T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİNALARDA DÜŞEY IŞIKLIK TASARIMININ İÇ MEKAN GÜNIŞIĞI AYDINLIK DÜZEYİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

YAREN DİLARA ERDEM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MİMARLIK ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Şule YILMAZ ERTEN

EDİRNE-2024

Yaren Dilara ERDEM'in hazırladığı **"Binalarda Düşey Işıklık Tasarımının İç Mekan Günışığı Aydınlık Düzeyine Etkisinin İncelenmesi"** başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından **Mimarlık** Anabilim Dalında bir **Yüksek lisans tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	İmza
Doç. Dr. Şule YILMAZ ERTEN	……
Doç. Dr. Filiz UMAROĞULLARI	……
Doç. Dr. Sibel MAÇKA KALFA	……

Tez Savunma Tarihi: 12/06/2024

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

Doç. Dr. Şule YILMAZ ERTEN

Tez Danışmanı ……

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

……

Prof. Dr. Muharrem Tolga SAKALLI

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

T. Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK ANABİLİM DALI YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

DOĞRULUK BEYANI

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

12/ 06 / 2024

Yaren Dilara ERDEM

İmza

Yüksek Lisans Tezi

Binalarda Düşey Işıklık Tasarımının İç Mekan Günışığı Aydınlık Düzeyine Etkisinin İncelenmesi

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

ÖZET

Hızlı nüfus artışı ve kentleşme enerji talebinin artmasına ve buna bağlı olarak enerji kaynaklarının tükenme eğiliminde olmasına neden olmuştur. Toplam enerji tüketiminde büyük paya sahip olan binalarda ise aydınlatma, tüketimin önemli bir yüzdesini oluşturmaktadır. Yapay aydınlatma tabanlı enerji tüketimini azaltmanın etkin yollarından bir tanesi binalarda günışığının verimli ve etkili kullanılmasıdır. Binalarda günışığı aydınlatması pencere ve çatıdan gelen ışık yardımıyla sağlanabilmektedir. Ancak günışığı hiçbir engelle karşılaşmasa bile bir yapının en uç noktalarına kadar ulaşamayabilir. Yapılardaki iç mekân derinliği ve yüksekliği arttıkça pencerelerden ve çatıdan giren günışığı mekânların derinliklerine ilerledikçe etkisini kaybetmekte, aydınlık düzeyi yetersiz kalabilmektedir. Bunun sonucunda yapay aydınlatma kaynaklı enerji tüketimi artmakta, iç mekân konforu azalmaktadır. Bununla birlikte düşük aydınlık düzeyi, kullanıcı üzerinde depresyon ve vücut saati bozukluğu gibi fiziksel ve psikolojik sağlık sorunlarına da neden olabilmektedir. Bu çalışmada ilk aşamada gün ışığı ile aydınlatma yöntemlerinden olan düşey ışıklıkların iç mekân görsel konfor ve günışığı performansına etkisinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bunun yanı sıra yeterli görsel konfor ve günışığı aydınlık düzeyine ulaşmada düşey ışıklık mekan özelliklerinin iç mekan aydınlık düzeyine etkisini ölçmek amaçlanmaktadır. Bu hedefler doğrultusunda ilk olarak ışıklık boyutlarına ilişkin gerekli kriter için Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ndeki sınır değerler dikkate alınmıştır. Işıklıktan yararlanan farklı derinliklerdeki mekanlardan oluşan örnek bir kat planı oluşturulmuştur. Kat adedinin ışıklığın mekâna sağladığı günışığı miktarına, aydınlık düzeyine ve görsel konfora etkisi Design Builder benzetme

programı aracılığıyla ölçülmüş ve TS EN 17037 Binalarda günışığı standardına göre değerlendirilmiştir. İkinci aşamada ise günışığının yetersiz kaldığı durumlarda her bir doğal aydınlatma unsuru için öneri iyileştirme senaryoları geliştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ndeki sınır değerlerine sahip ışıklık mekânının, ilgili yönetmelikte belirtilen maksimum mekân sayısına, kat sayısı arttığında zemin katlarda gerekli günışığı aydınlık düzeyini sağlayamadığı görülmüştür. Geliştirilen iyileştirme senaryolarında fiziksel mekan verilerinin (ışıklık boyutu, pencere boyutu vb.) ve malzeme özelliklerinin (yansıtma, soğurma vb.) değişmesinin mekanlardaki günışığı aydınlık düzeyini önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir ve yetersiz günışığı alan mekanlar için öneriler getirilmiştir. Günışığının verimli ve etkin kullanılabilmesi için yapının proje aşamasından itibaren doğal ve yapay aydınlatma tasarımın ele alınması gerektiği düşünüldüğünde, proje aşamasında etkin rol oynayan yönetmeliklerin sınır değerleri ile ilgili çalışmaların yapılmasının gerekliliğine dikkat çekilmiştir.

Yıl : 2024

Sayfa Sayısı : 100

Anahtar Kelimeler : Günışığı, Görsel Konfor, Işıklık, Design Builder, Doğal Aydınlatma

Master's Thesis

Examining the Effect of Vertical Skylight Design in Buildings on the Indoor Daylight Illumination Level

Trakya University Institute of Natural and Applied Sciences

Department of Architecture

ABSTRACT

Rapid population growth and urbanization have led to an increase in energy demand and, accordingly, a tendency to deplete energy resources. In buildings that have a large share in total energy consumption, lighting constitutes a significant percentage of consumption. One of the effective ways to reduce artificial lighting-based energy consumption is the efficient and effective use of daylight in buildings. Daylight illumination in buildings can be provided with the help of light coming from windows and roofs. However, even if daylight does not encounter any obstacles, it may not reach the farthest points of a building. As the depth and height of the interior spaces in buildings increases, the daylight entering through the windows and the roof loses its effect as it moves deeper into the spaces, and the brightness level may become insufficient. As a result, energy consumption due to artificial lighting increases and indoor comfort decreases. However, low light levels can also cause physical and psychological health problems such as depression and body clock disturbance in the user. In the first stage of this study, it was aimed to examine the effects of vertical skylights, which are one of the daylight lighting methods, on indoor visual comfort and daylight performance. In addition, it is aimed to measure the effect of vertical skylight features on the interior brightness level in achieving sufficient visual comfort and daylight brightness level. In line with these goals, first of all, the limit values in the Planned Areas Zoning Regulations were taken into account for the necessary criteria regarding skylight dimensions. A sample floor plan was created consisting of spaces at different depths that benefit from skylights. The effect of the number of floors on the amount of daylight provided by the

skylight to the space, the brightness level and visual comfort was measured through the Design Builder simulation program and evaluated according to the TS EN 17037 Daylight in Buildings standard. In the second stage, suggestion improvement scenarios were developed for each natural lighting element in cases where daylight was insufficient. As a result of the study, it was seen that the skylight space with the limit values in the Planned Areas Zoning Regulation cannot provide the required daylight illuminance level on the ground floors when the number of floors increases, up to the maximum number of spaces specified in the relevant regulation. In the developed improvement scenarios, it has been determined that changing physical space data (skylight size, window size, etc.) and material properties (reflection, absorption, etc.) significantly increases the daylight illuminance level in spaces, and suggestions have been made for spaces with insufficient daylight. Considering that natural and artificial lighting design should be addressed starting from the project phase of the building in order to use daylight efficiently and effectively, it has been pointed out that studies on the limit values of the regulations that play an active role in the project phase should be carried out.

Year : 2024

Number of Pages : 100

Keywords : Daylight, Visual Comfort, Skylight, Design Builder, Natural Lighting

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez sürecim boyunca desteğini ve ilgisini esirgemeyen, değerlendirme ve önerileriyle çalışmama yön veren sevgili danışman hocam, Doç. Dr. Şule YILMAZ ERTEN'e,

Çalışmama başlama aşamasında bilgi ve tecrübeleri ile bana ve çalışmama ışık tutan tez jüri üyesi değerli hocam Doç. Dr. Filiz UMAROĞULLARI'na, tez savunma jürisine katılarak görüşlerini paylaşan sayın hocam Doç. Dr. Sibel MAÇKA KALFA 'ya ve desteğini hissettiğim tüm hocalarıma içtenlikle teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini her zaman hissettiğim biricik anneme, kardeşlerime ve her zaman yanımda olduğunu bildiğim sevgili babam Mehmet ERDEM'e teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET iv
ABSTRACT vi
TEŞEKKÜR viii
İÇİNDEKİLER ix
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
ÇİZELGELER DİZİNİ xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ xvi
BÖLÜM 1 1
GİRİŞ 1
1.1. Literatür Araştırması 3
1.2. Çalışmanın Amacı 5
1.3. Çalışmanın Kapsamı 6
1.4. Çalışmanın Yöntemi ve Sınırlılıkları 6
BÖLÜM 2 10
SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE AYDINLATMA 10
2.1. Sürdürülebilir Mimarlık ve Enerji Etkin Tasarım 10
2.2. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinde Aydınlatma 11
2.3. Sürdürülebilirlik ve Aydınlatma İlişkisi 15
BÖLÜM 3 24
BİNALARDA GÜNIŞIĞI AYDINLATMASI 24
3.1. Günışığı ve Görsel Konfor 24

3.2. Günışığı Aydınlatmasını ve Görsel Konforu Etkileyen Faktörler 26
3.3. Günışığı ile İlişkili Sertifikasyon Sistemleri 30
3.3.1. BREEAM Sertifikasyon Sistemi 30
3.3.2. LEED Sertifikasyon Sistemi 32
3.3.3. DGNB Sertifikasyon Sistemi 34
3.4. Günışığı ile İlgili Ulusal ve Uluslararası Standartlar 35
BÖLÜM 4 39
ALAN ÇALIŞMASI: DÜŞEY IŞIKLIKLARIN İÇ MEKAN GÜNIŞIĞI AYDINLIK DÜZEYİNE ETKİSİNİN SİMÜLASYON YOLUYLA İNCELENMESİ 39
4.1. İç Mekânda Işıklık Kriterleri 39
4.2. İç Mekânda Işıklıkların DesignBuilder ile Simüle Edilmesi 40
4.3. Günışığı Analizleri 45
4.4. İyileştirme Senaryolarının Geliştirilmesi ve Günışığı Analizleri 49
BÖLÜM 5 61
BULGULAR VE DEĞERLENDİRME 61
BÖLÜM 6 70
SONUÇ 70
KAYNAKLAR 74
ÖZGEÇMİŞ 83
TEZ ÖĞRENCİSİNE AİT TEZ İLE İLGİLİ BİLİMSEL FAALİYETLER 84

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. İyileştirmeler 1, 2 ve 3 için şematik anlatım 8

Şekil 2.1. BM 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri 11

Şekil 2.2. Net Sıfır Senaryosunda teknolojiye göre küresel konut aydınlatma satış payı, 2010-2030 12

Şekil 2.3. Net Sıfır Senaryosunda teknolojiye göre aydınlatma verimliliği, 2010-2030 . 13

Şekil 2.4. Asgari enerji performansı standartlarının kapsadığı aydınlatma nihai elektrik kullanımının oranı, 2000-2022 13

Şekil 2.5. Net Sıfır Senaryosunda aydınlatmaya yönelik CO_2 emisyonları ve emisyon yoğunluğu, 2000-2030 14

Şekil 2.6. Net Sıfır Senaryosunda aydınlatmada küresel elektrik tüketimi, 2010-2030 . 14

Şekil 2.7. Pencerelerde dış görüş 17

Şekil 2.8. Çatı ışıklığı uygulama alternatifleri 18

Şekil 2.9. Işıklık örnekleri 18

Şekil 2.10. Çatı ışıklığı örnekleri; Tianjin Sanat Müzesi 19

Şekil 2.11. Işıklık örneği; Louisiana Eyalet Müzesi 19

Şekil 2.12. Işıklık örneği; Seona Reid Binası 19

Şekil 2.13. Işık rafı örneği 20

Şekil 2.14. Işık rafı örneği 20

Şekil 2.15. (a) Prizmatik panel örneği, (b) Lazer kesim paneli çalışma prensibi 21

Şekil 2.16. Anidolik Tavan Sistemi 21

Şekil 2.17. Heliostat örneği 22

Şekil 2.18. Işık tüpü çalışma prensibi 22
Şekil 3.1. Farklı geçirgenlik düzeyinde camlar 27
Şekil 3.2. Konforsuzluk kamaşması örneği 28
Şekil 3.3. Yetersizlik kamaşması örneği 28
Şekil 3.4. Renk oluşumu 29
Şekil 3.5. Örnek spektral güç dağılımı (SPD) eğrileri 29
Şekil 4.1(a) A Yapısının kısmi plan krokisi, (b) B Yapısının kısmi plan krokisi 41
Şekil 4.2. DesignBuilder programında yapının konumunun ve işlevinin seçilmesi…… 41
Şekil 4.3. A ve B yapılarının kesitleri 42
Şekil 4.4. DesignBuilder programında yapının bölgelere ayrılması 42
Şekil 4.5. DesignBuilder programında yapının konstrüksiyon ve malzeme verilerinin girilmesi 44
Şekil 4.6. TS EN 17037, Binalarda Günışığı Standardı 45
Şekil 4.7. Senaryo 1, A binasının günışığı aydınlatma analizi 46
Şekil 4.8 Senaryo 2, A binasının günışığı aydınlatma analizi 47
Şekil 4.9. Senaryo 3 B binasının günışığı aydınlatma analizi 47
Şekil 4.10. İyileştirme 1 yöntem 49
Şekil 4.11. A yapısının kısmi plan krokileri 50
Şekil 4.12. B yapısının kısmi plan krokileri 50
Şekil 4.13. A yapısı senaryo 1 (1 kat 6m² ışıklık), günışığı analizi 50
Şekil 4.14. A yapısı senaryo 2 (6 kat 6m² ışıklık), günışığı analizi 51
Şekil 4.15. A yapısı senaryo 3 (1 kat 7m² ışıklık), günışığı analizi 52
Şekil 4.16. A yapısı senaryo 4 (6 kat 7m² ışıklık), günışığı analizi 52
Şekil 4.17. B yapısı senaryo 1 (8 kat 11.5m² ışıklık), günışığı analizi 53
Şekil 4.18. B yapısı senaryo 2 (8 kat 13.5m² ışıklık), günışığı analizi 54

Şekil 4.19. A yapısı senaryo 1 (1 kat 4.5m² ışıklık), günışığı analizi 56

Şekil 4.20. A yapısı senaryo 2 (6 kat 4.5m² ışıklık), günışığı analizi 57

Şekil 4.21. B yapısı senaryo 3 (8 kat 9 m² ışıklık), günışığı analizi 57

Şekil 4.22. A yapısı senaryo 1 (1 kat 7 m² ışıklık), günışığı analizi 58

Şekil 4.23. A yapısı senaryo 2 (6 kat 7 m² ışıklık), günışığı analizi 59

Şekil 4.24. B yapısı senaryo 3 (8 kat 13.5 m^2 ışıklık), günışığı analizi 60

Şekil 5.1. A binası için senaryo 1 ve senaryo 2, B binası için senaryo 3 ortalama aydınlık değerleri..... 62

Şekil 5.2. A yapısı iyileştirme 1 senaryo 1,2,3,4 ortalama aydınlık değerleri 62

Şekil 5.3. B yapısı iyileştirme 1 senaryo 1 ve senaryo 2 ortalama aydınlık değerleri 63

Şekil 5.4. İyileştirme 2 A yapısı senaryo 1 ve senaryo 2, B yapısı senaryo 3 ortalama aydınlık düzeyi değerleri..... 63

Şekil 5.5. İyileştirme 3 A yapısı senaryo 1 ve senaryo 2, B yapısı senaryo 3 ortalama aydınlık düzeyi değerleri..... 64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. BREEAM yeni yapılar kategorisi konut doğal aydınlatma kriterleri ve puanları 31

Çizelge 3.2. BREEAM Mevcut yapılar kategorisi aydınlatma kriterleri ve ağırlık yüzdeleri 32

Çizelge 3.3. LEED Bina Tasarım ve İnşaat Kategorisi değerlendirme konuları 33

Çizelge 3.4. LEED Bina Tasarım ve İnşaat Kategorisi iç çevre kalitesi bölümü aydınlatma kriterleri ve puanları 33

Çizelge 3.5. LEED Mevcut Yapılar Kategorisi iç ortam çevre kalitesi bölümü aydınlatma kriterleri ve ağırlık yüzdesi 34

Çizelge 3.6. BREEAM, LEED ve DGNB Mevcut Yapılar Kategorisi Aydınlatma Kriterleri Karşılaştırması 35

Çizelge 3.7. İncelenen Standartlar 36

Çizelge 4.1. Senaryodaki odalar hakkında bilgiler 43

Çizelge 4.2. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğine göre uyulması gereken TS 825 binalarda ısı yalıtım kuralları yönetmeliği pencere u değerleri 43

Çizelge 4.3. DesignBuilder programında yapıda kullanılan malzemeler ve özellikleri . 44

Çizelge 4.4. Senaryo 1, A binası aydınlatma simülasyon sonuçları 46

Çizelge 4.5. Senaryo 2, A binası simülasyon sonuçları 47

Çizelge 4.6. Senaryo 3, B binası simülasyon sonuçları 48

Çizelge 4.7. A yapısı senaryo 1 (1 kat 6m² ışıklık), simülasyon sonuçları 50

Çizelge 4.8. A yapısı senaryo 2 (6 kat 6m² ışıklık), simülasyon sonuçları 51

Çizelge 4.9. A yapısı senaryo 3 (1 kat 7m² ışıklık), simülasyon sonuçları 52

Çizelge 4.10. A yapısı senaryo 4 (6 kat 7m² ışıklık), simülasyon sonuçları 53
Çizelge 4.11. B yapısı senaryo 1 (8 kat 11.5m² ışıklık), simülasyon sonuçları 53
Çizelge 4.12. B yapısı senaryo 2 (8 kat 13.5m² ışıklık), simülasyon sonuçları 54
Çizelge 4.13. Senaryolardaki odalar hakkında bilgi 55
Çizelge 4.14. Kullanılan malzemelerin özellikleri 55
Çizelge 4.15. Kullanılan pencerenin özellikleri 56
Çizelge 4.16. A yapısı senaryo 1 (1 kat 4.5m² ışıklık), simülasyon sonuçları 56
Çizelge 4.17. A yapısı senaryo 2 (6 kat 4.5m² ışıklık), simülasyon sonuçları 57
Çizelge 4.18. B yapısı senaryo 3 (8 kat 9 m² ışıklık), simülasyon sonuçları 58
Çizelge 4.19. A yapısı senaryo 1 (1 kat 7 m² ışıklık), simülasyon sonuçları 59
Çizelge 4.20. A yapısı senaryo 2 (6 kat 7 m² ışıklık), simülasyon sonuçları 59
Çizelge 4.21. B yapısı senaryo 3 (8 kat 13,5 m² ışıklık), simülasyon sonuçları 60
Çizelge 5.1. Tüm senaryoların simülasyon sonuçları matris tablosu 65
Çizelge 5.2. LEED, DGNB ve BREEAM sertifikaları açısından sağlanması gereken kriterler ve hesaplanan değerler 68

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

CO_2	Karbondioksit
m	Metre
m^2	Metrekare
d	Kalınlık
U-W/m^2.K	Isı Geçirgenlik Katsayısı
%	Yüzde
lx	Aydınlanma şiddeti (Lux)

Kısaltmalar

BM	Birleşmiş Milletler
BRE	British Research Establishment (Bina Araştırma Kuruluşu)
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method (Bina Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Yöntemi)
CEN	European Committee for Standardization (Avrupa Standardizasyon Komitesi)
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (Alman Sürdürülebilir Bina Derneği)
HVAC	Heating, Ventilation and Air-Conditioning
IALD	International Association of Lighting Designers(Uluslararası Aydınlatma Tasarımcıları Birliği)
IEA	International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
IES	Illuminating Engineers Society (Aydınlatma Mühendisleri Topluluğu)
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design (Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik)
LED	Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
USGBC	U.S. Green Building Council (ABD Yeşil Bina Konseyi)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı ve kentleşme, dünyada enerji talebinin giderek artmasına ve bununla ilişkili olarak enerji kaynaklarının tükenmesine neden olmuştur. Bunun sonucunda mevcut enerji kaynaklarını etkin şekilde kullanarak gelecek nesillere aktarma olarak tanımlanan sürdürülebilirlik anlayışı ortaya çıkmış ve her alanda bu kavramla ilgili enerji kaynaklarını korumaya ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Yapı sektörünün toplam enerji tüketimindeki payının %40 olması sonucu, bu durum yapı sektöründe geniş yankı bulmuş ve sürdürülebilir mimari ve enerji etkin tasarım gibi yaklaşımlar ortaya çıkmıştır (IEA, 2022). Enerji tüketiminde önemli paya sahip olan binalardaki enerji tüketimine bakıldığında ise aydınlatmadan kaynaklı enerji tüketiminin yaklaşık %28 olduğu görülmektedir (IEA, 2022). Bu durum sürdürülebilir mimari ve enerji etkin tasarım için yapay aydınlatmadan kaynaklanan enerji tüketimini azaltmaya yönelik aydınlatma ile ilgili çalışmaların yapılmasını gerektirmektedir.

Günışığı, geçmişten günümüze kadar olan süreç boyunca aydınlatma alanında en etkin rol oynayan enerji kaynağı olmuştur. Ancak 1879 yılında elektrik enerjisini ışık enerjisine dönüştüren ampulün icat edilmesi ile başlayan yapay aydınlatma, günışığının yapı tasarımında kriter olarak kullanım değerinin azalmasına neden olmuştur. Günümüzde sürdürülebilir mimari ve enerji etkin tasarım anlayışı doğrultusunda ortaya çıkan sürdürülebilir bina ve enerji etkin bina kavramları ile yapılan çalışmalarda günışığının insan üzerindeki ve iç ortam kalitesi üzerindeki etkileri kanıtlandıkça, günışığı etkin tasarımın önemi artmaktadır. Çünkü günışığı kullanımını arttırmak binalarda sürdürülebilirlik ve enerji verimliliğini sağlamanın yanı sıra bireyin performansını ve iç mekân görsel konforunu da arttırmaktadır.

Günışığı bina içine yapı kabuğunda yapılan açıklıklar (pencereler) yoluyla alınmaktadır. Bina içine alınan güneş ışınları pencereye gelene kadar olan süreçte hiçbir engel ile karşılaşmamış olsa bile, pencere açıklıklarından binanın sınırlı bir derinliğine kadar ulaşabilmektedir (Roshan & Barau, 2016). Etkin bir günışığı tasarımı ve görsel konfor koşullarının sağlanabilmesi için iç mekânın tümünde yeterli günışığı aydınlık düzeyinin sağlanması gerekmektedir. Mekânlarda yeterli günışığının sağlanamaması durumunda bireylerin performansı düşebileceği gibi, stres duygu durum bozukluğu ve sirkadyan döngünün bozulması ile d vitamini yetersizliği gibi sağlık sorunları görülebilmektedir (Bommel, 2005). Mekânın kalite ve konfor düzeyi düşmekte ve enerji tüketiminin artması ise sürdürülebilirlik beklentisini olumsuz etkilemektedir.

Günümüzde sürdürülebilir ve enerji etkin bina tasarımında kullanılmak üzere binaların günışığı ve enerji performansını hesaplayabilen birçok program geliştirilmiştir. Bu sayede tasarım uygulanmadan önce tasarımın sonucu hakkında fikir sahibi olunabilmektedir.

Bu çalışmada günışığını bina içine alma yöntemlerinden biri olan ışıklıkların, iç mekân görsel konfor ve günışığı performansına etkisi incelenmiştir. Bu kapsamda sürdürülebilir mimari ve enerji etkin tasarımda aydınlatma kavramı ele alınmış ve doğal (günışığı) ve yapay aydınlatma yöntemlerinden bahsedilmiştir. Günışığı aydınlatmasının sertifikasyon sistemlerindeki kriterleri ve ilgili yönetmelik ve standartları hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmanın probleminin ele alındığı Türkiye'deki ışıklık tanımı ve kriterlerine yer verilmiş ve günışığı performansını incelemek için kullanılan Design Builder programından bahsedilmiştir. Alan çalışması kısmında ise Türkiye'de yapı tasarımında yürürlükte olan Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği'ndeki asgari değerlere sahip ışıklıkların, kat sayısı değişkenine göre mekânlara sağladığı günışığı aydınlık düzeyi ve performansı ölçülmüş ve elde edilen bulgular, binalarda günışığı standartlarına göre değerlendirilmiştir. Değerlendirme doğrultusunda yeterli günışığı sağlanamayan durumlar için günışığı aydınlık düzeyini arttırmaya yönelik iyileştirme senaryoları geliştirilmiş ve günışığı analizleri ile bu iyileştirme senaryolarının durumu tartışılmıştır. Çalışmanın sonuç bölümünde ise literatürdeki çalışmalar doğrultusunda yeterli günışığı aydınlık düzeyini ve görsel konforu sağlamaya yönelik öneriler getirilmiştir.

1.1. Literatür Araştırması

Literatürdeki çalışmalar; günışığı ve görsel konfor, günışığı ve enerji etkin tasarım, ışıklıklar ve aydınlatma ile ilgili çalışmalarda kullanılan programlar bakımından ele alınmıştır.

Görsel konfor ve günışığı ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, Atmaca, Çağlar, Ünver ve Gedik güçlendirme yapılan binalardaki görsel konfor değişimini araştırmışlardır (Atmaca, Çağlar, Ünver & Gedik, 2022). Arpacıoğlu ise çalışmalarında günışığının önemine ve mekansal kaliteyi ve konforu attırıcı rolüne vurgu yapmıştır (Arpacıoğlu vd. 2020; Arpacıoğlu 2012). Günışığının psikolojik konfora etkisinin incelendiği Küçükdoğu ve Uyan'ın çalışmasında Aydınlatma Kalitesini Belirleyen Psikolojik Parametreler ele alınmıştır. İki farklı senaryoda çalışma alanı üzerindeki etkileri değerlendirilerek, psikolojik konforun aydınlatma düzenlemeleriyle ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır (Küçükdoğu & Uyan, 2018). Morghen tarafından yapılan bir başka çalışmada ise günışığı aydınlık düzeyinin hastane çalışanları üzerindeki stres oranlarına etkisi ölçülmüştür. 700lx'ün altında günışığı aydınlık düzeyine sahip olan mekanlarda çalışanlarda orta ve yüksek düzeyde stres görülürken, 1000-1500 lx arasında ise bu oranın düştüğü görülmüştür. 1500 lx ve üzeri değerlerde ise kullanıcıların şahsi tercihleri doğrultusunda yok, orta ve yüksek düzeylerde stres oranlarına sahip olduğu görülmüştür (Morghen vd. 2009).

Enerji verimli ve etkin tasarımda günışığını konu alan birçok çalışma bulunmaktadır (Kutlu, 2019; Wirz-Justic, Skene & Münch 2021; Yılmaz, 2016). Yener çalışmasında enerji etkin aydınlatma sistemleri üzerinde durmuştur (Köknel Yener, 2005). Ünver ise sürdürülebilir aydınlatma tasarımı yaklaşımlarını eğitim yapıları üzerinde incelemiş ve aydınlatma tasarımının sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini vurgulamıştır (Ünver & Çelik, 2019).

Literatürde ışıklık ile ilgili çalışmalara bakıldığında, Acosta, Navarro ve Sendra yaptıkları çalışmada ışıklıkların optimum boyut, yükseklik/genişlik oranı, yansıma oranlarını belirlemek amacıyla ışıklıklı bir oda üzerinden 4 farklı çalışma yapılmıştır. Birinci çalışmada günışığı değerleri çatı penceresinin boyut ve yükseklik/genişlik oranına göre analiz edilmiş, ikinci çalışmada ışıklık mekânının yansıma indeksine bağlı olarak aydınlatma değerlendirilmiş, üçüncü çalışmada farklı oda oranları incelenmiş ve

dördüncü çalışmada ise çatı pencereleri arasındaki uygun mesafeler belirlenmiştir (Acosta, Navarro & Sendra 2013). Bir başka çalışmalarında ise 4 farklı ışıklık tipinin mekâna sağladığı günışığı değerlerini, simülasyon programı üzerinden karşılaştırmışlardır (Acosta vd., 2015).

Literatürde ışıklığın aydınlatma için enerji tüketimini azaltmaya ve enerji ve maliyet açısından etkin çözümler geliştirmeye yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Fang ve Cho, bir çatı penceresi elemanının farklı tasarım faktörlerinin enerji ve günışığı performansı üzerindeki etkisini araştırmıştır (Fang & Cho, 2018). Erlendsson, ışıklığın, enerji tüketimini olumsuz etkilemeyecek şekilde günışığının artmasını sağlayabilen, %4-10 ışıklık açıklığına sahip ışıklıkların kullanılmasını önermiştir. Ayrıca ışıklık performansının, gölgeleme elemanlarının eklenmesi, çatı yalıtımı, ışık sensörlerinin kullanımı ve ışık kuyusu konfigürasyonu gibi çeşitli faktörlerden etkilendiğini belirtmiştir (Erlendsson, 2014). Müzeye dönüştürülmesi planlan tarihi bir yapının ışıklığı için yapılan bir çalışmada da ışıklık değişkenlerinin; eklenen yönlendirici elemanların (difüzör) aralığı, eğimleri, malzemesi ve ışıklık eğiminin günışığı kalitesini arttırdığı sonucuna varılmıştır (Marzouk, Eissa & ElSharkawy 2020) (Şekil 1.1). Cochran ve arkadaşları ise çalışmasında farklı ışıklık konfigürasyonlarında ticari bir yapının enerji tüketiminin %0,8 ile %14 arasında ve aydınlatma enerji tüketiminin ise %30 oranında azaltılabileceğini göstermiştir (Cochran vd., 2014). Bununla birlikte ışıklık ve enerji tüketiminin iklimle de ilişkili olduğunu gösteren çalışmalar yer almaktadır. Mccluney Skymod ışıklıkların enerji ve ekonomik performansını hesaplayan skymod programı ile 4 farklı şehirde (Caribou, Maine, Miami ve Florida) özdeş binalarda ışıklığın enerji tasarrufu ve ekonomik performansını hesaplamıştır. Ilıman iklime sahip yerlerde, sert kışların yaşandığı bölgelere göre daha fazla enerji ve maliyet tasarrufu yapılabildiği sonucuna varmıştır (Mccluney, 1984).

Literatürde ışıklığın binalardaki enerji tüketimini azaltma potansiyeli üzerine yapılan güncel çalışmalar yer almaktadır. Bir çalışmada yarı saydam fotovoltaik pencere için günışığı kontrol elemanı olarak optik yoğunlaştırıcının kullanılması ile ışıklıkta konsantre fotovoltaik pencere kullanılarak ışıklık aracılığıyla aynı anda yenilenebilir elektrik üretmeyi ve iç mekandaki günışığını kontrol etmeyi amaçlayan bu pencerelerin ışıklık mekânında kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır. Çalışmanın sonunda ise gelecekteki çalışmalarda bu uygulamanın ışıklık mekânında standart pencere kullanımına

kıyasla iç mekân görsel ortamını nasıl etkileyeceğinin ve bir yapının yıllık enerji tüketimindeki tasarruf potansiyelinin araştırılmasının gerekliliğinden söz edilmiştir (Xuan vd., 2022).

