approximately one fourth of the energy consumption in our country is spent on lighting needs. With the discovery of the importance of sunlight in lighting systems in buildings, daylight lighting systems and their designs have emerged. The main objective of lighting design in buildings is, to minimize resource consumption by keeping health and visual comfort in a high level. In this study, DIALux evo program which is widely used in lighting design and home heliostat which is a home lighting system will be used in order to calculate the luminous intensity of interior and light-transmitting areas of the building, efficiency, health suitability standards and after making the lighting analysis with the obtained outputs, optimum values will be set forth and comparisons will be made. According to the observation point in the program, calculation of luminous intensity, intensity of the inner components of the structure and lines of luminous intensity values can be obtained. In this study, the importance of light and illumination will be emphasized and home heliostat system which is one of the modern and economical heliostat systems will be introduced and its features will be mentioned. Based on the features of this system, it will be modeled as 3D in the C4D modeling program. With the model created, in a conditional environment calculations will be made with the position of the sun, north direction, shadows sourced by building location and the lighting performance of such useful and modern heliostat systems will be observed. The data will be presented with graphics and the heliostat system which captures daylight outside and transfers it to the building, will be examined.

Keywords: lighting design, DIALux, daylight, home heliostat system

1. GİRİŞ

Her alanda olduğu gibi enerji tüketimi tüm mekan tasarımlarında her geçen gün önemi artırmaya devam etmektedir. Kaynak tüketimini alt seviyelere çekerken bina performansını üst seviyelerde tutmak öncelikli amaç haline gelmiştir. Yapılan araştırmalar ve gelişen teknoloji ile sürdürülebilirlik terimi aynı zamanda yeşil, ekolojik, kullanıcı ve çevre dostu gibi başka terimler ile birlikte anılmaya da başlanmıştır (Çetin, 2010). Aydınlatma alanında istenilen bu kavramlar ile enerji optimizasyonu mekan konforu düşürerek değil, bina performansı ve kullanıcı sağlığını düşürmeden gerekli aydınlık düzeyi seviyeleri oluşturularak sağlanmalıdır (Onaygil, 2001). Bunların yanında verimli tasarlanmış doğal aydınlatma sistemi mekan, ısı yüklerinin dengelenmesini, kullanıcılarının sağlığını ve aktivitelerini destekler (Capeluto, 2003). Günümüzde tüketilen elektrik enerjisinin %25 gibi büyük bir bölümünü aydınlatma ihtiyaçları üzerindedir (Küçükdoğu, 2017). Gün ışığı tüm dünyada önemli derecede artan elektrik tüketimini azaltmak açısından yenilenebilir enerjiler arasında çok önemli bir yere sahiptir (Annual Energy Outlook, 2012). Mekanlarda gün ışığı kazancı hem ısınma hem aydınlatma açısından çok önemli bir konuma sahiptir. Gün ışığı aydınlatması günün aydınlık zaman diliminde gün ışığından maksimum faydalanarak istenilen alanda doğal aydınlatma sağlanması ve yapay aydınlatma ile gelen enerji tüketimlerinin minimize edilmesi hatta tamamen kaldırılmasını sağlamaktadır. Bunun yanında doğal gün ışığı ile yapılan aydınlatmaların insanlar üzerinde bıraktığı pozitif etkiler daha önce yapılan çalışmalarda tartışılmıştır (Marks, 2013, Uygun ve Görgülü, 2016). Şehir yaşamı süren insanların büyük çoğunluğu gündüz saatlerini bile güneş ışığı görmeden yapay aydınlatma altında geçirmektedir ve bunun zararlı etkileri daha önceki çalışmalarda araştırılmıştır (Marks, 2013). İnsanın algı kapasitesinin %80'i görme duyusu ile gerçekleşmektedir (Çetin vd., 2003). Bu yüzden sağlıklı algılama durumu doğal ve optimum aydınlatma ile gerçekleşebilmektedir. Aydınlatma konulu başka bir çalışmada nörobiyolojik çalışmalarla varılan sonuçlar toplanmıştır (Rea, 2002). Bu geniş kapsamlı çalışmanın sonucunda sağlıklı aydınlatma beynin aktivitelerinin düzenlenmesinde (Badia vd., 1991) ve vücudun salgıladığı melatonin hormonunun düzenlenmesinde etkilediğinden bahsedilmiştir (Lewy, 1980). Tasarımcılar mekan kurgusunu tasarlarken aydınlatma tasarımının otonom tepkiler ile hormon ve sinir sistemimizi etkilediğini hesaba katarak ilerlemelidirler (Bommel vd.,

2005). Innovative Design tarafından yapılan bir çalışmada sensörler aracılığıyla gün ışığı okulları oluşturulmuştur, bu çalışma sonucunda gün ışığını her alanında kullanabilen bu mekan sayesinde çocukların okula gelme oranında artış, kütüphane ses seviyesinde büyük azalma, çocukların çok daha neşeli oldukları ve hızlı gelişim gösterdikleri gözlemlenmiştir (Matusiak, 2010). Yapılan çalışmalar doğrultusunda ihtiyaç duyulan aydınlatma seviyelerini sağlamada genel yöntemler yetersiz kaldığında doğal enerji kazanımı ve aydınlatma tasarımı ön plana yerleşmektedir. Mekan tasarım aşamasında bu durum çeşitli simülasyon programları ile belirlenmeli ve hesaplanmalıdır. Hali hazırdaki binalarda ve tasarım aşamasında enerji kazanım hesaplamaları yapılmamış binalar için alternatif yöntemler ortaya çıkmıştır. Mini yazılımlar ve sensörler sayesinde güneş ışınlarını toplayan ve yoğunlaştıran heliostat sistemleri geçmişten günümüze aydınlatma sistemlerinde kullanılmaktadır. (Aydınlı ve Rosemann, 2000). Alternatif yöntemlerden birisi olan heliostatlı sistemlerden gün ışığı toplayıcı ve yansıtıcı ev tipi heliostat sistemi dikkat çekmektedir. Bu tez çalışmasında mekan doğal aydınlatması, gün ışığının mekana en iyi şekilde yönlendirilmesi ve aktarma kapasitesi gözlemlenmesi amacıyla ev tipi heliostat sistemi modellenecek ve simüle edilerek incelenecektir. Ev tipi heliostat sisteminin görseli Şekil 1.1’de sunulmuştur.



Şekil 1.1. Ev tipi heliostat görseli (Wikoda, 2017)

Her ne kadar yapay aydınlatma teknolojileri gelişimi sürmekte olsa da enerji tüketimi fazlalığı açısından tasarımcıları yapay aydınlatma ile birlikte doğal kaynakların

kullanımına yöneltmiştir (Yapar, 2007). Mekanların, enerji potansiyelini doğal aydınlatma ile üst seviyelere çıkarılabileceğinin farkına varılmıştır. (Lam, 1986). Elimizde bulunan güneş gibi doğal bir kaynağın doğru kullanımı ile CIE aydınlatma standartlarına ve optimum aydınlık seviyelerine kolayca ulaşabilir. Binanın kuzey yönünde olmasından dolayı güneş ışığına ulaşamıyor olabileceği gibi güneş ışığını engelleyen çevresel faktörler de bu duruma sebep olabilmektedir (Willis, 1995). Modern heliostat sistemleri bu tip varyasyonlarda hatta buzlanan bölgeleri ortadan kaldırma amaçlı olarak da kullanılabilir. Özellikle sürdürülebilir mimarlıkta büyük rol oynayan güneş, enerji kullanımını optimize etmekte büyük rol oynamaktadır (Guzowski, 2000).

Güneş enerjisinin enerji verimli binalardaki öneminden daha önce yapılan çalışmalarda bahsedilmiştir. Bu çalışmalarda gün ışığının mekan içerisine aktarılmasının öneminden ve doğrudan ve dolaylı aydınlatma yöntemlerinden bahsedilmiştir. Yapay aydınlatma yanında doğal aydınlatmanın kullanımı ile enerji tüketimi %30 ile %70 aralığında azaltılabildiği gözlemlenmiştir (Yüksek ve Karadayı, 2017).

Yapılan çalışmanın giriş bölümünde çalışmanın amaç ve yöntemlerinden bahsedilmiştir. İkinci bölümde aydınlatma ile ilgili genel bilgiler ve doğal aydınlatma yöntemlerine örnekler verilerek doğal aydınlatmanın detayları sunulmuştur. Bu bölümde ayrıca çalışmada kullanılan modelleme ve simülasyon yöntemlerinin detaylarından ve ışın izleme metodunun avantajlarından bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde simülasyon yöntemlerinde kullanılacak modellerin detaylarından bahsedilmiş ve modeller görseller ile sunulmuştur. Bu bölümde ayrıca modellerin simülasyon ortamına hazırlanması, simülasyonun detaylandırılması ve sayısal verilerin simülasyona aktarılması görseller ile sunulmuştur. Dördüncü bölümde elde edilen görsel ve sayısal verilerin düzenlenmesi, verilerin oluşturulmasında yardımcı olan lux değer tablosu ve sonuçların alındığı sensör bölgeleri gösterilmiştir. Bu bölümde alınan sonuçların mekan içi yansıtma dokuları ile değişen aydınlatma seviyesi optimizasyon verileri incelenmiş ve gözlemlenen değişimler sayısal ve görsel veriler ile sunulmuştur. Beşinci bölümde sonuç ve elde edilen verilerden bahsedilerek simülasyon alanının mimari görselleştirmesi sunulmuştur. Yapılan çalışmanın hedefi diğer örnekleri verilen doğal aydınlatma yöntemlerinden, uygulaması pratik ve kullanıcı dostu olan ev tipi heliostat sisteminin mekan içerisine ve çalışma bölgesine aktarabildiği lux değerleri ve aydınlatmaya sağladığı katkı'nın modelleme - simülasyon yöntemleri ile incelenmesi, sonuçların grafik - görseller aracılığı ile sunulması ve Dialux evo programının bu sistemler ile kullanımı hakkında gelecek çalışmalara veritabanı oluşturulmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Aydınlatma ile İlgili Genel Bilgiler

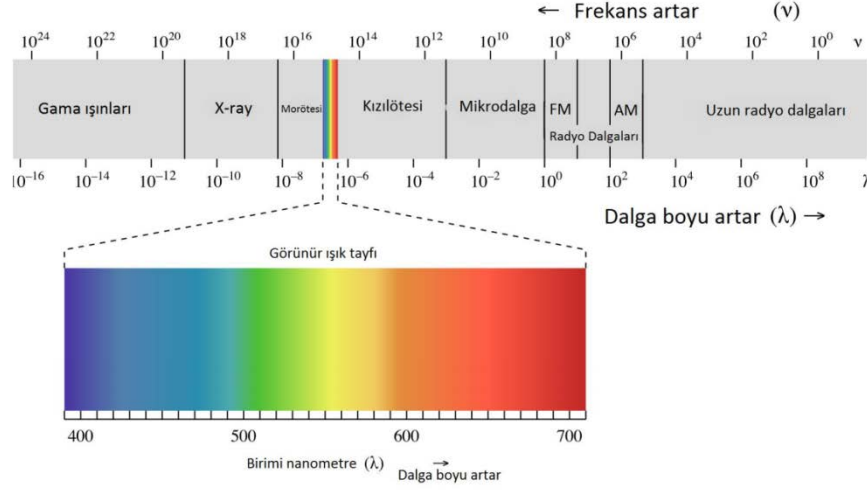
Aydınlatma uluslararası kabul görmüş açıklaması ile nesnelere ve çevrenin olduğu gibi görülebilmesini sağlamak amacıyla yapılan ışık uygulamasıdır (Sirel, 1991). Yaygın uygulamalarında aydınlatmada pratik ve estetik bir etki elde edilmesi de amaçlanır. Aydınlatma, yapay aydınlatma yanı sıra gün ışığı yakalama yolu ile de gerçekleştirilmektedir. Gün ışığı ana aydınlatma kaynağı olarak kullanılır, bu kullanım sayesinde kaynak tasarrufu, aydınlatmada performans ve olumlu psikolojik etkiler sağlanabilir.

Optimize edilmiş bir doğal aydınlatma, nesneyi ve çevresini en sağlıklı biçimde algılanmasını sağlayabilmelidir. Görsel konfor, mekanın iç hacminde belirli bir seviyenin üstünde yeterli bir aydınlık düzeyini sağlayabilmekten geçer (Kazanasmaz, 2017). Bu seviyeler mekanda çalışma seviyesi için ortalama 500 lx, özel işlemler için ise ortalama 1000 lx seviyelerinde olmalıdır (Kürkçü, 2017).

Temel olarak aydınlatma değerleri ışık akısı, ışık şiddeti, aydınlık düzeyi, parlılık, parlılık faktörü ve açılar olarak sıralanabilir. Bu değerlerin optimizasyonu verimli ve kaliteli bir aydınlatma için ihtiyaç doğrultusunda anlaşılması ve optimize edilmesi gerekir (Bhusal, 2006). Aydınlatma alanında enerjinin verimli kullanılması bu değerlerin optimum seviyede kullanılmasıyla sağlanabilir.

2.1.1. Işık Nedir?

Işığı tanımlamak gerekirse radyasyon enerjisinin görsel duyarlılığa etkisidir denilebilir. 380 ila 760 nm dalga boylu radyasyonlar görülür ve “ışık” olarak adlandırılır (Christos vd., 2003). Işık; güneş gibi doğal veya aydınlatma araçları gibi yapay formlarda sağlanabilir ve/veya bulunabilir. Görülebilir ışık dalga boyu aralığı grafiği Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Görülebilir dalga boyu aralığı

2.1.2. Işık Akısı

Işık akısı birim yüzeyden birim zamanda geçen ışık miktarına denir ve yayılan ışık miktarı ile ilgili bir kavramdır. Işık akısı fiziksel bir niceliktir ve insan gözünün algılayabildiği ışık gücünü ifade eder. Işık akısı birimi lümen (lm)'dir ve 'Φ' sembolü ile gösterilir (Jurgen, 1968).

2.1.3. Işık Şiddeti

Bir ışık kaynağında sabit açı içerisinde yayılan ışık akısının ölçüsüne ışık şiddeti denilebilir. Işık akısı dendiği zaman, kaynaktan yayılan toplam akı, ışık şiddeti dendiği zaman ise bir steradyanlık katı açı içerisindeki akı kastedilir. MKS sistemi içerisinde ışık şiddetinin birimine 'candela' denir (Ryer, 1997).

2.1.4. Aydınlık Düzeyi

Aydınlık düzeyi bir yüzeyin birim alanına birim zamanda düşen ışık akısı miktarıdır. Birimi lux olup 'E' harfi ile gösterilir. Bu açıklamaya göre 1 lx aydınlık düzeyi 1 lümen / 1 m² şeklinde tanımlanabilir (Karel, 2015).

Aydınlık düzeyi dünya üzerinde gün ışığının en yoğun olduğu noktada maksimum 100 000 lx değerindedir. Türkiye, Avrupa ve Amerika'dan çok daha fazla gün ışığına sahiptir (Sirel, 1965).

2.1.5. Parıltı

Parıltı, gözü etkileyen bir ışık kaynağının ışıksal büyüklüğü ile ilgilidir, kelime anlamı olarak yüksel parıltı değerlerini belirtmek için kullanılan sıfattır (Sirel, 2012). Kaliteli bir aydınlatma seviyesi düzgün dağılımlı parıltı, kamaşmanın olmaması ve stabil renkler ile sağlanabilmektedir (Veitch and Newsham, 2000). Göz cismin üzerindeki parıltıyı algılar, cismin yansıtma katsayısı ışık oranını belirler (Küçükdoğu, 2000). Parıltı simgesel olarak 'L' ile gösterilir. Direkt aydınlatma sisteminde, tavan parıltısı düşük, çalışma yüzeyleri, mobilyalar ve döşeme parıltıları yüksektir (Öncel, 1996). Çalışma alanında oluşan parıltının çevresel parıltıya olan oran ve optimizasyonu insanların konfor, iş dikkatini artırarak daha sağlıklı ortam oluşmasını sağlayacaktır. Parıltının orantısızlığı ve yüksek seviyelerde olması aydınlatma alanında istenmeyen kamaşma durumuna sebep olabilmektedir.

2.2. Aydınlatmada Verimlilik ve Işık Kaynakları

Aydınlatma alanında kapalı mekan aydınlatmasına iç aydınlatma, bunun dışında kalan tüm açık alan aydınlatmalarına ise dış aydınlatma denir ve bileşenleri aşağıda verilmiştir (Onuk, 2008).

İç aydınlatma:

- Doğal ışık (güneş+gökyüzü ışığı)
- Yapay ışık (lamba kaynaklı ışık)
- Doğal ışık + yapay ışık (bütünleşik aydınlatma)

Dış aydınlatma:

- Yapay ışık (lamba kaynaklı ışık)
- Doğal ışık (güneş+gökyüzü ışığı)

Aydınlatmada verimlilik hedeflendiğinde en yüksek enerji tasarruf değeri hedeflenirken güvenlik, sağlık ve konfor açısından aydınlatma kalitesi asla düşmemelidir. Kaliteli bir aydınlatma için uluslararası standartlar temel alınarak en uygun çözüm ve tasarım belirlenmelidir. Kullanılacak armatür ve elde olan doğal ışık kaynakları en iyi şekilde hesaplanmalı, tasarımı bu hesaplamalara göre yapılmalıdır. Verimli zaman ve otomasyon kontrollü sistemler ile bu tasarımların altyapısı hazırlanmalıdır (Yılmaz, 2006).

Lamba değişimi, armatür değişimi gibi son kullanıcı değişiklikleri yanı sıra aydınlatma tasarımında verimlilik sağlanırken izlenebilecek profesyonel ve hesaplı yollar da vardır, bunlar aydınlatma sistemlerinin yeni tasarımı, sistem yerleşimi değişimi ve otomasyon sistemleri ile birlikte doğal ışık kaynaklarını bu sistemler ile birleştirmektir (Yılmaz, 2006).