Literatürde ışıklığın sağladığı aydınlık düzeyini kat sayısı bazında inceleyen çalışmalara bakıldığında Freewan ve arkadaşları bir bina simülasyonunda kat sayısını ve ışıklık boyutunu değiştirerek aynı aydınlık düzeyini elde etmeyi amaçlamıştır. (Freewan vd. 2017). Barselona da 12 metre yükseklikteki bir binadaki ışıklığın sağladığı aydınlık düzeyini inceleyen bir başka çalışma ise zemin kat ve üst kat arsında aydınlık düzeyi farkının %90' a ulaştığını tespit etmiştir (Bugeat vd. 2020). Souza ve arkadaşları ise Brezilya'da altı katlı bir ışıklığın alternatif durumlarda geometrik boyutu, duvarlarının yansıması vb. özelliklerinin aydınlatmaya etkisi araştırılmıştır (Souza vd. 2024).

Literatürdeki aydınlık hesabı için kullanılan programlar incelendiğinde, ışıklıklarda farklı tasarım faktörlerinin günışığı değerlerine etkisi için Lightscape programı ya da Grasshopper programının eklentisi olan Honeybee-Ladybug ile Solidworks programının eklentisi olan lightools programlarının kullanıldığı çalışmalara rastlanmıştır (Acosta vd., 2015; Acosta vd., 2013; Fang & Cho, 2018; Xuan vd., 2022). Işıklığın enerji ve günışığı performansına etkisini ölçmede genellikle EnergyPlus tabanlı Design builder programı kullanılmaktadır. Bunların dışında aydınlatma programı olan Dialux ve Radiance gibi programlar kullanılan çalışmalar da mevcuttur (Cochran vd. 2014; Dolnikova, Katunsky & Darula 2020; Yılmaz Erten, 2016).

1.2. Çalışmanın Amacı

Binaların dünyadaki toplam enerji tüketiminin büyük bir bölümünü oluşturması, aydınlatmanın ise binaların tükettiği enerjide önemli rol oynaması, yapay aydınlatma ihtiyacını azaltmayı, binalarda enerji tasarrufunu ve bunların yanı sıra iç mekân konforunu arttırmayı sağlayan günışığı ile ilgili çalışmaların yapılmasını gerektirmektedir (Erdem, Yılmaz Erten& Umaroğlu 2023). Binalarda günışığını doğrudan ve dolaylı olarak alma yöntemleri arasında ışıklıkların etkisi de göz ardı edilemeyecek kadar büyüktür. Özellikle büyük şehirlerde hızlı ve plansız şehirleşme, bitişik nizam yapılarda kullanılan ışıklık oranlarını arttırmış, mekanlara alınması istenen günışığının verimi oldukça düşmüştür. Bu doğrultuda belirlenen bu problemin çözümüne yönelik

uygulamalı çalışmalar yapılmıştır. Türkiye'de yürürlükte olan Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği'nde bulunan kısıtlardan yola çıkılarak modeller oluşturulmuş, sonrasında ise iyileştirmeler denenmiştir. Elde edilen bulgular ilgili yönetmelikteki sınır değerlere sahip ışıklığın yönetmelikteki kat sayısı sınırında mekanlara yeterli düzeyde günışığı sağlamadığını, ışıklık mekanına yönelik fiziksel özelliklerin ve malzeme özelliklerinin ise yeterli günışığı miktarını sağlama noktasında önemli bir katkısının olduğunu göstermektedir.

1.3. Çalışmanın Kapsamı

Çalışma yeni inşa edilecek yapılar için, bireylerin günışığı ihtiyacını yeterli seviyede karşılayacak ışıklıkların sahip olması gereken özelliklere yönelik araştırmaları kapsamaktadır. Bu çalışma kapsamında birinci bölümde çalışmanın temel girdileri, kısıtları, amaç ve kapsamı ile yöntem ve sınırlılıkları yer almaktadır. İkinci bölümde sürdürülebilir mimarlık ve enerji etkin tasarım ve koşulları ele alınmış, aydınlatmanın sürdürülebilir mimarlıktaki yerine değinilerek doğal aydınlatma türleri incelenmiştir. Üçüncü bölümde günışığı aydınlatması ele alınarak günışığının görsel konfor, insan sağlığı ve performansı üzerindeki etkilerine değinilmiş, yeşil bina sertifikasyon sistemlerinde günışığı kriterleri hakkında bilgi verilmiş ve günışığı standartları tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde günışığının bina içine alınma yöntemlerinden birisi olan ışıklık ile ilgili tanım ve kriterlerden bahsedilmiş, Planlı Alanlar Tip İmar yönetmeliğindeki sınır değerler referans alınarak iç mekânda ışıklıklar DesignBuilder benzetim programı ile simüle edilerek ışıklıkların, iç mekân görsel konfor ve günışığı performansına etkisi simülasyon yoluyla incelenmiştir. Beşinci bölümde bulgular analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Altıncı ve son bölümde ise sonuçlar verilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

1.4.Çalışmanın Yöntemi ve Sınırlılıkları

Binalarda düşey ışıklık tasarımının iç mekan günışığı aydınlık düzeyine etkisini incelemeyi hedefleyen bu çalışmada, ilk aşamada ışıklık mekânı ve oluşturulan kat planı mekânlarının boyutları sabit tutulup, kat sayısı değişken olarak belirlenmiştir. Işıklık mekânının boyutunun belirlenmesinde planlı alanlar imar yönetmeliğindeki sınır değerler dikkate alınmıştır.

İlgili yönetmelikte madde 32'ye göre;

- Işıklık 1 ila 6 katlı binalarda dar kenarı en az 1,50 metre ve alanı 4.50 m^2,
- 7 ve daha fazla katlı binalarda ise dar kenarı en az 2,00 metre ve alanı en az 9.00 m^2 olmalıdır.
- Asgari ölçüdeki bir ışıklıktan her katta en fazla dört piyes faydalanabilir.

Yönetmelikteki bu sınır değerler doğrultusunda üç senaryo oluşturulmuş ve ölçümler Design Builder Benzetim programı ile yapılmıştır.

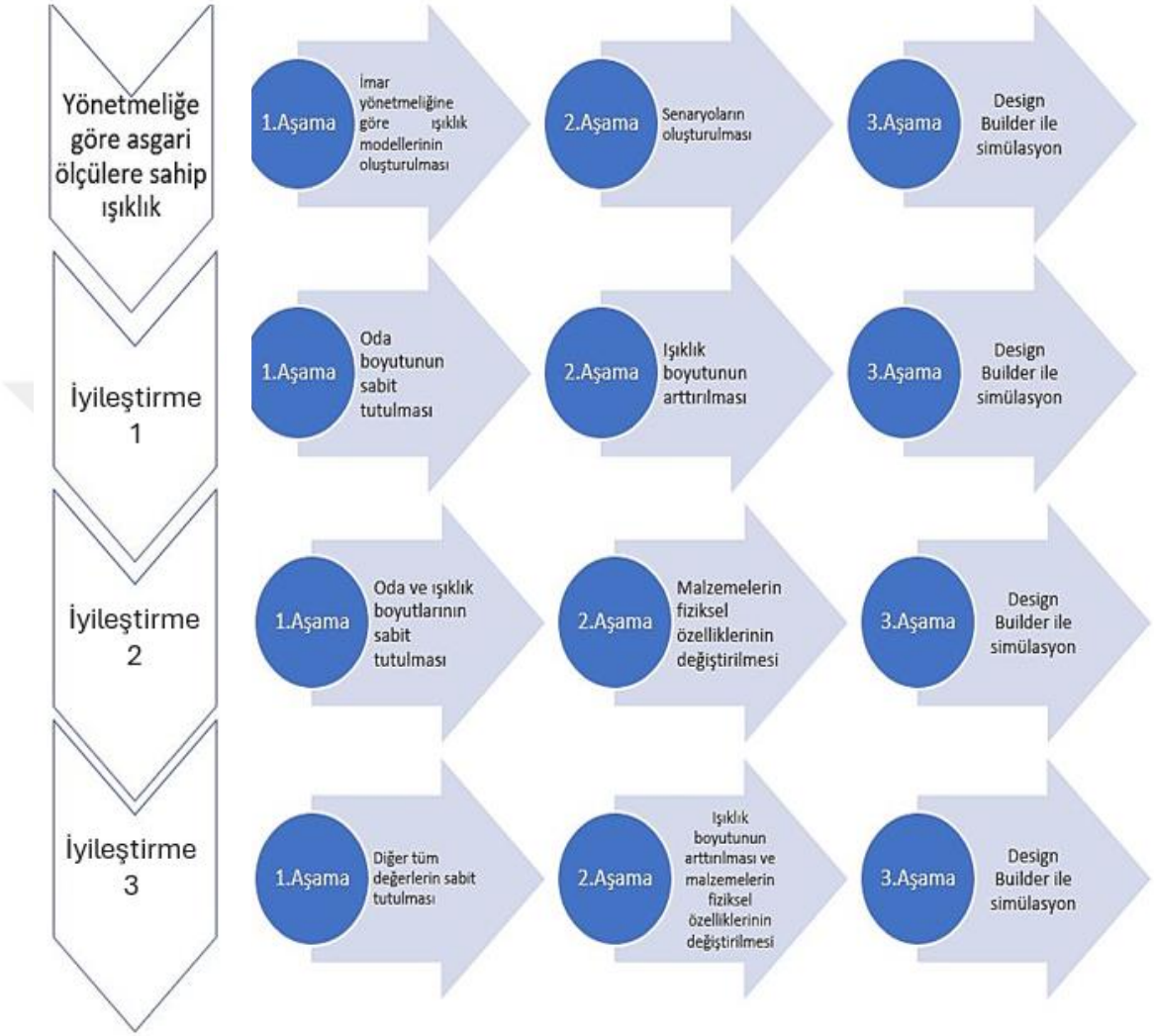
SENARYO 1: A yapısının 1 katlı olduğu durumda günışığını, dar kenarı 1,50 m alanı 4.5 m^2 ışıklık mekânından sağlayan dört mekânın oluşturulduğu bir planda zemin kat mekanlarının günışığı aydınlık düzeyi ölçülmüştür.
SENARYO 2: A yapısının 6 katlı olduğu durumda dar kenarı 1,50 m alanı 4.5 m^2 olan ışıklık mekânından günışığını sağlayan dört mekânın oluşturulduğu bir planda zemin kat mekanlarının günışığı aydınlık düzeyi ölçülmüştür.
SENARYO 3: B yapısının 8 katlı olduğu durumda dar kenarı 2,00 m alanı 9.0 m^2 olan ışıklık mekânından günışığını sağlayan dört mekânın oluşturulduğu bir planda zemin kat mekanlarının günışığı aydınlık düzeyi ölçülmüştür.

Ölçüm yapılacak olan mekânda hedeflenen aydınlatma düzeyine ilişkin gerekli değerlendirme kriteri için ise TS EN 17037 Binalarda Günışığı Standardı dikkate alınmıştır. Değerlendirmeler doğrultusunda yeterli günışığı sağlanamayan durumlar için günışığı aydınlık düzeyini arttırmaya yönelik iyileştirme önerileri geliştirilmiş ve Design Builder Benzetim programı ile ölçümler yapılmıştır. Bu iyileştirme önerilerine aşağıda yer verilmiş, şematik anlatım ise Şekil 1.1 de gösterilmiştir.

İYİLEŞTİRME 1: Oda alanları (m^2) ve diğer tüm değerler sabit tutularak ışıklık boyutunun arttırılması zemin katta yeterli günışığı sağlanması konusunda anlamlı bir katkı sağlayabilir.

İYİLEŞTİRME 2: Oda ve ışıklık boyutları sabit tutularak malzemelerin yansıma, geçirgenlik, soğurma, renk vb. özellikleri, pencere boyutları gibi fiziksel özelliklerin çeşitli konfigürasyonları ile zemin kat mekânlarında yeterli günışığı aydınlık düzeyi için katkı sağlanabilir.

İYİLEŞTİRME 3: Hem ışıklık boyutu, pencere boyutu gibi fiziksel özelliklerin hem de malzemelerin yansıma, soğurma, geçirgenlik özelliklerinin çeşitli konfigürasyonları ile zemin kat mekânlarında yeterli günışığı aydınlık düzeyi için katkı sağlanabilir.



Şekil 1.1. İyileştirmeler 1, 2 ve 3 için şematik anlatım

Çalışmanın bu kısmında verilen senaryolar ve iyileştirmeler alan çalışması bölümünde ele alınmış ve sonuçlar bulgular ve değerlendirme kısmında detaylı olarak incelenmiştir.

(i)Çalışmanın Sınırlılıkları

- Bu bölümde tez çalışmasının sınırlılıklarına yer verilmiştir. Bu tez çalışmasında;
- Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ndeki ışıklık sınır değerleri doğrultusunda senaryolar oluşturulmuştur.
- Tüm senaryolarda sadece zemin kattaki günışığı aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Diğer katlar simülasyonlara ve analizlere dahil edilmemiştir. Bunun nedeni yönetmelikteki asgari değerlere sahip ışıklığın binada günışığının en az ulaştığı kattaki etkisini ölçebilmek ve senaryolar arasında karşılaştırmalı analizler yapabilmektir.
- Bu çalışmadaki tüm senaryolarda iç mekan günışığı aydınlık düzeyi incelenmiştir. Yapay aydınlatma simülasyonlara dahil edilmemiştir.

BÖLÜM 2

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE AYDINLATMA

Çalışmanın bu bölümünde sürdürülebilirlik ve enerji etkin tasarım kavramları ele alınmıştır. Sürdürülebilir mimarlıkta aydınlatmanın yeri ve önemine değinilerek doğal ve yapay aydınlatma türleri tanıtılmıştır.

2.1. Sürdürülebilir Mimarlık ve Enerji Etkin Tasarım

Sanayi devrimi sonrasında teknolojinin gelişmesi ve hızlı nüfus artışı, kentleşme ve enerji talebinin artması sonuçlarını beraberinde getirmiştir. Bu durum yenilenemeyen enerji kaynaklarının azalmasına sebep olurken, atmosfere salınan sera gazı emisyonlarının ve bundan kaynaklanan çevre kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Günümüzde sahip olunan enerji kaynaklarının gelecekte var olup olmayacağı, doğal dengenin bozulması sonucu ekosistemin göreceği zararın boyutu farklı bakış açıları ile ele alınmakta ve tartışılmaktadır (Erdem vd. 2023). Bu kapsamda sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği kavramları her fırsatta sorgulanmakta, her alanda enerji tüketimini azaltmaya ve sürdürülebilirliği sağlamaya yönelik çalışmalar yürütülmekte ve küresel ölçekte hedefler belirlenmektedir. Bu hedefler, yapı sektöründe de geniş yankı bulmuş, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttırarak enerji tüketimini azaltmayı amaçlayan enerji etkin tasarım ve sürdürülebilir mimarlık anlayışı önem kazanmıştır.

Bu doğrultuda son yıllarda yapılan en kapsamlı çalışma 2015 yılında UNCSD (Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Konferansı) tarafından ortaya konulan 2030 sürdürülebilir kalkınma hedefleridir (SDGS 2015). BM Sürdürülebilir kalkınma hedefleri 17 sürdürülebilir gelişme amacı ve bu amaca ulaşmaya yönelik 169 hedef içermektedir (IEA, 2021) (Şekil 2.1). Bu sürdürülebilir kalkınma hedefleri kapsamında, enerji

tüketiminde payı yüksek olan yapı sektöründe 2030 yılında referans kabul edilen 1990 yılına oranla emisyonda %40, tüketimde %27 oranında azalma ve yenilenebilir enerji kaynakları kullanımında artış hedeflenmektedir (IEA, 2021).



Şekil 2.1. BM 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKD Türkiye 2015)

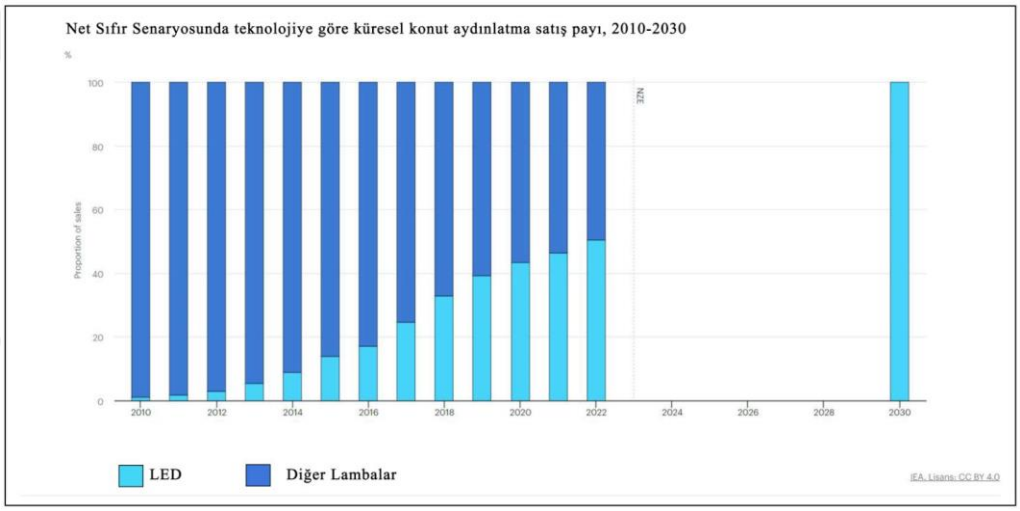
Sürdürülebilir tasarım, doğal çevreye olan negatif etkileri azaltarak, yapılı çevrenin kalitesini arttırmayı hedefleyen tasarım felsefesidir (Mclennan, 2004). Sürdürülebilir mimarlık ise bulunduğu yerin kültürel, çevresel ve sosyo-ekonomik, özelliklerini dikkate alarak tasarlanan ve gelecek nesillere aktarılacak sonuçları düşünen binalar üretmeyi hedefleyen bir anlayıştır. Bu doğrultuda bulunduğu iklime uygun tasarım ile pasif tasarım stratejilerinin uygulanması, HVAC (Heating, Ventilation, And Air Conditioning) ve yapay aydınlatma gibi enerji tüketimini arttıran sistemlerin kullanımını azaltarak binaların yaşam döngüsü (yapım, kullanım ve yıkım) aşamalarında tüketilen enerjinin minimize edilmesi gerekmektedir (Guedes vd., 2009). Aydınlatma alanında tüketilen enerjinin minimize edilmesinde günışığı, mekânların kalitesini arttırmanın ve görsel konforu sağlamanın yanı sıra yapay aydınlatma gibi enerji tüketimini arttıran sistemlerin kullanımını da azaltmayı sağlaması ile sürdürülebilir mimarlık ve sürdürülebilir kalkınmada önemli bir yer tutmaktadır.

2.2. Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinde Aydınlatma

Birleşmiş Milletler (BM) 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinde Sürdürülebilirliği sağlama ve enerji tüketimini azaltmaya yönelik hedeflerde aydınlatma önemli bir yer tutmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansının 2022 yılında yayınladığı aydınlatma raporuna göre (IEA 2022); aydınlatma için tüketilen enerji ve bunun

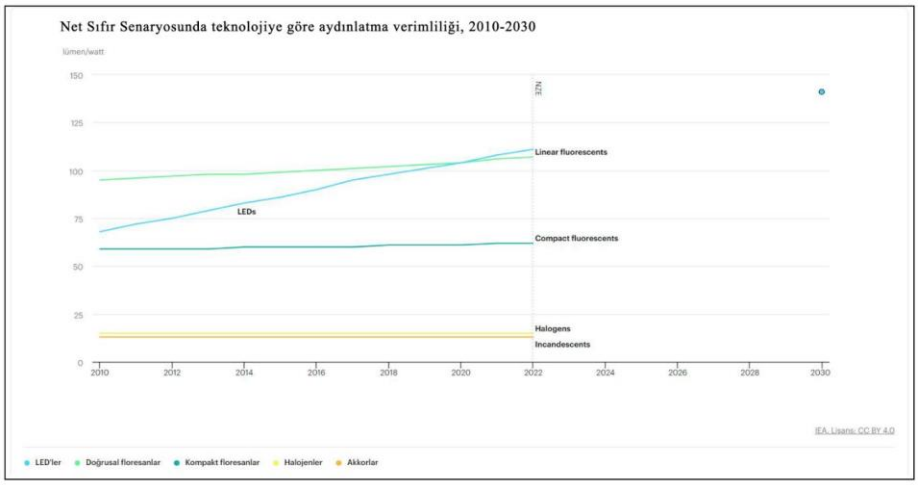
sonucunda ortaya çıkan emisyonlar, 2020'deki ticari faaliyetlerin azalmasının ardından 2021'de tekrardan artış göstermiştir. Ancak verimliliğin artmasıyla birlikte, binalarda kullanılan artan aydınlatma miktarına rağmen aydınlatma tüketiminin düşmesi beklenmektedir. Bununla birlikte raporda, son yıllarda Ledlerin kullanımı ve aydınlatma verimliliğine olan katkısında ilerleme görüldüğü ifade edilmektedir. Tüm ülkelerin 2025 yılına kadar ağırlıklı olarak LED teknolojisi satmasını ve Net Sıfır Emisyon 2050 Senaryosuna göre 2030'a kadar verimliliğin artmasını sağlamak için bu alandaki ilerlemenin sürdürülmesi gerekliliği vurgulanmaktadır.

Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin 2030 senaryosuna göre aydınlatmanın güncel durumu raporda şu grafiklerle gösterilmiştir.



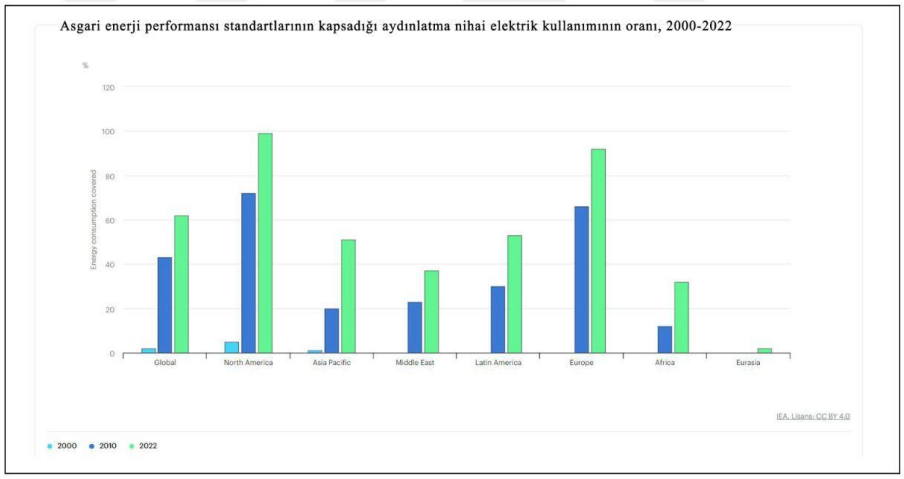
Şekil 2.2. Net Sıfır Senaryosunda teknolojiye göre küresel konut aydınlatma satış payı, 2010-2030 (IEA, 2022)

Konutlarda küresel ölçekte yapay aydınlatma kullanımında LED satış payının 2010 yılından günümüze kadar her geçen yıl önemli ölçüde artış gösterdiği görülmektedir. 2030 yılında ise bu oranın %100'e ulaşması hedeflenmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.3. Net Sıfır Senaryosunda teknolojiye göre aydınlatma verimliliği, 2010-2030 (IEA, 2022)

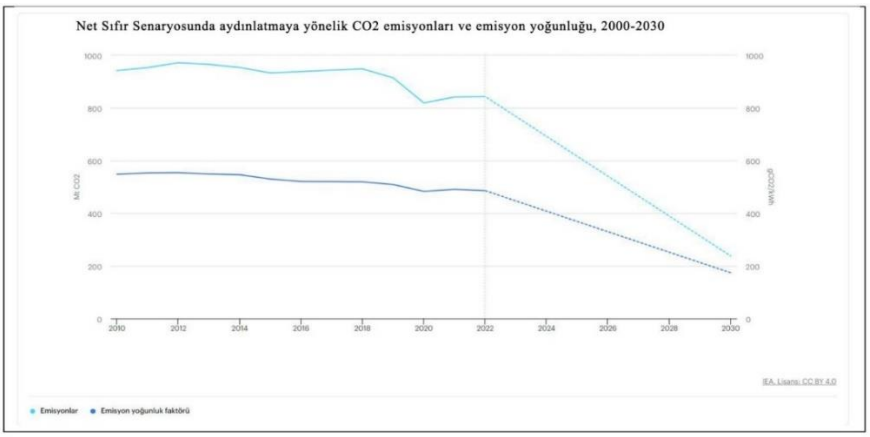
Aydınlatma teknolojilerinin verimliliklerine bakıldığında Led verimliliğinin arttığı görülmektedir. Led verimliliğinin 2030 yılında 2022 yılına orana %30 artış göstermesi beklenmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.4. Asgari enerji performansı standartlarının kapsadığı aydınlatma nihai elektrik kullanımının oranı, 2000-2022 (IEA, 2022)

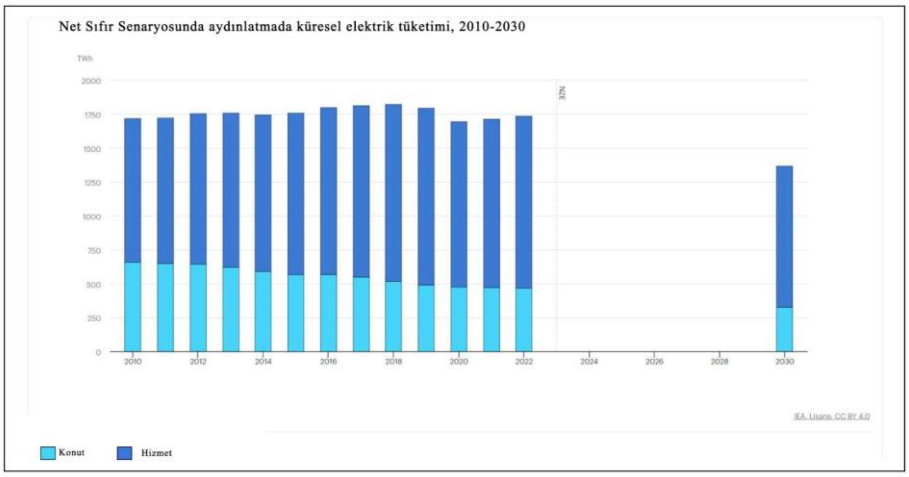
Dünyada yaklaşık 90 ülke Minimum Enerji Performansı Standartlarını (MEPS) kullanarak düşük verimli aydınlatma ürünlerini piyasadan kaldırmayı hedeflemektedir. Bu standartlar doğrultusunda yapılan aydınlatmadan kaynaklı nihai elektrik tüketimine bakıldığında 2000, 2010 ve 2022 yıllarında oranın arttığı görülmektedir (Şekil 2.3). Günümüzde dünyanın aydınlatma enerji tüketiminin neredeyse %80'i bu standartlar doğrultusunda gerçekleşmekle birlikte, Amerika Birleşik Devletleri, Çin ve Avrupa'da

bu oran %90'ın üzerine çıkmaktadır. Orta Doğu'da ise bu oran %40'a yaklaşmaktadır. (IEA 2022).



Şekil 2.5. Net Sıfır Senaryosunda aydınlatmaya yönelik CO_2 emisyonları ve emisyon yoğunluğu, 2000-2030 (IEA, 2022)

Aydınlatma sektöründeki emisyonlar 2020 ve 2021 yıllarındaki Covid 19 kaynaklı toparlanma ve düşüş sonrasında, 2022 yılında marjinal bir artış göstermiştir. CO_2 emisyonları için önemli bir faktör olan emisyon yoğunluğu ise aydınlatma talebindeki artışı telafi edemeyecek kadar az bir düşüş göstermiştir. Dolayısıyla 2030 yılı hedefine ulaşmak için aydınlatmadan kaynaklı emisyonların üçte iki oranında azaltılması gerekmektedir. Bu nedenle aydınlatma tüketiminin azaltılması, elektrik üretiminin karbondan arındırılması, aydınlatmada LED kullanımı ve LED verimliliğinin arttırılması için çalışmaların yapılmasına ihtiyaç vardır (IEA, 2022) (Şekil 2.4).



Şekil 2.6. Net Sıfır Senaryosunda aydınlatmada küresel elektrik tüketimi, 2010-2030

Aydınlatmanın etkinliğindeki gelişmelere rağmen aydınlatma kullanımının artması 2022 yılında aydınlatmadan kaynaklı toplam enerji tüketimini arttırmıştır. 2030 yılı hedeflerinin gerçekleşmesi için 2025 yılına kadar tüm aydınlatma satışlarının düşük enerji kullanımına sahip LED teknolojisinden oluşması ve aydınlatma enerjisi kullanımının azaltılması gerekmektedir (Şekil 2.5).

IEA'nın 2022 yılı Aydınlatma Raporuna göre 2030 yılı hedeflerine ulaşabilmek için aydınlatmadan kaynaklı CO_2 emisyonlarının azaltılması gerekmektedir. Bu Ledlerin kullanımına, Ledlerin veriminin arttırılmasına ve aydınlatma kullanımının azaltılmasına bağlıdır. Aydınlatmadan kaynaklı CO_2 emisyonlarının azaltılması, günışığının etkin kullanımı ile doğrudan ilişkilidir. Ayrıca raporda yer alan grafikler doğrultusunda aydınlatmaya bağlı elektrik tüketiminin küresel olarak azaltma hedefinin yanı sıra konut binalarında yüksek bir oranda azalma hedeflenmektedir. Bu durum tez kapsamında yapılan alan çalışmasında işlev olarak konut seçilmesinde belirleyici olan etkenlerden biri olmuştur.

2.3. Sürdürülebilirlik ve Aydınlatma İlişkisi

Sürdürülebilir mimari tasarımda, enerji kullanımını azaltmak, çevre dostu enerji kaynaklarını kullanarak negatif etkileri minimize etmek, mekansal kalite ve konforu arttırmak gibi tasarım kriterleri bulunmaktadır. Bu kriterleri sağlayabilmek için sürdürülebilir ve enerji etkin aydınlatma tasarımına ihtiyaç vardır. Sürdürülebilir aydınlatma, Uluslararası Aydınlatma Tasarımcıları Birliği (International Association of Lighting Designers; IALD) ve (Illuminating Engineers Society; IES) Aydınlatma Mühendisleri Topluluğu'na göre görsel çevre ihtiyaçlarının doğal çevreye en az zarar verecek şekilde sağlanması şeklinde tanımlanmaktadır. Sürdürülebilir aydınlatma tasarımı, projenin tasarım ve programlama aşamasından başlayarak, tasarlanacak olan aydınlatmanın enerji performansı, çevresel etkisi, maliyeti ve kullanım ömrünü tamamladıktan sonra bileşenlerin yok edilmesine kadar olan süreci kapsar. Bu nedenle aydınlatma tasarımının sürdürülebilir olması için belirli ölçütlere göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu konu ile ilgili literatür ve teknik şartnameler incelendiğinde (standartlar, sertifikasyon sistemleri, yönetmelikler vb.) sürdürülebilir aydınlatmaya ilişkin görsel konfor, çevresel etki, enerji kullanımı ve sistem maliyeti gibi parametreler bulunmakta ve aydınlatma tasarımı bu parametrelere göre değerlendirilebilmektedir.