Daha önceki çalışmalarda birbirinden farklı olan gün ışığı aydınlatma sistemleri incelenmiş ve yapılabilecek en uygun doğal aydınlatma sisteminin binanın gereksinimi doğrultusunda yapılması gerektiğini aksi halde mekanın ısınma probleminin yanı sıra kamaşma ve görsel konfor problemlerinin ortaya çıktığı açıklanmıştır (Kischkoweit-Lopin, 2002).

Profesyonel aydınlatmada insanın ışık ve renk görme özellikleri, doğal ve yapay ışık kaynaklarının özellikleri, yüzey malzemelerinin yansıtma ve emme özellikleri, mimari kavramlar ve değerler, ölçme ve hesap teknikleri gibi geniş bir bilimsel veri ağından yararlanır. Bu nedenler dolayısıyla aydınlatma tasarımı; mühendislik, mimarlık, malzeme, fizik ve elektronik alanlarını kapsayan disiplinler arası bir çalışmadır (Kıncay, 2017).

2.3. Doğal Aydınlatma ve Yararları

Mekana özel aydınlatma tasarımı ve sistemleri konfor amaçlı lüks mekanlarda kullanılmaya başlanmıştır, günümüzde ise bunlara ek olarak yoğun bir şekilde sürdürülebilir enerji sektöründe yer edinmiştir. Aydınlatma tasarımı yapılırken yapay aydınlatma sistemleri çeşitleri, güç, aydınlık değerleri, konumlandırılması gibi birçok özellik belirlenir, bunun yanında mimariye uygun doğal aydınlatma sistemleri ile gün ışığından kazanç maksimuma çıkarılarak enerji tüketimi de minimuma indirilir. Bu enerji tasarrufu sağlayan sistemler fabrikalar, işletmeler ve tipik ev kullanımları için uygun, hesaplı ve zahmetsizdir. Bu tasarruf sağlanırken konfor düşürülmeyeceği için ön tasarım ve planlama aşaması öneminden bahsedilmiştir (Yılmaz, 2006). Gün ışığı insanların daha iyi görmelerini ve çevreleriyle bağlantı hissetmelerini sağlar. Bu nedenle mekanlarda gün ışığı tercih görür. Yapılan çalışmalar, gün ışığının insan sağlığına olumlu faydaları olduğunu, diğer yanda yapay aydınlatmanın ise insan sağlığı için zararlı etkiler barındırdığını göstermektedir. Örneğin suni ışık altında çok ders çalışan bir çocuğun gözlerinin hızla bozulduğu bilinmektedir (Okutan, 2008). Gün ışığı sınırları yatıştırarak vücudun doğal ritmini düzenlemektedir. Gün ışığını yeterince alan insanlarda hormonal salgılar daha düzenli salgılanmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda gün ışığının strese de iyi geldiği görülmüştür (Edwards and Torcellini, 2002). Uygun olmayan ya da yetersiz aydınlatma

gözlerde rahatsızlığa sebep olmakta, ayrıca baş ağrısına neden olabilmektedir. Uygun aydınlatma, özellikle gün ışığı, insanı psikolojik açıdan olumlu etkilemektedir (Okutan, 2008). Günümüzde bu etkiyi sağlayan yapay aydınlatma teknikleri de geliştirilmiştir. Örneğin insan biyolojik ritmi ile uyumlu olarak doğal aydınlatmaya yakın özellikte ve şiddeti gün ışığına benzer biçimde ayarlanabilen aydınlatma sistemleri günümüzde kullanılmaktadır (Anonymous, 2000). Dünyada birçok ülkede tanınmış büyük şirket doğal aydınlatma sistemlerini ve aydınlatma tasarımını kullanmaktadır, bu kullanım şirketlere aşağıdaki avantajları sağlamaktadır (Form Group, 2017).

- ✓ Artan enerji maliyetlerini azaltma fırsatı
- ✓ Çalışanların sağlığını ve performanslarını pozitif etkileme
- ✓ Enerji tüketimi kanunları ve kurallarına uygunluk sağlama
- ✓ Yeşil bina kullanımı ile şirket imajına olumlu katkı
- ✓ Tasarım ve görsel alan şirketlerinde gerçek renk dokuları sağlama

Doğal aydınlatma tasarımı sistemlerinin standart evlerde kullanımındaki faydaları aşağıdaki gibi başlıca sıralanabilmektedir (Form Group, 2017).

- ✓ Aydınlatmada elektrik kesintilerinden etkilenmeme
- ✓ Maddi tasarruf ve maliyetsiz kullanım
- ✓ Gün ışığının gerçekçi renkler ve doğal görüş sağlaması
- ✓ Çevresel ve insan sağlığına kanıtlanmış pozitif etkileri
- ✓ Çok düşük veya hiç olmayan bakım maliyetleri

2.3.1. Yapılarda Doğal Aydınlatma

Doğal ışık, faydaları nedeni ile ilk tercih edilen aydınlatma türüdür (Öztürk, 2006). Güneş, doğal aydınlatma kaynaklarının temelidir. Doğal aydınlatma CIE standartlarında ve optimum seviyelerde gün ışığının yapıya iletilmesidir. Direk gün ışığının binanın yönüne bağlı olarak bina cephesini etkilemesi ve pencereler yoluyla hacimlere girmesi ise yörenin enlemine, gün ve saatlere bağlı ayrıntılı analizler sonucunda belirlenebilmektedir. Doğal aydınlatma sisteminin görsel koşullarını sağlayabilecek bir biçimde tasarlanabilmesi için bu analizlerin yapılması zorunludur (Okutan, 2008). Her ne kadar sağlıklı ve temel aydınlatma seviyesi olarak kabul edilen gün ışığı doğal aydınlatma kaynağı olsa da, değişken karakterinden dolayı faydaları yanı sıra uzun süreli zararlı ışınlar da

göndermektedir. Aynı zamanda aydınlık düzeyi yetersizliği, havanın kapalı olması durumu gibi durumlar meydana gelebilir (Yenidoğan, 2017). Güneş ışığının zararlı tarafı olan bu ışınlar mekanlarda pencere camları tarafından soğurulmaktadır. Doğal aydınlatmanın temelini pencereler oluşturur, pencereler mekana düşey olarak yerleştirilen gün ışığını farklı geçirgenlik özelliklerine sahip açıklıklar olarak tanımlanabilir. Aynı zamanda pencereler mekanın iç ve dış konum bağlantısını sağlamaktadır. Pencerelerin boyutları, konumlandırılması, yüksekliği gibi belli başlı özellikleri gün ışığını aktarma kapasitesine doğrudan bağlıdır ve modern doğal aydınlatma sistemlerinin büyük bir kısmında pencereler gün ışığı aktarma elemanı olarak kullanılmaktadır. Doğal aydınlatma oranını arttırmak ve gün ışığının mekan derinliklerine ulaşmasını sağlamak için, pencere yüksekliği ve duvar ilişkisi önem taşımaktadır (Ssenooba, 2000). Aydınlatma tasarımı yapılmış bir mekanda enerji tasarrufu, aydınlatma ve konfor maksimum seviyede olacaktır.

Türkiye’de de enerji verimliliği yasa tasarısı kabul edilmiş ve Kyoto anlaşmasını imzalayacağını bildiren bu bağlamda önemli bir adım atılmıştır. Kyoto Protokolü, sera etkisi yaratan gazların salınımlarını (emisyon) kıstak üzere sanayileşmiş ülkelere çeşitli hedefler belirleyen uluslararası bir anlaşmadır. Tüm bu çalışmalar sürdürülebilirlik; yani bu günün ihtiyaçlarını karşılarken gelecek nesillerin de yaşam koşullarını ve çevresel değerlerini göz önüne almayı amaçlamaktadır (Okutan, 2008).

Yapılan çalışmada sürdürülebilirlik üstüne doğal kaynakların verimli kullanımı açısından doğal ışığın en verimli ve en üst seviyelerde kullanımı için simülasyon destekli hesaplama yöntemleri üzerine çalışılmıştır ve bu hesaplamaların veriler haline getirilmesi için yardımcı bir kaynak oluşturmak amaçlanmıştır.

2.3.2. Güneş ve Gün Işığı ile İlgili Bilgiler

Gün ışığı görünür evrensel ışınımıdır. Gün ışığı; güneş ışığı ve gök ışığı toplamıdır (Okutan, 2008). Güneş, merkezinde olduğu güneş sisteminin yıldızı, dünya hemen hemen tüm yaşam döngüsünün tamamının temelinde bulunmaktadır. Dünya kendi kuzey güney eksenini etrafındaki dönüşünü 24 saatte, güneş yörüngesindeki dönüşünü ise 1 yılda tamamlar. Dönüş aksı ile 23 derecelik açı yapar. Gözlemcinin güneşi gördüğü yükseklik (azimut açısı), gözlemcinin yerine (enlemine), mevsime (dünyanın yörünge üzerindeki konumuna), günün zamanına (dünyanın kendi ekseninde dönüşü) bağlıdır (Köster, 2004). Güneş merkezli yayılan farklı dalga boylarında elektromanyetik radyasyon enerjisine kısaca gün ışığı denir ve farklı dalga boylarında yayılan bu elektromanyetik radyasyon enerjisi güneş spektrumu olarak adlandırılır (Brennan and Fedor, 2017). Güneşten gelen

elektromagnetik dalgaların %50'si uzun dalga boyu, %10'u kısa dalga boyundadır. Bu dalgaların bir kısmı atmosferden geçerken yansılır ve atmosferin üst kısmına çarpan, uzunluğu 30nm olan ışınlar burada yutulur (Yenidoğan, 2017). Güneş ışığının bir kısmı, atmosfer içine girdikten sonra yeryüzüne ulaşmaya kadar, miktarı geçtiği hava kütesine bağlı olarak, atmosferi oluşturan bileşenlerden ozon ve 3 su buharı tarafından, belirli dalga uzunluklarında seçilmeli olarak yutulur. Hava içerisindeki moleküller, toz ve su buharı tarafından saçılır. Işınımın bu yutulan ve saçılan kısmı yaygın ışınımı oluşturur (Enarun, 1987). Çeşitli gökyüzü durumları için ışınım miktarları ve yaygın ışınım oranları Tablo 2.1'de verilmiştir (Ertürk, 1997).

Tablo 2.1. Farklı gökyüzü durumları için toplam ve yaygın ışınım miktarları

	Açık Gökyüzü	Puslu Gökyüzü	Kapalı Gökyüzü
Toplam Işınım	600 – 1000 W/m ²	200 – 400 W/m ²	50 – 150 W/m ²
Yaygın Işınım	%10 - %20	%20 - %80	%80 - %100

Yatay bir düzleme gelen aylık ortalama günlük tüm ışınımı Angström denklemi ile ifade edilir (Beckmann, 1997).

(2.1)

$$\frac{Q}{Q_0} = a + b \frac{t}{t_0}$$

Q = Günlük tüm güneş ışınımı

t = Güneşlenme süresi

Q₀ = Atmosfer dışına gelen güneş ışınımı

t₀ = Gün uzunluğu

Bir bölgenin belirli bir zaman aralığında aldığı gün ışığı zaman dilimine güneşlenme süresi denir. Türkiye'nin yıllık güneşlenme süresi 2,640 saat yani günlük olarak 7,2 saattir (Varınca ve Gönüllü, 2006). Güneşlenme süresi ve güneş ışınımı değerlerini etkileyen faktörler gökyüzünün durumu, ay-yıl zamansal değişim, değerlerin alındığı konum ve bölge güneşlenme süresidir (Kıncay, 2017).

Doğal ışık faydaları ve sonsuzluğuna rağmen sürekli kullanımda değişen koşullara uyumlu ve her zaman işlevsel değildir. Güneş ışınlarının karakteristik özelliklerinden dolayı camlı pencerelerin doğru bir biçimde kullanılması gerekmektedir. Bu yüzden

pencerelerin konumları çok önemlidir, örneğin güney yönüne bakan kuzey yerleşimli bir mekan için gün ışığı verimli olabilir fakat gün ışığı yoğunluğu yüksek ısı gibi rahatsız edici yan etkenler getirebilir. Tam tersi durumlarda ise hem ısı hem ışık kayıpları yaşanır. Bu durumlar haricinde binanın konumu bir başka binanın gölgeleme yapabilme ihtimali, tasarımsal hatalardan kaynaklı pencere büyüklükleri, konumları gibi etkenler doğal ışığın faydalarının sürekli kullanımı engelleyebilir. Bu etkenleri azaltarak doğal ışığın mekanda tek bir bölgeye ihtiyaç kadar aktarılmasını sağlayan ev tipi heliostat sistemlerinin kazanımlarının gün boyu incelenebilmesi ve mekanların tasarım aşamasında tasarımcı tarafından modellenerek simülasyon hesaplamaları yapılabilmesi hem tasarımcıya hem de yeşil binaların geleceğine büyük katkılar sağlayacaktır.

2.4. Doğal Aydınlatma Sistemleri Tasarımları ve Kullanımları

Son 30 yıldır yapılan araştırmalar doğrultusunda, çeşitli doğal aydınlatma sistemleri geliştirilmiştir (Anonymous, 2000). Bu sistemlerin geliştirilmesinde ışığın yayılması temel hedef olarak belirlenmiştir. Gelişmiş aydınlatma sistemlerinin başlıca hedefleri; gün ışığının hacim içine yönlendirilmesi, belirli çalışma düzlemleri üzerinde doğal aydınlatmanın düzgünlüğünün sağlanması, görsel konforun artırılması, kamaşma kontrolünün sağlanması ve ısıtma-soğutma yüklerinin azaltılmasıdır. Doğru şekilde uygulanan sistemler bu hedefleri büyük ölçüde gerçekleştirmişlerdir. Böylece doğal ışığın da katkısıyla hacim içinde yüksek aydınlık düzeylerine ulaşılmış ve düzgün aydınlık düzeyi dağılımları sağlanmıştır (Çetegen ve Enarun, 2000).

Doğal ışık sistemleri kullanılacağı alana ve ihtiyaca göre değişebilirler ve çeşitleri vardır. Doğal aydınlatma doğrudan pencereler ve yapı açıklıkları aracılığı ile gerçekleşebilir, dolaylı kullanımda gelişmiş aydınlatma sistemleri olarak adlandırılır ve gölgeleme etkisine sahip olanlar ve olmayanlar olarak başlıca iki gruba ayrılırlar (Dursun, 2005). Gölgeleme sistemleri direkt güneş ışığının hacim içine girmesini sınırlandırırken, yayınık güneş ışığını hacim içine iletirler. Bu sistemler aynı zamanda günışığının yönlendirilmesi amacıyla da kullanılabilirler. Gölgeleme sistemlerine başlıca örnekler olarak ışık rafı, prizmatik paneller ve heliostatlar gösterilmiştir. Gölgeleme etkisine sahip olmayan sistemler ise, gün ışığını hacmin derinliklerine yönlendirmek için kullanılırlar (Kischkoweit-Lopin, 2002). Optik sistemler olarak da adlandırılan bu sistemlere başlıca örnek olarak ışık boruları ve benzer ışık aktarıcı optik sistemler verilebilir.

2.4.1. Işık Rafları

Bu tip sistemler güneş ışığının mekan zeminine yaptığı yansıtma ve kamaşmayı minimuma indirerek güneş ışığını tavan bölgesine toplamayı hedefleyerek aydınlatma sağlar. Işık raflarının performansları büyüklükleri ile doğrudan ilişkilidir. Işık rafı sisteminin temel örnek görseli Şekil 2.2’de sunulmuştur.



Şekil 2.2. Işık rafı sistemleri (Katerina, 2012)

Işık rafı sistemlerinde güneş ışığının tüm alana eşit biçimde yayılması ve kullanım alanlarının kenar bölgeleri ile pencere önleri arasında homojen bir aydınlatma sağlanması hedeflenir. Gün ışığından yararlanma sistemleri arasında uygulaması sonradan yapılabilen ve pratik kullanımı olan bir sistemdir.

Üretici firma ve aydınlatma tasarımı alanında yapılan çalışmalarda gün ışığı aydınlanma süre ve açıları yüksek olan bölgelerde enerji tüketimine olumlu yönde katkılar sağladığı görülmüştür.

2.4.2. Işık Boruları

Modern sistemler arasında olan ve kılavuzlar yardımı ile topladığı ışığı mekan içerisinde ileterek dağıtan sistemlere ışık boruları denilir. Bir diğer adıyla güneş tüpleri kapalı alanı çok olan ofis dağılımı tipinde olan mekanlarda pozitif etkiler sağlamaktadırlar.

Çalışma prensibinde çoğu doğal aydınlatma sisteminde olduğu gibi yansıtıcı ve toplayıcı bölümleri yatmaktadır (Mayhoub, 2011), bu bölümler sayesinde yansıttığı veya topladığı gün ışığını kılavuz sayesinde tanımlanan bölümlere eşit biçimde dağıtarak

aydınlatma ve konforu sağlar. Işık borularının temel örnek görseli Şekil 2.3’de sunulmuştur.



Şekil 2.3. Işık borusu (güneş tüpü) sistemleri (Solatube, 2017)

Temel bileşenleri ışığı odaklayan heliostat ve ışığı ileten borular olan ışık borusu sistemleri bu bileşenleri sayesinde neredeyse hiç kayıp yaşamadan gün ışığını iletebilmektedir.

2.4.3. Prizmatik Paneller

Prizmatik paneller, sıcak iklimlerde gün ışığını yönlendirmek ya da yansıtmak için kullanılan, saydam akrilikten yapılmış ince, düzlemsel, testere dişli elemanlardır. Gölgeleme elemanı olarak kullanıldıklarında doğrudan gelen güneş ışığını yansıtırken daha homojen olan yayınlık gök ışığının içeri alınmasına olanak tanırırlar (Manav, 2009). Prizmatik panellere örnek görsel Şekil 2.4’de sunulmuştur. Paneller görüntüde biraz bozulmaya yol açabilmektedirler. Dışarıyı kısmi olarak görmeye olanak tanırırlar fakat tam bir görüş alanı sağlamazlar. Bu uygulama, güneşten gelen parlamayı kontrol etmekle birlikte yayınlık gök ışığına karşı bir çözüm değildir, sistem sadece güneş kırıcı eleman gibi davranır. Dış mekân ile görünümü kapattıkları için açılıp kapanır bir sistem yapılmadığı takdirde manzara amaçlı ek bir pencere açıklığı gerektirebilmektedir (Anonymous, 2000).



Şekil 2.4. Prizmatik panellerin kullanıma bir örnek (Fakro, 2017)

2.4.4. Anidolik Sistemler

Gelişmiş aydınlatma sistemlerinin büyük bir bölümü, açık gök koşulları için tasarlanmışlardır ve tasarımları doğrultusunda başarılı bir şekilde kullanılmaktadırlar. Kapalı gök koşullarında da, doğal ışığı etkin bir biçimde toplayıp, hacim içerisine dağıtabilecek sistemlerin tasarlanmasına ihtiyaç duyulmuştur. Anidolik sistemler bu şekilde ortaya çıkmışlardır. Bu sistemler, reflektörlü sistemlerden yararlanarak yüksek açısal seçicilik sağlarlar. Anidolik sistemler kendi içlerinde anidolik tavanlar, anidolik açıklıklar ve anidolik petek sistemleri olarak sınıflandırılırlar (Scartezzini and Courret, 2002). Anidolik sistemlerin örnek görseli Şekil 2.5’de sunulmuştur.



Şekil 2.5. Anidolik aydınlatma sistemleri (Scartezzini ve Münch, 2010)

2.4.5. Heliostatlı Sistemler

Bilinen genel adı ile heliostat sistemleri güneş anlamına gelen helios ve sabit anlamına gelen stat kelimelerinden oluşmaktadır, kısaca sabitleştirilmiş güneş anlamı çıkartılan bu sistemler güneş izleyici sistemler sayesinde gün ışığını istenen tek bir noktaya yoğunlaştırmaya yararlar ve günümüzde bu sistemlerin birçok kullanım alanı bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan sistem; toplayıcının kılavuz yolu ile gün ışığını iletmesi yerine modern ve ev tipi kullanıma uygun motorize, yeni bir tasarım kullanan Wikoda Sunflower ev tipi heliostat sistemi baz alınıp modellenerek simülasyon ortamına dahil edilecektir. Kullanılan standart toplayıcı ve kılavuzlardan oluşan heliostat sistemlerinde ortalama olarak %50'nin üzerinde kazanç sağlandığı görülmüştür (Aydınlı vd., 2000). Yapılan çalışmada baz alınan ev tipi heliostat sistemlerinin evrensel enerji tüketimini düşürebileceğinin gösterilmesi de aynı zamanda hedeflenmektedir. Heliostat sistemlerinin temel örnek görseli Şekil 2.6'da sunulmuştur.



Şekil 2.6. Yaygın kullanılan heliostat sistemlerine örnek uygulama (Kaase, 2017)

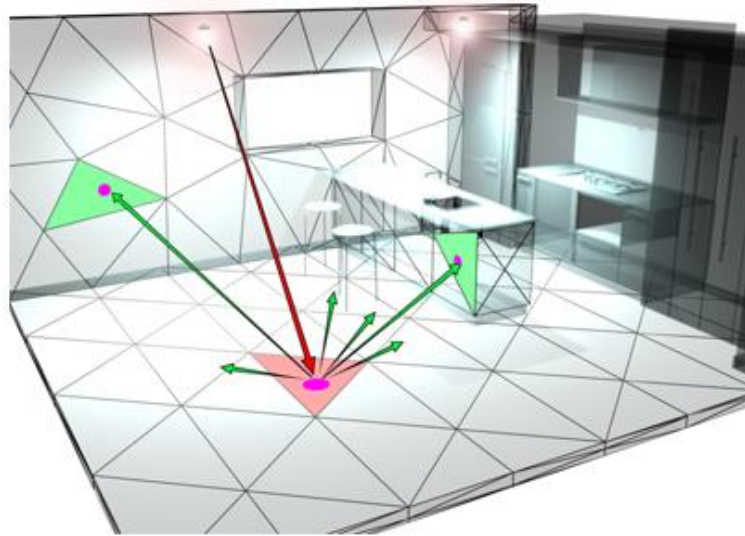
2.5. Bilgisayar Destekli Gün Işığı Ölçüm ve Tasarımı

Günümüzde bilgisayarların gelişmesiyle birlikte karışık hesap işlemlerinin yürütülebildiği güçlü işlemciler ve aydınlatıcı simülasyon teknikleri neredeyse tüm uzmanlar için elde edilebilir hale geldi. Bilgisayar destekli bazı araçlar analiz aşamasını ve gün ışığı tasarımını büyük ölçüde yaygınlaştıran ve kolaylaştıran daha ayrıntılı grafik menüsü içermektedirler. Önceki ve sonraki işlemciler merkezi ışıklandırma kurallarının özelliklerini geliştirmişlerdir örneğin; yapı enerji simülasyonu ile gün ışığı analizini birbirine bağlamayı başarmışlardır (Okutan, 2008).

Bilgisayar tabanlı hesaplama araçlarının içinde barındırdığı problemleri azaltmak için başvuru olan yol bu araçları bilgi teorisine dayanarak geliştirmek olmuştur. Bu yolla geliştirilen bu araçlar, kullanıcıya daha iyi olanaklar sunmaya başlamışlardır. Bilgisayar temelli araçlar kullandıkları hesaplama metotlarına dayanılarak Radiosity Metodu ve Işın İzleme Metodu olmak üzere iki ana kategoriye ayrılabilir (Anonymous, 2000).

2.5.1. Radiosity Metodu

Radiosity metodu farklı yüzey bileşenlerini merkezlerinde yer alan belirli noktaların parlaklıklarına ve matlıklarına karar vermede kullanılır. Bu işlem yapılırken belirlenen bir bakış açısı ile alınmış herhangi bir yüzey tabakasından önce serbest bir açıyla verilebilir (Anonymous, 2000). Radiosity metodunu anlatan örnek bir görsel Şekil 2.7'de verilmiştir.

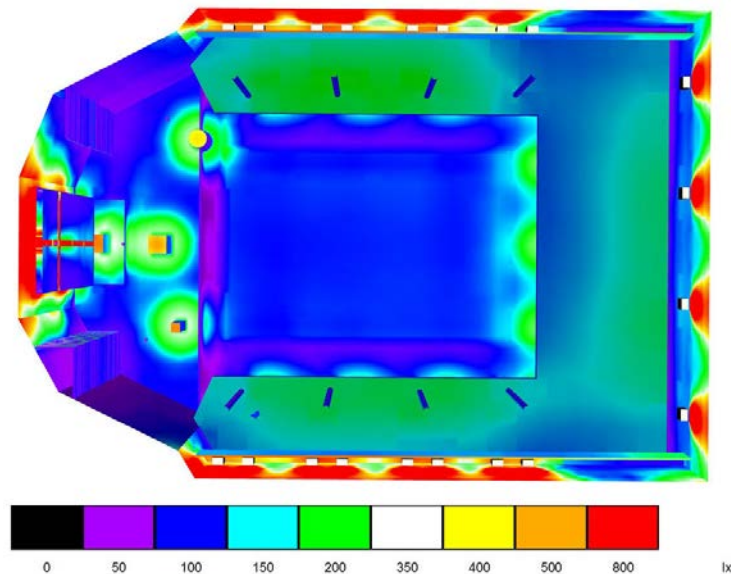


Şekil 2.7. Radiosity metoduna örnek bir görsel

Radiosity'nin işlemciye iş bindirme oranı sahnedeki poligonlarla doğru orantılıdır ve bununla birlikte hesaplama süresi uzamaktadır. Hesaplama alanının yüz ölçümüne oranla poligon detayı düşük ise kaliteli bir hesaplama gerçekleşmez. Bu yüzden radiosity hesaplarında sahne poligonları yeniden bölümlenme seçenekleri olur. Gelişmiş radiosity hesaplayıcıları gereken yerlerde daha fazla poligon, gerekmeyen yerlerde daha az poligon bölümlenmesi yaparak optimum poligon seviyesi ile en uygun sonuca ulaşmayı hedefler (Okutan 2008).

2.5.2. Işın İzleme Metodu

Işın izleme metodu (ray tracing), ışık kaynağından çıkan ışınların fiziksel davranışlarını modellemek üzere kurulmuştur. Gerçek dünyadaki cisimleri görebilmemiz için ışık kaynağından çıkan ışınların, cisimlere çarparak yansması ya da cisimlerin içinden geçerek kırılması ve sonuçta da gözümüze ulaşması gerekir. Bilgisayar ortamında ise, gerçekçi 3B görüntüler üretebilmek için boyama ve görünmeyen yüzeylerin kaldırılması işlemleri gerçekleştirilmelidir. Boyama, 3B nesnelerin herhangi bir noktasındaki renk değerinin belirlenmesine denir. Bu renk belirleme işlemi ışıklandırma, gölgelendirme, geçirgenlik, yansıma ve kırılmaya bağlı olarak belirlenir (Okutan 2008). Işın izleme metoduna örnek bir görsel Şekil 2.8'de sunulmuştur.



Şekil 2.8. Işın izleme metoduna örnek bir görsel

Işın izleme metodu, bilgisayar ortamında üç boyutlu modelleme, grafik çözümleme ve fotoğraf kalitesine çok yakın görüntü üretimi için kullanılan, oldukça gerçekçi bir yöntemdir. Üç boyutlu görüntü oluşturmak için kullanılabilen birçok alternatif yöntemin bulunmasına rağmen, ışın izleme metodunun tercih edilmesinin nedeni, metodun gerçek dünyada ışığın çevreyle olan etkileşimini modellemeye çalışmasıdır (Okutan 2008).

Gün ışığı ışınları ana kaynağına ulaşana kadar takip edilir, genellikle bu kaynaklar güneşin konumu (açık ve orta havada) ya da hava deposudur (bulutlu havalar), bakış açılarını ve güneşin temsil ettiği ana ışık kaynağını olduğu kadar gözlemcinin bakış açısını da göstererek ışın kopyalamanın temellerini şekillendirir (Anonymous, 2000).

Farklı ışık hesaplamaları için ışın kopyalama tekniğinin temel aşağıdaki gibidir (Anonymous, 2000).

- ✓ Her görsel olayı hesaplayan metot, fizik denklemleri tarafından analitik olarak açıklanabilir.
- ✓ Metot pencere camları ve parlak yüzeyler gibi özel araçları hesaba katabilir
- ✓ Metot yüzey noktalarını ve homojen olmayan dokuları etkili bir şekilde bilgisayarda şekillendirebilir.

Yapılan çalışmada DIALux evo ışın izleme metodundan yararlanılmıştır ve her dokunun detayları ile simülasyona tanıtılarak işleme alınmıştır (DIALux evo, 2017). Ev tipi heliostat sistemi için parlak yüzey yansıtma katsayıları girilerek programa tanıtımları yapılmıştır. Camların geçirgenlik özellikleri ve ortamda bulunan malzeme dokuları bu yöntem ile işlenebilmiş ve değişkenler sonuçlara dahil edilebilmiştir.

2.5.3. Bilgisayar Tabanlı Basit Yapılı Hesaplama Araçları

Basit bilgisayar tabanlı tasarım araçları sadece çatı penceresinden yayılan ışığı hesaplamada kullanılabilmektedir. Hesap algoritmaları genellikle direkt gökyüzü ışığı hesaba katılarak oluşturulmakta, bu sırada çeşitli ışık açısı formülleri türetilmektedir. Bazı araçlar bilgisayar ortamında çalışmakta, bunlar elle basitçe ayarlanabilmektedir. Bunlara örnek; Waldram diagramları, diğer bazı diyagramlar ya da tablolarıdır. Bu programlar direkt ve dışarıdan yansıtımlı ışık bileşenlerini yüksek doğrulukta hesaplayabilmektedirler. Ancak bunlarla ilgili analizler şimdiye kadar hep basit geometrik mekânlarda denenmişlerdir. Bu yüzden farklı ortamlarda nasıl sonuçlar alınabileceğinin sonuçlarını içermemektedirler (Anonymous, 2000).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Modern Heliostat Sistemleri

Temel olarak bir heliostat; yansıtma özelliği %99 seviyelerine yükselebilen malzeme kaplamalı yüzey alanı (Whitehead vd., 2010), güneş sensörü, güneş izleme mekanizması ve bu mekanizmayı sensör verilerine göre hareket ettirecek motor ve mekanik sistemleri içerir. Heliostatlar içerdiği mikro sistemler sayesinde güneşi algılar, yerini saptayarak ışınları kesintisiz olarak yakalamaya çalışır ve güneş ışınlarını bulunduğu konuma göre güneşin hareketi boyunca yakalayarak ışığı mekana veya güneş ışığı ihtiyaç bölgesine gün boyu aktarır.

3.2. Ev Tipi Heliostat Sistemi

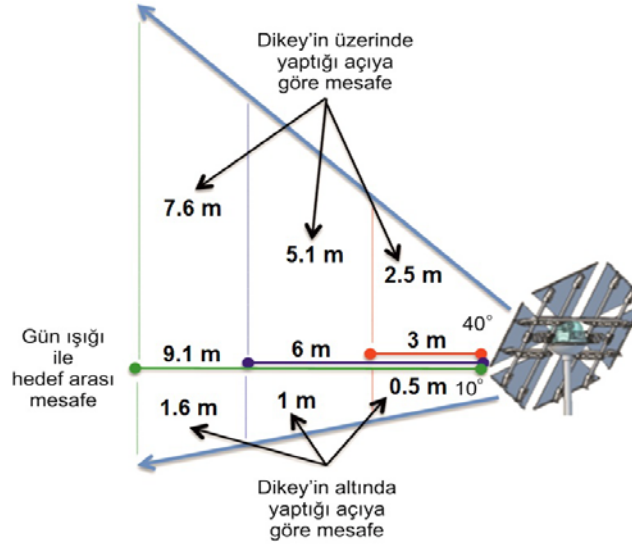
Bu çalışmada ev tipi heliostat sistemlerinden Wikoda Sunflower kullanılmıştır. Bu ev tipi heliostat sistemini; ilk sürümünden bu yana mekanlarda kuzeye bakan karanlık yerlere gün ışığı sağlamak amacıyla tasarlanmıştır. Bu tip heliostatların aydınlatma tasarımındaki sorunlara ekonomik, pratik ve kullanıcı dostu bir çözüm olması beklenmektedir. Bununla birlikte bu tip benzer sistemler ev uygulamaları için uygun fiyatlı performans malzemelerden üretilmektedir. Örneğin parlak metaller yerine yansıtıcı filmlerin kullanıldığı görülmüştür (Jacobs, 2000). Ev tipi heliostat sisteminin örnek kullanımları Şekil 3.1’de gösterilmiştir (Wikoda, 2017).



Şekil 3.1. Ev tipi heliostat sisteminin örnek kullanımları

Bu sistem 2 eksenli hareket sağlayan motorlarına sahiptir. İçeriğinde güneş saptama ve takibini sağlayan 1 adet güneş sensörü ve bu verileri işleyerek hareketi belirleyen 4 mikro işlemciye sahiptir (Wikoda, 2017). Topladığı veriler ile yaptığı hareketin gücünü

yine üzerinde bulunan güneş panelleri ile sağlamaktadır. Bu bağlamda çalışması için herhangi bir dış enerji kaynağına ihtiyacı bulunmamaktadır. Güneş enerjisiyle çalışan vinil destekli yansıtıcı motorları, gün boyunca maksimum güneş ışığı miktarını yansıtacak şekilde ayarlar. Üzerinde bulunan güvenlik korumalı güneş yansıtıcılarının bileşeninde vinil bulunmaktadır. Topladığı ışığı yansıtma alanı yaklaşık yarım m²'dir ve üreticiye göre bu ışık akısı 50.000 lumen veya 500 watt karşılık gelmesi beklenmektedir (Shahan, 2012). Bu güç yaklaşık olarak 60 adet standart ampül ışık akısına denk gelmektedir. Yansıtılan bu enerji 9.1 m'ye kadar etkisini göstermektedir. Yaklaşık ağırlığı 10 kg olan bu ev tipi heliostat sistemi hafif olması yanı sıra önemli parçaları paslanmaz çelik ve sert plastik bileşenleri ile korunacak şekilde tasarlanmıştır. Standart bir ev tipi heliostat sistemi dikeye 40° üst ve 10° alt açı yapabilecek şekilde hareket etmektedir. Yaptığı bu açılara göre hedef ile arasında bırakılması gereken mesafe değişmektedir, mesafe ve açı oranları Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Sistemin açı – mesafe oran tablosu Tablo 3.1'de sunulmuştur (Wikoda, 2017).