Aydınlatma ile ilgili yapılacak olan tasarım ya da iyileştirme işlemlerinin öncesinde doğal ve yapay aydınlatma türleri incelenmeli ve sürdürülebilir aydınlatma tasarımı bu aşamadan sonra bu parametreler dikkate alınarak yapılmalıdır. Çalışmanın bu bölümünde doğal ve yapay aydınlatma türleri ele alınmış, üçüncü bölümünde ise bununla ilişkili olarak günışığı ve görsel konfor açıklanmış, günışığı ile ilgili sertifikasyon sistemleri ve standartlar hakkında bilgi verilerek ilgili parametrelere ilişkin detaylı açıklamalara yer verilmiştir.

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'na (CIE) göre aydınlatma, nesnelerin ve çevrelerinin görülebilmesi amacıyla üzerlerine ışık uygulanmasına denir (CIE, 2003). Işığın nesneler üzerine gönderilmesini sağlayan kaynakların enerjiyi elde etme biçimine göre doğal ya da yapay aydınlatma türleri bulunmaktadır. Sürdürülebilir ve enerji etkin bir aydınlatma tasarımı için aydınlatma türünün seçimi ve kullanımı önem taşımaktadır. Bu bölümde doğal aydınlatma türlerine yer verilmiştir.

(i) Doğal Aydınlatma

Güneş, en büyük doğal ışık kaynağı olarak bilinmektedir. Doğal ışık (günışığı) hem kullanıcıların fizyolojik ve psikolojik konforunu etkilemekte hem de mekanın enerji kullanımını azaltmaktadır. Günışığının mekanların aydınlatılması için kullanımındaki ana hedefler;

- Mekanların dış çevresi ile görsel ilişkisinin sağlanması ve dış aydınlık düzeyinin gün içindeki niceliksel ve niteliksel değişimlerinin fark edilmesi,
- Gürültü kontrolü, iklim kontrolü, kamaşma kontrolü gibi fiziksel çevresel konuları dikkate alan bir tasarımın yapılması,
- Yapılarda, ısıtma, soğutma ve yapay aydınlatma yüklerinin azaltılması şeklinde ele alınabilir. (Köknel Yener, 2007).

Bu hedeflerin gerçekleştirilebilmesine yönelik olarak mevsim, yöre, işlev ve kullanım saatleri gibi değişkenler dikkate alınmalı ve bu değişkenlere göre hedeflerin taşıdıkları önem belirlenmelidir. Bir binada projenin özelliklerine göre hangi günışığı aydınlatma sisteminin kullanılacağının tasarım aşamasında belirlenmesi daha doğru olmaktadır. Çünkü binalara sonradan dahil edilen sistemler, binalarda maliyet sorunları

ve uygulama ve detay çözümlerinin zorluğu gibi çeşitli sorunların yaşanmasına sebep olmaktadır.

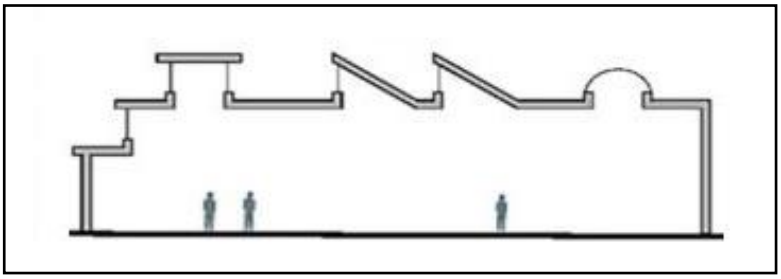
Doğal aydınlatma türleri; günışığının bina içine alınma biçimine göre geleneksel ve çağdaş olmak üzere ikiye ayrılır. Geleneksel yöntemlerle günışığını bina içine alan aydınlatma türleri; pencereler ve çatı ışıklıklarıdır. Çağdaş yöntemlerle günışığını bina içine alan aydınlatma türleri ise günışığını taşıyan ve günışığını yönlendiren sistemler şeklinde iki başlıkta ele alınmaktadır.

Pencereler; binanın kabuğunda yer alan, istenen aydınlık düzeyini sağlamayı amaçlayan ve mekanların içine dış çevredeki aydınlık koşullarının alınmasını sağlayan yapı elemanları olarak tanımlanabilmektedir (Harputlu 2015). Pencereler başlığı altında dış görüşü sağlamayan yüksek pencereler (clerestories) ve göz hizasında konumlanan ve dış görüş sağlayan görüş pencereleri incelenebilmektedir. Göz hizasındaki pencereler dış ortamla görsel bağlantıyı sağlama gibi bir avantaja sahip iken, iç aydınlık düzeyinin pencereden uzaklaştıkça düşmesi ise dezavantaj olmaktadır. Yüksek pencereler ise bina dış duvarlarının yüksek olarak planlanmasını gerektirir (Şekil 2.6), (Köknel Yener, 2007).



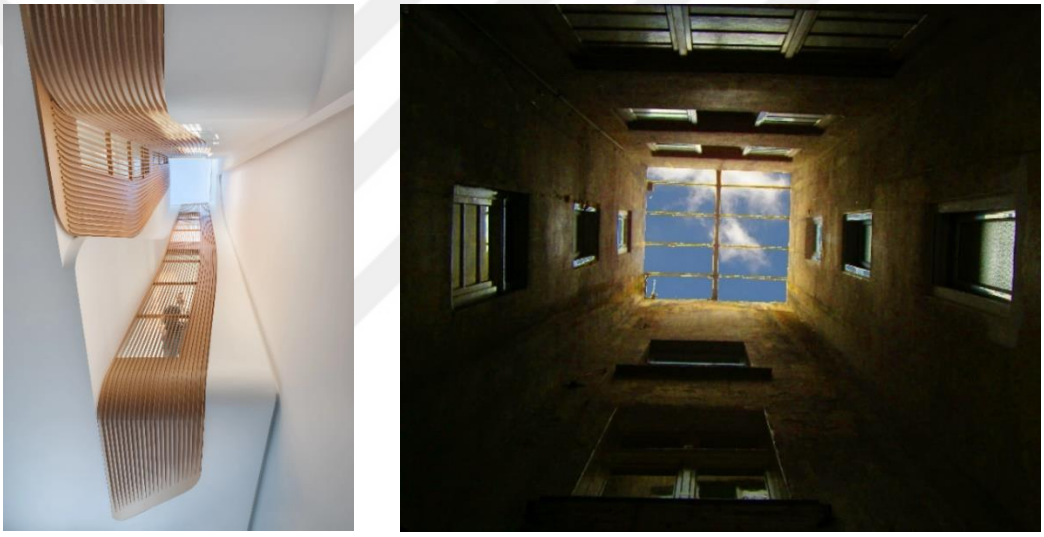
Şekil 2.7. 1- Pencerelerde dış görüş (Archdaily 2023)

Çatı ışıklıkları; binalarda dış görüş sağlamadan, sadece yeterli ve kontrollü günışığının mekana ulaşmasını hedefleyen, eğimli pencereler, sürekli açıklıklar ve fenerler gibi çatıda bulunan yatay açıklıklar olarak ifade edilmektedir. Uygun şekilde seçilmiş ve doğru uygulanmış enerji etkin çatı ışıklıkları, enerji kayıplarını azaltmayı ve ısıtma, soğutma ve aydınlatma bakımından konforu arttırmayı sağlamaktadır. (Köknel Yener, 2007, Djalilova, Şahin, 2019). (Şekil 2.7).



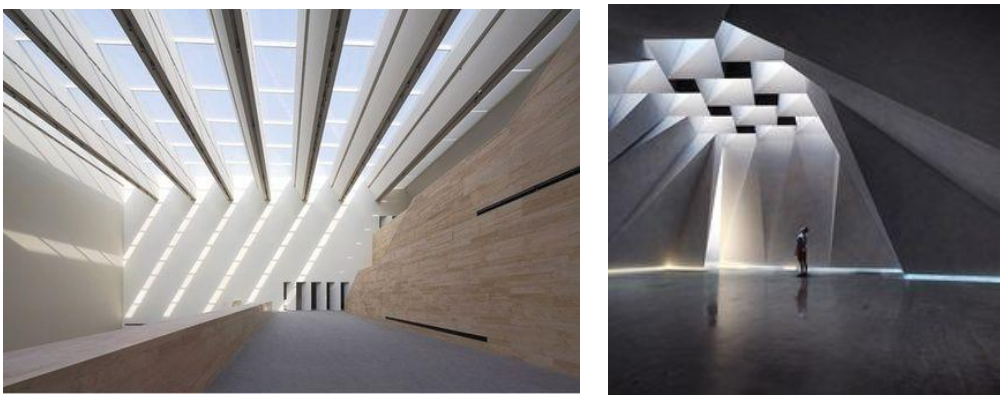
Şekil 2.8. Çatı ışıklığı uygulama alternatifleri (Lechner, 2009)

Işıklıklar yapının tasarımı doğrultusunda farklı biçim ve boyutlarda kullanılabilmektedir. Örneğin, ışıklık bir kata günışığı sağlayacak şekilde tasarlanabilirken, birden fazla katı aydınlatacak şekilde de tasarlanabilmektedir. (Şekil 2.8).



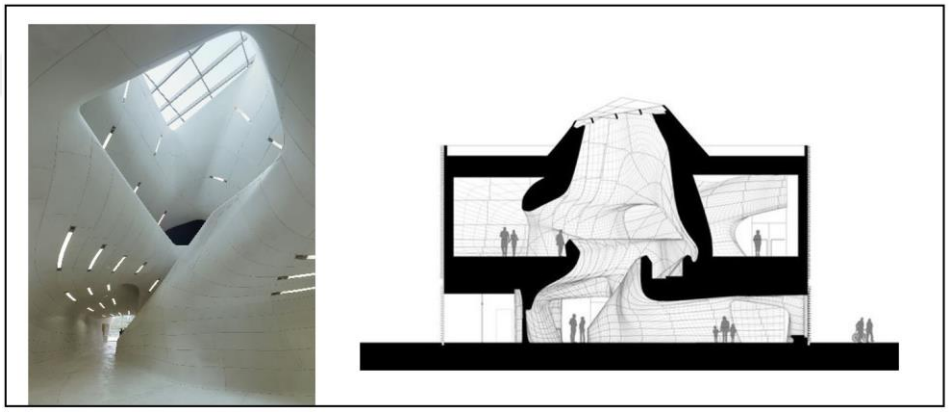
Şekil 2.9. Işıklık örnekleri (Deezen 2024), (Flickr 2024)

Işıklık mekanında çatı penceresi kullanılması durumunda ışıklık, mekanların sadece aydınlatılmasına olanak tanırken, çatı penceresi kullanılmaması durumunda hem aydınlatılmasını hem de havalandırılmasını sağlayabilmektedir. Şekil 2.8'de bu duruma örnek verilmiştir. Şekil 2.9 da örneği gösterildiği şekilde farklı boyut, açı vb. özelliklere sahip çatı penceresi alternatifleri ile mekanlardaki günışığı dağılımı düzenlenebilmektedir.



Şekil 2.10. Çatı ışıklığı örnekleri; Tianjin Sanat Müzesi (Archdaily, 2023),(Reflecthouse 2024)

Binalarda üst kattan alt kata doğru giderek daralan ya da genişleyen ışıklıklar ise mekanlardaki günışığını düzenleyebilmekte ve yapılara mekansal derinlik sağlayabilmektedir. Şekil 2.10 da gösterilen Louisiana Eyalet Müzesi binası bu duruma örnek olarak verilebilir. Işıklıklar binalarda düşey ya da diyagonal formlarda da olabilir (Şekil 2.11) Bu tez çalışmasının alan çalışmasında çatı penceresi kullanılan düşey ışıklıkların iç mekan günışığı aydınlık düzeyine etkisi incelenmiştir.



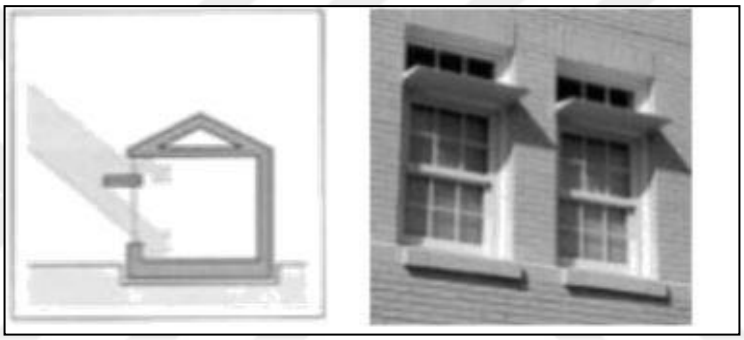
Şekil 2.11. Işıklık örneği; Louisiana Eyalet Müzesi (Archdaily, 2024)



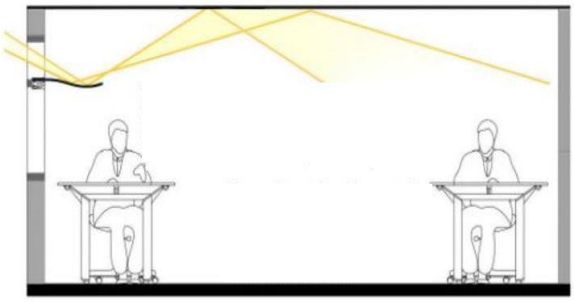
Şekil 2.12. Işıklık örneği; Seona Reid Binası (Archdaily 2024)

Günışığını yönlendiren sistemler, genellikle yanal pencerelerden ya da çatı pencerelerinden gelen günışığının seviyesini düzenlemek, iç hacimlere doğru yönlendirmek veya gölgeleme ile ısısal konforu sağlamak amacı ile kullanılan sistemlerdir. Bu sistemlere anidolik sistemler, ışık rafı, prizmatik paneller, özel camlar, lazer kesim paneller ve holografik optik elemanlar örnek verilebilmektedir.

Işık rafı; pencerenin iç veya dış yüzeyinde konumlanan, üzerine düşen dolaysız günışığını tavana yansıtarak pencereden uzakta bulunan mekanların aydınlatılmasını sağlayan sisteme denir. Işık rafları genellikle göz seviyesinin üzerine yerleştirilmektedir. Böylelikle pencerelerin üst kısımları ışığın içeri alınmasını sağlarken alt kısımları ise dış görüşü sağlar. Bu durum pencereye yakın bölgeleri günışığından korurken tavanın ise aydınlatılmasını sağlamaktadır (Baker & Steemers 2002), (Şekil 2.12), (Şekil 2.13).



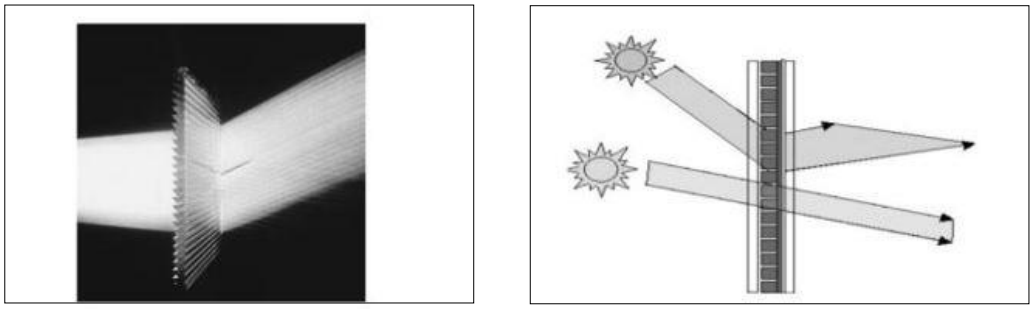
Şekil 2.13. Işık rafı örneği (Köknel Yener,2007)



Şekil 2.14. Işık rafı örneği (Kılıç Demircan & Gültekin 2017)

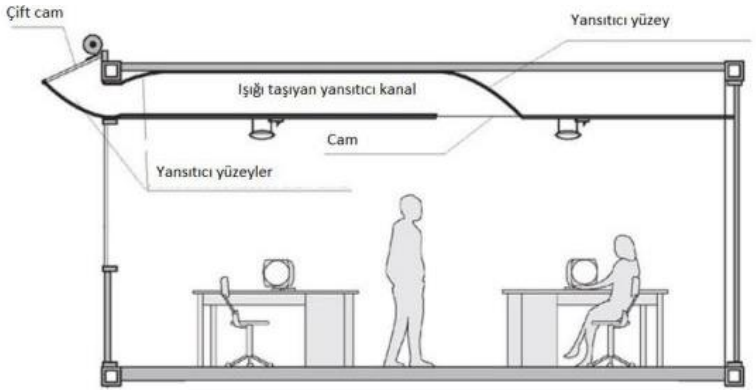
Prizmatik paneller, şeffaf akrilik malzemeden üretilen, günışığını yaymak, yönlendirmek veya etkisini azaltmak amacıyla kullanılan düzlemsel testere dişli sistemlerdir. Gölgeleme amacıyla kullanıldıkları zaman, direkt günışığını dağıtırken yayınık ışığı geçirmektedir. Bu nedenle tercih edilen aydınlatma tasarımı doğrultusunda pencere camının iç veya dış yüzeyinde kullanılabilmektedir (Şekil 2.14), (International Energy Agency, 2000).

Diğer bir aydınlatma türü olan lazer kesim paneller ise ince şeffaf akrilikten panelin içine lazer kesiklerin atılması ile üretilmektedir. Atılan lazer kesiklerinin her biri panellerden geçen ışığı yönlendirmeye yarayan bir iç ayna gibi davranış göstermektedir. Paneller yüzeye dik kesilmektedir. Ancak yansıtılan ışığı kontrol edebilmek amacıyla farklı açılardan kesilebilmektedir (Şekil 2.14), (Gürsoy 2019).



Şekil 2.15. (a) Prizmatik panel örneği (Gürsoy 2019), (b) Lazer kesim paneli çalışma prensibi (Manav, Kutlu & Küçükdoğu 2009)

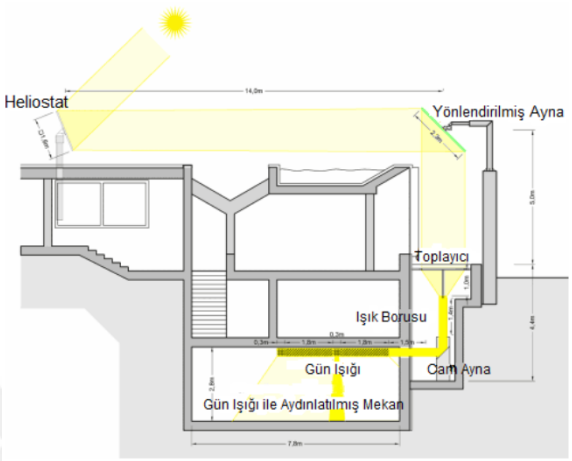
Anidolik sistemler; pencere önlerindeki günışığı aydınlık düzeyini düşürüp hacimlerin günışığını yetersiz alan bölgelerinin aydınlık düzeyini arttırarak, iç mekânda günışığı dağılımının düzgünlüğünü arttırmayı hedefleyen aydınlatma sistemidir. Pencere üzerinde bulunan ve dış mekandan ışık toplamaya yarayan ışık toplayıcı kısım, yansıtıcı yüzeylere sahip ışığı taşıyan ışık kanalı ve ışığı dağıtıcı parça olma üzere üç bölümden oluşmaktadır (Şekil 2.15), (Wittkopf, 2007).



Şekil 2.16. Anidolik Tavan Sistemi (Scartezzini & Courret, 2002)

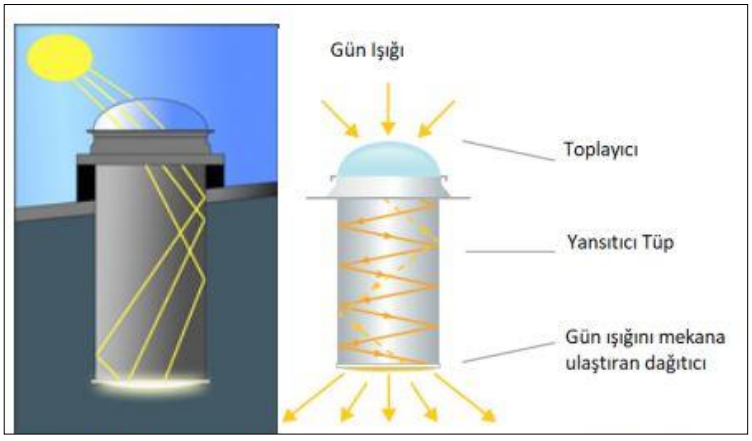
İki cam yüzeyin arasına film tabakası yerleştirilmesi ile oluşan ve yaygın ışığı bina içine yönlendirmeyi sağlayan holografik optik elemanlar ve camın opaklık ya da saydamlık değerlerini değiştiren mekanizmalara sahip özel camlar da diğer gelişmiş doğal aydınlatma sistemlerindendir (Manav, Kutlu & Küçükdoğu, 2009; Sevinç& Altın, 2021).

Günışığını taşıyan sistemler ışığı, yanal pencereler veya tepe pencerelerinden almakta, dış ortamdaki günışığını ışık toplayıcılar (heliostat) ile taşıma bölgesine aktarmaktadırlar. Bu sistemlerin ışığı toplama, taşıma ve dağıtma bölgesi şeklinde üç kısmı bulunmaktadır. Işık tüpleri, ışık kılavuzları ve fiber optik ile günışığı örnek verilebilmektedir (Şekil 2.16).



Şekil 2.17. Heliostat örneği (Demircan ve Gültekin, 2017)

Işık tüpleri farklı yönlerden gelen güneş ışınlarını bir tüp içine aktarmaya yarayan şeffaf fanus, yüksek yansıtma katsayısına sahip günışığının iletilmesini sağlayan taşıyıcı tüp ve günışığının mekanın içine homojen bir şekilde yayılmasını sağlayan ışık yayıcı elemanlardan oluşmaktadır (Köse vd., 2022).



Şekil 2.18. Işık tüpü çalışma prensibi (Sevinç & Altın, 2021)

Işık kılavuzları ise günışığının ya da yapay ışığın, uzaktaki dağıtıcı ünitelere taşınmasını sağlayan ve prizmatik veya farklı malzemelerden yapılan optik sistemlerdir ve içinde prizmatik asetatın bulunduğu şeffaf borular yardımıyla günışığının taşınmasını sağlamaktadır (IEA, 2000). Günışığı fiber kablolar aracılığıyla da taşınabilmektedir. Bu sistemde heliostat güneş ışınlarının toplanmasını sağlamakta ve odaklamakta, fiber kablo güneş ışınlarını taşımakta ve sonlandırıcı eleman ise ışığı iç mekana dağıtmakta ve böylelikle aydınlatma sağlanmaktadır (Şekil 2.17).

BÖLÜM 3

BİNALARDA GÜNIŞIĞI AYDINLATMASI

Çalışmanın bu bölümünde görsel konfor tanımı ve koşulları ele alınmış ve günışığının konfor ve insan üzerindeki etkilerinden bahsedilmiştir. Günışığı aydınlatmasını etkileyen faktörler tanıtılmış ve yeşil bina sertifikasyon sistemlerinde aydınlatma kriterleri ve aydınlatma ile ilgili standartlar hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. Günışığı ve Görsel Konfor

İnsanın hem fizyolojik ve psikolojik açıdan sağlığını, hem de iş performansını etkileyen günışığı, mekânın kalitesini arttıran ve görsel konfor sağlayan en önemli unsurdur. Binalarda enerji kullanımını azaltması ve sürdürülebilirliği etkilemesi nedeniyle önemini sürekli koruyan bir olgudur.

Günışığının insan sağlığına olan etkileri incelendiğinde, insanın görsel sistemi ve davranışlarındaki biyolojik değişim ya da ritim anlamına gelen sirkadyan döngü için etkili bir uyarıcı olduğu anlaşılmıştır. Günışığının yeterince alınamaması durumunda depresyon, sinirsel yorgunluk, göz yorgunluğu ya da duygu durum bozukluğu gibi psikolojik sorunların ortaya çıkmasının yanı sıra uykusuzluk, aşırı uyuma, sirkadyan döngünün bozulması, diyabet ve bazı kanser türlerine yakalanma riskinde artış gibi fizyolojik sorunlar da görülmektedir (Stevens & Rea 2001). Sağlıklı evler barometresi adlı çalışma, bu denli çok sayıda sorunun tetikleyicisi olan günışığının önemine değinerek, insan sağlığı üzerinde etkili olan dokuz faktör içerisinden uyku, havalandırma, sebze ve meyve tüketmeden sonra dördüncü faktör olduğunu göstermiştir (Gehrt, Hafner, Grollov, Eliasen & Christoffersen, 2019). Yapılan başka bir çalışma ise Dünya nüfusunun

yaklaşık %15'inin mevsimsel duygu durum bozukluğundan muzdarip olduğunu söylemektedir (Katunsky, Dolnikova& Dolnik, 2018).

Günışığının insan performansı üzerinde insanın motivasyonunu ve üretkenliğini arttırıcı etkisi olduğu da bilinmektedir. Yapılan birçok çalışmada bulutlu bir günün veya zayıf aydınlatma koşullarının, kişinin enerji seviyesini etkilediği ve iş performansını düşürdüğü gözlemlenmiştir. Bu çalışmalardan birinde etkin ve doğru bir şekilde kullanılan günışığının, hafıza ve çalışma hızı dahil olmak üzere zihinsel işlevi %10 ila %25 arasında iyileştirdiği ve üretkenliği %15'e kadar artırabildiği sonucuna varılmıştır (Krüger & Fonseca, 2011).

Doğru ve etkin şekilde kullanılan günışığının ise küresel ölçekte enerji kullanımını azaltma ve sürdürülebilirliği sağlama konusunda önemli bir rolü vardır. Çünkü dünyadaki toplam enerji tüketiminin yaklaşık %40'ı binalardan kaynaklanmaktadır. Ülkemizde ise bu oran %45'tir. Tüketilen toplam elektrik enerjisinin %20'si aydınlatma amaçlı kullanılırken binalarda ise bu oran %56 olmaktadır (Sümengen & Köknel Yener, 2015). Günışığı faydalanılarak yapay aydınlatma ihtiyacı azaltılabilmekte ve tüketilen enerji miktarı azalması ile enerji maliyeti azaltılabilmektedir.

Günışığı, insanı fiziksel ve ruhsal açıdan etkilemenin yanı sıra mekânın kalitesini arttırır ve görsel konfor sağlar. Görsel konfor, gözün iyi görmesi ve nesnelerin, renginin, biçiminin, dokusunun doğru algılanmasının kısaca ışığın kalitesinin öznel bir değerlendirmesidir. Yapılan işte görsel konforun sağlanabilmesi için gerekli aydınlık düzeyinin sağlanması, kamaşma ve parlamanın olmaması ve işlevine uygun renk tercih edilmesi gibi koşulların sağlanması gerekmektedir.

Özetle, günışığının doğru ve etkin kullanıldığı tasarımlar, insanların enerji seviyesinin ve motivasyonunun ve buna bağlı olarak performans veriminin artmasını, fiziksel ve ruhsal sağlığa sahip olmasını ayrıca yapay aydınlatma gereksinimini azaltarak enerji tüketiminin azaltılmasını sağlamaktadır. Bu nedenle doğru aydınlatma tasarımı önem taşımaktadır. Çalışmada bir sonraki bölümde doğal ve yapay aydınlatma tasarımında dikkat edilmesi gereken, günışığı aydınlatmasını ve görsel konforu etkileyen faktörlere yer verilmiştir.

3.2. Günışığı Aydınlatmasını ve Görsel Konforu Etkileyen Faktörler

Işığın kalitesinin öznel bir değerlendirmesi olan görsel konforun sağlanması, genellikle yapılan iş için gerekli aydınlık düzeyinin sağlanmasına, aydınlığın düzgün dağılmasına, işlevine uygun renklerin kullanılmasına, kamaşma ve parlamanın olmamasına bağlıdır. İyi bir aydınlatma ortamı oluşturmak için 3 temel insani ihtiyacın karşılanmasına gerekmektedir;

• Kullanıcıların kendilerini iyi hissedecekleri görme rahatlığı sağlamak,

• Zor koşullar ve uzun periyotlar süresince görsel işte konforun devamlılığını sağlamak,

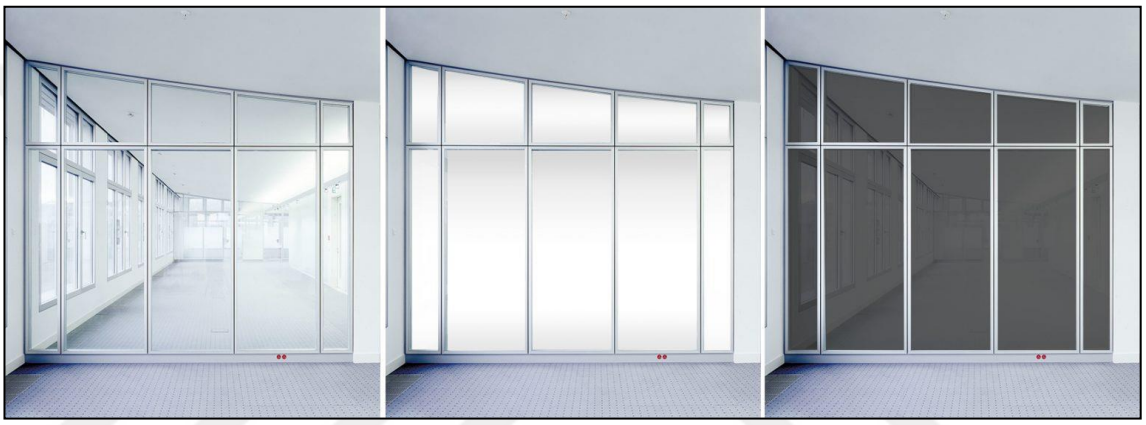
• Güvenlik (Bircan, 2023).

Yansıtma ve geçirgenlik

Işık bir yüzeye çarptığı zaman iletilir, emilir veya yansıtılır. Yansıtma faktörü yüzde ya da 0 ile 1 aralığında sayı olarak gösterilmekte ve "yansıyan akının gelen akıya oranı" olarak tanımlanmaktadır. Örneğin, siyah bir yüzeyin değeri 0,5 beyaz bir yüzeyin ise yansıtma faktörü 0,85'tir. Yansıtma ışığın bir yüzeyden ne kadarının yansıtıldığını gösterirken, geçirgenlik bir yüzeyden geçen ışığın fonksiyonunun bir ölçüsünü vermektedir. Yansıtma faktörü ışığın nasıl yansıdığını belirlemekten ziyade, ışığın ne kadar yansıtıldığının göstergesidir.

Işığın nasıl yansıdığını etkileyen faktörler ise yüzeyin rengi ve karakteristiğidir. Renkli yüzeyler 0,50 ye yakın yansıma değeri sunarken beyaz bir yüzey 0,80'in üzerinde yansıtma değerine ulaşabilmektedir (Jakubiec 2016; Castro vd. 2003). Yüzey renginin bir diğer önemli özelliği, ışığı yansıttığı gibi ısıyı da kızılötesi yoluyla yansıtabilmesidir. Bu konuda yapılan bir çalışmada, günışığını doğrudan alan cephede kullanılan çeşitli renklerin kızılötesi yansıtma değerleri elde edilmiştir. Çalışma sonucunda yansıma indeksi %70'in üzerinde olan beyaz, fildişi ve vanilya gibi renklerin az ısı kazanımı sağladığı görülürken, yansıma indeksi %40'tan daha az olan siyah, koyu mavi gibi renklerin en yüksek ısı kazanımı sağladığı tespit edilmiştir (Castro vd. 2003). Bu nedenle yapıların tasarım aşamasında yüksek düzeyde yansıtıcı yüzeylerin doğrudan güneş ışığını yansıttıklarında daha az yansıtıcı yüzeylere kıyaslandığında iç ortamda daha fazla ısınma oluşturabileceğini göz önünde bulundurmak gerekmektedir (Joudi vd. 2013).

Yüzey karakteristiği bakımından mat yüzeylerde dağınık yansımalar olurken, pürüzsüz yüzeylerde speküler yansımalar üretilir. Bir düşey ışıklık ya da atrium gibi özellikle alt seviyelere ışığı ulaştırmanın hedeflendiği mekanlarda istenilen ışık, gökyüzüne bakış alanı sınırlı olduğu için çoğunlukla ışıklık ya da atrium yüzeylerinden yansıyan dolaylı ışıktır. İyi yansıtıcılığa sahip ve düşük speküler değerlere sahip yüzeylerin seçilmesi (parlama riskini azaltmak için) ışığın bir binanın derinliklerine girmesini sağlayacaktır. Ayrıca, ışıklık ya da atrium mekanlarında bitişik alanlardaki ışık miktarı, ışığın içinden geçtiği camın ilettiği ışık yüzdesine bağlıdır (Lechner 2009 & Swinal 2011), (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Farklı geçirgenlik düzeyinde camlar (Işıklarled, 2023)

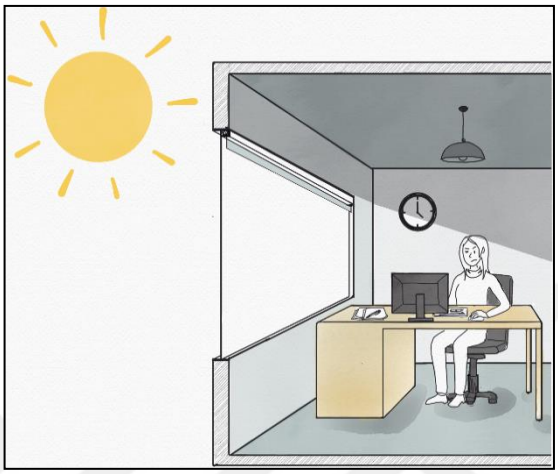
Parıltı

Parıltı, bir ışık kaynağından belli bir doğrultu ve bakış açısında yansıyan ışığın göze gelen miktarını ifade etmektedir. L ile gösterilir ve birimi cd/m2'dir. Parıltı gözün uyum kabiliyeti, yüzeyin yansıtma derecesi ve yüzeyin üzerine gelen ışığın yoğunluğundan etkilenir. Her yüzeyin, kendisine ait sahip olduğu özelliklerine bağlı olarak parıltısı bulunmaktadır. Aydınlık düzeyi aynı kalmak koşulu ile nesne yüzeylerinin yansıtıcılık katsayıları parıltı kontrastı oluşturur ve nesneleri daha parlak ya da az parlak olarak algılamamıza sebep olur. Parıltının dengeli dağılımı görme düzeyini arttırmaya yardımcı olmaktadır (Bircan 2023 &Sevinç, Altın 2021).

Kamaşma

Kamaşma, parıltının çok yüksek olması ve düzgün olmayan dağılımı nedeniyle gözü rahatsız etmesidir. Mutlak kamaşma görme alanı içerisindeki parıltı değerinin 104 cd/m2 ve üzeri bir değere ulaşması durumudur (Manav, 2005). Kamaşma genellikle

konforsuzluk ve yetersizlik kamaşması olarak gerçekleşmektedir. Göz içerisinde saçılan fazla ışığın görsel performansı ve görünürlüğü düşürmesi yetersizlik kamaşması olarak adlandırılırken, görüş alanına giren yüksek ve düzgün olmayan parıltıların yapılan görsel işin konforunu düşürmesi ise konforsuzluk kamaşması olarak adlandırılmaktadır (Bircan 2023), (Şekil 3.2), (Şekil 3.3).



Şekil 3.2. Konforsuzluk kamaşması örneği (Clotile, 2019)

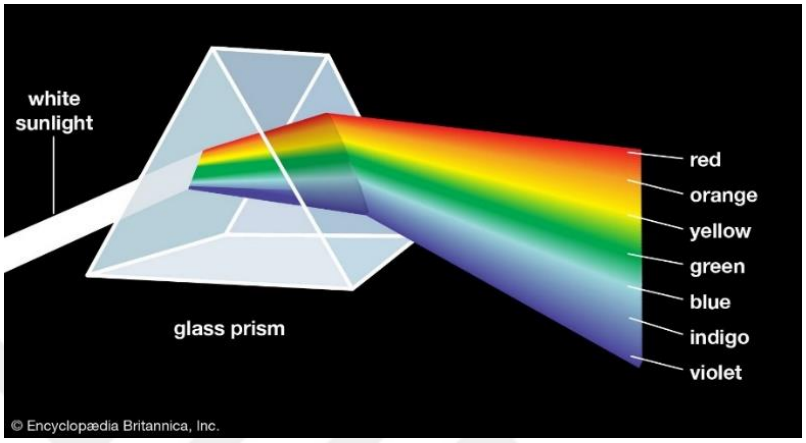


Şekil 3.3. Yetersizlik kamaşması örneği (Archdaily, 2021)

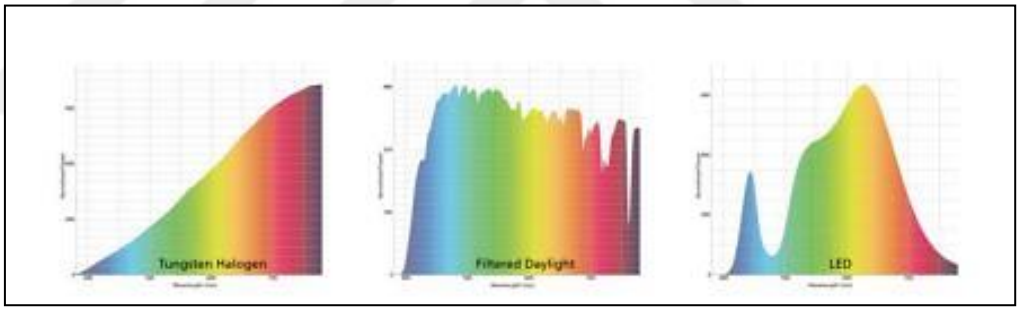
Işık ve Renk

Renk, güneşten gelen beyaz ışığın belirli dalga boylarına göre kırılması sonucu gözde meydana getirdiği duyulara denilmektedir. Renklerin isimlendirilmesi, görülen ışık spektrumunda bulundukları dalga boylarına göre yapılmaktadır (Ching, 2016), (Şekil 3.4). Günışığı tam spektrumlu bir aydınlatmayı tanımlamaktadır (Şekil 3.5). Bu nedenle en iyi renk algısı günışığı altında gerçekleşir. Ancak yapılan çalışmalar göze ulaşan

günışığının renk sıcaklığı ve spektral değerlerinin günışığının sahip olduğu değerlerden farklı olduğunu ortaya koymaktadır. Gökyüzünün renk sıcaklığı 6000K üzerinde iken göze ulaşan değer 4000K ile 6000K arasında değişir ve bu durum, dalga boyları için de geçerlidir. İç ve dış mekânda bulunan malzemelerin, bitki örtüsünün yüzey yansıtıcılığı ve rengi, göze ulaşan ışık spektrumunu etkilemektedir.



Şekil 3.4. Renk oluşumu (Britannica)



Şekil 3.5. Örnek spektral güç dağılımı (SPD) eğrileri (The National Gallery)

Yüzey renkleri ışığın mekânı oluşturan yüzeylerin özelliklerine göre yansıtılması, yutulması ya da geçirilmesi ile oluşur. Yüzey rengi yüzeyin üzerine gelen ışığın bazı dalga boylarının yansıtılıp bazı dalga boylarının yutulması ile oluşmaktadır. Örneğin siyah, üzerine gelen ışığın bütün dalga boylarını yutan yüzeylerde, beyaz ise üzerine gelen ışığın bütün dalga boylarını yansıtan yüzeylerde görülür (İbili, 2018). Yüzeye kuramsal beyaz ışığın yansıtılması sonucu yüzeyin görünen rengi öz renk olarak ifade edilirken, yüzeyin herhangi bir ışık kaynağı tarafından aydınlatılması sonucu görünen renk ise görünen renk şeklinde ifade edilmektedir (Sirel 2007). Bu nedenle mevcut koşullarda yüzeylerin görünen rengi ile öz rengi her zaman birbirinden farklıdır.

Rengin türü, doymuşluğu ve değeri olmak üzere üç niteliği bulunmaktadır. Rengin türü, rengi tanımlarken değeri siyah ve beyaz ile karıştırıldığındaki açıklığını ya da koyuluğunu ifade etmektedir. Rengin doymuşluğu ise rengin içindeki grilik değerini tanımlamaktadır. Işığın renksel geriverim indeksi ve ışık kaynağının rengi, yüzey renklerinin kendi öz rengine yakın görünebilmesini etkilemektedir. Renksel geriverim indeksi bir ışık kaynağının rengi doğru gösterme becerisini ifade eder. Günışığının renksel geriverimi indisi yapay ışık kaynakları ile daha rahat karşılaştırılabilmesi açısından 100Ra olarak kabul edilmektedir. Ancak ışığın renksel geriveriminin 100 olması demek, yüzey renginin öz rengi olması demek değildir. Bu nedenle ışığın rengi ve renksel geriverimi birlikte düşünülmelidir. Yapay ışık kaynaklarının günışığı renksel geriverim indeksine yakın olması beklenmekte ve mekanların işlevine göre aydınlatmada kullanılacak olan ışık kaynaklarının sahip olması gereken renksel geriverim değerleri TS EN 12464-1 standardı ile belirlenmektedir. (Bircan 2023& Sevinç Altın 2021)

3.3. Günışığı ile İlişkili Sertifikasyon Sistemleri

Yeşil bina sertifikasyon sistemleri, yapıların yaşam ömrü süresince çevreye olan etkilerini, doğal kaynakları koruma konusundaki duyarlılığını, yeşil bina olmaya yönelik yapılan uygulamalarla elde ettikleri enerji verimliliğini açığa çıkarmada ölçülebilir bir referans sağlayan derecelendirme sistemleridir (Akça, 2010). Günümüzde pek çok ülkede mevcut veya yeni yapılacak binalar için uygulanan çok sayıda yeşil bina sertifikasyon sistemi bulunmaktadır. Bu sertifikasyon sistemlerinde, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik konularında belirleyici bir etken olan aydınlatma konuları çeşitli başlıklar altında ele alınmaktadır. Bu bölümde sertifikasyon sistemlerinin ilk örneği olan BREEAM, Avrupa'da hazırlanan ilk sertifika sistemi olan DGNB ve dünyada kullanımı en yaygın olan sertifika sistemi olan LEED sertifika sistemlerinde doğal aydınlatmanın yeri ele alınmıştır.

3.3.1. BREEAM Sertifikasyon Sistemi

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), binaların çevresel etkilerini azaltmak, çevresel etkilere göre sınıflandırılmasını sağlamak ve sürdürülebilir ve enerji etkin bina tasarımını teşvik etmek gibi amaçlarla

BRE (British Research Establishment) tarafından 1990 yılında İngiltere'de uygulamaya konulan bir sertifikasyon sistemidir (BREGROUP 2022).

Bu sertifikasyon sisteminde;

- Konut içi ve konut dışı yeni inşa edilen binalar için; BREEAM New Construction
- Konut içi düzenlemeleri ve tadilatı için; BREEAM Refurbishment and fit-out
- Halen kullanımda olan mevcut binalar için; BREEAM In-Use
- Mahalle ya da daha büyük ölçekli bina topluluklarına yönelik planlama için; BREEAM Communities,
- Yeni altyapı projeleri için; BREEAM Infrastructure ve konut kalite göstergesi olan Home Quality Mark, olmak üzere 6 kategori ve her kategorinin kendi ön koşul ve kriterleri bulunmaktadır (BREGROUP 2022).

Yeni yapılar kategorisinde, yapı kabuk ve çekirdek, yalnız kabuk şeklinde iki bölüm olarak ele alınmış ve bölümlerdeki değerlendirme konuları 10 ana başlıkta toplanmıştır. Doğal aydınlatma 10 ana başlıktan biri olan sağlık ve memnuniyet başlığının alt başlığı olan görsel konfor başlığı içerisinde yer almaktadır. Sertifika sisteminde doğal aydınlatma ile ilgili kamaşma kontrolü, günışığı ve dış görüş olmak üzere 3 kriter bulunmaktadır. Toplamda 100 puan üzerinden puanlandırma yapılan bu sistemde, doğal aydınlatmadan yapı tipine bağlı olarak 6 puan alınabilmektedir. BREEAM sertifika sisteminde konutlarda aydınlatma yapının bulunduğu enleme göre değerlendirilmektedir. Çizelge 3.1'de alan çalışması bölümünde ele alınacak olan konut ve konut içi hacimler için enlemlere göre gerekli olan aydınlatma kriterleri yer almaktadır.

Çizelge 3.1. BREEAM yeni yapılar kategorisi konut doğal aydınlatma kriterleri ve puanları (BREGROUP 2022)

	Enlemlere göre sağlanması gereken ortalama günışığı çarpanı %					
	≤40	40-45	45-50	50-55	55-60	≥60
Çok Katlı Konutlar						
Mutfak	% 1.50	%1.70	%1.80	%2.00	%2.10	%2.20
Oturma odası Yemek odası vb.	%1.20	%1.30	%1.40	%1.50	%1.60	%1.60
Müstakil Konutlar						
Mutfak	% 1.50	%1.70	%1.80	%2.00	%2.10	%2.20
Oturma odası Yemek odası vb.	%1.20	%1.30	%1.40	%1.50	%1.60	%1.60

Mevcut yapılar kategorisinde ise aydınlatma konusu, sağlık ve konfor başlığı altında aydınlatma bölgeleri ve kontrolleri, günışığı, kamaşma kontrolü, iç ve dış aydınlatma seviyeleri ve yüksek frekanslı aydınlatma olmak üzere 5 başlıkta ele alınmıştır. Bu alanda ise alınabilecek maksimum puan 7'dir (Çizelge 3.1), (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. BREEAM Mevcut yapılar kategorisi aydınlatma kriterleri ve ağırlık yüzdeleri (BREGROUP 2022)

BREEAM		Eğitim Yapıları Enerji Kriterleri Ağırlık Yüzdesi	Sağlık Yapıları Enerji Kriterleri Ağırlık Yüzdesi	Çok Katlı Konut Yapıları Enerji Kriterleri Ağırlık Yüzdesi	Ticari Yapılar Enerji Kriterleri Ağırlık Yüzdesi
Sağlık ve Konfor					
Hea 1	Gün Işığı	0,9%-1,8%	1,80%	0,9%-1,8%	1,80%
Hea 2	Dış Görüş	0,90%	0,90%	0,90%	0,90%
Hea 3	Kamaşma Kontrolü	0,90%	0,90%	0,90%	0,90%
Hea 4	Yüksek Frekanslı Aydınlatma	0,90%	0,90%	0,90%	0,90%
Hea 5	İç ve Dış Aydınlatma Seviyeleri	0,90%	0,90%	0,90%	0,90%
Hea 6	Aydınlatma Bölgeleri ve Kontrolleri	0,90%	0,90%	0,90%	0,90%

3.3.2. LEED Sertifikasyon Sistemi

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design), doğal kaynakların dengeli bir şekilde kullanımını sağlamak, yenileyici ve iyileştirici stratejileri desteklemek gibi amaçlarla 1998 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde Amerika Birleşik Devletleri Yeşil Binalar Konseyi (USGBC) tarafından hazırlanan sertifikasyon sistemidir.

Bu sertifikasyon sisteminde

- Kentsel Gelişime yönelik; LEED-ND Neighborhood Development,
- Bina İşletmeleri ve Bakımı için; LEED-O+M Building Operations and Maintenance,
- İç Mekan Tasarımı ve İnşaat için; LEED-ID+C Interiors Design and Construction,
- Yeni Bina Tasarımı ve İnşaatı için; LEED-BD+C Building Design and Construction,
- Konutlar için; LEED Homes
- Kentler ve topluluklara yönelik; LEED Cities and Communities olmak üzere 6 kategori bulunmaktadır. Her kategorinin kendine ait ön koşulları bulunmaktadır (USGBC 2022).

Bina tasarım ve inşaatı kategorisinde değerlendirme konuları 9 ana başlıkta toplanmıştır. Doğal aydınlatma bu başlıklardan biri olan iç çevre kalitesi başlığı altında yer almaktadır. Toplam puanı 100 olan ayrıca yenilik kriterleri yerine getirilerek 10 ek puan alabildiği maksimum 110 puan alınabilen bu sistemde, doğal aydınlatmadan yapı tipine bağlı olarak 4 puan alınabilmektedir (Çizelge 3.3), (Çizelge 3.4), (Çizelge 3.5), (Çizelge 3.6).

Konutlar için tasarım ve yapım kategorisinde de değerlendirme 9 başlık üzerinden yapılmakta olup, iç çevre kalitesi başlığı altında günışığı ve görsel konfor adıyla yer almakta ve 1 puan alınabilmektedir.

Çizelge 3.3. LEED Bina Tasarım ve İnşaat Kategorisi değerlendirme konuları (USBGC 2022)

	Değerlendirme Konuları	Puan %
1	Bütünleştirici Süreç	1
2	Konum ve Ulaşım	15
3	Enerji ve Atmosfer	30
4	Bölgesel Özellik	4
5	Malzeme ve Kaynak Kullanımı	12
6	Su Etkinliği	10
7	Sürdürülebilir Arazi	9
8	İç Çevre Kalitesi	14
9	Yenilik ve Tasarım	5
Toplam Puan		100

Çizelge 3.4. LEED Bina Tasarım ve İnşaat Kategorisi iç çevre kalitesi bölümü aydınlatma kriterleri ve puanları (USBGC 2022)

	İç Aydınlatma (Yapay Aydınlatma) Puan	Günışığı (Doğal Aydınlatma) Puan	Kaliteli Dış Görüş Puan
Yeni Yapı	1-2	1-3	1
Okul	1-2	1-3	1
Ticari Bina	2	1-3	1
Veri Merkez	1-2	1-3	1
Depolar ve Dağıtım Merkezi	1-2	1-3	1
Konaklama	1-2	1-3	1
Sağlık Hizmeti	1	1-3	1-2
Konut	1-2	1-3	1

Çizelge 3.5. LEED Mevcut Yapılar Kategorisi iç ortam çevre kalitesi bölümü aydınlatma kriterleri ve ağırlık yüzdesi (USBGC 2022)

İç Ortam Çevre Kalitesi (IEQ)Bölümü	Kriter	Açıklama	LEED Puan
	IEQ Kredi 8.1 & 8.2	Gün Işığı ve Dış Görüş: Gün Işığı	2
	IEQ Kredi 8.1 & 8.2	Gün Işığı ve Dış Görüş: Gün Işığı	2

LEED sistemindeki aydınlatma kriterleri ve puanlarına bakıldığında yapının işlevine göre doğal ve yapay aydınlatma için farklı puan aralıkları olduğu görülmektedir. Günışığı (doğal aydınlatma) puan aralığının yapay aydınlatma puan aralığından fazla olduğu görülmektedir. LEED sisteminde doğal aydınlatma için mekanlarda gerekli olan aydınlık düzeyi 300 lux-3000 lux aralığıdır.

3.3.3. DGNB Sertifikasyon Sistemi

Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V. (DGNB), 2008 yılında Almanya'da Alman Sürdürülebilir Bina Konseyi tarafından ilk aşamada ofis ve idari binaları kapsayan daha sonra eğitim kurumları, ticari binalar, konutlar, mevcut ve yeni binaları da kapsayacak şekilde geliştirilmiş bir sertifikasyon sistemidir. Bu sertifikasyon sisteminde;

- Yeni binalar için; DGNB pre-certificate -certificate for new buildings
- Mevcut (kullanımda olan) binalar için DGNB certificate for buildings in use,
- iç mekanlar için; DGNB certificate for interiors,
- Yenileme projeleri için DGNB pre-certificate- certificate for renovations,

ve yeni binalar için DGNB certificate for new buildings; olmak üzere 5 kategori ve bu kategorilerin her biri için ayrı ön koşullar ve puanlar bulunmaktadır.

Yeni yapılacak binalar için sertifika kategorisinde değerlendirme konuları 6 ana başlıkta toplanmıştır. Bu başlıklardan sosyokültürel ve işlevsel kalite başlığı altında görsel konfor bulunmaktadır. Doğal aydınlatma, görsel konfor başlığı altında yer almakta ve günışığının kullanılabilirliği, dış ortam ile görsel iletişim, günışığında kamaşmanın önlenmesi ve günışığı renksel geriverimi olmak üzere 4 kriter ile değerlendirilmektedir. Toplam puanın 100 olduğu bu sertifikasyon sisteminde doğal aydınlatmadan 3 puan alınabilmektedir.

Çizelge 3.6. BREEAM, LEED ve DGNB Mevcut Yapılar Kategorisi Aydınlatma Kriterleri Karşılaştırması (Yetkin, 2014)

Bölüm	Sertifika Sistemi	Toplam Puan	Toplam Puan	Toplam Ağırlık %	Referans Standartlar	Ülkemizdeki Standartlar
Aydınlatma	LEED	IEQ Kredi 6.1 IEQ Kredi 8.1 & 8.2 IEQ Kredi 8,3 & 8,4	5 Puan	5,88	ASHRAE 90.1	TS EN 12464-1/2013- TS EN 12665-2011
	BREEAM	Hea 1 Hea 2 Hea 3 Hea 4 Hea 5 Hea 6 Ene4	8 Kredi	7,2	BS EN 12464-1 / CIBSE Aydınlatma Kodu 200626 / BS 820625	
	DGNB	SOC1,4	3 Puan	3,6	DIN V 18599 Bölüm 4 /DIN 5034 Bölüm 1-3 /DIN EN 12464 Bölüm 1 / DIN 277-2	

BREEAM, LEED ve DGNB sertifikasyon sistemlerindeki yapılar kategorisi aydınlatma kriterleri karşılaştırıldığında, puan bakımından aydınlatma ağırlık yüzdesinin en yüksek olduğu sistemin BREEAM, en düşük olduğu sistemin ise DGNB olduğu görülmektedir.

3.4. Günışığı ile İlgili Ulusal ve Uluslararası Standartlar

Etkin bir aydınlatma sistemi, tasarım aşamasında doğru kararlar alınması tasarım ve uygulama sürecinin başarılı bir şekilde yürütülmesine bağlıdır. Bu konuda aydınlatma sistemlerinin tasarımını yapan mimarlar, elektrik mühendisleri ya da günümüzde yaygınlaşmaya başlayan aydınlatma tasarımcılarına birtakım ölçütleri sağlayan standartlar bulunmaktadır. Avrupa'da geçerli olan aydınlatma tasarımı uygulamalarına ilişkin mevcut standartlar, Türkiye'nin de 2012 yılından beri bir üyesi olduğu Avrupa Standardizasyon Komitesi'nin (CEN) 169 numaralı "Işık ve Aydınlatma" isimli komite tarafından hazırlanmakta ve Türkiye'de de ulusal standartlar olarak yürürlüğe girmektedir (Uyan & Köknel Yener, 2019).

Aydınlatma tasarımına ilişkin ele alınacak standartlara çizelge 3.8'de yer verilmiştir.

Çizelge 3.7. İncelenen Standartlar

NO	STANDARD BAŞLIĞI
TS EN 1838	Aydınlatma uygulamaları-Acil aydınlatma
TS EN 12464-1	Işık ve aydınlatma-Çalışma yerlerinin aydınlatılması-Bölüm 1: kapalı çalışma alanları
TS EN 12464-2	Işık ve aydınlatma- İş yerlerinin aydınlatılması- Bölüm 2: Bina dışı iş yerleri
TS EN 15193-1+A1	Binalardaki enerji performansı- Aydınlatma ile ilgili enerji gerekleri- Bölüm 1: Özellikler, Modül M9
TS EN 15459-1	Binaların enerji performansı- Binalarda enerji sistemleri için ekonomik değerlendirme prosedürü
TS EN 12665	Işık ve aydınlatma- Aydınlatma kurallarını belirleyen temel tarifler ve kriterler
TS EN 17037	Binalarda gün ışığı
ISO 15469- CIE S011/E	Gün ışığının mekansal dağılımı-CIE standart genel gökyüzü
ISO/CIE 20086	Işık ve aydınlatma- Binalarda aydınlatmanın enerji performansı
ISO 23603/CIE s012	Görsel değerlendirme ve renk ölçümü için gün ışığı simülatörlerinin spektral kalitesini değerlendirmek için standart yöntem

Tabloda verilen,

TS EN 1838: Aydınlatma uygulamaları- Acil aydınlatma, standardı acil durum aydınlatması tarafından sağlanacak aydınlatma gereksinimini, aydınlatma şiddeti ve renk gibi ışık gereksinimlerini belirtir (TSE, 2000).

TS EN 12464-1: Işık ve aydınlatma- Çalışma yerlerinin aydınlatılması- Bölüm 1: kapalı çalışma alanları adlı standart, iç mekân iş yerlerinde normal görsel kapasitesi olan kişilerin performansı ve görsel konforu için gerekli olan aydınlatma gereksinimlerini açıklamaktadır (TSE, 2021).

TS EN 12464-2: Işık ve aydınlatma- İş yerlerinin aydınlatılması- Bölüm 2: Dış mekan, iş yerleri ve bina dışı iş yerlerinde, görsel konfor ve performans için gerekli olan aydınlatma gereksinimlerini ele almaktadır. Özel çözümler içermemesi nedeniyle yeni teknik ve yeni donanım kullanımı konusunda tasarımcıyı daha özgür kılmaktadır (TSE, 2014).

TS EN 15193-1+A1: Binalardaki enerji performansı – Aydınlatma ile ilgili enerji gerekleri- Bölüm1: Özellikler, Modül 9, genel aydınlatmayı sağlayan aydınlatma sistemlerinin, binalarda aydınlatmayı sağlamak amacıyla ne kadar enerji kullanması gerektiğini hesaplamak, kullandığı enerji miktarını ölçmek ve enerji performansını değerlendirmek için yöntemleri belirleyen standarttır (TSE, 2021).

TS EN 12665: Işık ve aydınlatma-Aydınlatma kurallarını belirleyen temel tarifler ve kriterler standardında aydınlatma uygulamalarındaki temel terimler açıklamaları ile

yer alırken aydınlatma gereksiniminin belirlenebilmesi için dikkate alınması gereken renk, parıltı, kamaşma, aydınlık, enerji, bakım, ölçüm ve hesaplamalar başlıklarından oluşan bir çerçeve de yer almaktadır (TSE, 2019).

TS EN 17037+A1: Binalarda günışığı standardında ise iç mekânda günışığının aydınlatma amacıyla nasıl kullanılması gerektiği, yeterli görüş sağlanabilmesi için gereken asgari düzeyleri ve iç mekânda günışığına maruz kalma süresine ilişkin bir değerlendirme yöntemi yer almaktadır (TSE, 2022).

TS EN 15459-1: Binaların enerji performansı- Binalarda enerji sistemleri için ekonomik değerlendirme prosedürü standardı kapsamında binalardaki enerji sistemlerinin ekonomik konuları ile ilgili temel ilke ve terminoloji açıklanmakta ve hesaplama yöntemi sunulmaktadır (TSE, 2017).

ISO 15469- CIE S 011/E: Gün ışığının mekansal dağılımı-CIE standart genel gökyüzü: 1996 yılında "CIE S003 Gün ışığının mekansal dağılımı -CIE standardı bulutlu gökyüzü ve açık gökyüzü" standardının yayınlanmasından sonra günümüze kadar başka gökyüzü türleri incelenmesi ile parlaklık dağılımı ve standardizasyonu konusunda uluslararası bir fikir birliği ile getirilen standarttır (CIE, 2003)

Bu standart, yoğun bulutlu gökyüzünden bulutsuz havaya kadar çok çeşitli koşullar altında gökyüzünü modelleyen bir dizi parlaklık dağılımını listeler. Standardın ikiamacıbulunmaktadır.

1. Ölçülen gökyüzü parlaklık dağılımlarının sınıflandırılması için evrensel bir temel oluşturmak,
2. Günışığı tasarım prosedürlerinde gökyüzü parlaklığını hesaplamak için bir yöntem sağlamak.

Bu standart göreceli parlaklık dağılımlarını tanımlamaktadır: gökyüzünün herhangi bir noktadaki parlaklığı, zenit parlaklığının bir fonksiyonu olarak verilir. Günışığı hesaplamak için ve mutlak parlaklık dağılımları elde etmek için zenit parlaklığı veya yatay aydınlatma değerleriyle kullanılabilir. Standart, Genel Gökyüzünün belirli durumları olarak kabul edilen hem CIE Standardı Açık Gökyüzünü hem de CIE Standardı Bulutlu Gökyüzünü içermektedir (CIE, 2003).

ISO/CIE 20086- Işık ve aydınlatma-binalarda aydınlatmanın enerji performansı: Bu standart, konut dışı binalarda genel aydınlatma sağlamak ve binaların içinde

aydınlatma için gereken veya kullanılan enerji miktarını hesaplamak veya ölçmek için aydınlatma sistemlerinin enerji performansını değerlendirme metodolojisini belirtmektedir (CIE, 2019).

ISO 23603/CIE s012- Görsel değerlendirme ve renk ölçümü için gün ışığı simülatörlerinin spektral kalitesini değerlendirmek için standart yöntem: Bu standart, renklerin görsel olarak değerlendirilmesi veya renk ölçümleri için kullanılacak bir günışığı simülatörü tarafından sağlanan ışınımın spektral kalitesini değerlendirme yöntemini ve simülatöre bir kalite notu atama yöntemini belirtmektedir. Simülatörün renkliliğinin, bir simülatörün bu yöntemle derecelendirilmesi için simüle edilen CIE Standart Günışığı Aydınlatıcısının veya CIE günışığı aydınlatıcısının renkliliğinden izin verilen maksimum sapmasını belirtir. Bu standartta açıklanan yöntem, sanal örnek çiftleri test edilen simülatör tarafından aydınlatıldığında ve aynı standart gözlemci tarafından değerlendirildiğinde uyumsuzluğu ölçer (CIE, 2004).

BÖLÜM 4

ALAN ÇALIŞMASI: DÜŞEY IŞIKLIKLARIN İÇ MEKAN GÜNIŞIĞI AYDINLIK DÜZEYİNE ETKİSİNİN SİMÜLASYON YOLUYLA İNCELENMESİ

Çalışmanın bu bölümünde, günışığının bina içine alınma yöntemlerinden olan düşey ışıklıkların iç mekân günışığı aydınlık düzeyine etkisi incelenecektir. Bu doğrultuda ilk önce ışıklık tanımı ve kriterleri hakkında bilgi verilmiş, kullanılan benzetim programı tanıtılmıştır. Daha sonra bir kısmi kat planı oluşturulup, kat planı mekanlarının boyutları sabit tutularak kat sayısı değişken olarak belirlenmiştir. Böylelikle kat sayısı değişkenine göre ışıklığın mekanlara sağladığı günışığı aydınlık düzeyi hesaplanmıştır. Günışığı analizleri bölümünde, çalışmada elde edilen verilere yer verilmiş ve veriler TS EN 17037 Binalarda Günışığı Standardına göre analiz edilmiştir. Bir sonraki bölümde ışıklık boyutu, pencere boyutu ve kullanılan malzemelerin yansıtma, soğurma vb. malzeme özellikleri değiştirilerek oluşturulan alternatiflerin görsel konfor ve günışığı performansına etkisi incelenmiştir. Bu doğrultuda alan çalışması verilerinin girdilerinin açıklanması bir sonraki bölümde ele alınmıştır.