Şekil 3.2. Ev tipi heliostat sisteminin dikey ile yapabildiği açı kapasitesi

Tablo 3.1. Ev tipi heliostat sisteminin dikey ile açı ve mesafe oranları

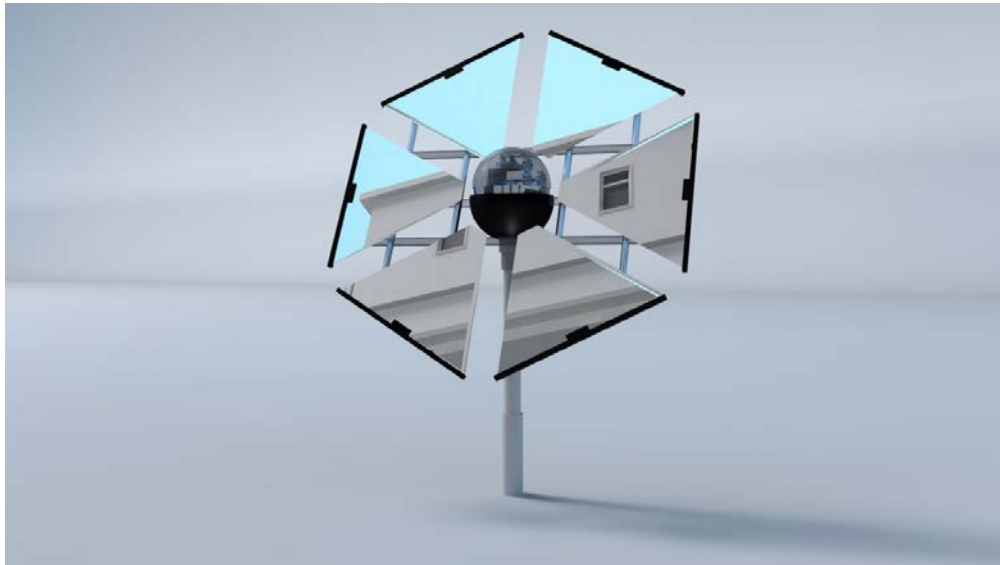
Hedef'e olan uzaklık	Dikey üst hedefe uzaklık 40°	Dikey alt hedefe uzaklık 10°
3 m	2.5 m	0.5 m
6 m	5.1 m	1 m
9.1 m	7.6 m	1.6 m

Ev tipi heliostat sistemi çalışma prensibi gereği güneş ile yapacağı açının iyi hesaplanması gerekmektedir. Güneş aydınlatma tasarımında güneş açılarının iyi bilinmesi gerekmektedir (Çetegen, 2004). Yani güneş ile simülasyon alanı açısal bağlantıyı bilmemiz gerekmektedir. Bu açı ve kavramları bize sağlayacak olan simülasyonda kullanılan DIALux evo programı olacaktır.

3.3. Yöntem

3.3.1. Ev Tipi Heliostat Sisteminin Modellenmesi

Ev tipi heliostat sistemi birebir ölçülerde teknik resim olarak çizilerek detaylandırılmıştır. Oluşturulan ölçekli format .dxf formatı kullanılarak modelleme programı C4D'ye aktarılmıştır. Resim üzeri ölçülerden yararlanılarak heliostat sisteminin 3 boyutlu modeli aydınlatma tasarımı simülasyon işlemi ve görsellik için oluşturulmuştur. Modellenen ev tipi heliostat sistemi görseli Şekil 3.3'de sunulmuştur.

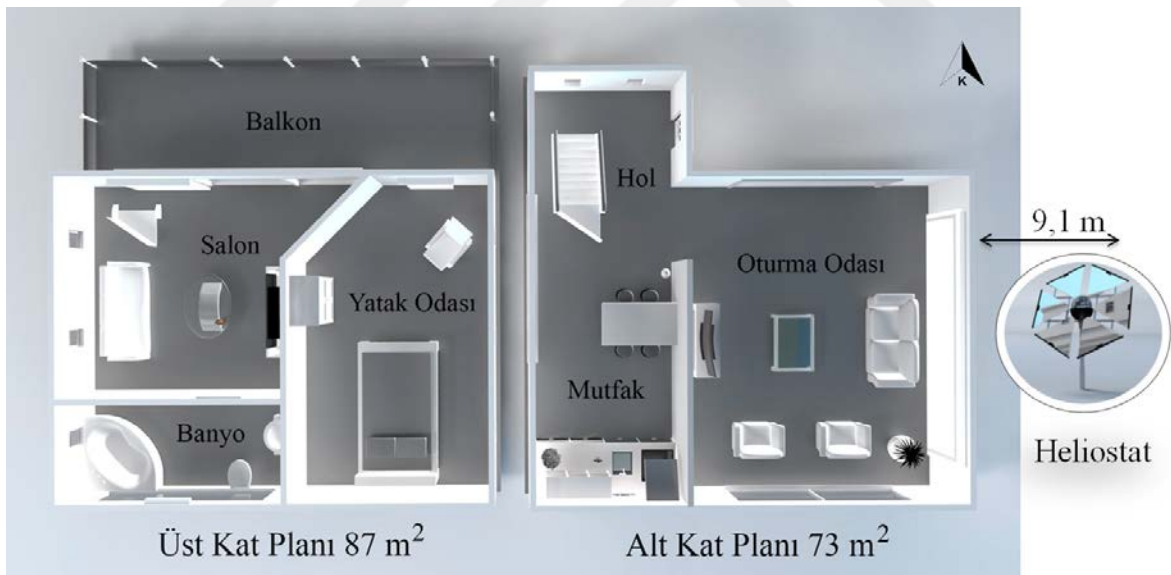


Şekil 3.3. Simülasyonda kullanılmak üzere modellenen ev tipi heliostat sistemi

Yapılan modelleme işlemi maksimum yükseklik, kaplama yansıtma oranları, aksel dönüştürme kısıtlamaları temel bilgileri alınarak gerçekleştirildi ve yansıtıcı sayısı, yansıtıcı boyutları, elektronik bileşenler, koruma malzemeleri, eksen destek çubukları, güneş sensörü limitleri gibi her bileşen ev tipi heliostat sistem modeline bu bilgiler ile dahil edilmiştir.

3.3.2. Heliostat Aydınlatma Hedefi; 2 Katlı Villa'nın Modellenmesi

Oluşturulan sanal simülasyon ortamını için toplam 160 m² lik 2 katlı villa modellenerek hazır hale getirilmiştir. Giriş kat planına oturma odası, mutfak ve merdiven bulunan hol dahil edilmiştir. Aydınlatma odaklı pencereler standartlar dahilinde eklenmiş ve giriş doğu yönünde olacak şekilde konumlandırılmıştır. Oluşturulan detaylı modelin üst görünüş planı Şekil 3.4'de, model ve benzetim alanı görüntüsü ise Şekil 3.5'de sunulmuştur. Modelin kaplama, duvar boyaları, pencere malzemeleri ve iç tasarım yansıtma oranları bilgileri en iyi sonuçlar için DIALux evo programı içerisinde girilmek üzere tamamlanmıştır.



Şekil 3.4. Oluşturulan villa modelinin üst görünüş planı

Tamamlanan modeller 3ds ve dxf formatlarına dönüştürülerek program aktarımına uygun halde C4D programından dışarıya aktarıldı, simülasyon alanında ev tipi heliostat sisteminin hedefi olan mekana uzaklığı 9,1 m olarak planlanarak, dikey ile yapacağı üst açı 16° ve alt açı 3° olarak hedeflenmiştir. Gün ışığı tasarımında belirlenen bu açı çok önemli

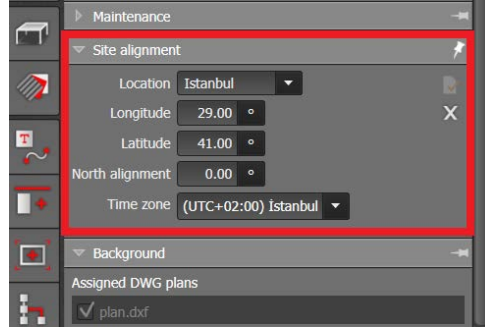
olup yıl boyu kullanılacak ideal açı aralığı +15 ile -15 derece açı arasında gösterilmiştir (Brown and Dekay, 2001).



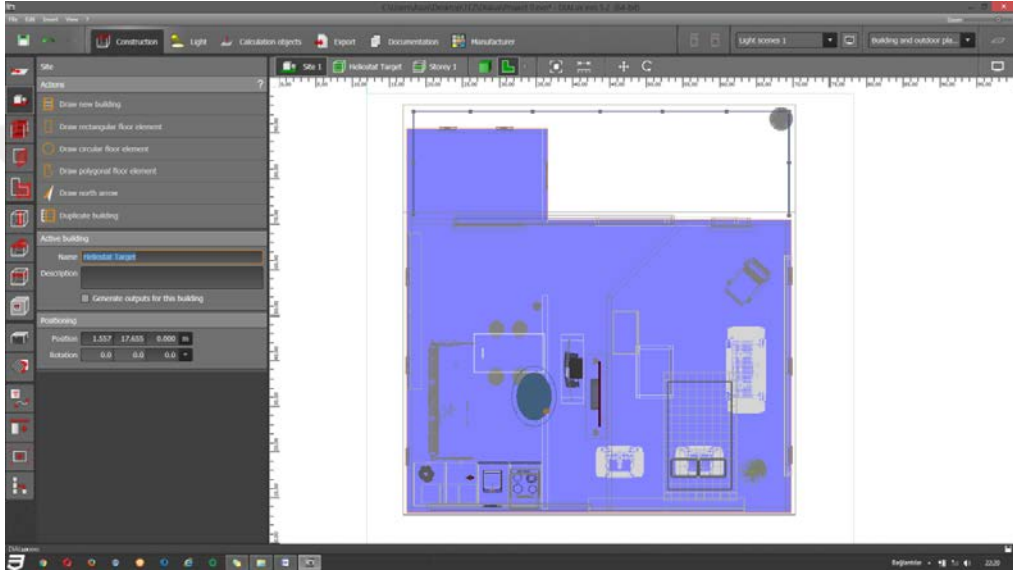
Şekil 3.5. Oluşturulan detaylı villa modeli ve heliostat sistemi konumu

3.3.3. Modellerin DIALux evo Ortamına Aktarılarak Düzenlenmesi

DIALux evo programına iskelet yapı için 3ds ve simülasyon hatları için dxf formatlarından oluşturulan villa modeli bileşenleri aktarıldı ve simülasyon için duvar kalınlıkları, kat yüksekliği, kuzey cephe yönü bilgileri girilerek hazır hale getirilmiştir. Simülasyonun gerçekleştirileceği bölge bilgileri 29,00 boylam 41,00 enlem konumunda Türkiye / İstanbul olarak programa tanımlanmıştır. Avrupa ve Amerika aydınlatma değerleri ortalamasının üzerinde olan Türkiye böyle uygulamalar için başlıca tercih edilebilir konumlardandır (Sirel, 1965). Gün boyu düzenli ölçümler yapabilmek ve optimum sonuçlar elde edebilmek için saat diliminin İstanbul (UTC+02:00) olarak tanımlanması Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Oluşturulan ve aktarılan teknik çizim görseli Şekil 3.7'de sunulmuştur.



Şekil 3.6. DIALux evo ara yüzünde konum ve saat dilimi bilgilerinin girilmesi



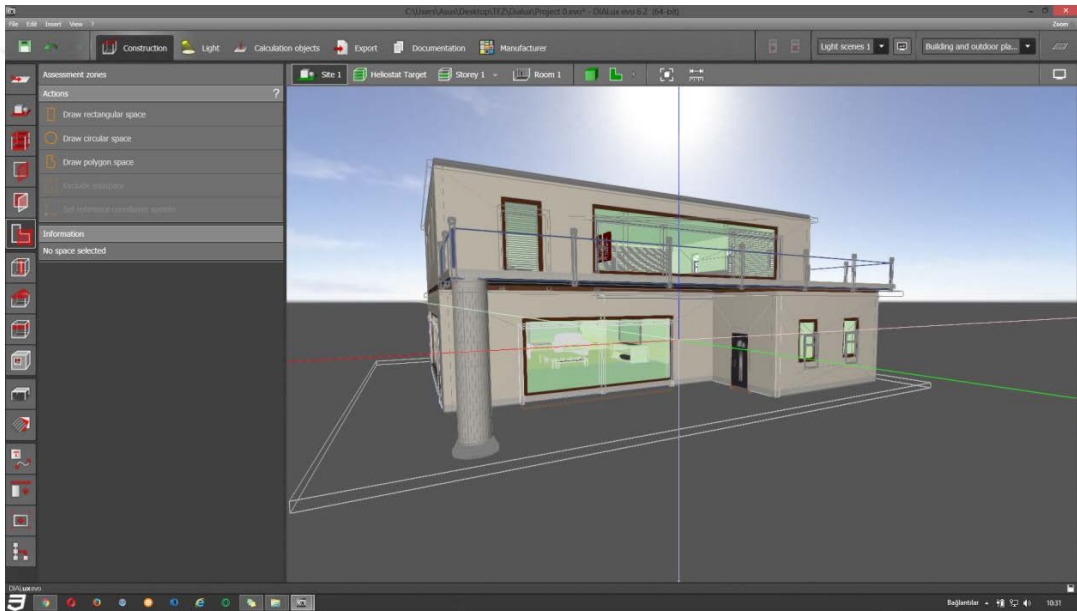
Şekil 3.7. DIALux evo programına aktarılmış olan .dxf formatlı çizim

Mekan iç duvarları doku kaplamaları ve yansıtma oranları optimum bir simülasyon için standartlara uygun olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda binanın iç detay modelleri ve diğer parçalar ayrı dosyalar halinde stl formatında yapısal düzenlemeden geçirilerek aktarılabilir hale getirildi ve yine 3ds formatı kullanılarak DIALux evo ortamına aktarılmıştır.

Aktarılan iç detay modellerin mekan içerisinde yerleşimi gerçekleştirilmiştir. Konumsal olarak düzenlenen iç detay modellerin doku kaplamaları ve yansıtma oranları girilmiştir.

Gün ışığı hesaplaması DIALux evo simülasyon programında CIE 110-1994'de tanımlanan üç farklı gökyüzü modeli kullanılarak gerçekleştirilir. Bunlar bulutlu gökyüzü, ortalama gökyüzü, açık gökyüzü kondisyonlarına göre programın o bölge ve bölge saatine uygun olarak güneş konumu ve ışık sahnesi oluşturması ile gerçekleşir. Yapılan çalışmada

modelleme ve gün ışığı sahnelendirmesinde açık gökyüzü kondisyonu kullanılarak heliostat sistemi olmadan ve heliostat sistemi ile birlikte gün boyu 1 saat aralıklarla sonuçlar alınmıştır. Açık gökyüzü durumu doğal aydınlatma yöntemlerinden heliostat verimliliğini en iyi ölçümleyebilecek kondisyon olarak seçilmiştir. Bu sistem ve benzerleri açık gök koşullarında gök ışığını yakalamak ve direkt bileşenlerini tavanın pencereye yakın olan kısmına doğru yönlendirmek için bir pencere açıklığının üst kısmına düzgün bir şekilde yerleştirildiklerinde gerçek kabiliyetlerini göstermişlerdir (Erel, 2004). Ön benzetimi yapılan modelin ve gün ışığı aktarma alanlarının DIALux evo programı ara yüz görünümü Şekil 3.8’de sunulmuştur.



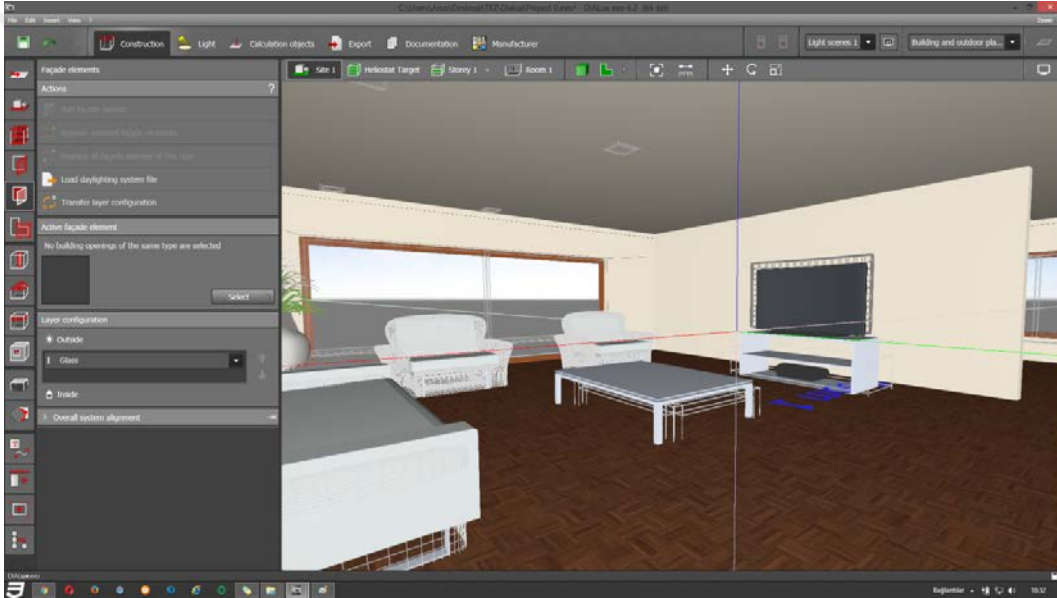
Şekil 3.8. Dokuları ve gün ışığı aktarma alanları oluşturulmuş model

Mekan iç duvarlarında DIALux evo simülasyon programına tanımlanmış olan yansıtma faktörü %85’lik ıstiridye beyazı boya dokusu kullanılmıştır. Zemin alanı %10’luk yansıtma oranı olan marbeu ağacı kaplamasıyla dokulaştırılmıştır. İç tasarım malzemelerinden televizyon %4’lük yansıtma oranı ile jet siyah kaplamasıyla, mobilya ve diğer eşyalar beyaz rengi tonlarında %61 yansıtma oranına sahip dokular ile kaplanmıştır.

Kullanılan tasarım malzemelerinin çokgen yapıları detaylı seviyede tutularak ve iç tasarım modelleri aktarılırken ölçekleri korunarak yapısal detayları bozulmadan DIALux programına aktarılmıştır. Böylece yapılacak gün ışığı aydınlatma simülasyonunda her ne kadar simülasyon ve hesaplama süreleri uzamış olsa da, gün ışığından yararlanmada

heliostatların katkılarının optimum seviyede tutulmasında en doğru sonuçların alınması hedeflenmiştir. İç tasarım ve yansımaya oranlı doku kaplamaları görseli Şekil 3.9'da sunulmuştur. Simülasyon alanına etkileri gözlemlenecek olan mekan iç modelleri hesaplama alanlarına dahil edilerek konumlandırılmıştır. Belirlenen yansıtma oranları ve doku kaplamaları değerleri günlük yaşantıda en çok tercih edilen renk ve dokuların değerleri alınarak belirlenmiştir.

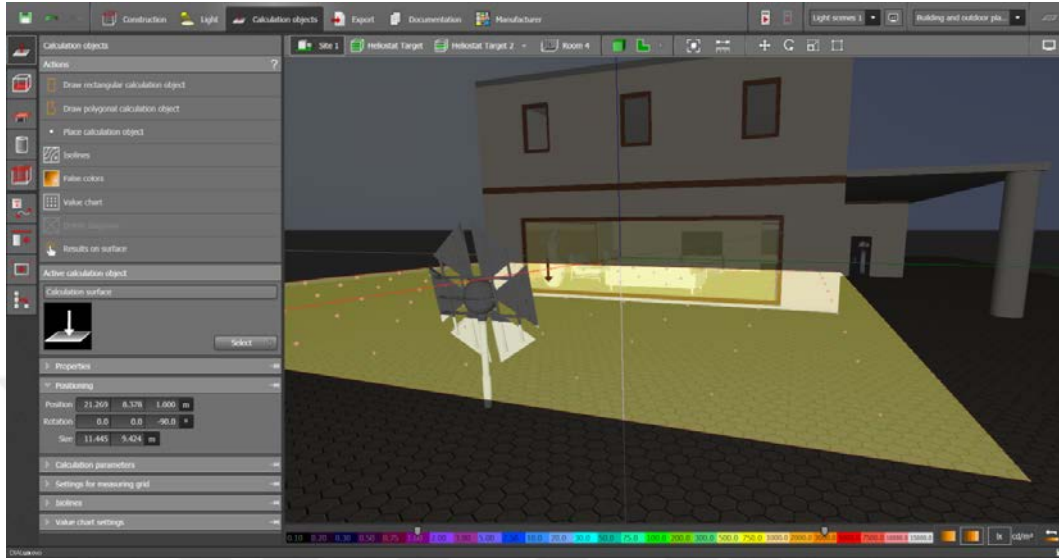
Bu bilgiler doğrultusunda ortalama değerleri harici diğer hesaplama alanlarından alınan sonuçların ortalamasına direk gün ışığı noktaları dahil edildiği gibi iç simülasyon modellerinin oluşturduğu gölgeler ve köşe karanlık alan değerleri dahil edilmiştir.



Şekil 3.9. İç tasarıma ait modeller ve yansımaya oranlı doku kaplamaları

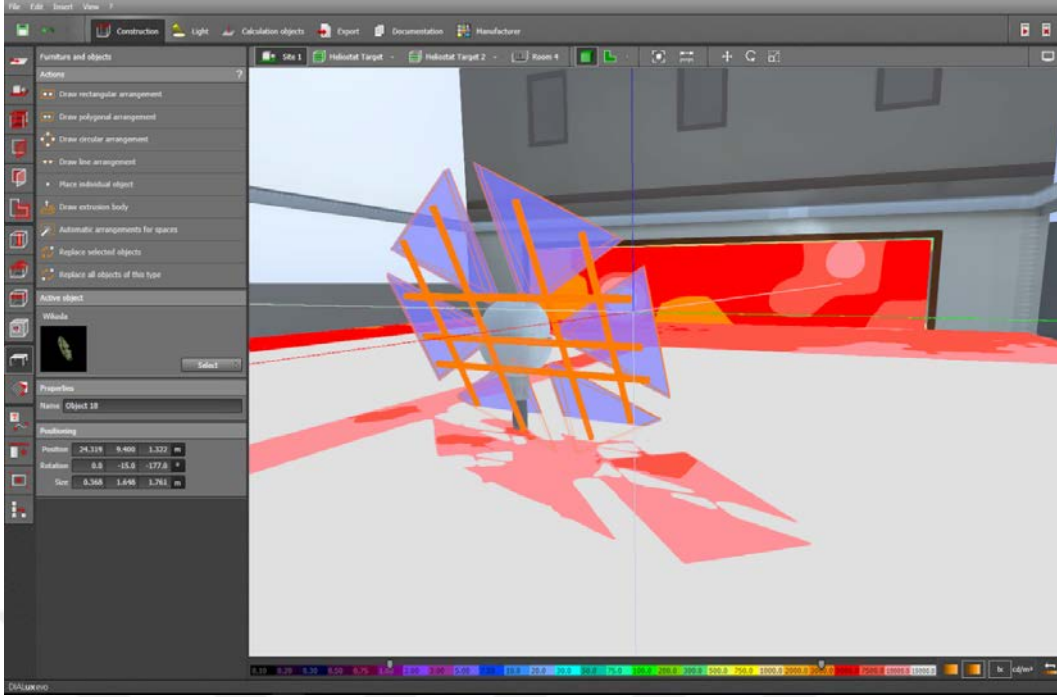
Mekan içerisi ölçüm bölgeleri olan hesaplama alanı 1 (gün ışığı aktarım alanı ve ev tipi heliostat sistemi birincil hedefi olan mekan penceresi), hesaplama alanı 2 (DIALux evo programı tarafından çalışma yüksekliği seviyesinde tanımlanan mekan içi bölge), hesaplama alanı 3 (ev tipi heliostat sistemi mekan içerisi hedefi olan duvarlar) tanımlanmıştır ve daha sonra tanımlanan 3 alan gün boyu birer saat aralıklar ile yapılan ölçümler olmak üzere açık ve kapalı gökyüzü ile birlikte iki farklı simülasyon modeli tasarlanarak gerçekleştirilmiştir. Bu iki farklı simülasyonda ilk önce mekana bir dış etmen olmadan etki eden doğal aydınlatma gözlemlenmiştir ve hesaplanmıştır, bir diğer simülasyonda daha önce konumu belirtilen ev tipi heliostat sistemi simülasyona dahil

edilmiştir. DIALux evo simülasyon programı içerisinde konumu mekandan 9,1 m uzak olarak belirlenen, yansıtıcı kaplama oranı, geçirgenlik gibi bilgileri tanımlanan ev tipi heliostat sistemi görseli Şekil 3.10’da sunulmuştur.



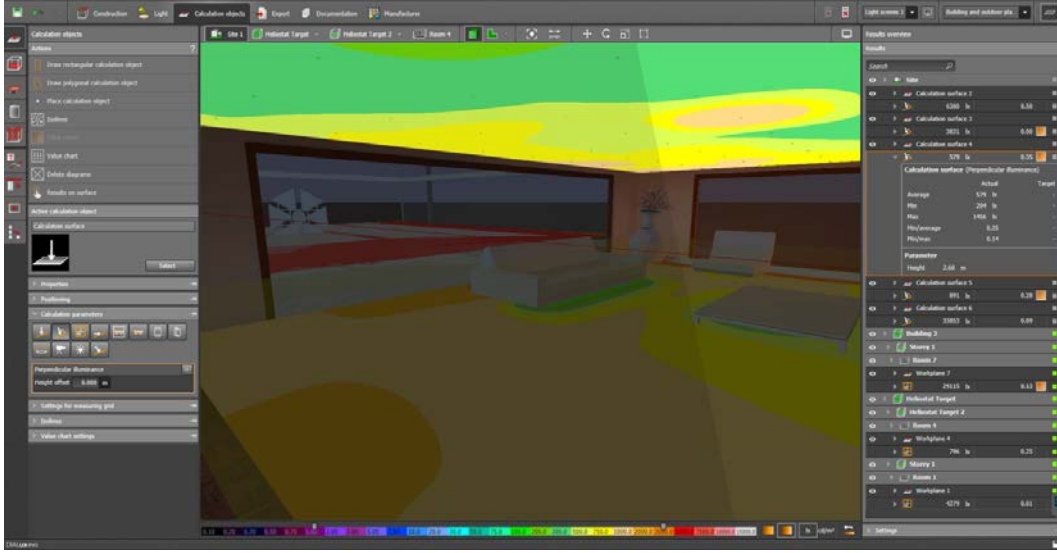
Şekil 3.10. DIALux simülasyonu içerisinde heliostat sistemi konumu

DIALux evo programı içerisinde güneşin konumuna karşılık olarak ev tipi heliostat sistemi ölçüm saatlerinde yatay ile yaptığı açı en iyi sonuçlar için hesaplanarak saat başı ölçümlerde tekrar konumlandırılmıştır. DIALux evo programına ev tipi heliostat sistemi model ev tipi heliostat sistemi güneş izleyici sensör bölümü, destek bölümü ve yansıtıcı yüzeyleri ayrı olarak tanımlanarak yansıtma yüzeylerinin açısız hareketi sağlanarak bu konumlandırmaya olanak verilmiştir, yansıtıcı yüzeylerin açısız ayarlamaları Şekil 3.11’de gösterilmiştir. Tanımlanan açısız hareket, ev tipi heliostat sistemi’nin belirlenen hedefe yapması gereken açı NOAA (Earth System Research Laboratory) güneş hesaplayıcısı ile 1° altındaki açısız değişimler belirlenip DIALux evo programında nesne pozisyonlama kullanılarak girilmiştir (NOAA, 2017). Ev tipi heliostat sistemi hedefi olarak oda duvar bölgesine ve mekan gün ışığı aktarma bölgesi olan pencereye gün boyu lux değerlerini elde edebilmek için sanal hesaplama alanları oluşturulmuştur. Bu alanlar hakkında detaylı bilgi ve elde edilen veriler karşılaştırılmalı tablolar halinde araştırma bulguları bölümünde verilmiştir.



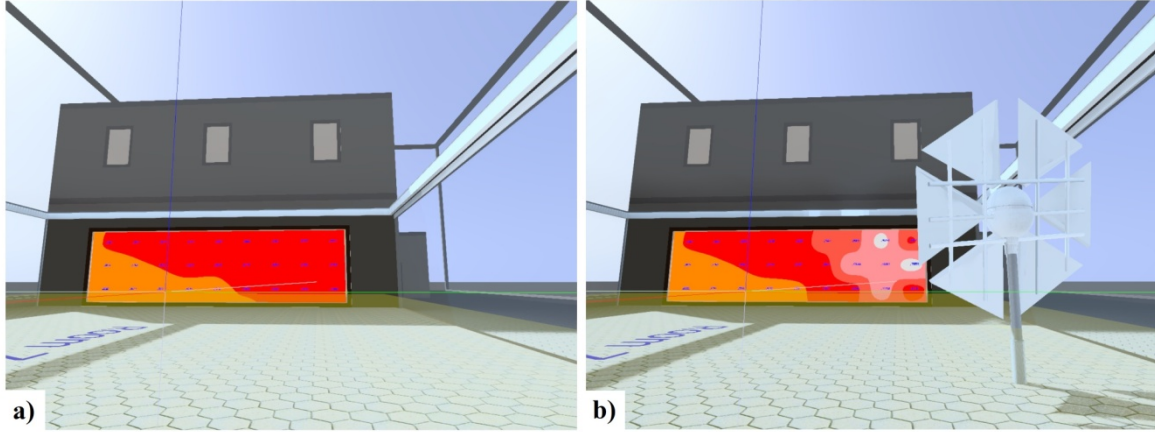
Şekil 3.11. Heliostat sistemi yansıtıcı yüzeylerin açısıl hareketinin tanımlanması

Tanımlamaları ve detayları hazırlanan simülasyon alanı için mekan içerisinde duvarlar, tavan ve zemin, pencereler, ev tipi heliostat sistemi çevresi hesaplama bölgeleri olarak programa tanımlanmış ve testleri yapılmıştır. Pencerelerde kullanılan güneş enerji aktarımı azaldıkça, ışık geçirimi de azalmaktadır (Weidman, 1999). Modellenen mekanda kullanılan pencere camları 2 farklı simülasyonda aynı özelliklerde %90 geçirgenlik oranında standart tek cam özelliklerinde tanımlanmıştır, tanımlanan bu özelliği bize DIALux evo programı bina bileşenleri bölümünden seçme olanağı ile sağlamıştır. Yapılan örnek simülasyonda güneşi gören alanlar 1000 lx değerinde gösterilirken güneşi doğrudan almayan alanlar 200-300 lx değerinde verilmiştir, Wikoda Sunflower'ın hedefinde olan bu aralıktaki güneşi almayan tavan alanı ve çevresel bölgesinin aydınlanma değerinin 1000 lx değerine ulaşabildiği gözlemlenmiştir. Açısıl değişiklikler ve güneşin konumu ile yansıtma ile oluşan aydınlatma alanının değişimi gözlemlenmiş ve buna göre simülasyonda izlenebilecek yol ve yöntem belirlenmiştir. Ev tipi heliostat sistemi'nin yansıtma özelliğinin programa tanımlandığı ve kullanılabilirliğinin görseli Şekil 3.12'de sunulmuştur. Ev tipi heliostat sistemi konum hesaplamaları için aynı zaman ve koşullar içerisinde alınan ön kıyaslama görseli Şekil 3.13'de sunulmuştur.



Şekil 3.12. Oluşturulan simülasyonda örnek yansıtma ve aydınlatma hesaplaması

Daha sonra ev tipi heliostat sistemi ile gün boyu birer saat aralıklar ile sonuçlar alınmış ve tablolar ile karşılaştırılmak üzere işlenerek heliostat modelinin ışık aktarma ve aydınlatmaya katkı oranı hesaplanmıştır.



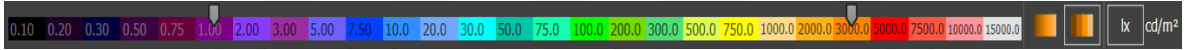
Şekil 3.13. Oluşturulan simülasyon eşit koşullar altında alınan örnek görseller

a) Simülasyona heliostat dahil edilmeden b) Heliostat ile birlikte

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

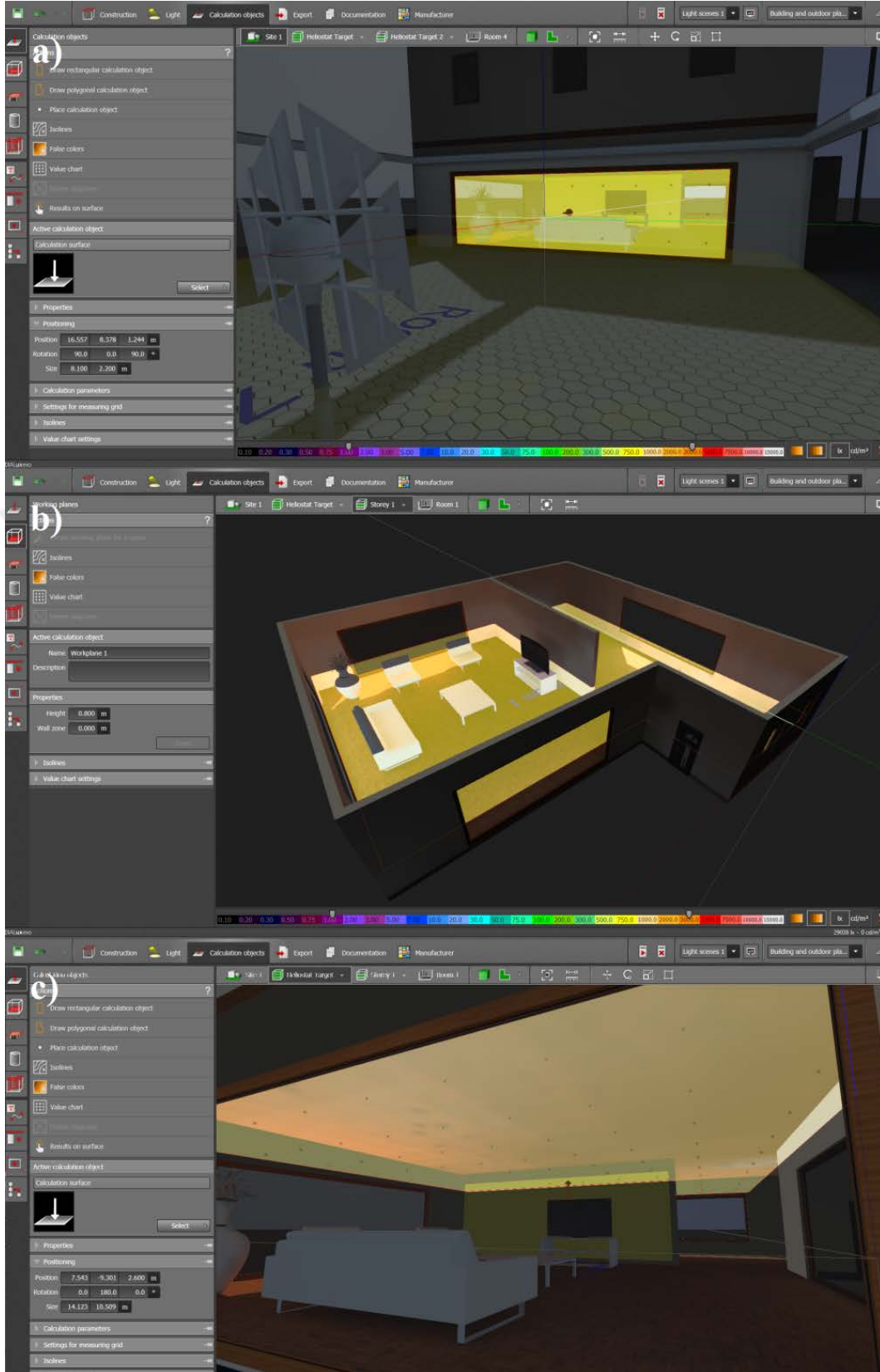
4.1. Gün Işığı Aydınlatma Simülasyon Sonuçları ve Verilerin Düzenlenmesi

Modelleme ve simülasyon ön bilgileri tamamlanan ölçüm için Şekil 4.2’de belirtilen 3 farklı sanal ölçüm yüzeyi olan DIALux evo tarafından tanımlanan mekan içi çalışma yüksekliği bölgesi, ev tipi heliostat sistemi yansıtma bölgeleri ve gün ışığı aktarma bölgeleri olarak pencereler belirlenerek 07:00 – 18:00 saatleri arasında 01.06.2017 tarihli açık ve kapalı gökyüzü koşullarında saat başı olmak üzere toplam 12 adet sonuç alınarak bu bölgeler için aydınlık düzeyleri tabloları oluşturulmuştur. DIALux evo verilerine dayanan renk bilgi grafiği değerleri grafiği Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Bu verilere göre güneş ışığının ilk temas ettiği noktalar 100.000 - 150.000 lx değerinde ölçülmekte ve beyaz doku örneği ile temsil edilmektedir. Güneş ışığı alma ölçütü sıcak – soğuk renk aralığında dağıtılmıştır. Belirlenen 07:00 – 18:00 saat aralığı belirlenen enlem ve boylam için güneşi alma saatleri olarak hesaplanmıştır.