4.1. İç Mekânda Işıklık Kriterleri

İç mekânda ışıklık hacminin sınırları, Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği ile belirlenmiştir. Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ne göre ışıklık, "binanın ana merdiven evini veya kat sahanlığını veya cephesi olmayan piyesleri aydınlatmak üzere oluşturulan, üzeri şeffaf yapı malzemeleriyle kapatılan hacimleri" tanımlar. Bu çalışmada Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ndeki ışıklık sınır değerleri dikkate alınmıştır. İlgili yönetmelikte madde 32'de yer alan değerlere göre ışıklık 1 ila 6 katlı binalarda dar kenarı en az 1,50 metre ve alanı 4.50 m^2, 7 ve daha fazla katlı binalarda ise dar kenarı en az 2,00

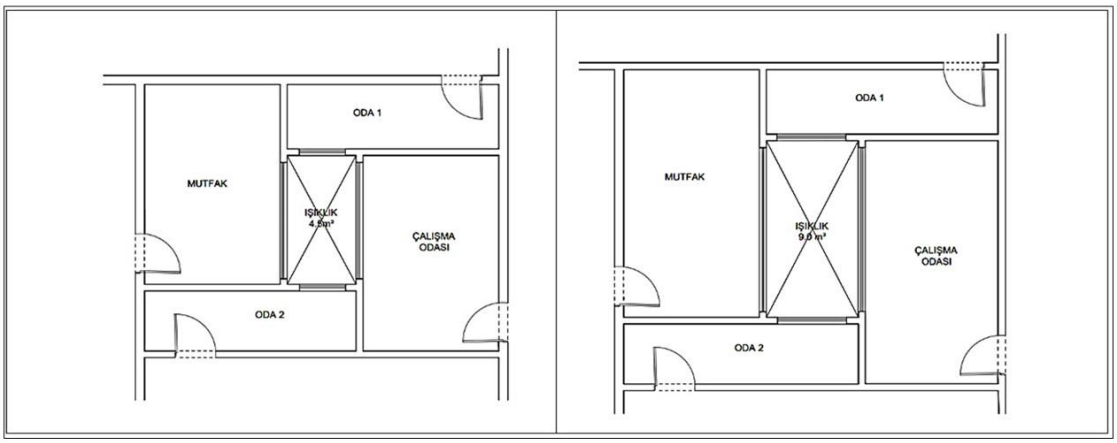
metre ve alanı en az 9.00 m^2 olmalıdır. Ayrıca yönetmeliğe göre asgari ölçüdeki bir ışıklıktan her katta en fazla dört piyes faydalanabilir. Bu nedenle çalışmadaki kat planında ışıklık mekânından faydalanan dört mekân oluşturulmuştur.

Bu çalışmada düşey ışıklıkların iç mekâna sağladığı günışığı miktarı ve günışığı performansı EnergyPlus tabanlı DesignBuilder benzetim programı ile incelenecektir. Bina tasarımlarının, enerji, konfor ve aydınlatma açısından performansını kontrol etmek ve ölçmek için birçok yazılım programı üretilmiştir. Bu programlardan biri, EnergyPlus tabanlı DesignBuilder benzetim programıdır. Bu program, yapı tasarım alternatifleri arasında performans ve fonksiyon bazlı karşılaştırma yöntemiyle çözümlemeler yapıp, sonuçlar elde etmeyi daha hızlı hale getirmektedir (Altensis, 2022). Bu çalışmada yapılan tüm hesaplamalar DesignBuilder benzetim programı ile gerçekleştirilmiştir. DesignBuilder programında yapının konumu ve iklim verileri, yapı içinde alanların bölgelere ayrılması, bölgelerin aktivitelerinin ve kullanıcı profilinin belirtilmesi duvar, döşeme, çatı malzemelerin seçimi ve ısıl geçirgenlik kat sayı değerleri gibi veriler girilerek analiz sonuçları elde edilebilmektedir. Bölüm 4.2'de DesignBuilder ile uygulama kısmı yer almaktadır.

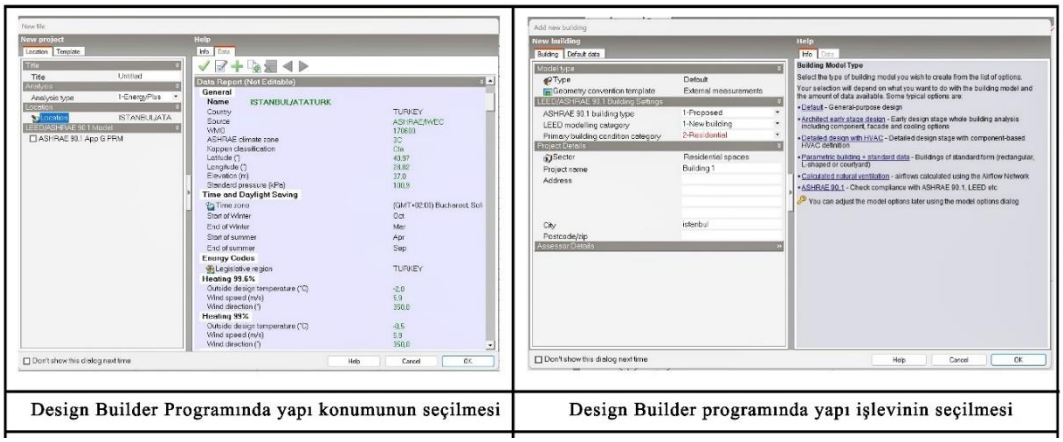
4.2. İç Mekânda Işıklıkların DesignBuilder ile Simüle Edilmesi

Bu çalışma dahilinde günışığını sadece ışıklıktan elde edebilen dört mekândan oluşan ve kat yüksekliği 3,5 m olan kısmi bir konut planı tasarlanmıştır (Şekil 4.2, Şekil 4.3). Yapı işlevinin konut olarak seçilmesinin nedenlerinde, daha önceki bölümlerde de söz edilen, elektrik enerjisinin %45'inin binalar tarafından tüketildiği Türkiye'de, toplam tüketimin %25'lik kısmının da konutlar tarafından gerçekleştirilmesi ve tüketilen enerjinin %20'sinin de aydınlatma amaçlı kullanılmasının yanı sıra, yapı yoğunluğunun fazla olduğu, cephe sıkıntısı yaşanan yerdeki konutlarda ışıklık kullanımlarına rastlanılması etkili olmuştur (Sümengen & Köknel Yener, 2015). Tasarlanan yapının konumu, binalarda cephe sıkıntısının yaşandığı, bu nedenle binalarda ışıklık vb. yöntemlerin kullanıldığı, nüfusun ve yapı yoğunluğunun fazla olduğu ılıman iklim bölgesini temsil eden İstanbul olarak belirlenmiştir (Şekil 4.3).

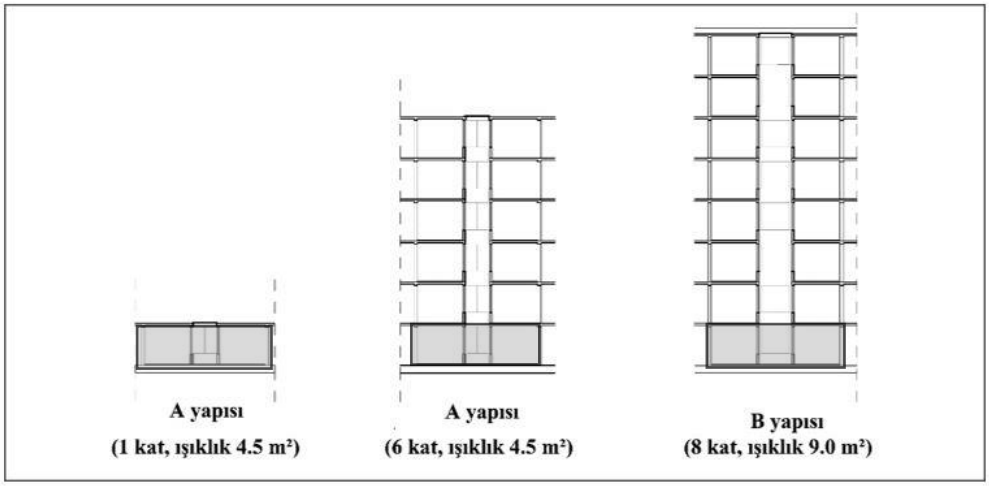
Çalışmada değer farklılıklarını daha iyi analiz edebilmek için a ve b yapısının 1, 6 ve 8 katlı olduğu senaryolar ele alınmıştır. Bu noktada karışıklığın giderilmesi için bir kenarı 1,50 metre olan 4,5 m² ışıklığa bakan 4 mekânın bulunduğu bir kısmi kat planından oluşan yapı A yapısı, bir kenarı 2,00 metre, alanı 9 m² olan ışıklığa bakan 4 mekânın bulunduğu bir kısmi kat planından oluşan yapı ise B yapısı olarak tanımlanmıştır (Şekil 4.1), (Şekil 4.2). Her iki yapının farklı katlardaki kesitlerinin şematik anlatımı Şekil 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.1(a) A Yapısının kısmi plan krokisi (ışıklık 4.5m²) **Şekil 4.1(b)** B Yapısının kısmi plan krokisi (ışıklık 9m²)



Şekil 4.2. DesignBuilder programında yapının konumunun ve işlevinin seçilmesi



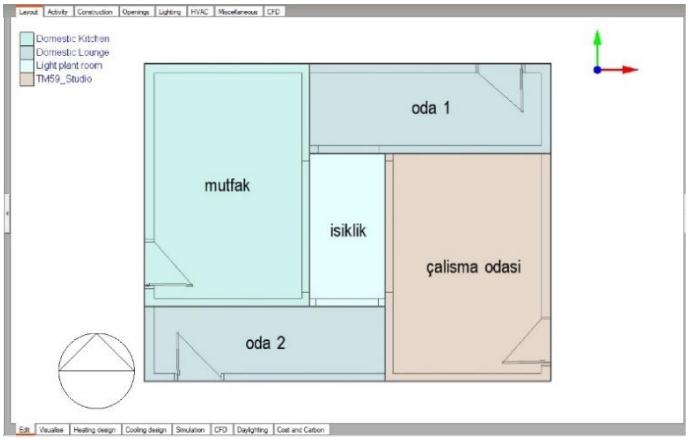
Şekil 4.3. A ve B yapılarının kesitleri

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2' te mevcut durumu verilen A ve B yapılarından A yapısı için 2 farklı senaryo ele alınmıştır.

SENARYO 1: A yapısının 1 katlı olduğu durumda dar kenarı 1,50 m alanı 4.5 m^2 olan ışıklık mekânından günışığını sağlayan dört mekânın oluşturulduğu bir planda zemin kattaki mekanlarda günışığı aydınlık düzeyi ölçülmüştür.

SENARYO 2: A yapısının 6 katlı olduğu durumda dar kenarı 1,50 m alanı 4.5 m^2 olan ışıklık mekânından günışığını sağlayan dört mekânın oluşturulduğu bir planda zemin kattaki mekanlarda günışığı aydınlık düzeyi ölçülmüştür.

SENARYO 3: B yapısının 8 katlı olduğu durumda zemin kattaki günışığı aydınlık düzeyi ölçülmüştür. Programda kullanıcı profili ve işlev dikkate alınarak analiz yapılabilmesi için modellenen yapının odaları bölgelere ayrılmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.4. DesignBuilder programında yapının bölgelere ayrılması

DesignBuilder programında konstrüksiyon verilerinin girildiği ve malzemelerin tercih edildiği modüller Şekil 4.6'te gösterilmektedir. Programda analiz yapılabilmesi için tercih edilen malzemeler ve malzemelerin kalınlık, yoğunluk, ısıl iletkenlik katsayısı değerleri ve bu değerler sonucunda ortaya çıkan ısıl geçirgenlik değeri, ele alınan tüm senaryolarda sabittir. Tercih edilen malzemelerin kalınlık, renk, yansıtma ve soğurma değerleri Çizelge 4.3'te sırasıyla gösterilmiştir. Isıtma sistemi olarak doğal gaz ile radyatör ısıtma sistemi, soğutma için ise mekanik soğutmanın kullanılmadığı doğal havalandırma ile ısıl konforun sağlanacağı belirlenmiştir. Modellenen yapının ısıtma için konfor aralığı için 18-22°soğutma için konfor aralığı 28-34°C değerleri seçilmiştir. Işıklık mekanındaki pencereler Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği'ne ve TSE standartlarına uygun olacak şekilde seçilmiştir (Çizelge 4.2). Çizelge 4.1'de her bir senaryoda ışıklık ve çevresindeki mekanların fiziksel koşullarına yer verilmiştir.

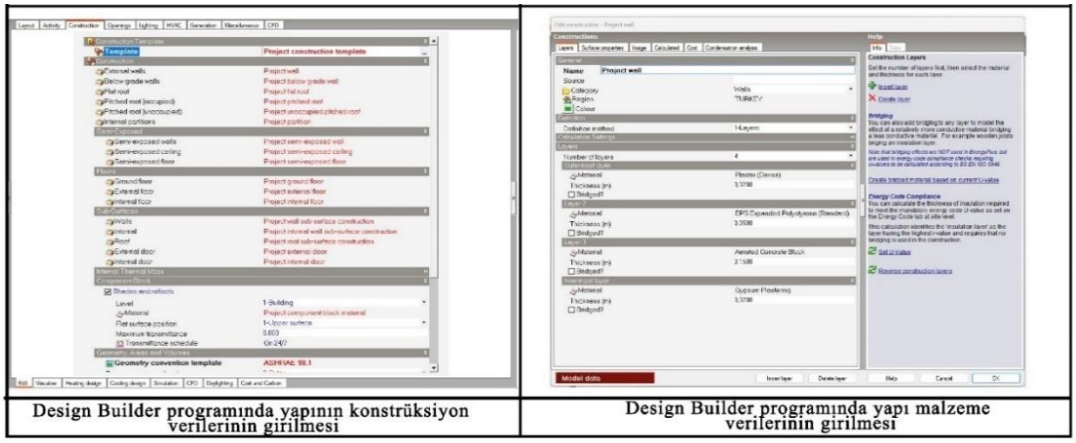
Çizelge 4.1. Senaryodaki odalar hakkında bilgiler (Erdem vd. 2023)

Mekanlar	Işığın Yönü	Senaryo 1		Senaryo 2		Senaryo 3	
		Mekân Boyutu	Pencere Boyutu	Mekân Boyutu	Pencere Boyutu	Mekân Boyutu	Pencere Boyutu
Mutfak	Doğu	15,5m²	270x200cm	15,5m²	270x200cm	19,0m²	430x200cm
Oda 1	Güney	7,8m²	130x200cm	7,8m²	130x200cm	8,0m²	180x200cm
Çalışma Odası	Batı	15,5m²	270x200cm	15,5m²	270x200cm	19,0m²	430x200cm
Oda 2	Kuzey	7,8m²	130x200cm	7,8m²	130x200cm	8,0m²	180x200cm

Çizelge 4.2. Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliğine göre uyulması gereken TS 825 binalarda ısı yalıtım kuralları yönetmeliği pencere u değerleri (TS 825)

A.3 Bölgelere göre en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri

	U_D (W/m²K)	U_T (W/m²K)	U_t (W/m²K)	U_P* (W/m²K)
1. Bölge	0,70	0,45	0,70	2,4
2. Bölge	0,60	0,40	0,60	2,4
3. Bölge	0,50	0,30	0,45	2,4
4. Bölge	0,40	0,25	0,40	2,4

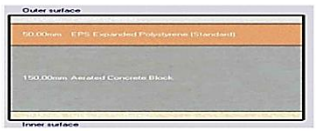


Şekil 4.5. DesignBuilder programında yapının konstrüksiyon ve malzeme verilerinin girilmesi

Çizelge 4.3. DesignBuilder programında yapıda kullanılan malzemeler ve özellikleri

Dış duvarlarda kullanılan malzemeler ve özellikleri

DIŞ DUVAR



Malzeme	Kalınlık d (m)	Soğurma değeri	Yansıtma değeri	Renk
Mineral esaslı sıva	0,02	0,500	0,500	Beyaz
Gazbeton	0,15	0,600	0,400	Gri
EPS Yalıtım	0,05	0,600	0,400	Gri
Alçı sıva	0,02	0,500	0,500	Beyaz

İç duvarlarda kullanılan malzemeler ve özellikleri

İÇ DUVAR



Malzeme	Kalınlık d (m)	Soğurma değeri	Yansıtma değeri	Renk
Alçı sıva	0,02	0,500	0,500	Beyaz
Gazbeton	0,10	0,600	0,400	Gri
Alçı sıva	0,02	0,500	0,500	Beyaz

Döşemede kullanılan malzemeler ve özellikleri

DÖŞEME



Malzeme	Kalınlık d (m)	Soğurma değeri	Yansıtma değeri	Renk
Ahşap Kaplama	0,03	0,600	0,400	Kahverengi
Şilte	0,01	0,700	0,300	Gri
Şap	0,05	0,600	0,400	Açık gri
Betonarme döşeme (%2 çelik ile güçlendirilmiş)	0,15	0,600	0,400	Gri
Alçı sıva	0,02	0,500	0,500	Beyaz

Teras çatıda kullanılan malzemeler ve özellikleri

TERAS ÇATI



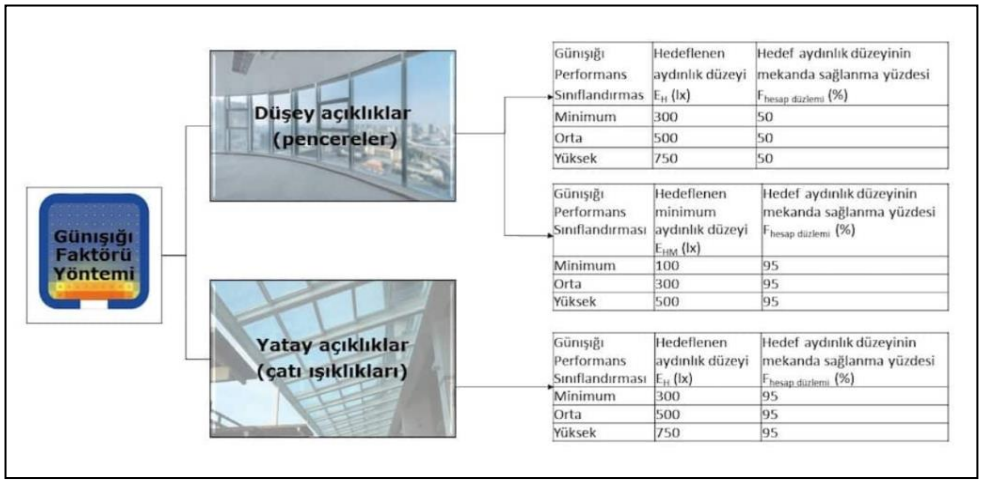
Malzeme	Kalınlık d (m)	Soğurma değeri	Yansıtma değeri	Renk
Bitümlü su yalıtım örtüsü	0,01	0,870	0,130	Siyah
XPS ısı yalıtımı	0,01	0,600	0,400	Kahverengi
Şap	0,02	0,600	0,400	Açık gri
Betonarme döşeme (%2 çelik ile güçlendirilmiş)	0,20	0,600	0,400	Gri
Alçı sıva	0,02	0,500	0,500	Beyaz

Pencere ve kapılarda kullanılan malzeme çeşitleri ve ısısal katsayı değerleri

	Malzeme	U W/m2K
Işıklık penceresi	Alüminyum doğramalı low e kaplamalı 3mm/13mm Arg	1,512
Pencereler	Alüminyum doğramalı low e kaplamalı 3mm/13mm Arg	1,512
Kapılar	Ahşap kapı	2

4.3. Günışığı Analizleri

Bu çalışma kapsamında, ışıklık boyutlarına göre oluşturulan A yapısının birinci senaryoda bir katlı olduğu durumda, mekanlardaki günışığı aydınlık düzeyi, 6 katlı olduğu ikinci senaryoda zemin kattaki günışığı aydınlık düzeyi, B yapısının ise 8 katlı binada zemin kattaki günışığı aydınlık düzeyi TS EN 17037 Binalarda Günışığı Standardı değerlerine göre analiz edilmektedir. İlgili standardın günışığı faktörü yöntemi yatay açıklıklar (çatı ışıklıkları) değerlerine göre günışığı aydınlık düzeyi minimum 300lx, orta 500 lx, maksimum 750 lx olmalıdır. (Şekil 4.7)



Günışığı Performans Sınıflandırması	Hedeflenen aydınlık düzeyi E_H (lx)	Hedef aydınlık düzeyinin mekanda sağlanma yüzdesi $F_{hesap\ düzlemi}$ (%)
Minimum	300	50
Orta	500	50
Yüksek	750	50

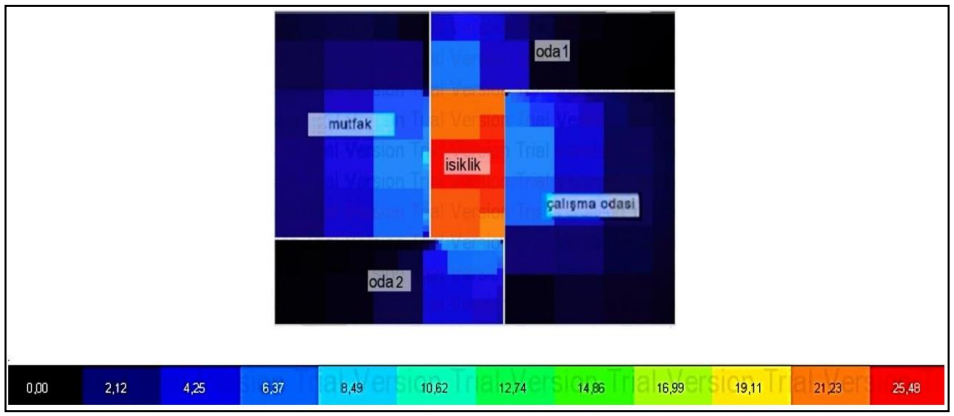
Günışığı Performans Sınıflandırması	Hedeflenen minimum aydınlık düzeyi E_{HM} (lx)	Hedef aydınlık düzeyinin mekanda sağlanma yüzdesi $F_{hesap\ düzlemi}$ (%)
Minimum	100	95
Orta	300	95
Yüksek	500	95

Günışığı Performans Sınıflandırması	Hedeflenen aydınlık düzeyi E_H (lx)	Hedef aydınlık düzeyinin mekanda sağlanma yüzdesi $F_{hesap\ düzlemi}$ (%)
Minimum	300	95
Orta	500	95
Yüksek	750	95

Şekil 4.6. TS EN 17037, Binalarda Günışığı Standardı (Yılmaz, 2019)

Yapılan analiz sonuçları maksimum ve minimum aydınlık düzeyi değerleri (lux) ile maksimum ve minimum günışığı faktörü değerlerine (%) göre analiz edilmiş mekanların ortalama aydınlık düzeyi değerlerine göre değerlendirilmiştir.

Günışığı faktörü, iç mekân çalışma düzleminde ölçülen aydınlık düzeyinin kapalı gök koşulunda yatay düzlemde ölçülen aydınlık düzeyine oranıdır ve % ile ifade edilir. %2 değerinin altında kalan mekanlar yeterli günışığı aydınlık düzeyine sahip değilken %2 ile %5 değerleri arası yeterli günışığı aydınlık düzeyine sahiptir (IESNA, 2011).



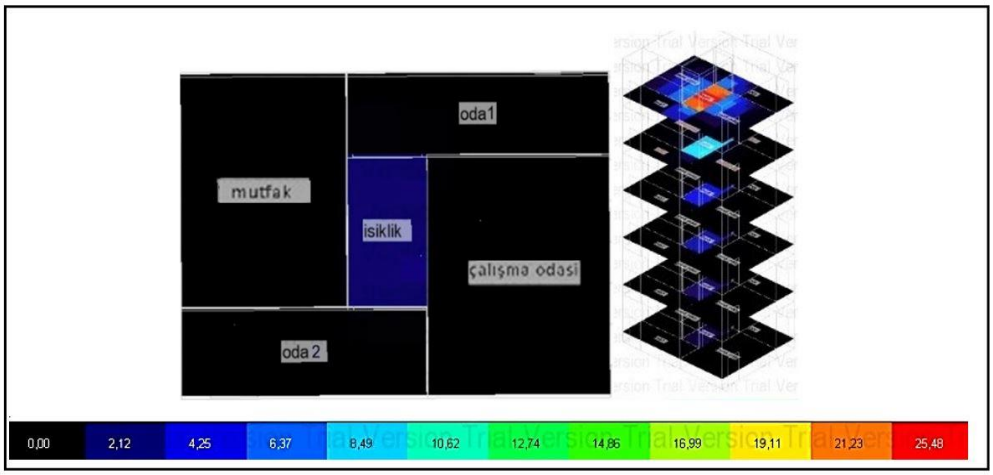
Şekil 4.7. Senaryo 1, A binasının günışığı aydınlatma analizi

Yapılan ölçümlerde 4.5 m^2 ışıklığa sahip A yapısının bir katlı olduğu birinci senaryoda pencere önlerinde maksimum günışığı aydınlık değeri olan 750 lux'un üzerine 920 lux'e kadar çıktığı görülmektedir (775lx, 591lx, 623lx). Buna karşın mekanların derinliklerinde ışığın ulaşamadığı noktalarda ise minimum değer olan 300 lux'un oldukça altında değerlere, 11 lux'e kadar düştüğü görülmektedir (Şekil. 4.8), (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.4. Senaryo 1, A binası aydınlatma simülasyon sonuçları (Erdem vd. 2023)

Mekanlar	Minimum Günışığı Faktörü(%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	0,047	7,762	4,68	775,95
Oda 2	0,116	5,906	11,62	591,09
Işıklık	20,111	25,021	2011,18	2502,16
Çalışma Odası	0,083	6,234	8,26	623,30
Oda 1	0,137	9,210	13,73	920,89

A yapısında ikinci senaryoda 6 katlı binada zemin katta günışığı aydınlık düzeyinin standartta verilen değerlerin oldukça altında kaldığı hatta ışıklıktan uzak bölgelerinde günışığının ulaşmadığı karanlık noktalar olduğu (0.26lx, 0.10lx, 0.21lx) tespit edilmiştir Senaryo 2 maksimum aydınlık düzeyleri açısından Senaryo 1 ile karşılaştırıldığında zemin kattaki aydınlık düzeyinde %96-98 arasında bir azalma gözlenmiştir (Şekil 4.9), (Çizelge 4.9).

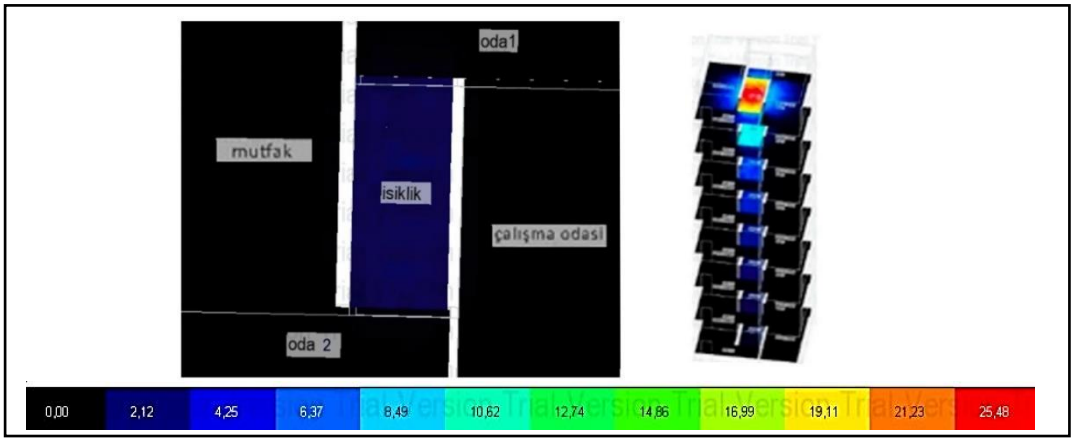


Şekil 4.8 Senaryo 2, A binasının günışığı aydınlatma analizi

Çizelge 4.5. Senaryo 2, A binası simülasyon sonuçları (Erdem vd. 2023)

Mekanlar	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	0,003	0,189	0,26	17,88
Oda 2	0,001	0,122	0,10	11,52
Işıklık	2,166	2,578	204,97	243,98
Çalışma Odası	0,002	0,108	0,21	10,27
Oda 1	0,001	0,307	0,10	29,12

Üçüncü senaryoda, 8 katlı binada zemin katta 9.00 m^2 ışıklıktan mekanlara sağlanan günışığı aydınlık düzeyinin 348 lux, 329 lux g ibi değerler olduğu görülmüştür. Bu değer neredeyse standardın minimum değerini teşkil etmektedir. Bu senaryoda da mekanlarda günışığının ulaşmadığı karanlık noktaların olduğu (4.76 lx, 1.46 lx, 3.38lx) belirlenmiştir. (Şekil 4.10), (Çizelge 4.10).



Şekil 4.9. Senaryo 3 B binasının günışığı aydınlatma analizi

Çizelge 4.6. Senaryo 3, B binası simülasyon sonuçları (Erdem vd. 2023)

Mekanlar	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	0,005	0,055	4,76	51,88
Oda 2	0,002	0,371	1,46	348,44
Işıklık	2,077	3,033	1951,66	2849,96
Çalışma Odası	0,004	0,178	3,38	167,10
Oda 1	0,001	0,350	1,13	329,10

Yapılan çalışmada 4,5 m² ışıklık boyutunun incelendiği A yapısında kat adedi arttığında mekanlardaki günışığı aydınlık düzeyinde önemli bir düşüş görülmektedir. Örneğin 1. senaryoda 920lux ile standart değerin üzerinde aydınlık düzeyine sahip mekânda 2. senaryoda, aydınlık düzeyi 29 lux 'un altına düşmekte ve standart değerin altında kalmaktadır (Çizelge 4.10). 9.00m² ışıklık boyutunun incelendiği B yapısında zemin kat aydınlık düzeylerinin 348, 329lux gibi günışığı standardının sınır değerine yakın ya da 167 ve 51 lux gibi standardın altında değerlere sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 4.10). Mekânlar açısından bakıldığında mutfak ve çalışma odası olarak planlanan mekânların eşit boyutlara ve pencere yüzey alanlarına sahip olmasına rağmen konumlarına göre farklı sonuçlar elde edilmiştir. CIE (Uluslararası Aydınlatma Komisyonu) standart bulutlu gökyüzü koşulunda, doğu yönünde konumlanan çalışma odası, batı yönündeki mutfağa göre %19 daha düşük aydınlık düzeyine sahiptir.

Çalışmanın bir sonraki bölümünde zemin katta yeterli günışığı aydınlık düzeyini sağlamaya yönelik üç iyileştirme geliştirilmiş ve bu iyileştirmeler doğrultusunda ışıklık ve pencere boyutunun ve kullanılan malzemelerin yansıtma, soğurma, geçirgenlik vb. değerlerinin görsel konfor ve günışığı performansına etkisi incelenmiştir. Günışığı simülasyonlarının karşılaştırılarak analiz edilebilmesi için çalışmanın sonraki bölümlerinde yönetmelikteki değerler doğrultusunda yapılan simülasyonlar "mevcut model" olarak ifade edilmiştir.

4.4. İyileştirme Senaryolarının Geliştirilmesi ve Günışığı Analizleri

Çalışmanın bu bölümünde zemin katta yeterli günışığı aydınlık düzeyini sağlamaya yönelik üç iyileştirme geliştirilmiştir.

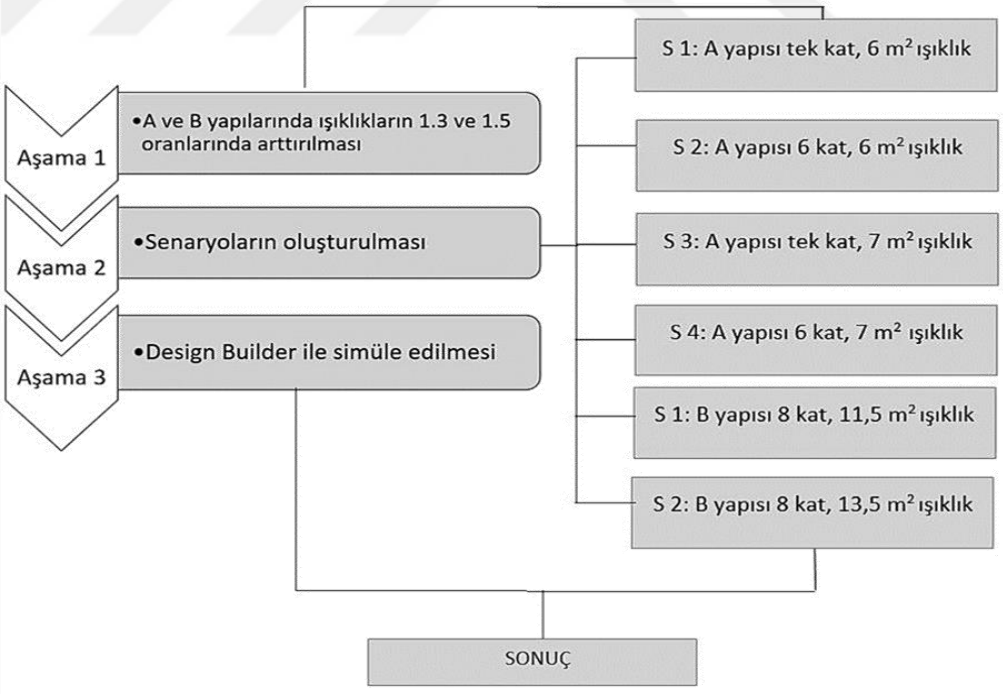
(i) İyileştirme 1: Oda alanları (m^2) sabit tutularak ışıklık boyutunun arttırılması zemin katta yeterli günışığı sağlanması konusunda anlamlı bir katkı sağlayabilir (Şekil 4.11)

A Yapısı: A yapısında mekanların alanları sabit tutularak; (Şekil 4.12)

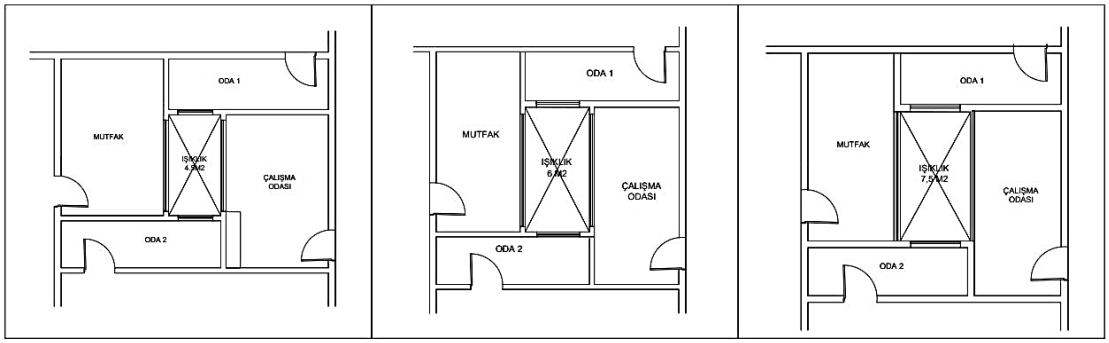
- **Senaryo 1-2**: ışıklık boyutu 1,3 oranında arttırılarak zemin kat mekanlarının günışığı aydınlık düzeyleri ölçülmüştür (Şekil 4.12).
- **Senaryo 3-4**: ışıklık boyutu 1,5 oranında arttırılarak zemin kat mekanlarının günışığı aydınlık düzeyleri ölçülmüştür (Şekil 4.12).

B Yapısı: B yapısında mekanların alanları sabit tutularak; (Şekil 4.13)

- **Senaryo 1**: ışıklık boyutu 1,3 oranında arttırılarak zemin kat mekanlarının günışığı aydınlık düzeyleri ölçülmüştür (Şekil 4.13).
- **Senaryo 2**: ışıklık boyutu 1,5 oranında arttırılarak zemin kat mekanlarının günışığı aydınlık düzeyleri ölçülmüştür (Şekil 4.13).

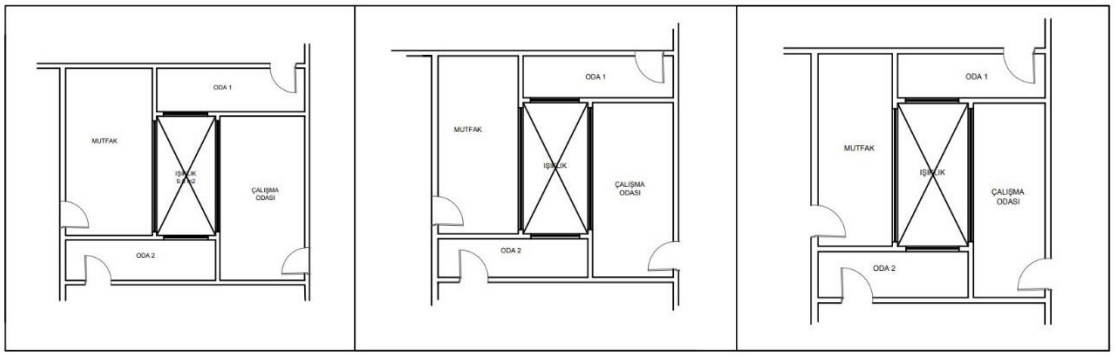


Şekil 4.10. İyileştirme 1 yöntem



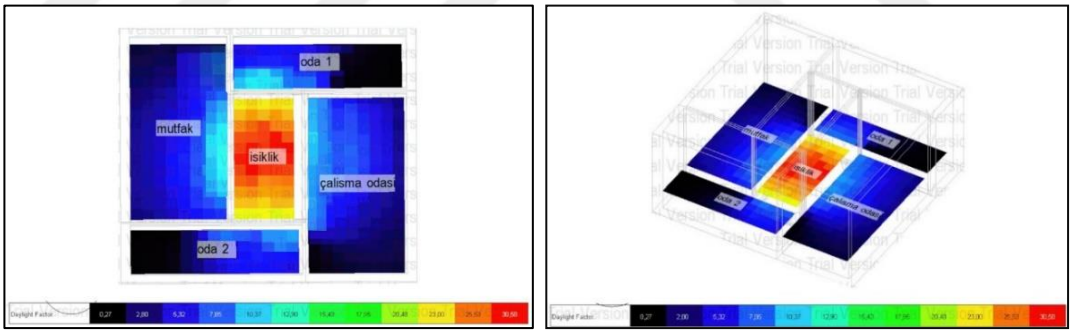
(a)A Yapısını kısmi plan krokisi Işıklık boyutu 4.5 m^2 (1.0) **(b)** A Yapısının kısmi plan krokisi Işıklık boyutu 6 m^2 (1,3) **(c)** A Yapısının kısmi plan Işıklık boyutu 7 m^2 (1.5)

Şekil 4.11. A yapısının kısmi plan krokileri



(a)B Yapısının kısmi plan krokisi Işıklık boyutu 9 m^2 (1.0) **(b)** B Yapısının kısmi plan krokisi Işıklık boyutu 11,5 m^2 (1,3) **(c)** Yapısının kısmi plan krokisi Işıklık boyutu 13.5 m^2 (1.5)

Şekil 4.12. B yapısının kısmi plan krokileri

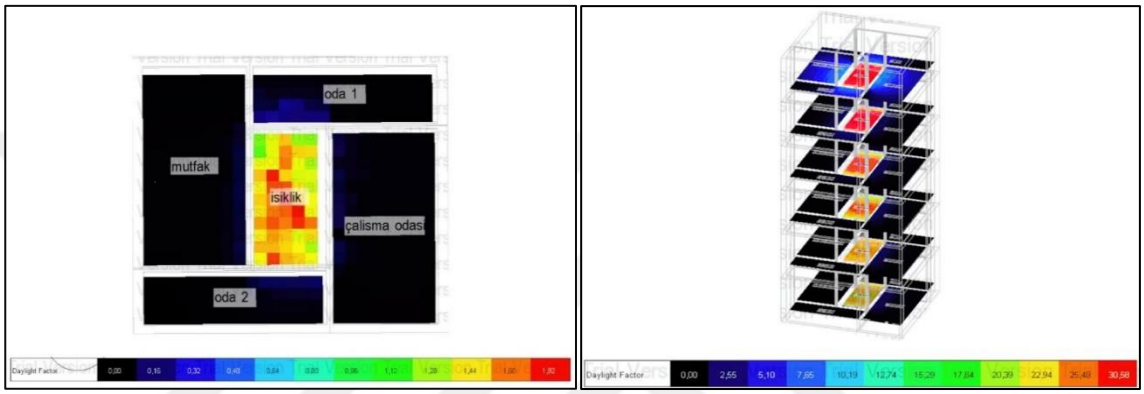


Şekil 4.13. A yapısı senaryo 1 (1 kat 6m² ışıklık), günışığı analizi

Çizelge 4.7. A yapısı senaryo 1 (1 kat 6m² ışıklık), simülasyon sonuçları

Mekan	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	0,056	10,004	5,56	1001,48
Oda 2	0,222	6,772	21,79	727,56
Işıklık	23,843	30,584	2386,85	3061,58
Çalışma Odası	0,176	7,742	17,35	873,16
Oda 1	0,245	10,103	21,53	925,2

Yapılan inceleme sonucunda ışıklık boyutu 6 m^2 olduğu bir katlı senaryoda mekanlarda görülen en düşük maksimum aydınlık düzeyi standardın yüksek değeri 750 lux'e yaklaşmaktadır (1001lx, 727lx,873lx,811lx). Mevcut modelde senaryo 1' e göre bakıldığında maksimum aydınlık düzeyi değeri mutfak mekânında yaklaşık %30, oda 2'de %23, çalışma odasında %40 oranında artış göstermiştir. Minimum aydınlık düzeyi değerlerine baktığımızda ise bu artış oda 2'de %87, oda 1 de %56, çalışma odasında %110 gibi artış oranlarına ulaştığı görülmüştür (Şekil 4.14), (Çizelge 4.11).

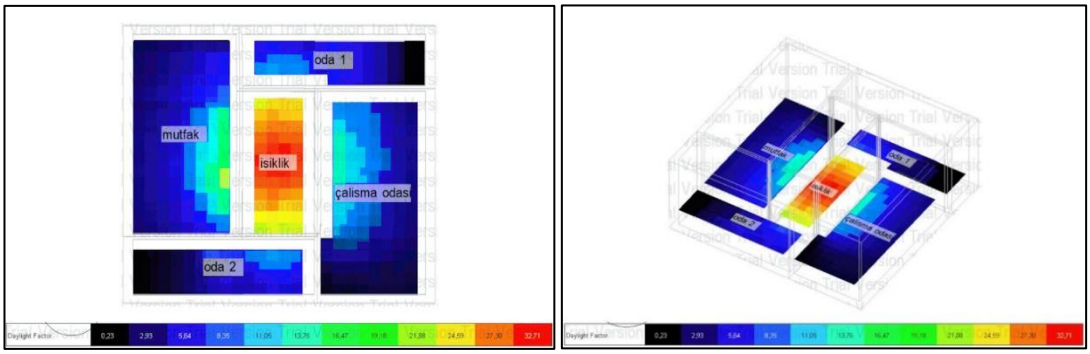


Şekil 4.14. A yapısı senaryo 2 (6 kat 6m² ışıklık), günışığı analizi

Çizelge 4.8. A yapısı senaryo 2 (6 kat 6m² ışıklık), simülasyon sonuçları

Mekan	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	0,005	0,270	0,29	22,65
Oda 2	0,002	0,222	0,23	21,79
Işıklık	3,020	3,596	298,00	313,08
Çalışma Odası	0,002	0,176	0,30	21,53
Oda 1	0,002	0,519	0,79	43,11

Kat sayısının 6 olduğu durumda zemin katta pencere önlerindeki değerlerin standardın minimum değeri olan 300lx'ün oldukça altında kaldığı görülmekle birlikte mevcut modeldeki senaryo 2 ile karşılaştırıldığında maksimum aydınlık düzeyi mutfak, oda 2, çalışma odası ve oda1 mekanlarında sırasıyla %26,6, %89,1, %52,2 ve %48,04 oranında artış göstermiştir. Ancak hala mekanlarda günışığının ulaşmadığı karanlık noktalar bulunmaktadır (Şekil 4.15), (Çizelge 4.12).

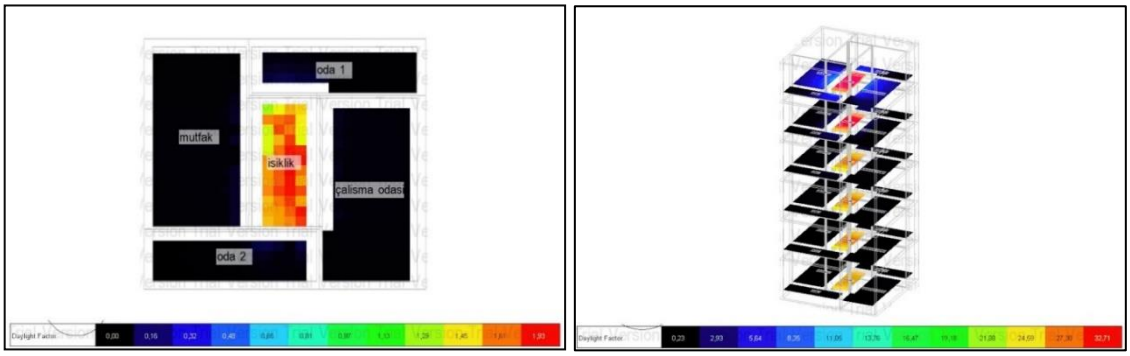


Şekil 4.15. A yapısı senaryo 3 (1 kat 7m² ışıklık), günışığı analizi

Çizelge 4.9. A yapısı senaryo 3 (1 kat 7m² ışıklık), simülasyon sonuçları

Mekan	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	0,069	10,315	6,92	1032,61
Oda 2	0,229	8,706	22,41	757,86
Işıklık	24,659	32,717	2468,01	3274,51
Çalışma Odası	0,399	8,825	39,36	1157,62
Oda 1	0,262	11,596	25,67	938,65

A yapısı senaryo 3 (1 kat 7m2 ışıklık) sonuçlarına göre mekanların tümünde maksimum aydınlık düzeyi değerlerinin standardın maksimum değeri olan 750lx değerinin üzerine çıktığı görülmektedir (1032lx, 757lx, 1157lx, 938lx). Minimum aydınlık düzeyi değerlerinde ise en düşük değer 6,92lx ile mutfakta gözlenmiştir. Mekanlar günışığı faktörü açısından analiz edildiğinde maksimum günışığı faktörü değerleri yeterli günışığı faktörü olan %2 ile %5 aralığının üzerindedir (%10,3, %8,7, %8,8, %11,5). Ancak minimum günışığı faktör değerleri %2'nin altında kalmaktadır (%0,06, %0,22, %0,39, %0,26) (Şekil 4.16), (Çizelge 4.13).

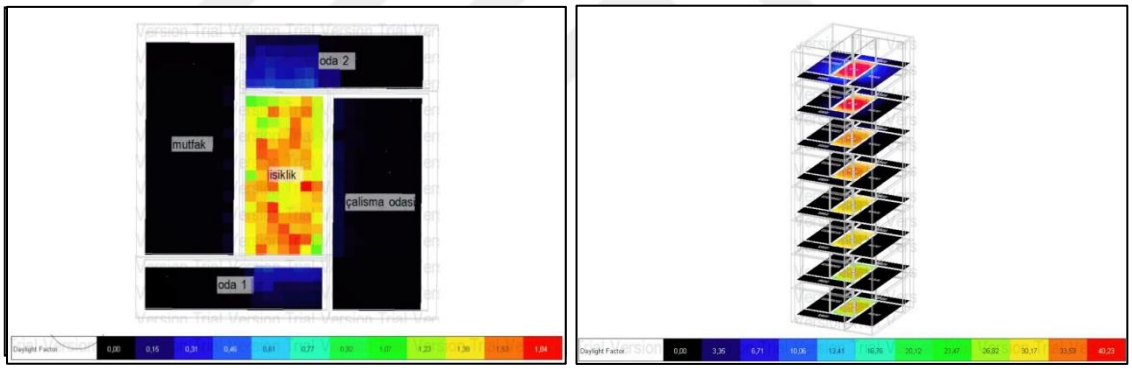


Şekil 4.16. A yapısı senaryo 4 (6 kat 7m² ışıklık), günışığı analizi

Çizelge 4.10. A yapısı senaryo 4 (6 kat 7m² ışıklık), simülasyon sonuçları

Mekan	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	0,007	0,652	0,38	28,79
Oda 2	0,003	0,262	0,31	22,41
Işıklık	3,167	3,685	312,67	401,02
Çalışma Odası	0,005	0,230	0,34	32,73
Oda 1	0,002	0,545	0,49	75,86

A yapısı senaryo 4 (6 kat 7m² ışıklık) sonuçları incelendiğinde ise 4.5 m² ışıklık bulunan senaryo ile karşılaştırıldığında, mutfak, oda 2, çalışma odası ve oda 1'deki maksimum aydınlık düzeyleri sırasıyla %61, % 94,5, %218,6, %160,5 oranında artış gösterirken minimum aydınlık düzeyi değerleri sırasıyla %46,1, %210, %61,9, %390 oranında artış göstermiştir. Günışığı aydınlık faktörü değerleri mekanların neredeyse tümünde %100'ün üzerinde artış göstermesine rağmen %2'nin oldukça altında olduğu görülmüştür (%0,65, %0,26, %0,23, %0,54) (Şekil 4.17), (Çizelge 4.14).



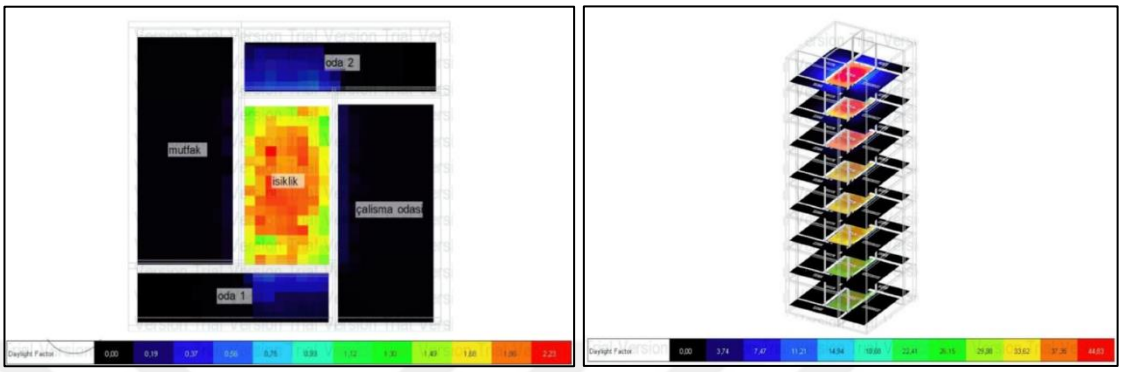
Şekil 4.17. B yapısı senaryo 1 (8 kat 11.5m² ışıklık), günışığı analizi

Çizelge 4.11. B yapısı senaryo 1 (8 kat 11.5m² ışıklık), simülasyon sonuçları

Mekan	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	0,008	0,062	7,74	60,29
Oda 2	0,002	0,507	2,23	428,74
Işıklık	2,995	3,635	2,605	3496,00
Çalışma Odası	0,006	0,281	6,23	203,60
Oda 1	0,002	0,474	1,68	433,73

B yapısı senaryo 1 (8 kat 11.5m² ışıklık), sonuçları incelendiğinde mevcut model senaryo 3'e kıyasla, mutfak, oda 2, çalışma odası ve oda 1'deki maksimum aydınlık

düzeyleri sırasıyla %16,2, %23, %21,8, %31,7 oranında artış gösterirken minimum aydınlık düzeyi değerleri sırasıyla %62,6, %52,7, %84,3, %48,6 artış göstermiştir. Günışığı aydınlık faktörü değerlerine bakıldığında odalardaki maksimum günışığı faktörü değerleri % 12,7, %36,6, %57,8, %35,4 artış görülmüştür (Şekil 4.18), (Çizelge 4.15).



Şekil 4.18. B yapısı senaryo 2 (8 kat 13.5m² ışıklık), günışığı analizi

Çizelge 4.12. B yapısı senaryo 2 (8 kat 13.5m² ışıklık), simülasyon sonuçları

Mekan	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	0,009	0,076	11,48	65,05
Oda 2	0,002	0,560	2,30	474,19
Işıklık	3,496	4,943	2,730	4117
Çalışma Odası	0,006	0,285	6,78	244,09
Oda 1	0,003	0,607	2,71	526,55

B yapısı senaryo 2 (8 kat 13.5m² ışıklık), sonuçlarına bakıldığında 9 m^2 ışıklık bulunan senaryo sonuçlarına kıyasla, mutfak, oda 2, çalışma odası ve oda 1'deki maksimum aydınlık düzeyleri sırasıyla %25,3, %25,3, %46, %59,9 oranında artış gösterirken minimum aydınlık düzeyi değerleri sırasıyla%141,1, %57,5, %100,5, %139,8 artış göstermiştir. Günışığı aydınlık faktörü değerlerine bakıldığında odalardaki maksimum günışığı faktörü değerleri %38,18, %50,9, %60,1, %73,4 artış görülürken mekanların tümünde %2 değerinin altında kalmaktadır. (Şekil 4.19), (Çizelge 4.16)

(ii) İyileştirme 2: Oda ve ışıklık boyutları sabit tutularak malzemelerin yansıma, geçirgenlik, renk vb. özellikleri, pencere boyutları gibi fiziksel özelliklerin çeşitli konfigürasyonları ile zemin kat mekanlarında yeterli günışığı aydınlık düzeyi için katkı sağlanabilir.

Çizelge 4.13. Senaryolardaki odalar hakkında bilgi

Mekanlar	Işığın Yönü	Senaryo 1		Senaryo 2		Senaryo 3	
		Mekân Alanı	Pencere Boyutu	Mekân Alanı	Pencere Boyutu	Mekân Alanı	Pencere Boyutu
Mutfak	Doğu	15,5m²	270x300cm	15,5m²	270x300cm	19,0m²	430x300cm
Oda 1	Güney	7,8m²	130x300cm	7,8m²	130x300cm	8,0m²	180x300cm
Çalışma Odası	Batı	15,5m²	270x300cm	15,5m²	270x300cm	19,0m²	430x300cm
Oda 2	Kuzey	7,8m²	130x300cm	7,8m²	130x300cm	8,0m²	180x300cm

Bu doğrultuda mevcut modelde kullanılan pencere boyutları arttırılmıştır. Arttırılmış pencere boyutları Çizelge 4.17'de gösterilmiştir. Mevcut modelde kullanılan malzemelerin mekânın günışığı aydınlık düzeyini etkileyen yüzeylerindeki yansıtma değerleri alçı sıva, 0,500'den 0,600 değerine, ahşap kaplama 0,600'den 0,700 değerine yükseltilmiştir. DesignBuilder programında renk tercihleri günışığı simülasyon sonuçlarına etki etmediğinden renklerde bir değişiklik yapılmamıştır (Çizelge 4.18).

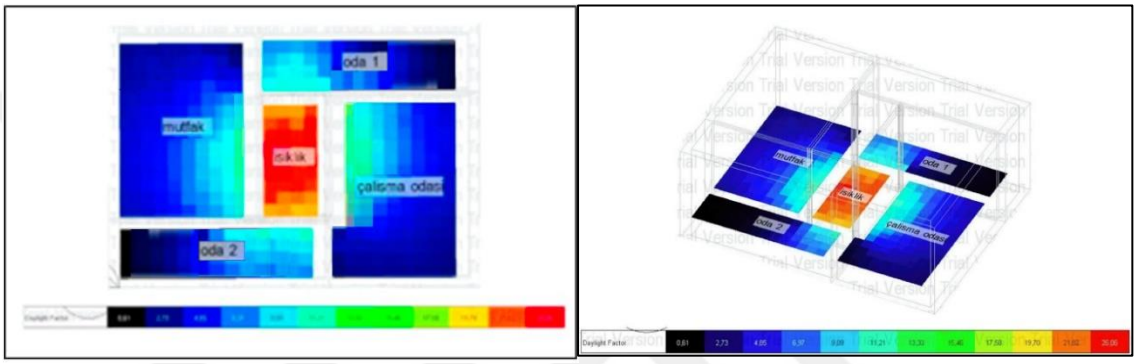
Çizelge 4.14. Kullanılan malzemelerin özellikleri

	Kullanılan Malzeme	Yansıtma Değeri	Soğurma Değeri	Renk	Geçirgenlik Değeri
Duvar (İç Yüzey)	Alçı Sıva	0,600	0,400	Beyaz	0,000
Döşeme (Zemin)	Ahşap Kaplama	0,700	0,300	Kahverengi	0,000
Döşeme (Tavan)	Alçı Sıva	0,600	0,400	Beyaz	0,000

Kullanılan pencerenin ısıl geçirgenlik, direkt güneş geçirgenliği ve total güneş geçirgenliği değerlerine ise Çizelge 4.19'de yer verilmiştir

Çizelge 4.15. Kullanılan pencerenin özellikleri

	Kullanılan Malzeme	Isıl geçirgenlik katsayısı U-Değeri (W/m2K)	Direkt güneş geçirgenlik değeri	Total güneş geçirgenlik değeri (SHGC)	Renk
Pencere	Alüminyum doğramalı low e kaplamalı 3mm/13mm Arg (3+13+3mm)	1,512	0,538	0,649	Şeffaf

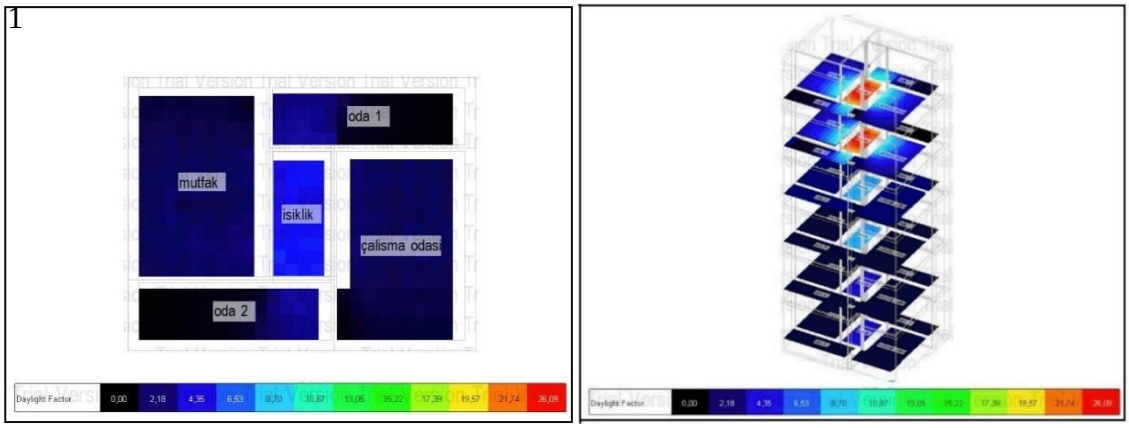


Şekil 4.19. A yapısı senaryo 1 (1 kat 4.5m² ışıklık), günışığı analizi

Çizelge 4.16. A yapısı senaryo 1 (1 kat 4.5m² ışıklık), simülasyon sonuçları

Mekan	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	0,096	10,161	9,62	1018,00
Oda 2	0,298	9,626	19,26	873,16
Işıklık	20,997	25,581	2181,20	2646,13
Çalışma Odası	0,152	10,012	15,08	1002,54
Oda 1	0,240	10,146	23,62	963,51

A yapısı senaryo 1 (1 kat 4.5m² ışıklık), sonuçlarına bakıldığında, mevcut modele kıyasla mutfak, oda 2, çalışma odası ve oda 1'deki maksimum aydınlık düzeyleri sırasıyla %31,2, %47,7, %60,8, %4,62 oranında artış gösterirken minimum aydınlık düzeyi değerleri sırasıyla %105,5, %65,7, %82,5, %72 artış göstermiştir. Günışığı aydınlık faktörü değerlerine bakıldığında ise odalardaki maksimum günışığı faktörü değerlerinin %5'in oldukça üzerinde olduğu görülmüştür. (%10,1, %9,6, %10, %10,1)minimum günışığı faktörü değerlerinde ise mevcut modele kıyasla %51 ile %83,1 oranlarında artış olmuştur. (Şekil 4.20), (Çizelge 4.20)

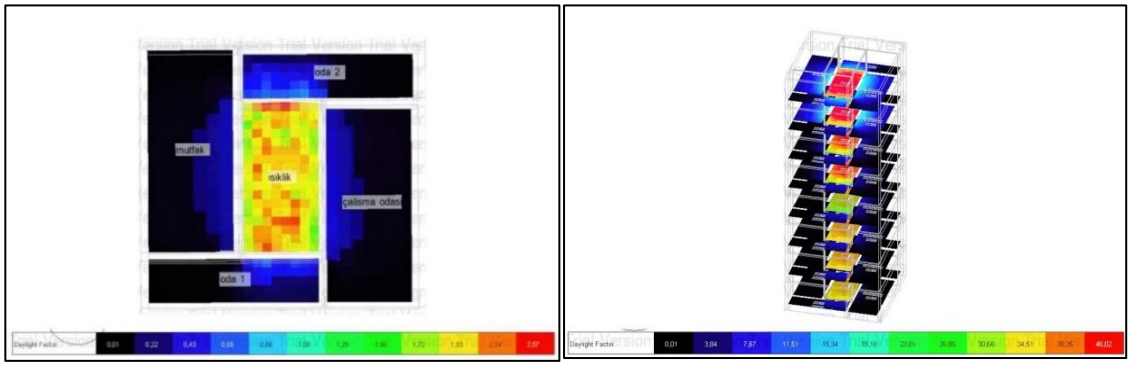


Şekil 4.20. A yapısı senaryo 2 (6 kat 4.5m² ışıklık), günışığı analizi

Çizelge 4.17. A yapısı senaryo 2 (6 kat 4.5m² ışıklık), simülasyon sonuçları

Mekan	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	0,008	0,388	0,57	39,56
Oda 2	0,002	0,197	0,36	20,04
Işıklık	2,369	3,009	234,29	297,50
Çalışma Odası	0,009	0,155	0,36	15,08
Oda 1	0,004	0,512	0,34	50,63

A yapısı senaryo 2 (6 kat 4.5m² ışıklık), sonuçlarına bakıldığında, mevcut modele kıyasla mutfak, oda 2, çalışma odası ve oda 1'deki maksimum aydınlık düzeyleri sırasıyla %121,2, %73,9, %46,8, %73,9 oranında artış gösterirken minimum aydınlık düzeyi değerleri sırasıyla%119,2, %260, %71,4, %240 artış göstermiştir. Günışığı aydınlık faktörü değerlerine bakıldığında odalardaki maksimum günışığı faktörü değerleri %105, %61,4, %43,5, %66,7 artış görülmüştür (Şekil 4.21), (Çizelge 4.21).