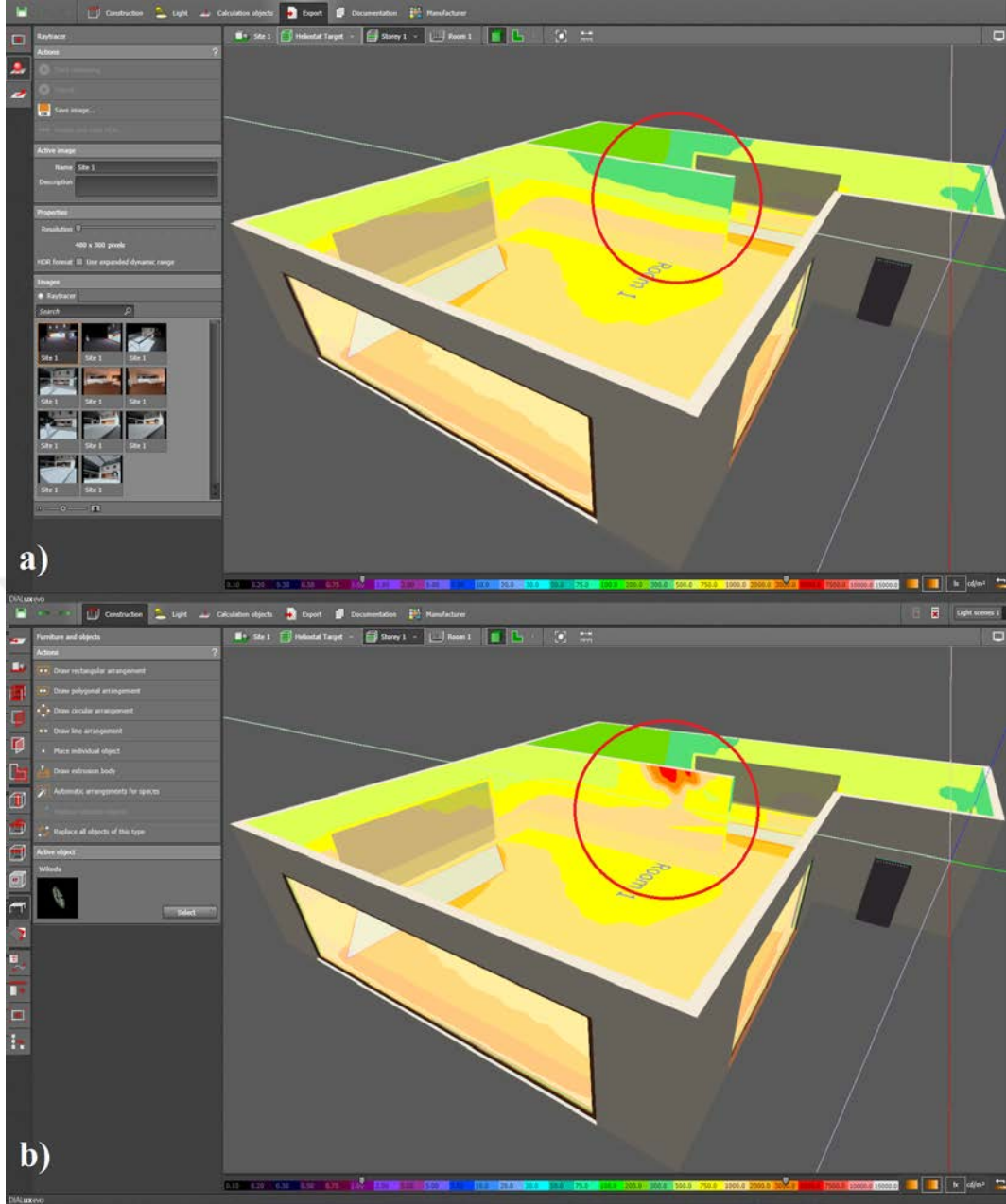
Şekil 4.1. DIALux gün ışığı alanı lux değerleri değişimi renk aralığı

Belirlenen 3 adet hesaplama alanı olan; mekan gün ışığı aktarma elamanı pencere, DIALux evo tarafından atanan çalışma yüksekliği seviyesi bölgesi ve Wikoda Sunflower tarafından tavsiye edilen yansıtma hedefi oda duvar bölge çevresinden alınan ortalama değerler tablolar ile verilmiştir. Belirlenen bu 3 ortalama hesaplama alanlarının görselleri Şekil 4.2’de sunulmuştur. Ortalama değerler hesaplama alanlarından alınan ölçümlerin ortalama lux değerleridir. Bu aralıklardan alınan ev tipi heliostat sistemi iç mekan değerlerinin ortalama etkisi açık gökyüzü koşulu için 15.220 lx değerine karşılık 21.442 lx değerindedir ve görsel olarak Şekil 4.3’de sunulmuştur.



Şekil 4.2. Oluşturulan simülasyonda örnek yansıtma ve aydınlatma hesaplaması

a) Hesaplama alanı 1 b) Hesaplama alanı 2 c) Hesaplama alanı 3



Şekil 4.3. Simülasyon 15.220 lx – 21.442 lx ortalama değerleri görseli

a) Heliostat pasif **b)** Heliostat aktif

Hesaplama alanı 1 doğal aydınlatmada en önemli mekan bileşeni olan pencereye yerleştirilmiş olan sanal aydınlık düzeyi sensörüdür. Hesaplama alanı 2 DIALux evo tarafından belirlenen çalışma yüksekliği seviyesine yerleştirilmiş sanal aydınlık düzeyi sensörüdür. Hesaplama alanı 3 ev tipi heliostat sistemi kullanımında istenmeyen kamaşmaların önüne geçilmesi için tavsiye edilen hedef bölge oda duvar alanına yerleştirilmiş aydınlık düzeyi sensörüdür. Bu sensör görevi gören ölçüm alanlarının

boyutları sırasıyla 6,100 x 2,200 m, 8,400 x 9,500 m, 8,400 x 11,700 m boyutlarında belirlenmiştir.

Belirlenen 3 hesaplama alanında her 1 saat aralığında olmak üzere eşit şartlarda ölçümler alınmıştır, elde edilen verilerden ikili karşılaştırma tabloları oluşturulmuştur. Tablo 4.1, 4.2 ve 4.3’de verilen ikili hesaplama alanı veri karşılaştırma sonuçlarından yola çıkılarak aydınlatma şiddeti değişim grafiği tabloları çizilerek karşılaştırmalar yapılmıştır.

Tablo 4.1. Gün ışığı aktarım bölgesi (Alan 1) için elde edilen veriler

Açık Gökyüzü Tarih / Saat (01.06.2017)	Heliostat Pasif	Heliostat Aktif
	Hesaplama Alanı 1 (6,100 x 2,200) m	Hesaplama Alanı 1 (6,100 x 2,200) m
07:00	22.378 lx	22.631 lx
08:00	47.196 lx	47.456 lx
09:00	57.417 lx	57.706 lx
10:00	56.197 lx	56.531 lx
11:00	46.298 lx	46.625 lx
12:00	30.768 lx	30.913 lx
13:00	11.835 lx	12.727 lx
14:00	7.646 lx	8.784 lx
15:00	5.411 lx	7.074 lx
16:00	4.325 lx	5.735 lx
17:00	3.216 lx	3.970 lx
18:00	3.076 lx	3.432 lx

Gün ışığı aktarım bölgesinden alınan sonuçlara bakıldığında ev tipi heliostat sistemi etkisini 12 saat için gösterebilmektedir, bununla beraber işlevsel verimli saatleri 13:00 – 17:00 aralığında olduğu görülmüştür. Aynı zamanda mekanın kuzey konumuna göre bakıldığında güneşin konuma bağlı olarak özellikle mekan için aydınlatma kayıplarının başladığı zaman diliminde ev tipi heliostat sistemi etkisi fark edilir bir biçimde görülmüştür.

Tablo 4.2. Çalışma seviyesi bölgesi (Alan 2) için elde edilen veriler

Açık Gökyüzü Tarih / Saat (01.06.2017)	Heliostat Pasif	Heliostat Aktif
	Hesaplama Alanı 1 (8,400 x 9,500) m	Hesaplama Alanı 1 (8,400 x 9,500) m
07:00	4.238 lx	4.303 lx
08:00	6.953 lx	7.028 lx
09:00	7.765 lx	7.854 lx
10:00	7.240 lx	7.335 lx
11:00	5.840 lx	5.945 lx
12:00	4.048 lx	4.162 lx
13:00	2.845 lx	2.984 lx
14:00	2.258 lx	2.420 lx
15:00	1.971 lx	2.158 lx
16:00	1.844 lx	2.040 lx
17:00	1.741 lx	1.955 lx
18:00	1.589 lx	1.799 lx

DIALux evo programının tanımladığı ve daha önceki çalışmalarda kullanılan simülasyon hesaplama alanı çalışma seviyesi bölgesi için alınan veriler genel hesaplama alanı ölçütü olarak görülmüş ve grafik ile üzerinde durularak incelenmiştir (Rosa, 2009, Wang, 2013). Bu bölge için alınan verilere bakıldığında ev tipi heliostat sisteminin etkin olduğu saatlerin gün ışığı aktarma bölgesi için alınan sonuçlar ile doğru orantılı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. Çalışma alanı bölgesi için ev tipi heliostat sistemi etkisi ortalama olarak 100 – 200 lx aralığında olduğu görülmektedir.

Tablo 4.3. Heliostat sistemi hedef bölgesi (Alan 3) için elde edilen veriler

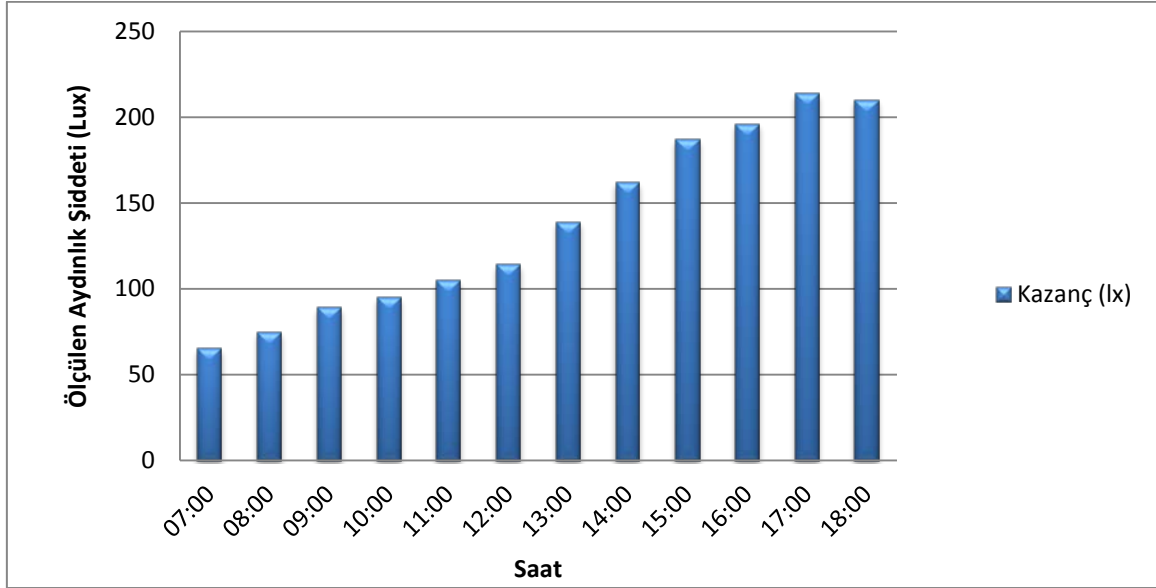
Açık Gökyüzü Tarih / Saat (01.06.2017)	Heliostat Pasif	Heliostat Aktif
	Hesaplama Alanı 1 (8,400 x 11,700) m	Hesaplama Alanı 1 (8,400 x 11,700) m
07:00	1.477 lx	1.549 lx
08:00	1.818 lx	1.845 lx
09:00	1.507 lx	1.514 lx
10:00	1.368 lx	1.410 lx
11:00	1.250 lx	1.295 lx
12:00	1.138 lx	1.185 lx
13:00	1.045 lx	1.384 lx
14:00	864 lx	1.476 lx
15:00	737 lx	1.597 lx
16:00	670 lx	1.500 lx
17:00	621 lx	1.058 lx
18:00	541 lx	872 lx

Mekanın iç duvarları için alınan değerler gün ışığı aktarım bölgesi olan pencerelerden sonra ev tipi heliostat sisteminin etkisinin yüksek olarak gözlemlendiği ve aydınlatma değeri farklarının en fazla olduğu bölümler olduğu görülmüştür. Aynı zamanda bu bölgelerin mekan iç yüzeyinde bulunmasından dolayı güneşin konumunun değişmesi ile yüksek aydınlık değeri farkları ve kayıpları yaşamakta olduğu görülmüştür. Simülasyona sistemin dahil edilmesi ile bu bölge için tüm gün saati aralığında güneşin her zaman verimli olabildiği görülmüştür.

4.2. Elde Edilen Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırılma ve Görselleştirilmesi

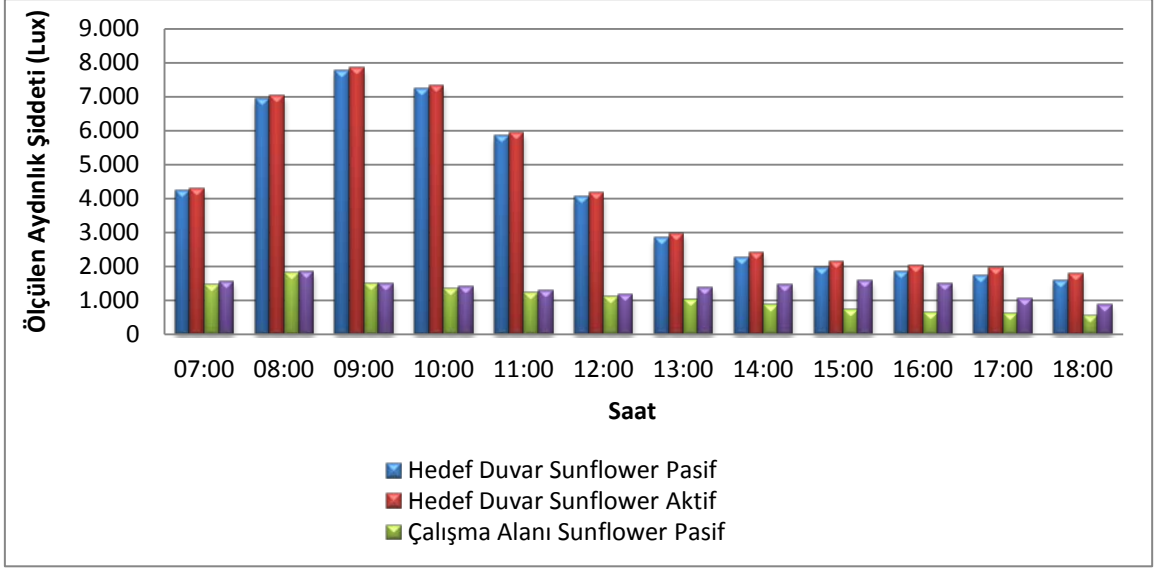
DIALux evo ile elde edilen ve Tablo 4.2’de sunulan veriler ışığında çalışma alanı değerleri için kazanç alan grafiği çizilmiştir, çizilen grafiğe göre güneşin hesaplama alanlarına sağladığı aydınlatma avantajının kaybolduğu saat 12’de konumunun değişmesi ile gerçekleşmektedir. Bununla birlikte güneşi saat 12’de yansıtma açısına alan ev tipi heliostat sistemi hesaplama alanlarına günün avantajlı saatlerindeki aydınlatma olanağını sağlayarak 07:00 – 18:00 saatleri aralığında mekan çalışma alanı gün ışığı kazancına ek olarak 65 - 214 lx aralığı değerlerinde katkısı olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen

verilerden oluşturulan (Alan 2) çalışma seviyesi bölgesi için ortalama değerleri kazanç alan grafiği Şekil 4.4’de sunulmuştur.