Şekil 4.21. B yapısı senaryo 3 (8 kat 9 m² ışıklık), günışığı analizi

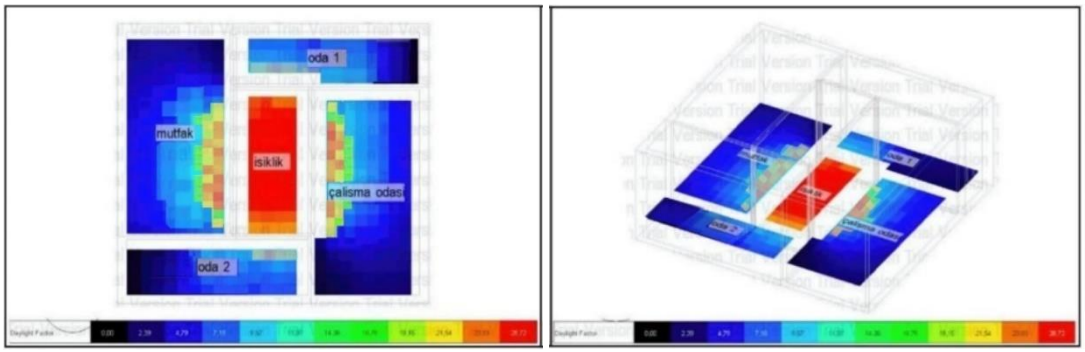
Çizelge 4.18. B yapısı senaryo 3 (8 kat 9 m² ışıklık), simülasyon sonuçları

Mekan	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	0,014	0,150	30,57	107,14
Oda 2	0,007	0,631	6,57	731,51
Işıklık	3,556	4,765	3065,34	3286,18
Çalışma Odası	0,021	0,508	15,68	347,13
Oda 1	0,005	0,502	5,19	764,89

B yapısı senaryo 3 (8 kat 9 m² ışıklık), sonuçlarına bakıldığında, maksimum aydınlık düzeyinde çalışma odası standardın minimum düzeyini sağlamaktadır. Oda 2 standardın maksimum değeri 750lx'e yaklaşırken oda 1 ise 750 lux 'un üzerinde bir değer almıştır buna karşın mutfak minimum değerin altında kalmıştır. (347lx ,731lx, 764lx, 107lx) mevcut modele kıyasla mutfak, oda 2, çalışma odası ve oda 1'deki maksimum aydınlık düzeyleri sırasıyla %106,5, %109, %107, %132 oranında artış göstermiştir. Günışığı aydınlık faktörü değerlerine bakıldığında odalardaki maksimum günışığı faktörü değerleri %172, %70, %185, %43 artış görülmektedir (Şekil 4.22), (Çizelge 4.22).

(iii) İyileştirme 3: Diğer tüm koşullar sabit kalmak şartıyla (kullanılan malzemenin türü, kalınlığı vb.) Işıklık ve pencere boyutunun arttırılması, malzemelerin yansıtma, soğurma ve geçirgenlik gibi özelliklerinin günışığı miktarını arttırıcı yönde değiştirilmesi ile zemin katta yeterli günışığı sağlanması konusunda anlamlı bir katkı sağlanabilir.

Bu doğrultuda pencere ve mekân boyutları iyileştirme 2'de yer alan çizelge 4.17, kullanılan malzemelerin özellikleri ise Çizelge 4.18 ve Çizelge 4.19'de belirtilmiştir. Işıklık boyutu ise iyileştirme 1'de en yüksek değerlerin elde edildiği Senaryo 1 ve senaryo 2 için 7 m2 ve senaryo 3 için 13,5 m2 olarak belirlenmiştir.

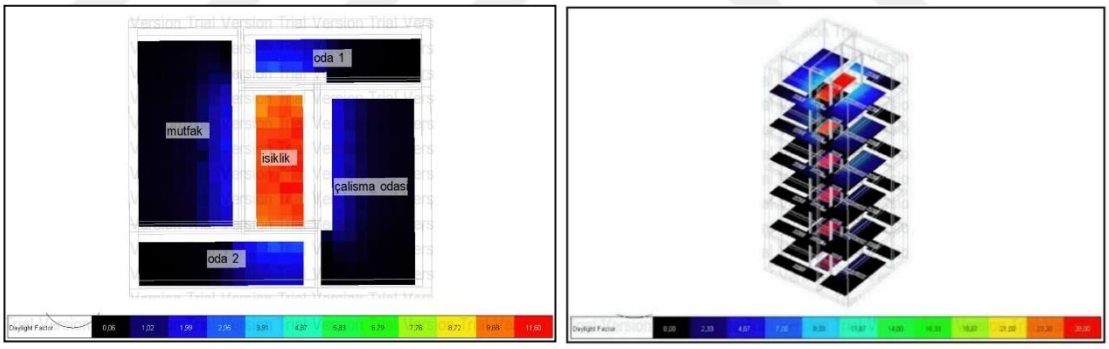


Şekil 4.22. A yapısı senaryo 1 (1 kat 7 m² ışıklık), günışığı analizi

Çizelge 4.19. A yapısı senaryo 1 (1 kat 7 m² ışıklık), simülasyon sonuçları

Mekan	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	1,413	11,007	141,46	1102,02
Oda 2	0,790	9,779	79,12	973,72
Işıklık	25,258	33,556	2533,03	3893,62
Çalışma Odası	2,227	10,497	176,26	1399,42
Oda 1	0,822	12,941	82,32	979,68

A yapısı senaryo 1(1 kat 7 m² ışıklık), simülasyon sonuçları incelendiğinde mekanlardaki maksimum aydınlık düzeyi değerlerinin standardın maksimum değeri olan 750 lux ‘un üzerinde olduğu görülmüştür (1102lx, 973lx, 1399lx, 979lx). Minimum aydınlık düzeyi değerlerinde ise anlamlı bir artış gözlenmiştir. Minimum aydınlık düzeyi mutfak ve çalışma odasında 141lx ve 176 lx değerlerine oda 1 ve oda 2 de ise sırasıyla 79lx ve 82 lx değerlerine çıkmıştır. Maksimum günışığı faktöründe %5’in üzerinde değerler görülürken, minimum günışığı faktöründe çalışma odası %2’nin üzerinde bir değerdeyken (%2,22), minimum günışığı faktörü oda1 ve oda 2 de ise %1 değerine yaklaşmıştır (%0,79, %0,82), (Şekil 4.23), (Çizelge 4.23).

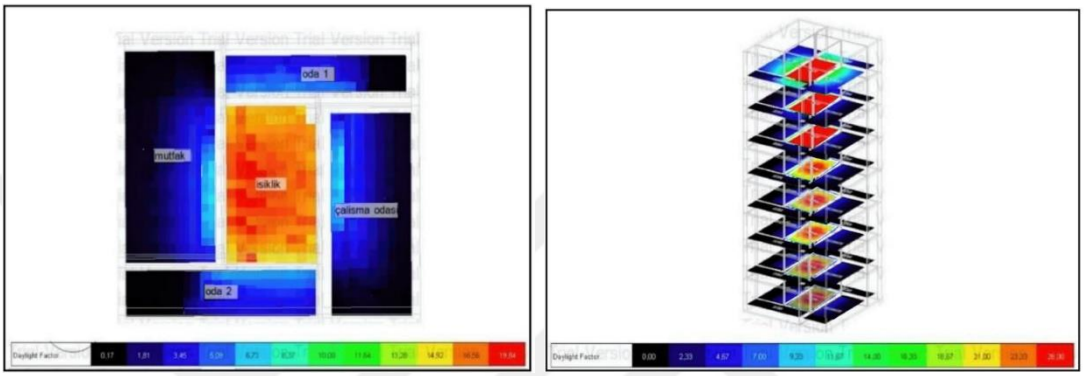


Şekil 4.23. A yapısı senaryo 2 (6 kat 7 m² ışıklık), günışığı analizi

Çizelge 4.20. A yapısı senaryo 2 (6 kat 7 m² ışıklık), simülasyon sonuçları

Mekan	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	0,014	0,667	11,87	66,42
Oda 2	0,004	0,521	6,30	31,28
Işıklık	3,387	3,714	417,57	551,57
Çalışma Odası	0,016	0,459	7,99	45,69
Oda 1	0,006	0,551	6,35	80,47

A yapısı senaryo 2 (6 kat 7 m² ışıklık) sonuçlarına bakıldığında maksimum ve minimum aydınlık düzeyleri standardın minimum değerini karşılamamış olmasına rağmen değerlerde anlamlı bir artış görülmüştür. Maksimum aydınlık düzeyinde mutfak, oda 2, çalışma odası ve oda 1 mekanlarında sırası ile %271, %171, %344, %176 oranlarında artış görülmüştür. Odalardaki minimum aydınlık düzeyleri ise 11lx, 6,3lx 7,9lx,6,3lx değerlerine ulaşırken, maksimum günışığı faktörü değerlerinde ise %0,6, %0,5, %0,4, %0,5 değerlerine ulaşmıştır. (Şekil 4.24), (Çizelge 4.24).



Şekil 4.24. B yapısı senaryo 3 (8 kat 13.5 m^2 ışıklık), günışığı analizi

Çizelge 4.21. B yapısı senaryo 3 (8 kat 13,5 m² ışıklık), simülasyon sonuçları

Mekan	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Maksimum Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mutfak	0,020	0,135	27,67	287,22
Oda 2	0,008	0,812	16,63	667,90
Işıklık	3,943	5,578	2891,31	3593,45
Çalışma Odası	0,018	0,340	29,60	305,99
Oda 1	0,012	1,093	30,00	675,65

B yapısı Senaryo 3 (8 kat 13,5 m² ışıklık) sonuçlarında en düşük maksimum aydınlık düzeyi değeri 287lux olmuştur. Bu değer standardın minimum değeri olan 300luxe oldukça yakındır. Çalışma odası, oda 1 ve oda 2'de standardın minimum değeri üzerinde değerler gözlenmiştir (305lx, 667 lx, 675lx). Minimum aydınlık düzeyi değerleri 27lx, 16lx, 29lx, 30lx değerlerine yükselmiştir. Günışığı faktörü değerlerinde oda 1 %1'in üzerinde değer almış, oda 2 ise %1 değerine yaklaşmıştır (% 0,8). Mutfak %0,1 günışığı faktörü değerini alırken çalışma odasında ise %0,3 değerini almıştır (Şekil 4.25), (Çizelge 4.26)

BÖLÜM 5

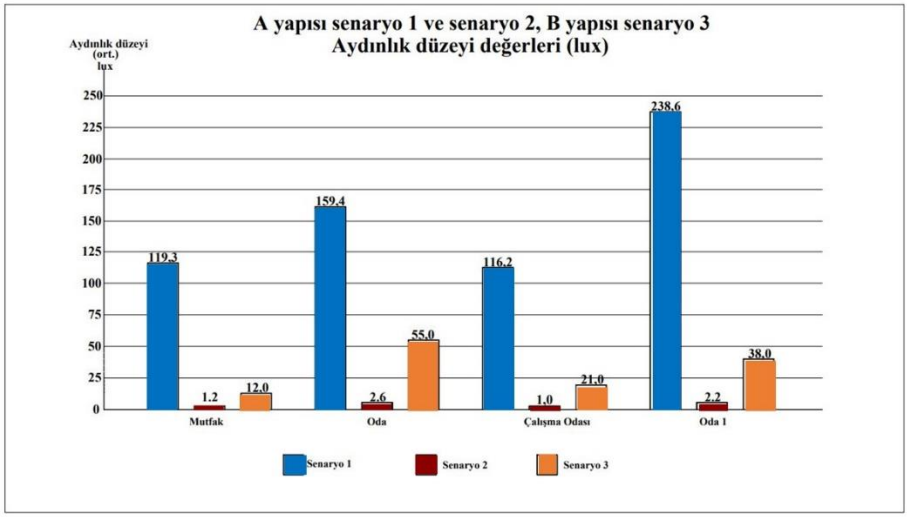
BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışmasında günışığının bina içine alınma yöntemlerinden olan düşey ışıklıkların günışığı performansına etkisi DesignBuilder programı aracılığıyla incelenmiştir. DesignBuilder modelleme ve analiz süreci bölüm 4'te sırası ile verilmiştir. Çalışmada ilk önce Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ndeki ışıklık sınır değerlerinin mekanlardaki günışığı performansı analiz edilmiştir. Analizler sonucu mekanların çoğunda TS EN 17037 Binalarda Günışığı Standardındaki gerekli aydınlık düzeyi değerlerinin sağlanamadığı görülmüştür. Bu doğrultuda ışıklık boyutu, pencere boyutu, kullanılan malzemelerin özellikleri gibi çeşitli girdiler üzerinden günışığı performansını arttırmaya yönelik üç iyileştirme geliştirilmiş ve günışığı aydınlık düzeyi bakımından analiz edilmiştir. Bu bölümde çalışmalar sonucu ortaya çıkan bulgular karşılaştırılarak açıklanmış ve değerlendirmeler yapılmıştır. Bu bölümde alan çalışmasında elde edilen veriler olan mekanların ortalama aydınlık düzeyi değerleri grafikler üzerinde, tüm senaryoların maksimum, minimum aydınlık düzeyi ile günışığı faktörü değerleri ise tek bir matris tablosu üzerinde gösterilmiş ve TS EN 17037 Binalarda Günışığı Standardına ve sertifika sistemlerinin günışığı kriterleri doğrultusunda değerlendirilmiştir.

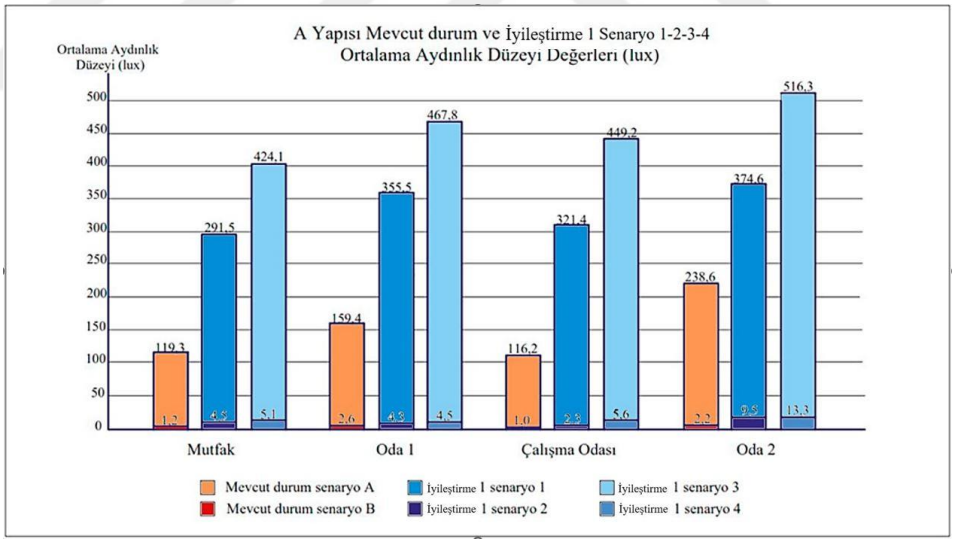
Yapılan çalışmada 4,5 m² ışıklık boyutunun incelendiği A yapısında ortalama aydınlık düzeyi kat sayısına bağlı olarak ciddi oranda düşüş göstermiştir. Ortalama aydınlık düzeyi bir katlı yapıda 116,2 lux olan çalışma odasında bu değer altı katlı yapıda 1 lux'e düşmüştür. Örneğin senaryo 1'de 238 lux ile standardın minimum değerine yakın olan oda 2, senaryo 2'de 2,2 lx ile bu değerin oldukça altında kalmaktadır (Çizelge 5.1). 9 m² ışıklık boyutunun incelendiği 8 katlı B yapısında zemin katta 55lux, 38lux gibi ortalama aydınlık düzeyi değerleri görülmektedir. Bu değerler ise 6 katlı A yapısının

zemin kat aydınlık düzeyi değerlerinden yüksektir. Bu durum ışıklık boyutunun günışığı aydınlık düzeyi üzerindeki etkisini göstermektedir.

Şekil 5.1. A binası için senaryo 1 ve senaryo 2, B binası için senaryo 3 ortalama aydınlık değerleri (Erdem vd. 2023)



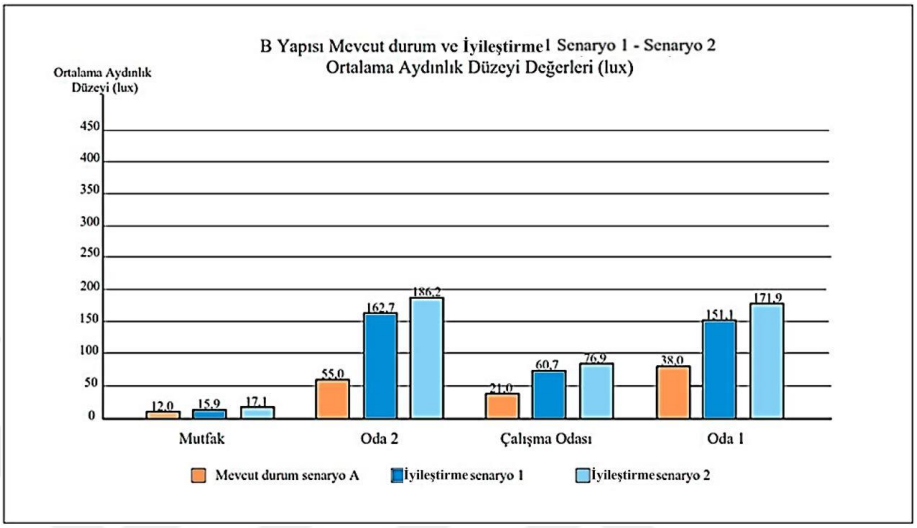
Şekil 5.2. A yapısı iyileştirme 1 senaryo 1,2,3,4 ortalama aydınlık değerleri



Işıklık boyutlarının 1.3 ve 1.5 oranında arttırılması sonucu elde edilen verilerde A yapısındaki mekanlarda ortalama aydınlık düzeyinde anlamlı bir artış olduğu görülmektedir (Çizelge 5.2). Yapının tek katlı olduğu durumda ışıklığın 1.3 oranında arttırılması (6 m^2), çalışma odası, oda1 ve oda 2'de standardın minimum değerini karşılaması mutfakta ise minimum değerine yaklaşması ile sonuçlanmıştır. 1.5 oranında arttırılması (7 m^2), ise mekanlarda standardın orta değeri olan 500 lux'e yakın değerlerin

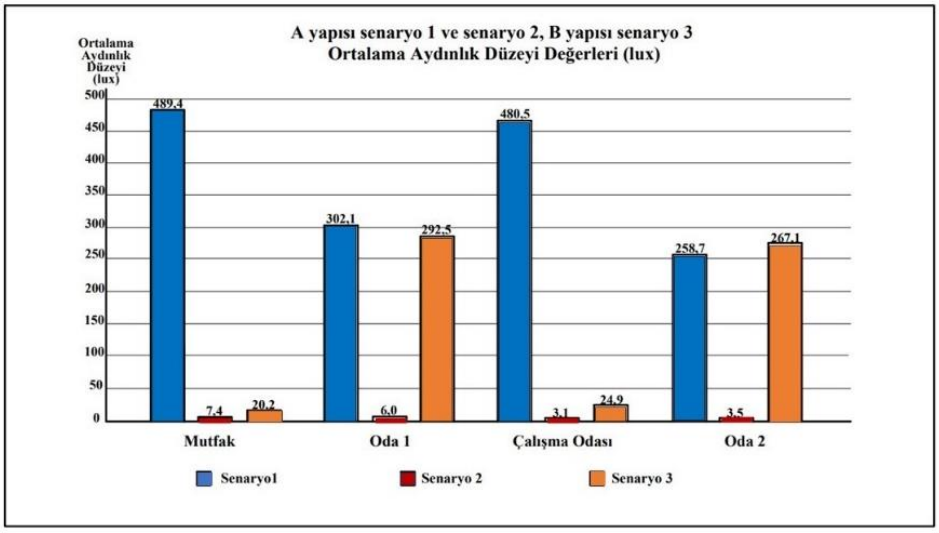
görülmesini sağlamıştır. Ancak kat sayısı arttığında 6 katlı durumda zemin katta ortalama aydınlık düzeyinin gösterdiği artış miktarı yeterli olmamaktadır.

Şekil 5.3. B yapısı iyileştirme 1 senaryo 1 ve senaryo 2 ortalama aydınlık değerleri



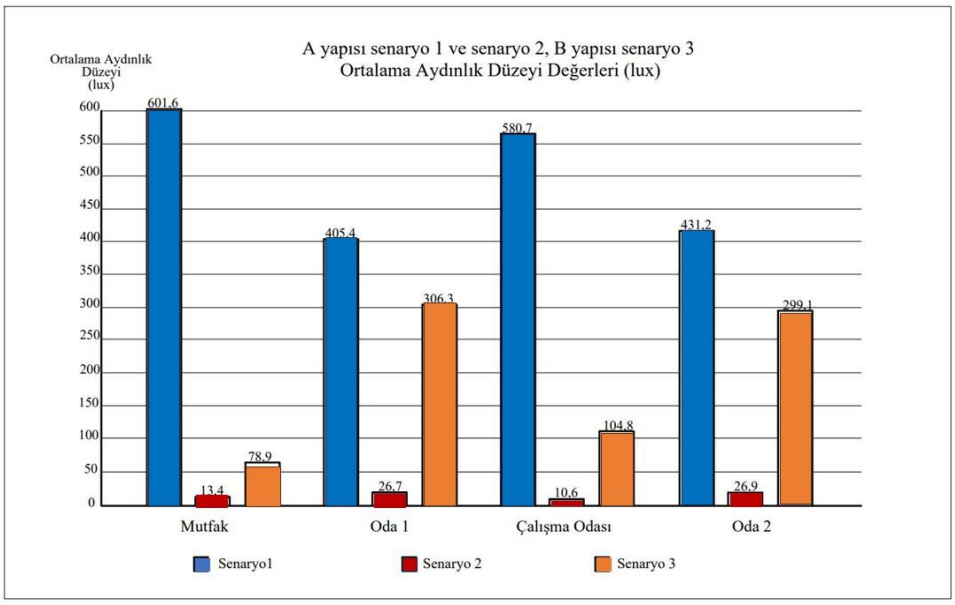
B yapısında da ışıklık boyutunun arttırılması mekanların günışığı aydınlık düzeyini arttırmıştır. Örneğin 9 m^2 ışıklıktan faydalanan oda 2'nin ortalama aydınlık düzeyi 55 lux iken 11,5 m^2 ışıklık ile bu değer 162,7 lux'e, 13,5 m^2 ışıklık ile 186,2 lux'e yükselerek neredeyse 4 kata kadar artış göstermiştir. Ancak mekanlardaki aydınlık düzeyi 300 lux değerinin altında kalmaktadır (Çizelge 5.3).

Şekil 5.4. İyileştirme 2 A yapısı senaryo 1 ve senaryo 2, B yapısı senaryo 3 ortalama aydınlık düzeyi değerleri



Sadece pencere boyutu ve malzeme özelliklerinin değiştirilmesi ile 4.5 m^2 ışıklık ve tek katlı senaryoda mekanlarda büyük oranda yeterli günışığı aydınlık düzeyi sağlanabilmektedir. 6 katlı olduğu durumda ortalama aydınlık düzeyi değeri 7.4 lx, 6 lx gibi değerlere düşmektedir. B yapısında ise zemin katta oda 1 ve oda 2 'de 292,5 lx ve 267,1 lx ile 300 lx değerine yaklaştığı görülmektedir (Çizelge 5.4).

Şekil 5.5. İyileştirme 3 A yapısı senaryo 1 ve senaryo 2, B yapısı senaryo 3 ortalama aydınlık düzeyi değerleri



Işıklık boyutlarının 1.5 oranında arttırıldığı pencere boyutlarının ve malzeme özelliklerinin değiştirildiği senaryolarda ise A yapısında 7 m^2 ışıklık ve tek katlı olduğu senaryoda tüm mekanlar standardın maksimum ve minimum değerleri arasındadır. (601lx, 405lx, 580lx, 431lx) 6 katlı olduğu durumda ise mutfak mekânında 13,4lx, çalışma odasında 10 lx oda 1 ve oda 2'de ise 26 lx değerleri görülmüştür. Standart değerinin oldukça altında kalmasının kaşın artış oranı yüksek olmuştur. B yapısında ise oda 1 ve oda 2 de 300 lux değeri sağlanmakta mutfak ve çalışma odası gibi m^2 olarak büyük mekanlarda ise sağlanamamaktadır (78lx 104lx), (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.6 da tüm senaryolar tek bir matris tablosu üzerinde gösterilmiştir. Bu tabloda standart değerlerin altında kalan değerler mavi, minimum değer aralığında olan yeşil orta değer aralığında olan sarı, maksimum değer aralığında olanlar turuncu renkle gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Tüm senaryoların simülasyon sonuçları matris tablosu

	Senaryolar	Mekanlar	Minimum Günışığı Faktörü	Maksimum Günışığı Faktörü	Minimum Aydınlık Düzeyi	Maksimum Aydınlık Düzeyi	Ortalama Aydınlık Düzeyi
Mevcut Model (Yönetmelik)	Mevcut Model (4.5m2 ışıklık 1 kat)	Mutfak	0,047	7,762	4,68	775,95	119,3
		Oda 2	0,116	5,906	11,62	591,09	159,4
		Çalışma Odası	0,083	6,234	8,26	623,3	116,2
		Oda1	0,137	9,21	13,73	920,89	238,6
	Mevcut Model (4.5m2 ışıklık 6 kat)	Mutfak	0,003	0,189	0,26	17,88	1,2
		Oda 2	0,001	0,122	0,1	11,52	2,6
		Çalışma Odası	0,002	0,108	0,21	10,27	1,01
		Oda1	0,001	0,307	0,1	29,12	2,2
	Mevcut Model (9m2 ışıklık 8 kat)	Mutfak	0,005	0,055	4,76	51,88	12,01
		Oda 2	0,002	0,371	1,46	348,44	55,01
		Çalışma Odası	0,004	0,178	3,38	167,1	20,01
		Oda1	0,001	0,35	1,13	329,1	38,01
İyileştirme 1	İyileştirme 1(6m2 ışıklık 1 kat)	Mutfak	0,056	10,004	5,56	1001,48	291,5
		Oda 2	0,222	6,772	21,79	727,56	374,6
		Çalışma Odası	0,176	7,742	17,35	873,16	321,4
		Oda1	0,245	10,103	21,53	925,2	355,5
	İyileştirme 1(6m2 ışıklık 6 kat)	Mutfak	0,005	0,27	0,29	22,65	4,5
		Oda 2	0,002	0,222	0,23	21,79	9,5
		Çalışma Odası	0,002	0,176	0,3	21,53	2,3
		Oda1	0,002	0,519	0,79	43,11	4,3
	İyileştirme 1(7m2 ışıklık 1 kat)	Mutfak	0,069	10,315	6,92	1032,61	424,1
		Oda 2	0,229	8,706	22,41	757,86	516,3
		Çalışma Odası	0,399	8,825	39,36	1157,62	449,2
		Oda1	0,262	11,596	25,67	938,65	467,8
	İyileştirme 1(7m2 ışıklık 6 kat)	Mutfak	0,007	0,652	0,38	28,79	5,1
		Oda 2	0,003	0,262	0,31	22,41	13,3
		Çalışma Odası	0,005	0,23	0,34	32,73	5,6
		Oda1	0,002	0,545	0,49	75,86	4,5
	İyileştirme 1(11,5m2 ışıklık 8 kat)	Mutfak	0,008	0,062	7,74	60,29	15,9
		Oda 2	0,002	0,507	2,23	428,74	162,7
		Çalışma Odası	0,006	0,281	6,23	203,6	60,7
		Oda1	0,002	0,474	1,68	433,73	151,1
	İyileştirme 1(13,5m2 ışıklık 8 kat)	Mutfak	0,009	0,076	11,48	65,05	17,1
		Oda 2	0,002	0,56	2,3	474,19	186,2
		Çalışma Odası	0,006	0,285	6,78	244,09	76,9
		Oda1	0,003	0,607	2,71	526,55	171,9

.

	Senaryolar	Mekanlar	Minimum Günışığı Faktörü	Maksimum Günışığı Faktörü	Minimum Aydınlık Düzeyi	Maksimum Aydınlık Düzeyi	Ortalama Aydınlık Düzeyi
İyileştirme 2	İyileştirme 1(4,5m2 ışıklık 1 kat)	Mutfak	0,096	10,161	9,62	1018	489,4
		Oda 2	0,298	9,626	19,26	873,16	258,7
		Çalışma Odası	0,152	10,012	15,08	1002,54	480,5
		Oda1	0,24	10,146	23,62	963,51	302,1
	İyileştirme 2(4,5m2 ışıklık 6 kat)	Mutfak	0,008	0,388	0,57	39,56	7,4
		Oda 2	0,002	0,197	0,36	20,04	3,5
		Çalışma Odası	0,009	0,155	0,36	15,08	3,1
		Oda1	0,004	0,512	0,34	50,63	6,01
	İyileştirme 2(9m2 ışıklık 8 kat)	Mutfak	0,014	0,15	30,57	107,14	20,2
		Oda 2	0,007	0,631	6,57	731,51	267,1
		Çalışma Odası	0,021	0,508	15,68	347,13	24,9
		Oda1	0,005	0,502	5,19	764,89	292,5
İyileştirme 3	İyileştirme 1(7m2 ışıklık 1 kat)	Mutfak	1,413	11,007	141,46	1102,02	601,6
		Oda 2	0,79	9,779	79,12	973,72	431,2
		Çalışma Odası	2,227	10,497	176,26	1399,42	580,7
		Oda1	0,822	12,941	82,32	979,68	405,4
	İyileştirme 1(7m2 ışıklık 6 kat)	Mutfak	0,014	0,667	11,87	66,42	13,4
		Oda 2	0,004	0,521	6,3	31,28	26,9
		Çalışma Odası	0,016	0,459	7,99	45,69	10,6
		Oda1	0,006	0,551	6,35	80,47	26,7
	İyileştirme 1(13,5m2 ışıklık 8 kat)	Mutfak	0,02	0,135	27,67	287,22	78,9
		Oda 2	0,008	0,812	16,63	667,9	299,1
		Çalışma Odası	0,018	0,34	29,6	305,99	104,8
		Oda1	0,012	1,093	30	675,65	306,3

Tüm senaryolar tek bir matris tablosu ile incelendiğinde A yapısının tek katlı olduğu tüm senaryolarda günışığı faktörü ve maksimum aydınlık düzeyi değerlerinin ilgili standarttaki değerler arasında olduğu görülmektedir. Ortalama aydınlık düzeyi değerleri mevcut modelde ilgili standart değerlerin altında kalırken diğer tüm senaryolarda ilgili standart değerlerler arasındadır. 6 katlı olduğu tüm senaryolarda zemin kat aydınlık düzeyi değerleri ilgili standart değerlerinin altında kalmıştır. B yapısının 8 katlı olduğu durumda ise maksimum aydınlık düzeyi değerleri mevcut modelde iki mekanda sağlanmış, iyileştirme 2'de üç mekanda sağlanmış ve iyileştirme 3'te ise en yüksek değerlere ulaşmış üç mekan standart değerler arasında iken mutfak mekanı ise standardın minimum değerine yaklaşmıştır. Ortalama aydınlık düzeyi değerlerinde sadece iyileştirme 3 standart değerlere yaklaştığı görülmektedir. A ve B yapısında tüm

senaryolar baz alındığında mekanlardaki minimum günışığı faktörü ve minimum aydınlık düzeyi değerleri standardın minimum değerinin altında kalmıştır. Bu durum ışıklıktan günışığını sağlayan zemin katta mekanların uç noktalarında yeterli günışığının olmadığını göstermektedir.