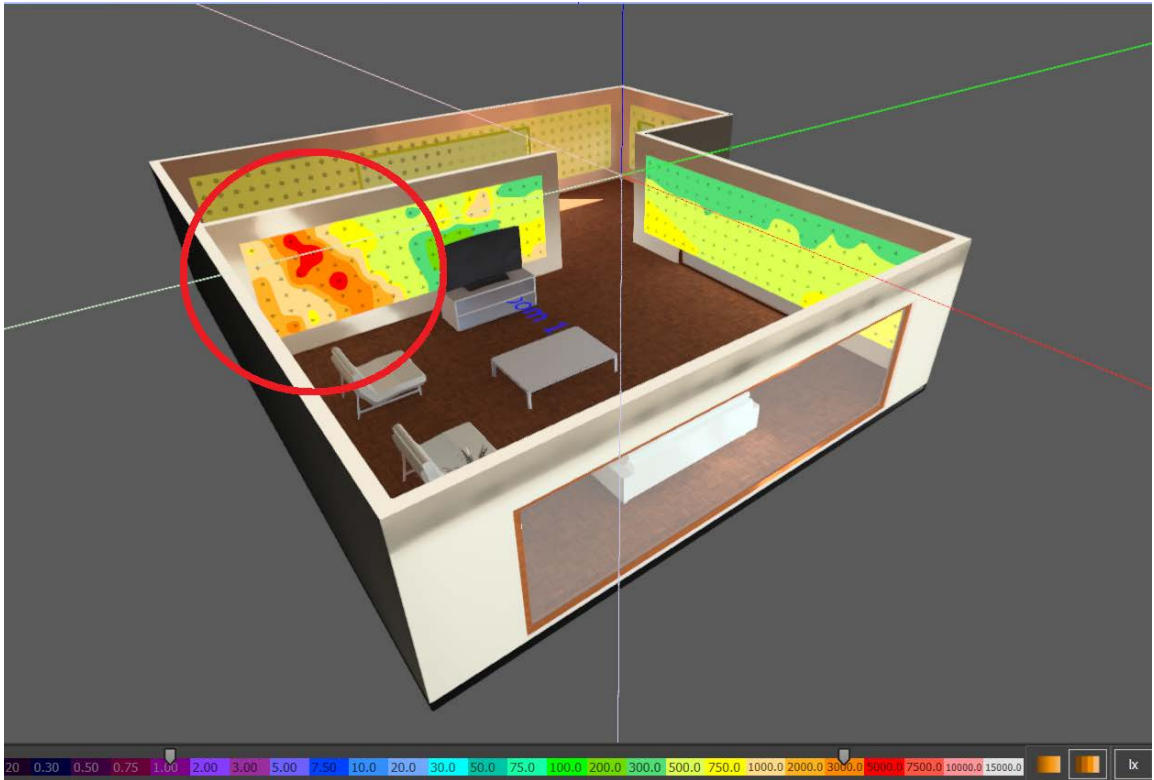
Şekil 4.4. Ev tipi heliostat sistemi çalışma alanı bölgesi kazanç grafiği

Günün güneş ışığı alan tüm zaman aralığı için DIALux evo programı içerisinde oluşturulmuş olan 3 farklı hesaplama alanından alınan veriler mekanın tüm aydınlanma oranı ile kıyaslanarak mekanın aydınlatmasına etkileri gözlemlenmiştir. Oluşturulan mekan iç aydınlatma ortalaması farkları alan grafiği Şekil 4.5’de sunulmuştur. Bu grafiğe göre günün avantajlı saatleri olan 07:00 – 12:00 saatleri aralığında bile ev tipi heliostat sistemi mekan aydınlatma ortalamasına pozitif etki etmektedir. Bununla beraber oluşturulan simülasyon alanında gün ışığı açısını yakaladığı saatler olan 12:00 – 18:00 aralığında mekan aydınlatma ortalamasına +1.000 lx değerlerine kadar katkı sağladığı gözlemlenmiştir.



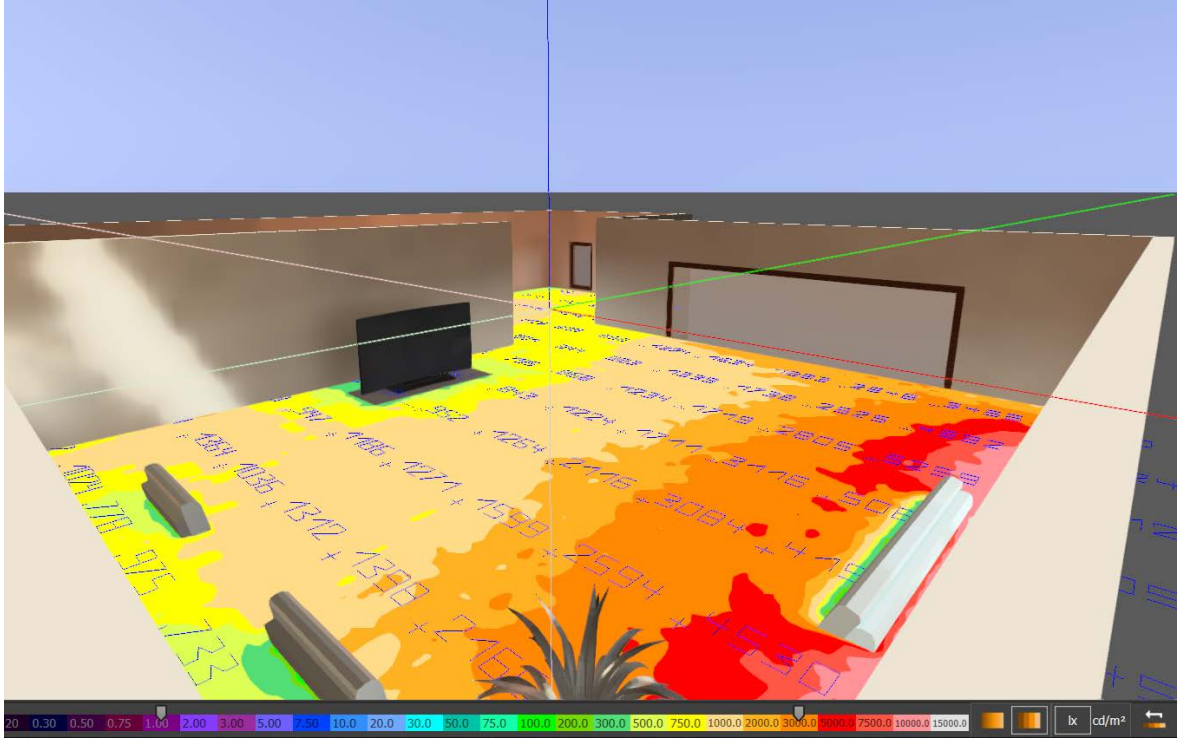
Şekil 4.5. Ev tipi heliostat sistemi mekan iç aydınlatma ortalamasına etki grafiği

Yapılan çalışmada elde edilen verilerden yola çıkılarak ev tipi heliostat sistemlerinin gün ışığının aktif olduğu saatlerde çalışma bölgesi aydınlık düzeyine toplam % 3,41 oranında katkısı olduğu görülmüştür. Ev tipi heliostat sistemi ile alınan yansıtma değeri görseli Şekil 4.6’da sunulmuştur.



Şekil 4.6. Ev tipi heliostat sistemi ile alınan duvar aydınlık düzeyi dağılımı görseli

Aydınlatma performansının yüksek olduğu 14:00'de ev tipi heliostat sisteminin mekan içerisine 50.000 lx değeri aktarabildiği görülmüştür. Bu değerin çalışma alanı genel aydınlatma ortalamasına etkisi 162 lx değerinde bir artış olarak yansımıştır. Bu değerin DIALux evo programı içerisinde lux dağılım görselleştirmesi Şekil 4.7'de sunulmuştur.



Şekil 4.7. Çalışma bölgesindeki aydınlık düzeyi dağılımı

DIALux evo programından alınarak mimari görselleştirmesi yapılan örnek mekanın dış görünümü Şekil 4.8'de, örnek mekan içerisinden alınan ve mimari görselleştirilmesi yapılan görünüm Şekil 4.9'da sunulmuştur. Görseller DIALux evo programının ışın izleme yöntemi ile dışa aktarma özelliği kullanılarak oluşturulmuş ve yardımcı programlar kullanılarak mimari görselleştirilmesi yapılmıştır.



Şekil 4.8. Heliostat sistemi DIALux evo ile mekan dışı mimari görselleştirilmesi



Şekil 4.9. Heliostat sistemi DIALux evo ile mekan içi mimari görselleştirilmesi

Doğal aydınlatma alanında etkisi sunulan ev tipi heliostat sistemi için hedef bölge duvarında yaptığı parıltı örnek görseli Şekil 4.10'da sunulmuştur. Oluşan parıltıyı önlemek için daha önce yapılan çalışmalardan yola çıkılarak görsel ışık kirlenmesini önlemek amaçlı parıltı önleyici kaplama veya yansıtma bölgesi muhafazaları kullanılabilir (Dokuzcan, 2006). Ayrıca gün ışığından kaynaklanan doğrudan göz kamaşması yapay ışığa göre daha az rahatsız edicidir (Kürkçü, 2017).



Şekil 4.10. Heliostat sistemi DIALux evo içerisinde görsel parıltı yoğunluğu

Ev tipi heliostat sistemi kullanılarak gün ışığının yansıtıldığı 15 m²'lik duvar bölgesinde parıltı dağılımı ve parlaklık değerleri, Dialux evo programından alınan görsel ile Şekil 4.11'de sunulmuştur.

Yapılan araştırmanın sonucunda ev tipi heliostat sistemlerinin örnek bir uygulaması ile sistemin mekan çalışma seviyesi bölgesi (Alan 2) gün içerisinde aldığı toplam 48.332 lx değerine karşılık ev tipi heliostat sistemi ile alınan 12 saatlik toplam değer 49.983 lx değerlerine ulaşmıştır. Bu değerlerin grafiksel gösterimi ve doğrusal eksen'i Şekil 4.12'de sunulmuştur.

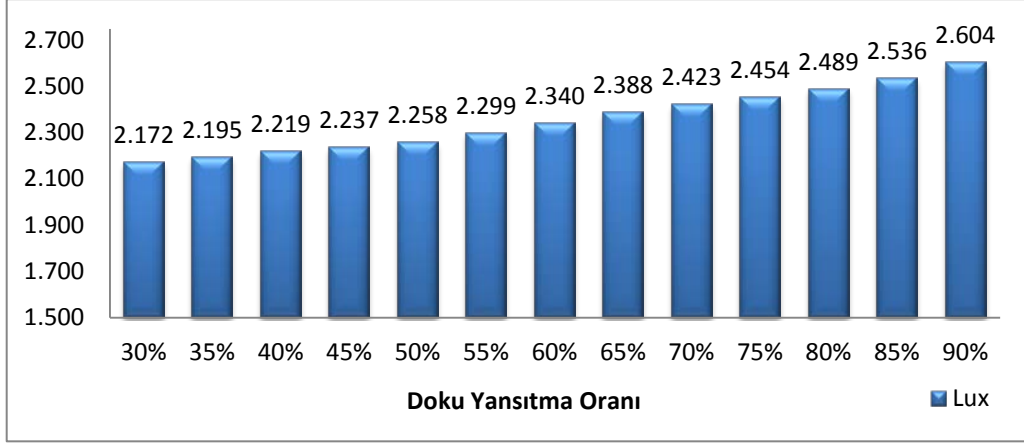


Şekil 4.11. Heliostat sistemi parlıtı dağılımı parlaklık değerleri görseli



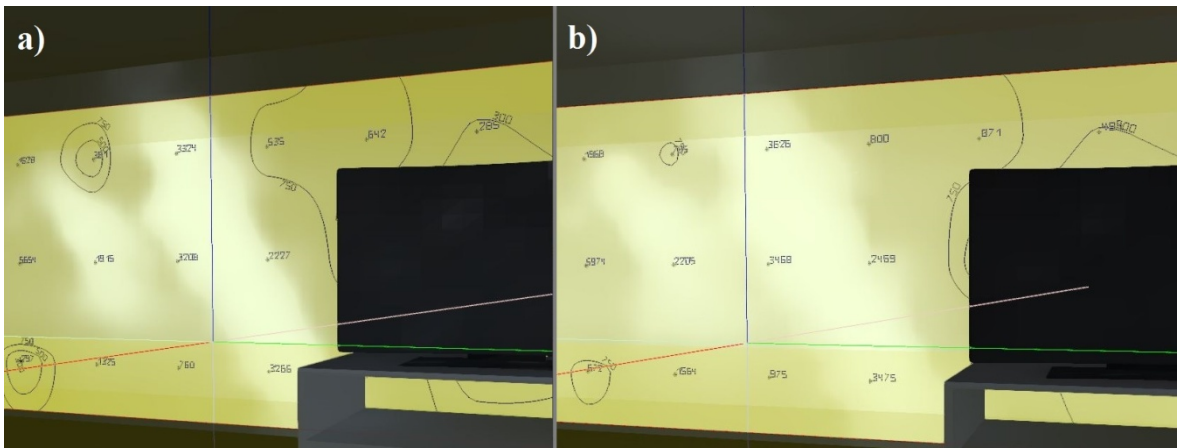
Şekil 4.12. Heliostat sistemi ile çalışma bölgesi için gün içi toplam lux değerleri grafiği

Ev tipi heliostat sistemi hedef bölgesi yansıtma oranları yardımcı optimizasyon değerleri için farklı yansıtma oranları olan duvar boyaları ile eşit koşullarda sonuçlar alındı. Yapılan standart ölçümler, kullanılan %85 yansıtma oranına sahip duvar boya dokusu ile birlikte %30 - %90 aralığında %5 farklar ile aynı simülasyon ortamında eşit koşullarda saat 14:00'da alınan 13 farklı yansıtma – lux değerleri değişim grafiği Şekil 4.13'de verilmiştir.



Şekil 4.13. Çalışma seviyesi farklı duvar boyası dokusu yansıtma oranları değerleri

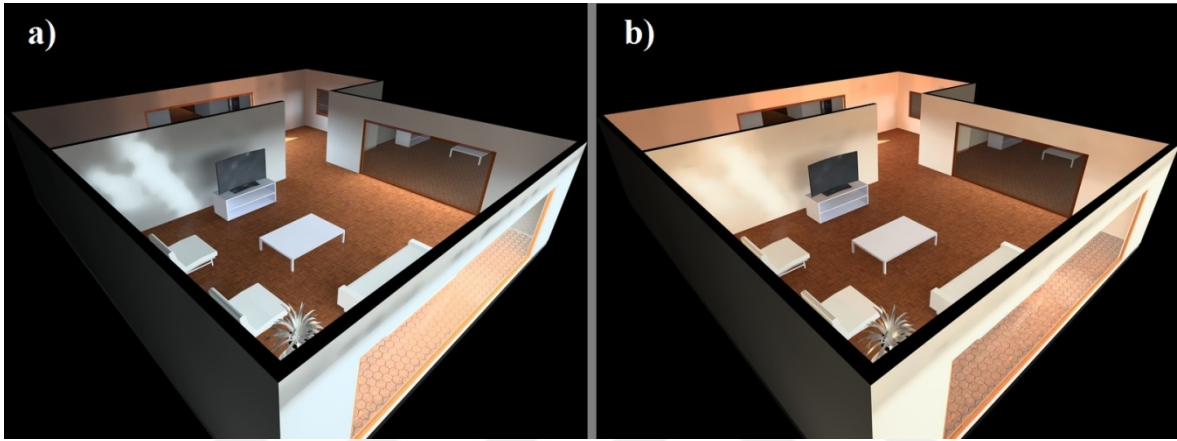
Belirlenen minimum %30 ve maksimum %90 yansıtma oranları daha önceki çalışmalarda belirtildiği ve Avrupa Standartı EN 12464'e göre önerilen mekan içi yüzeylerin optimum yansıtma oranlarına göre seçilmiştir (Dubois and Ake, 2011). Yapılan simülasyonların sonucunda mekan içi yüzeylerinin yansıtma oranlarının ev tipi heliostat sisteminin performansına pozitif yönde doğrusal bir etkisi olduğu açıkça görülmüştür. Simülasyonda uygulanan %30 yansıtma dokusundan % 90 yansıtma dokusuna kadar alınan ölçümlerde 432 lx seviyesinde artış gözlemlenmiştir. Oluşturulan sanal simülasyon alanı için %85 değerinden %90 değerine çıkılması aydınlatmaya 68 lx değerinde %3.1 artış oranı ile katkı sağlamıştır. Mekan iç yüzeylerinin %30 yansıtma oranı ve %90 yansıtma oranı ile alınan 15 m² bölge parlaklık yoğunluğu karşılaştırma görseli Şekil 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.14. Yansıtma oranı farklı duvar boyası dokularının parlaklık dağılımı izohatları

a) Yansıtma oranı %30 b) Yansıtma oranı %90

Farklı duvar boyası dokularının parıltı dağılımına etki görseli verilerinden yola çıkarak ev tipi heliostat sistemi mekan içi yansıtma yüzeylerinin yansıtma oranları arttıkça aydınlık değer farkları geçişlerinden kaynaklanan izohatların sayısının azaldığı görülmüştür. Duvar dokularının yansıtma oranı arttıkça ev tipi heliostat sistemi kaynaklı oluşan parıltının azaldığı ve aydınlatma değerleri dağılımının daha homojen olduğu gözlemlenmiştir, duvar boyası dokularının aydınlatmaya olan bu etkisinin görseli Şekil 4.15’de verilmiştir.



Şekil 4.15. Farklı duvar boyası dokularının aydınlatma dağılımına olan etkisi

a) Yansıtma oranı %30 b) Yansıtma oranı %90

Daha önce yapılan çalışmalarda bahsedilen aydınlatma tasarımı ve duvar renkleri arasındaki istatistiksel bağlantı (Manav vd., 2007), oluşturulan simülasyon alanından elde edilen verilerde doğrusal olarak artan aydınlatma seviyesi olarak gözlemlenmiştir.

5. SONUÇ

Kurulum ve uygulaması pratik aynı zamanda uygulama alanı çok çeşitli olabilen bu sistemler kullanıcılara tanıtılarak yeşil binalar adına veriler oluşturulmuş ve şüphesiz gelecek yıllarda da gündemden düşmeyecek enerji konusunda güneş enerjisinin bu alanda kullanımına bir zemin sağlanmıştır. Bu sistemlerin zorlu mekanların tasarım aşamasında konumlandırılması tasarımcıya büyük avantajlar sağlayabilecek aynı zamanda enerji tasarrufu sağlayan yeşil binalar oluşturulmasına yardımcı olacaktır. Bununla beraber mekan ile görsel bir bütünlük oluşturabilen bu tip doğal enerji sistemlerin kullanımı modern mimari ve doğa dostu mekanların vazgeçilmez parçası haline gelecektir. Simülasyon alanı olarak modellenen sisteminin mimari görselleştirmesi Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1. Oluşturulan simülasyon bölgesi modelinin mimari görselleştirmesi

Simülasyondan elde edilen sonuçlar ışığında ev tipi heliostat sistemlerinin kullanımdan verimi artırarak optimize bir sistem elde etmek adına mekan iç duvar renkleri ve odaların tasarımında kullanılan malzeme dokularının yansıtma oranları aydınlık seviyesine doğrudan etki ettiği gözlemlenmiştir. Bu dokuların yansıtma oranları ile aydınlatma seviyesi arasında doğrusal bir pozitif artış olduğu sonucu elde edilmiştir. Bazı durumlarda pencere kenarları yüksek seviyelerde ışık alabilirken pencereden uzak

noktalara bu ışığın çok daha düşük oranlarda iletilebildiği gözlemlenmiş ve ev tipi heliostat sistemi sayesinde bu seviyelerin artırılabilceği görülmüştür.

Elde edilen optimizasyon verileri ve sonuçların yanı sıra DIALux evo programının yansıtma özelliği barındıran heliostat sistemleri simülasyon alanı oluşturulmasında etkili ve çözüm odaklı olabildiği gözlemlenmiştir. Bu gözlem tasarımcı adına yine bir avantaj sağlayarak ilerleyen çalışmalarda bu tip sistemlerin ön hesaplamalarının kullanılması ile doğaya, insana, mekana ve çevreye pozitif etkiler olarak yansıtacaktır.

Ev tipi heliostat sistemleri kolay uygulanabilir özelliği sayesinde mekana entegre edilmesi zor olan diğer sistemler ile eş zamanlı olarak çalışabilirliği araştırılarak daha verimli hibrit sistemler ortaya çıkarılabilir. Bu tip sistemler bildiğimiz üzere ışık kaynağı olarak güneşi kullanmaktadırlar, bu yüzden gün ışığı alma süresi yüksek olan bölgelerde kullanımı fayda sağlayacaktır. Mekanın kuzey cephesinin kullanımı aktarma sonucu oluşan ısınma sorununu aşılabilir. Doğal enerji kullanan aydınlatma sistemleri için Türkiye konumu itibari ile etkili bir coğrafi yerleşime sahiptir. İç mekanlarda bize ulaşan doğal gün ışığı ile başta psikolojik olarak vücut denge düzenimize faydalı olacaktır. Gelişmekte olan ülkemizde bu tip doğal aydınlatma uygulamaları insanların stres seviyelerini azaltarak sağlık ve verim seviyelerini artmasına yardımcı olacaktır. Bununla birlikte doğal aydınlatma sistemleri aktardığı gün ışığı sayesinde bizlere fizyolojik olarak pozitif etkiler sağlayacaktır.

Coğrafi olarak dezavantajlı olan bölgelerde örneğin; derin vadilerde, dik yamaçlarda konumlanan mekanların gölgeli cephelerinde aydınlatma değerlerine katkı sağlayabilecek bir sistem olduğu gözlemlenmiştir.

Bu tip sistemlerin mekanlarda yapay aydınlatma sistemleri ile birlikte kullanılması, yapay aydınlatma araçlarının kullanım sürelerini azaltarak maksimum elektrik tasarrufu sağlayabilir.

Bu çalışma simülasyon ile ölçüm yöntemi açısından gelecek araştırmalara referans olacaktır. Yapılan çalışmada, simülasyonu yapılan ev tipi heliostat sistemlerinin, doğal aydınlatma alanında gelişen, pratikleşen teknolojiyi takip ederek ve ülkemizde de kullanılabilir hale getirme açısından bir kaynak sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- Annual Energy, Outlook 2012. U.S. Energy Information Administration (EIA), USA.
- Anonymous, 2000. Daylight in Buildings, A Source Book on Daylighting Systems and Components, International Energy Agency Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, A Report of IEA SHC Task 21/ ECBCS Annex 29.
- Aydınlı, S., Rosemann, A., 2000. Doğal ve yapay ışıkları, heliostat ve ışık ileticileri ile kombine eden yeni bir aydınlatma düzeni; 3. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İTÜ TAŞKIŞLA, İstanbul, 23-24 Kasım, 36-41.
- Badia, P., Myers, B., Boecker, M., Culpepper, J., Harsh, J. R., 1991. Bright light effects on body temperature, alertness, EEG and behavior. *Physiology & Behavior*, 50, 583–588.
- Beckmann, W. A., 1997. Solar Heating Design. s.13-30.
- Bhusal, P., Tetri, E., Halonen, L., 2006. Quality and Efficiency of Office Lighting, EPIC 2006 AIVC, Lyon, France.
- Bommel, W., 2005. CIE and the Way of Putting ‘Lighting and Health’ into Daily Lighting Practice, Proceeding Book of Lux Europa (10th European Lighting Conference, Berlin, September 19-21), 25–26.
- Brennan, P., Fedor C., Sunlight, UV, & Accelerated Weathering - Q-Lab Corporation. N.p., n.d. <http://www.q-lab-corporation.ru/doc/Weathering-LU-0822.pdf>, (Erişim Tarihi : 25.04.2017).
- Brown, G. Z., Dekay, M., 2001. Sun, Wind&Light, Architectural Design Strategies John Willey&Sons inc., New York, USA, 222-223.
- Capeluto, I. G., 2003. The Influence of the Urban Environment on the Availability of Daylighting in Office Buildings in Israel. *Building and Environment*, 38, 745-752.
- Christos, H., Arnd, G., Markus, S., Ramin, T., Achim G., Anselm, K., 2003. Light-Absorbing Properties and Osmolarity of Indocyanine-Green Depending on Concentration and Solvent Medium. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 44(6), 2722.
- Çetegen, D., Enarun D., 2000. Doğal Aydınlatma Konusundaki Yeniliklere Bir Bakış, 3. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, 30-35.
- Çetegen, D., 2004. Doğal Işığın Hacim İçinde Etkin Kullanımını Sağlayan Düzeneklerin İstanbul İklim Koşulları Altında İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çetin, F., Gümüş, B. ve Ozbudak, Y., 2003. Aydınlatma özelliklerinin ergonomik açıdan değerlendirilmesi, II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi, Diyarbakır.

- Çetin, S., 2010. "Geleneksel Konut Mimarisinin Ekolojik Yansımaları: Burdur Örneği", 5. Ulusal Çatı & Cephe Sempozyumu 15 -16 Nisan 2010, İzmir.
- Dialux, Benefits of DIALux, <https://www.dial.de/en/dialux/features/#c2866>, (Erişim Tarihi : 28.04.2017).
- Dokuzcan, H., 2006. Işık Kirliliği Açısından Kent Aydınlatması ve Taksim Meydanı Örneği, Yüksek Lisans Tezi. Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dubois, M., and Ake B., 2011. Energy saving potential and strategies for electric lighting in future North European, low energy office buildings: A literature review. *Energy and Buildings*, 2572-582.
- Dursun, B., 2005. Dâhili Ortamlarda Aydınlatma Hesaplama Tekniklerinin Analizi ve Bir Uygulama Örneği, Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Edwards, L., Torcellini P., 2002. A Literature Review of the Effects of Natural Light on Building Occupants, National Renewable Energy Laboratory, Colorado USA.
- Erel, B., 2004. Doğal gün ışığı ile aydınlatma alanında geliştirilen yeni teknolojiler hakkında bir araştırma, Yüksek Lisans Tezi. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ertürk, N., 1997. Simulation und Experimentelle Untersuchungen von Stationären und Naghgeführten Photovoltaiksystemen, PhD Thesis, Berlin Technical University.
- Enarun, D., 1987. Bina tasarımı aşamasında hacim içindeki doğal ışık dağılımını belirlemek için bir model, Doktora Tezi. İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Fakro, 2017. <http://www.fakro.co.uk/products/all-products/solar-collectors/>, (Erişim Tarihi: 23.05.2017).
- Form Group, 2017. <http://formfabrika.com/tr/katalog/teknik-makaleler-2>, (Erişim Tarihi: 30.04.2017).
- Guzowski, M, 2000. Daylighting For Sustainable Design. McGraw-Hill, USA.
- Jacobs, A., 2000. State of the Art Review of Fibre-Optic Cable Technology, Low EnergyArchitecture Research Unit, University of North London.
- Jurgen, R. 1968. Radiometry and Photometry: Units and Conversion Factors. *Applied Optics*, 7(10), 2081.
- Kaase, H., 2017. Arthelio, HELIOstat-based Daylighting System, Prototype 2: Berlin, <http://erg.ucd.ie/enerbuild/arthelio.html>, (Erişim Tarihi : 23.05.2017).

- Karel, 2015. Aydınlatma Şiddeti: LUX Nedir, Örnekler Nelerdir, <http://www.karel.com.tr/bilgi/aydinlatma-siddeti-lux-nedir-ornekler>, (Erişim Tarihi : 21.04.2017).
- Katerina, M., 2012. Natural light in Learning Environments, M.Arch Thesis. University of Nicosia - Department of Architecture, Cyprus.
- Kazanasmaz, T., 2017. Binaların Doğal Aydınlatma Performanslarının Değerlendirilmesi, http://www.emo.org.tr/ekler/69de2344203534f_ek.pdf, (Erişim Tarihi : 25.04.2017).
- Kıncay, O., 2017. <http://www.solar-academy.com/menus/Gunes-Enerjisi.021720.pdf>, (Erişim Tarihi : 26.04.2017).
- Kischkoweit-Lopin, M., 2002. An Overview of Daylighting Systems. *Solar Energy*, 73, 77-82.
- Köster, H., 2004. Dynamic Daylighting Architecture Basics, Systems, Projects, Birkhäuser – Publishers for Architecture, Basel – Boston – Berlin.
- Küçükdoğu, M. Ş., 2017. Aydınlatmada Etkin Enerji Kullanımı http://www.emo.org.tr/ekler/07ff380ee5ac49f_ek.pdf, (Erişim Tarihi: 21.04.2017).
- Kürkçü, E. A., İSGUM, http://www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/IG1/isyerinde_aydinlatma.pdf, (Erişim Tarihi : 25.04.2017).
- Lam, W. M., 1986. Sunlighting as Formgiver for Architecture. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Lewy, A. J., Wehr, T.A., Goodwin, F.K., Newsome, D.A., Markey S.P., 1980. Light Suppresses Melatonin Secretion in Humans. *Science*, 210. 1267–1269.
- Manav, B., Güler, Ö., Onaygil, S., Küçükdoğu, M.Ş., 2007. Effects of Different Colour Temperatures and Illuminance Levels on The Preference of Wall Colours at Offices, 26th Session of the CIE, Beijing, China.
- Manav, B., Kutlu, R., Küçükdoğu, M.Ş., 2009. Mimaride Kullanılan Cam Türlerinin Aydınlatma Açısından İncelenmesi, V. Ulusal Aydınlatma sempozyumu.
- Marks, F. M., 2013. Letter to the Editors: Lighting for Different Healthcare Settings, *Health Environments Research & Design Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 166-168.
- Matusiak, B., 2010. Sağlıklı Öğrenme Ortamları için Gün Işığı Tasarımı. *Professional Lighting Design Türkiye*, 33, 72-76.
- Mayhoub, M. S., 2011. Hybrid Lighting Systems: Performance, Application and Evaluation, University of Liverpool.
- NOAA, 2017. Solar Position Calculator, <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc>, (Erişim Tarihi : 23.05.2017).

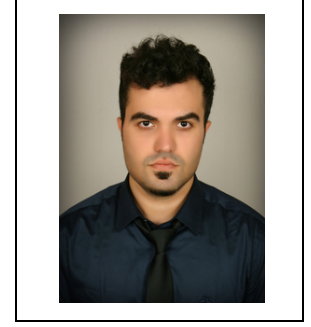
- Okutan, H., 2008. Gün Işığı ile Aydınlatmanın Temel İlkeleri ve Gelişmiş Gün Işığı Aydınlatma Sistemleri, Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Onaygil, S., 2001. Aydınlatmada Verimlilik ve Enerji Tasarrufu , İzmir Aydınlatma Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, İzmir.
- Onuk, N. T., 2008. Kentsel Dış Mekanların Aydınlatılması Kapsamında Işık Kirliliğinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Osterhaus, W. K. E., 1993. Office Lighting: A Review of 80 Years of Standards and Recommendations”, Proceedings of the IEEE Industry Applications Society Annual Meeting, 2-8 Nov., Toronto, s. 345-355.
- Öncel, A. İ., 1996. Ofis Aydınlatması, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Öztürk, Ç., 2006. Gelişmiş Doğal Aydınlatma Sistemleri ve Uygulama Örnekleri, Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Rea, M. S., 2002. Light-Much More Than Vision, Proceedings of Light and Human Health: EPRI/LRO (5th International Lighting Symposium, Palo Alto, CA), 1-15.
- Rosa, A.D., Ferraro, V., Igawa, N., Kaliakatsos, D., & Marinelli, V., 2009. INLUX: A Calculation Code for Daylight Illuminance Predictions Inside Buildings and Its Experimental Validation. *Building and Environment*, 44(8), 1769-1775.
- Ryer, A., 1997. Light Measurement Handbook. Newburyport, MA: International Light.
- Scartezzini, J. L., Courret, G., 2002. Anidolic Daylighting Systems. *Solar Energy*, 73, 2, 123-135.
- Scartezzini, J. L., Münch, M., 2010. Light Beyond Vision, SwissNEX Lecture, Day and Night in Building Science and Chronobiology, 16 February, San Francisco.
- Shahan, Z., 2012. <http://www.esolarenergynews.com/p/wikodas-sunflower.html>, (Erişim Tarihi: 21.04.2017).
- Sirel, Ş., 1965. Yapı Fiziği Uzmanlık Uygulamaları, <http://www.yfu.com/yazilar/mim65-mayis.pdf>, (Erişim Tarihi : 21.04.2017).
- Sirel, Ş., 1991. Yapı Fiziği Uzmanlık Uygulamaları, <http://www.yfu.com/yazilar/sistemdekor.pdf>, (Erişim Tarihi : 25.04.2017).
- Sirel, Ş., 2012. Yapı Fiziği Uzmanlık Uygulamaları, Aydınlatma Sözlüğü, <http://www.yfu.com/sozluk/aydinlatmasozlugu.pdf>, (Erişim Tarihi : 26.04.2017).
- Solatube, Daylighting Systems, 2017. Technical Resource, Perfecting daylight through invention, <http://www.solatube.com/residential/daylighting>, (Erişim Tarihi : 23.05.2017).

- Ssengooba, K. W., 2000. DAYLIGHT and SUNLIGHT: A Solution to Energy problems in Buildings in Tropical Regions. World Renewable Energy Congress VI, 641-644.
- Uygun, E., Görgülü, S., 2016. DIALux ve RELUX Aydınlatma Benzetim Programlarının Gün IşığI Benzetimi Karşılaştırması, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Özel Sayı 1: 1-8.
- Varınca, K. B., Gönüllü, M. T., 2006. Türkiye’de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Eskişehir.
- Veitch, J. A., Newsham, G.R., 2000. Preferred Luminous Conditions in Open- Plan Offices: Research and Practice Recommendations. *International Journal of Lighting Research and Technology*, 32, 4, 199-212.
- Yapar, T., 2007. Aydınlatma Otomasyonu ile Enerji Tasarrufu, Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yenidoğan, C., 2017. Gelişmiş Aydınlatma Sistemlerinin İç Mekanda Kullanımı Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.
- Yılmaz, Z., 2006. Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, Sayı:91.
- Yüksek, İ., Karadayı T. T., 2017. Energy-Efficient Building Design in the Context of Building Life Cycle. *Energy Efficient Buildings*, doi: 10.5772/66670.
- Wang, Z., & Tan, Y. K., 2013. Illumination Control of LED Systems Based on Neural Network Model and Energy Optimization Algorithm. *Energy and Buildings*, 62, 514-521.
- Weidman, G., 1999. Giydirme Cephelerde Güneş Enerji Kontrollü Reflektif Cam Seçiminde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar, s. 24-28.
- Whitehead, L., Upward, A., Friedel, P., Cox, G., Mossman, M., 2010. Using Core Sunlighting to Improve Illumination Quality and Increase Energy Efficiency of Commercial Buildings (4th International Conference on Energy Sustainability), 2, doi:10.1115/es2010-90077.
- Wikoda, 2017. <http://wikoda.com/>, (Erişim Tarihi: 21.06.2017).
- Willis, C., 1995. Form Follows Finance: Skyscrapers and Skylines in New York and Chicago, Princeton Architectural Press, New York.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Emre UYGUN

Doğum Yeri ve Yılı : Samsun 1991



Eğitim Durumu

		<u>Yıl</u>
Lise	: Gülkent Anadolu Lisesi	2005 - 2009
Lisans	: Süleyman Demirel Ü. – Yapı Tasarımı Öğretmenliği	2009 - 2015
Yüksek Lisans	: Mehmet Akif Ersoy Ü. – Mekansal Planlama ve Tasarım	2015 - 2017

Çalıştığı Kurum / Kurumlar

	<u>Yıl</u>
1- PLAZMATEK (Sistem Tasarımı & Üretim Planlaması) Plazma, Elektronik, Enerji, Üretim San.Tic.LTD.ŞTİ.	2014 - Halen

Yayımları (SCI ve diğer makaleler)

- 1- **Uygun, E.**, Görgülü, S. DIALux ve RELUX Aydınlatma Benzetim Programlarının Gün Işığı Benzetimi Karşılaştırması. The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University Special Issue, 2016, 1, 1-8.
- 2- Karaca, G. Y., Eren, E., Alver, C., Koc, U., **Uygun, E.**, Oksuz, L., Oksuz, A. U. Plasma Modified V2O5/PEDOT Hybrid Based Flexible Electrochromic Devices. Electroanalysis, 2017, 29(5), 1324-1331.