Tüm simülasyon sonuçlarında mutfak mekanının günışığı faktörü ve aydınlık düzeyi değerleri çalışma odasının günışığı faktörü ve aydınlık düzeyi değerlerinden daha düşük olmuştur. Oda alanları, pencere yüzey alanı ve aynı malzeme özelliklerine sahip olan bu iki mekanda farklı aydınlık düzeyi değerlerinin görülmesi çalışma odasının doğu yönünde konumlanması ve günışığını batı yönünden alması, mutfak mekanının ise batı yönünde konumlanması ve günışığını doğu yönünden alması ile ilişkilendirilebilir. Oda 1 ve Oda 2 mekanlarının simülasyon sonuçlarında da benzer bir durum söz konusudur.

Tüm senaryolarda ışıklık mekanının geniş kenarına bakan odaların m^2'leri daha büyük, dar kenara bakan odaların m^2'leri daha küçük olarak belirlenmiştir. Bu nedenle simülasyon sonuçlarında mekanların aydınlık düzeyi değerleri arasında büyük farklar olmamıştır. Bu durumun tersi olması halinde mekanların aydınlık düzeyi değerleri arasındaki farklar daha büyük olacak ve alanı küçük olan mekanların günışığı aydınlık düzeyi artarken, alanı büyük olan mekanlarda daha yetersiz günışığı aydınlık düzeyi değerleri görülebilecektir.

(i)Sertifika Sistemlerindeki kriterler bakımından değerlendirme

Tez kapsamında LEED, DGNB ve BREEAM sertifika sistemleri ele alınmıştır. Çizelge 5.7'de tez kapsamında ele alınan sertifika sistemlerinde sağlanması gereken günışığı kriterlerine ve simülasyon sonuçlarına yer verilmiştir. Bu tabloda standart değerlerin altında kalan değerler mavi, LEED sertifika sisteminin standart değer aralığı yeşil, DGNB sertifika sisteminin standart değer aralığı turuncu ve BREEAM sertifika sisteminin değer aralığı sarı renkle gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. LEED, DGNB ve BREEAM sertifikaları açısından sağlanması gereken kriterler ve hesaplanan değerler

	Senaryolar	Mekanlar	LEED için sağlanması gereken değer aralığı (lux)	DGNB için sağlanması gereken değer aralığı min. günışığı (%)	BREEAM için sağlanması gereken değer aralığı ortalama (%)	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Ortalama Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
Mevcut Model (Yönetmelik)	Mevcut Model (4.5m2 ışıklık 1 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,047	1,193	4,68	775,95
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,116	1,594	11,62	591,09
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,083	1,162	8,26	623,3
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,137	2,386	13,73	920,89
	Mevcut Model (4.5m2 ışıklık 6 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,003	0,012	0,26	17,88
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,001	0,026	0,1	11,52
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,002	0,01	0,21	10,27
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,001	0,022	0,1	29,12
	Mevcut Model (9m2 ışıklık 8 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,005	0,12	4,76	51,88
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,002	0,55	1,46	348,44
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,004	0,21	3,38	167,1
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,001	0,38	1,13	329,1
İyileştirme 1	İyileştirme 1 (6m2 ışıklık 1 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,056	2,915	5,56	1001,48
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,222	3,555	21,79	727,56
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,176	3,214	17,35	873,16
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,245	3,746	21,53	925,2
	İyileştirme 1 (6m2 ışıklık 6 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,005	0,045	0,29	22,65
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,002	0,043	0,23	21,79
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,002	0,023	0,3	21,53
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,002	0,095	0,79	43,11
	İyileştirme 1 (7m2 ışıklık 1 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,069	4,241	6,92	1032,61
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,229	4,678	22,41	757,86
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,399	4,492	39,36	1157,62
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,262	5,163	25,67	938,65
	İyileştirme 1(7m2 ışıklık 6 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,007	0,051	0,38	28,79
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,003	0,045	0,31	22,41
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,005	0,056	0,34	32,73
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,002	0,133	0,49	75,86
	İyileştirme 1(11,5m2 ışıklık 8 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,008	0,159	7,74	60,29
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,002	1,627	2,23	428,74
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,006	0,607	6,23	203,6
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,002	1,511	1,68	433,73
	İyileştirme 1(13,5m2 ışıklık 8 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,009	0,171	11,48	65,05
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,002	1,862	2,3	474,19
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,006	0,769	6,78	244,09
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,003	1,719	2,71	526,55

	Senaryolar	Mekanlar	LEED için sağlanması gereken değer aralığı (lux)	DGNB için sağlanması gereken değer aralığı min. günışığı (%)	BREEAM için sağlanması gereken değer aralığı ortalama (%)	Minimum Günışığı Faktörü (%)	Ortalama Günışığı Faktörü (%)	Minimum Aydınlık Düzeyi (lux)	Maksimum Aydınlık Düzeyi (lux)
İyileştirme 2	İyileştirme 1(4,5m2 ışıklık 1 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,096	4,894	9,62	1018
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,298	3,021	19,26	873,16
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,152	4,805	15,08	1001,54
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,24	2,587	23,62	963,51
	İyileştirme 2(4,5m2 ışıklık 6 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,008	0,074	0,57	39,56
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,002	0,06	0,36	20,04
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,009	0,031	0,36	15,08
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,004	0,035	0,34	50,63
	İyileştirme 2(9m2 ışıklık 8 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,014	0,202	30,57	107,14
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,007	2,925	6,57	731,51
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,021	0,249	15,68	347,13
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,005	2,671	5,19	764,89
İyileştirme 3	İyileştirme 1(7m2 ışıklık 1 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	1,413	6,016	141,46	1102,02
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,79	4,054	79,12	973,72
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	2,227	5,807	176,26	1399,42
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,822	4,312	82,32	979,68
	İyileştirme 1(7m2 ışıklık 6 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,014	0,134	11,87	66,42
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,004	0,267	6,3	31,28
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,016	0,106	7,99	45,69
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,006	0,269	6,35	80,47
	İyileştirme 1(13,5m2 ışıklık 8 kat)	Mutfak	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,02	0,789	27,67	287,22
		Oda 2	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,008	3,063	16,63	667,9
		Çalışma Odası	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,018	1,048	29,6	305,99
		Oda1	300-3000 lux	1.0	≥1.7	0,012	2,991	30	675,65

Tüm simülasyon sonuçları LEED, DGNB ve BREEAM sertifikalarındaki günışığı kriterleri bakımından değerlendirildiğinde; LEED Sertifika Sistemindeki gerekli olan günışığı aydınlık düzeyi aralığı 300-3000lux, mekanlardaki minimum değerler açısından hiçbir simülasyon sonucunda sağlanmadığı, maksimum değerler açısından ise A yapısı simülasyon sonuçlarının genelinin bu değer aralığını sağladığı görülmüştür. Ancak bütününde hiçbir senaryoda sağlanamamaktadır. Bu nedenle LEED Sertifika sisteminde günışığı alanından puan alınmamaktadır. DGNB sertifika sisteminin gerektirdiği min. %1 günışığı kriteri de genel olarak sağlanamamıştır. BREEAM sertifika sistemi değeri %1.7 ve %1.3 olan ortalama günışığı değerlerinin ise bazı senaryolarda sağlandığı görülmüştür.

BÖLÜM 6

SONUÇ

Yeterli düzeyde günışığını sağlayan nitelikli bir aydınlatma tasarımının, insanların iş verimliliğini ve performansını arttırdığı, sirkadyan döngüsünü sağladığı, psikolojik sağlığını etkilediği birçok çalışma ile kanıtlanmıştır. Görsel konforun sağlanması, yapay aydınlatma kullanımının azaltılarak enerji tüketimi ve maliyetin azalması, günışığının etkin kullanılması ile doğrudan ilişkilidir. Dolayısıyla doğru ve nitelikli olmayan aydınlatma tasarımı, hem insanlarda çeşitli psikolojik ve fizyolojik sağlık sorunlarına yol açacak hem de binaların enerji tüketimini arttırarak maliyet ve sürdürülebilirlik sorunlarını beraberinde getirecektir.

Nitelikli aydınlatma tasarımını etkileyen; günışığının bina içine alınma yöntemi, yapının konumu, pencere boyutu, mekân boyutu, mekandaki kullanılan malzemelerin yansıtma, soğurma, kamaşma, geçirgenlik vb. özellikleri, kullanılan yapay aydınlatmanın teknolojisinin harcadığı enerji miktarı gibi birçok parametre bulunmaktadır. Bu nedenle yapılarda aydınlatma tasarımının, yapının tasarım aşamasından itibaren ele alınması gerekmektedir.

Tez çalışması kapsamında günışığının bina içine alınma yöntemlerinden olan, yapı yoğunluğunun yüksek olduğu günışığının sağlanamadığı yerlerde çözüm olarak kullanılan ışıklık mekanının, iç mekân görsel konfor ve günışığı performansına etkisi araştırılmıştır.

Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ndeki ışıklık değerlerinin incelendiği durumda senaryo 1 sonuçlarında tek katlı binada 4.5 m^2 ışıklıktan mekanlara sağlanan günışığı aydınlık düzeyinin mekanların genelinde standarda uygun olduğu görülmüştür. Bu mekanlarda ışıklıktan uzaklaştıkça aydınlık düzeyi düşmüştür. Senaryo 2 sonuçları

incelendiğinde 6 katlı binada zemin katta günışığı aydınlık düzeyinin standartta verilen değerlerin oldukça altında kaldığı görülmüştür. Mekanların derinliklerine doğru günışığının neredeyse hiç ulaşmadığı noktaların olduğu tespit edilmiştir. Senaryo 3 sonuçları incelendiğinde ise 8 katlı binada zemin katta 9.00 m^2 ışıklıktan mekanlara sağlanan günışığı aydınlık düzeyinin standardı sağlamadığı görülmüştür.

Sonuç olarak Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ndeki sınır değerlerine sahip ışıklık mekânı yine ilgili yönetmelikte belirtilen maksimum mekân sayısına, kat sayısı arttıkça mekanlarda gerekli günışığı aydınlık düzeyini sağlayamamaktadır. Bu durumun uzun vadede insanlar üzerinde fizyolojik ve psikolojik etkileri olacaktır. Ek olarak gündüz vakti günışığından yeterli düzeyde faydalanılamayan mekanlarda yapay aydınlatma kullanılması kaçınılmaz olacaktır. Bu durum, aydınlatma maliyetinin artmasına neden olurken, sürdürülebilirlik beklentisini de olumsuz etkileyecektir.

Bu nedenle tez çalışması kapsamında mekanlardaki günışığı performansını arttırmaya yönelik üç iyileştirme geliştirilmiştir. İyileştirme 1 senaryoları doğrultusunda ışıklık boyutunun, zemin kat mekanlarında günışığı performansına katkısı incelenmiştir. Işıklık boyutunun 1.5 oranında arttırıldığı durumlarda anlamlı artış görülmüştür. A yapısında tek katlı durumda 7 m^2 ışıklıktan günışığını alan mekanların çoğunda standardın orta değerine yakın sonuçlar elde edilmiştir. 6 katlı olduğu durumda zemin kat mekanlarının aydınlık düzeyinde %50'nin üzerinde artış görülmekte ancak bu değerler standardın minimum değerinin altında kalmaktadır. 8 katlı B yapısında günışığını 13,5 m^2 ışıklıktan sağlayan zemin kat mekanlarının çoğunda 4 kata kadar bir artış gözlenmiştir. Sonuç olarak ışıklık boyutu mekanlara sağlanan günışığı düzeyini büyük ölçüde etkilemektedir.

İyileştirme 2 senaryoları doğrultusunda pencere boyutu ve malzemelerin yansıtma, soğurma ve geçirgenlik değerlerinin zemin kat mekanlarında günışığı performansına katkısı incelenmiştir. Senaryo 1 sonuçlarında tek katlı binada 4.5 m^2 ışıklıktan mekanlara sağlanan ortalama günışığı aydınlık düzeyi değerleri üç mekanda standart değerlere ulaşmıştır. 1 mekanda ise standarda yaklaşmıştır. Senaryo 2 sonuçlarında standart değerler sağlanamasa da ortalama aydınlık düzeyinde %59 ile % 210 oranlarında artış görülmüştür. Sonuç olarak pencere boyutu ve malzeme özellikleri ışıklık mekânından sağlanan günışığı performansını arttırma noktasında önemlidir ancak

bu değerlerin değişmesi gerekli günışığı aydınlık düzeyini tek başına yeterli olmamaktadır.

İyileştirme 3 senaryoları doğrultusunda, ışıklık boyutu, pencere boyutu gibi fiziksel özellikler ile yansıtma ve geçirgenlik gibi malzeme özelliklerinin zemin kat mekanlarında günışığı performansına katkısı incelenmiştir. Senaryo 1 sonuçlarında tek katlı A yapısında günışığını 7 m^2 ışıklıktan sağlayan mekanların tamamında ortalama aydınlık düzeyi değerleri standarttaki değer aralığındadır. Kat sayısı 6 olduğunda zemin katta görülen maksimum aydınlık düzeyi değeri 80lx olmaktadır. B yapısında günışığını 13,5 m^2 ışıklıktan sağlayan m2 değeri düşük olan mekanların standardın minimum değerini sağladığı m2 değeri yüksek olan mekanların ise standart değerin altında kaldığı görülmüştür.

Tüm senaryolar baz alındığında A yapısının tek katlı olduğu durumda iyileştirme 1, iyileştirme 2 ve iyileştirme 3'te ele alınan malzeme ve mekân özellikleri ile tüm mekanlarda yeterli günışığı aydınlık düzeyi sağlanabilmektedir. 6 katlı olduğunda ise tez çalışması kapsamında incelenen değerler zemin kat günışığı aydınlık düzeyinde yeterli olmamaktadır. B yapısında ise zemin katta yer alan dört mekânın ikisinde günışığı aydınlık düzeyi standarda uygun değer aralığına ulaşmış diğer iki mekânda yetersiz kalmıştır. Yetersiz aydınlık düzeyine düştüğü noktalarda literatür araştırmasında yer verilen çalışmalarda günışığının artmasını sağlayabilen, %4-10 ışıklık açıklığına sahip ışıklıkların kullanılması, ışıklık mekânında yönlendiriciler kullanılabilir.

Etkin bir aydınlatma tasarımı yapılabilmesi için yapıların proje aşamasından itibaren nasıl bir doğal ve yapay aydınlatma kullanılacağına dair adımların atılması gerekmektedir. Bu aşamada yönetmelikler, yapıların tasarımını şekillendirdiği için önemli rol oynamaktadır. Bu tez çalışmasında Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ndeki ışıklık sınır değerleri günışığı aydınlık düzeyi açısından incelenmiştir. Ancak yönetmeliğe göre bir katta maksimum mekana hizmet eden asgari ölçülere sahip olan ışıklığın, kat sayısı arttıkça zemin katlarda yeterli günışığı aydınlık düzeyini sağlayamadığı tespit edilmiştir. Bu nedenle yönetmelikteki yapı tasarımını etkileyen girdilerin simülasyon programları aracılığıyla denenmesi ve bu çalışmalarla yönetmeliklerin eksik ve yeterli yönlerine dikkat çekilerek bu doğrultuda yönetmeliklerin düzenlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği'ndeki ışıklık sınır değerleri görsel konfor ve günışığı aydınlık düzeyi açısından incelenmiş TS EN 17037 Binalarda Günışığı Standardına göre değerlendirilmiştir. Ayrıca ışıklık boyutu, malzeme özellikleri gibi çeşitli girdilerin mekanlardaki günışığı performansına katkısı irdelenmiştir. Işıklık ile ilgili bu çalışma dışında günışığı performansına ek olarak yapay aydınlatmadan kaynaklı enerji tüketimi de incelenebilir. Literatürdeki ışıklık ile ilgili çalışmalar doğrultusunda çatı penceresi yerine yarı saydam fotovoltaik pencere kullanılarak aydınlatma kaynaklı toplam enerji tüketimine katkısı da araştırılabilir. Bu sayede aydınlatma alanında yapılacak olan yeni çalışmalarla birlikte kullanıcı sağlığını ve konforunu sağlayan, enerji verimliliği ve sürdürülebilirliği dikkate alınarak yapılan aydınlatma tasarımlarının sayısı artacaktır.

KAYNAKLAR

Acosta, I., Navarro, J., & Sendra, J. J., (2015). Towards an analysis of the performance of monitor skylights under overcast sky conditions. Energy and Buildings, 88, 248-261.

Acosta, I., Navarro, J., & Sendra, J. J., (2013). Towards an analysis of the performance of lightwell skylights under overcast sky conditions. Energy and Buildings, 64, 10-16.

Akça, S. (2010). Leed Yeşil Bina Değerlendirme Sistemi Ölçütlerinin Tasarım Ölçekleri, Kavramsal Kademelenme ve Kaynak Kullanımı Düzeyinde Tutarlılığının Ölçülmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Altensis, (2022). 26 Eylül 2022 tarihinde https://www.altensis.com/hizmetler/designbuilder-software/ adresinden erişildi.

Archdaily, (2024). Louisiana State Museum and Sports Hall of Fame. 1 Temmuz 2024 tarihinde https://www.archdaily.com/428122/louisiana-state-museum-and-sports-hall-of-fame-trahan-architects adresinden erişildi.

Archdaily, (2024). Seona Reid Building. 1 Temmuz 2024 tarihinde https://www.archdaily.com/483381/seona-reid-building-steven-holl-architects adresinden erişildi.

Archdaily, (2023). Villa The Lake. 2 Nisan 2024 tarihinde https://www.archdaily.com/1009749/indoor-outdoor-homes-in-lithuania-20-projects-with-oversized-windows-that-invite-nature?ad_medium=gallery adresinden erişildi.

Archdaily, (2023). Slot House. 2 Nisan 2024 tarihinde https://www.archdaily.com/1009605/vertical-sliding-windows-fusing-technology-efficiency-and-aesthetics?ad_medium=gallery adresinden erişildi.

Archdaily, (2022). Tianjin Art Museum. 25 Ekim 2023 tarihinde https://www.archdaily.com/239524/patial-art-museum-ksp-jurgen-engel-architekten adresinden erişildi.

Archdaily, (2021). 29 Ağustos 2023 tarihinde https://www.archdaily.com/957605/more-daylight-but-less-glare-and-heat-how-does-automatically-tintable-glass-work?ad_medium=gallery adresinden erişildi.

Arpacıoğlu, Ü., Çalışkan, C. İ., Şahin, B., & Ödevci, N., (2020). Mimari Planlamada, Günışığı Etkinliğinin Arttırılması için Kurgusal Tasarım Destek Modeli. Tasarım Kuram Dergisi, 16 (29), 53-78.

Arpacıoğlu, Ü., (2012). Mekansal Kalite ve Konfor İçin Önemli Bir Faktör: Günışığı. Mimarlık Dergisi, 49(368) 48-52.

Atmaca, A. B., Zoroğlu Çağlar, F., Ünver, F. R., & Zorer Gedik, G., (2022). Güçlendirme Yapılan Binalarda Görsel Konfor Değişiminin Saptanması ve İyileştirilmesi İçin Bir Yöntem: Eğitim Binası-Derslik Örneği. Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 37(4), 1915-1930.

Baker, N., & Steemers, K. (2002). Daylight Design Of Building, London: James & James.

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Sayı: 27075, Türkiye.

Bircan, P. (2023). İlköğretim Binalarında Etkin Günışığı Kullanımına İlişkin Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

BREEAM, (2020). Breeam in Use International Commercial Technical Manual. 10 Aralık 2022 tarihinde https://byggalliansen.no/wp-content/uploads/2020/10/SD6063_BREEAM-In-Use-International_Commercial-Technical-Manual-V6.pdf adresinden erişildi.

BREGROUP, (2022). 10 Aralık 2022 tarihinde https://bregroup.com/patial/patia/how-breeam-works/ adresinden erişildi.

BREGROUP (2021). 10 Aralık 2022 tarihinde https://files.bregroup.com/patia/technicalmanuals/sd/internationalnew-construction-

version6/content/01_introduction_newcon/2introductiontobreeam_nc.htm?TocPath=Introduction%20to%20BREEAM%7C_0 adresinden erişildi.

Britannica, 2 Temmuz 2023 tarihinde https://www.britannica.com/science/color/The-visible-spectrum adresinden erişildi.

Bommel W. Van. (2005). CIE and the way of putting 'lighting and health' into daily lighting practice. Proceeding Book of Lux Europa 2005 (10th European Lighting Conference, Berlin, September 19-21). 25–26.

Bugeat, A., Bernoit, B. & Fernandez, E. (2020). Improving the daylighting performance of residential light wells by reflecting and redirecting approaches. Solar Energy, 207, 1434-1444.

Castro, A. P. A. S., Labaki, L. C., Caram, R. M., Basso, A. & Fernandes, M. R. (2003). Medidas de refletância de cores de tintas através de análise espectral. Ambiente Construído, 3(2), 69-76.

Ching, F.D.K. (2016). İç Mekan Tasarımı (Altıncı Baskı). İstanbul: Yem Yayın.

CIE, (2003). Spatial Distribution Of Daylight- CIE Standard General Sky (CIE S011). 27 Ekim 2023 tarihinde http://www.cie.co.at/publications/patial-distributiondaylight-cie-standard-general-sky adresinden erişildi.

CIE, (2004). 3 Mayıs 2023 tarihinde https://cie.co.at/publications/standard-method-assessing-spectral-quality-daylight-simulators-visual-appraisal-and adresinden erişildi.

CIE, (2019). 3 Mayıs 2023 tarihinde https://cie.co.at/publications/light-and-lighting-energy-performance-lighting-buildings adresinden erişildi.

Cochran, E., Pei, Z., Marion, F., Kolosky, A., Loftness, V., & Aziz, A., (2014). Integrated Dynamic Skylight Solutions to Reduce Energy Consumption and Improve Indoor Lighting Quality in US Buildings Erica. ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings,5–50.

Çelik, K., & Rengin Ünver, F., (2019). Eğitim Yapılarında Sürdürülebilir Aydınlatma Tasarımı Yaklaşımı. Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 34(3), 49-63.

Deezen, (2024). London House Conversion 1 Temmuz 2024 tarihinde https://www.dezeen.com/2019/11/26/flow-architecture-maria-grazia-savito-architects-london-house-conversion/ adresinden erişildi.

Demircan, R. K., & Gültekin, A. B. (2017). Binalarda pasif ve aktif güneş sistemlerinin incelenmesi. TÜBAV Bilim Dergisi, 10(1), 36-51.

Demir H., Çıracı G., Kaya R., Ünver Ü., (2020). Aydınlatmada Enerji Verimliliği: Yalova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Durum Değerlendirmesi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 25 (3). 1637-1652.

DGNB., (2022). DGNB Kriterium SOC1.4, Visueller Komfort, Stuttgart.

Djalilova, L. & Şahin, B.E. (2020). Sürdürülebilir Okul Tasarımında Gün Işığı Kullanımına Yönelik Uygulamalar Üzerine Bir İnceleme. Artium, 8 (1), 44-60.

Dolnikova, E., Katunsky, D., & Darula, S., (2020). Assessment of overcast sky daylight conditions in the premises of engineering operations considering two types of skylights. Journal of Building and Environment, 180.

Erdem, Y. D. , Yılmaz Erten, Ş. & Umaroğulları, F. (2023). The Effect of Vertical Skylights Designed in Buildings on Daylight Illumination. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology , 11 (2) , 561-571 .

Erlendsson, O., (2014). Daylight Optimization-A Parametric Study of Atrium Design. Early Stage Design Guidelines of Atria for Optimization of Daylight Autonomy. Master's Degree Project, Royal Institute of Technology, Stockholm.

Fang, Y., & Cho, S., (2018). Sensitivity Analysis of skylight and clerestory design on energy and daylight performance of a retail building. Western Kentucky university Bowling Green, KY North Carolina State University, Raleigh, NC, Building Performance Analysis Conference and SimBuild Co-organized by ASHRAE and IBPSA-USA Chicago, IL, 157–164.

Flickr, (2024). Lightwell. 31 Haziran tarihinde https://www.flickr.com/photos/erix/3704336007/in/photostream/ adresinden erişildi.

Freewan, A. A. Y., Gharaibeh, A. A. & Jamhwi, M. M. (2014). Improving daylight performance of light wells in residential buildings: Nourishing compact sustainable urban form. Sustainable Cities and Society, 13, 32-40.

Gehrt D., Hafner M., Grollov S. T., Eliasen M., Christoffersen J., (2019). Healthy Homes Barometer 2019 Growing up in (un)healthy buildings.

Guedes, C. M., Pinheiro, M., & Alves, L. M. (2009). Sustainable Architecture And Urban Design in Portugal: An overview. Renewable Energy, 34, 1999–2006.

Gürsoy, S., (2019). Gün Işığının Etkin Kullanımı Amacıyla Anidolik Tavan Sistemi Tasarımına Yönelik Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Harputlu, B., (2015). Konutlarda Enerji Etkin Aydınlatma Tasarımı ve Bir Örneğin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

IEA, (2022). Buildings Sectorial Overview: International Energy Agency Tracking Report. 19 Ekim 2022 tarihinde https://www.iea.org/reports/buildings adresinden erişildi.

IEA, (2022). Lighting Subsector: International Energy Agency Tracking Report. 19 Ekim 2022 tarihinde https://www.iea.org/reports/lightings adresinden erişildi.

IESNA (2011). The Lighting Handbook: Reference& Application. 10th Edition, New York: Illuminating Society of North America, ABD.

International Energy Agency. (2000). Daylight in Buildings. Berkeley, CA., USA. Lawrence Berkeley National Laboratory.

Işıklarled, 16 Temmuz 2023 tarihinde https://isiklarled.com/akilli-cam/ adresinden erişildi.

İbili, Ş.G. (2018). Sağlık Yapılarında İç Mekan Tasarımına Yönelik Renk Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, KTO Karatay Üniversitesi, Konya.

Jakubiec, J. A. (2016). Building a database of opaque materials for lighting simulation. [Conference session]. 36th International Conference on Passive and Low Energy, Los Angeles, CA, Estados Unidos.

Joudi, A., Svedung, H., Cehlin, M. & Ronnelid, M. (2013). Reflective coatings for interior and exterior of buildings and improving thermal performance, Applied Energy, 103, 562-570.

Katunsky, E. Dolnikova, & B. Dolnik, (2018). Daytime lighting assessment in textile factory using connected windows in Slovakia; Case Study, Sustainabillity 10.

Kılıç Demircan, Gültekin, (2017). Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi. Türk Bilim Araştırma Vakfı Bilim Dergisi. 10 (1). 36-51.

Köknel Yener, A., (2007). Binalarda Günışığından Yararlanma Yöntemleri. VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresinde sunulan Sempozyum Bildirisi, 231-241. Erişim adresi: https://www1.mmo.org.tr/resimler/dosya_ekler/b4b098eec636a3f_ek.pdf

Köknel Yener, A., (2005). Binaların Enerji Etkin Aydınlatma Sistemleri Olarak Tasarlanması, 29 Aralık 2022 tarihinde https://www.emo.org.tr/ekler/d77279f7d325eec_ek.pdf adresinden erişildi.

Köse, Ö., Üstün, İ., Yağlı, H., Öztürk, N. A., Karakuş, C., Koç, Y., & Koç, A., Işık Tüpüyle Doğal Aydınlatma Sistemlerinin İskenderun Bölgesine Uygulanabilirliği ve Tasarımı. 28 Kasım 2022 tarihinde https://docplayer.biz.tr/64902750-Isik-tupuyle-dogal-aydinlatma-sistemlerinin-iskenderun-bolgesine-uygulanabilirligi-ve-tasarimi.html adresinden erişildi.

Krüger E.L., & Fonseca S.D., (2011). Evaluating daylighting potential and energy efficiency in a classroom building, J. Renew. Sustain. Energy 3, 63112.

Kutlu, R., (2019). Bir Tasarım Öğesi Olarak Gün Işığı. The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication-TOJDAC, 9 (2), 226-233.

Lechner, N., (2009). Heating, Cooling, Lighting Sustainable Design Methods For Architect. Canada: John Wiley & Sons

Manav B., Kutlu, R. & Küçükdoğu, M.Ş. (2009). Mimaride Kullanılan Cam Türlerinin Aydınlatma Açısından İncelenmesi. V. Ulusal Aydınlatma Sempozyumunda sunulan bildiri. Erişim adresi http://www.emo.org.tr/ekler/21654b2b0214ac5_ek.pdf.

Manioğlu, G., (2011). Enerji Etkin Tasarım ve Yenileme Çalışmalarının Örneklerle Değerlendirilmesi. Tesisat Mühendisliği, 126, 36-47.

Marzouk, M., Eissa, A., & ElSharkawy, M., (2020). Influence of light redirecting control element on daylight performance: A case of Egyptian heritage palace skylight, Journal of Building Engineering, 31.

Mccluney, R., (1984). SKYMOD Annual Energy Performance Simulation Model for Skylights. Energy and Buildings, 6, 353 – 360.

Mclennan, J. F. (2004). The Philosophy of Sustainable Design: The Future of Architecture. Canada: Ecotone.

Morghen, I., Turola, M. C., Forini, E., Di Pasquale, P., Zanatta, P. & Matarazzo, T. (2009). ‘’III-Lighting Syndrome: Prevalence in Shift Work Personnel in the 86 Anaesthesiology and Intensive Care Department of Three Italian Hospitals’’. Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 4(6).

Reflecthouse, (2024). Skylights. 1 Temmuz 2024 tarihinde https://www.reflecthouse.com/indoor-waterfalls-and-water-feature-2/ adresinden erişildi.

Roshan, M., & Barau, A. S. (2016). Assesing Anidolic Daylighting System for Efficient Daylight in Open Plan Office in The Tropics. Journal of Building Engineering, 8, 58-69.

Scartezzini, J. L., Courret, G., (2002). Anidolic Daylighting Systems. Solar Energy, Vol.73, sayı 2, 123-135.

Sirel, Ş. (2007). Aydınlatma Tekniği Semineri Ek Dokümanlar. Yapı Fiziği Uzmanlık Enstitüsü, İstanbul.

Stevens, R. G., & Rea M. S. (2001). Light in the Built Environment: Potential role of Circadian Disruption in Endocrine Disruption and Breast Cancer. Cancer Causes & Control 12, 279–287.

Sümengen Ö., & Köknel Yener A., (2015). Binalarda Aydınlatma Enerji Performansının Belirlenmesinde Günışığına İlişkin Değişkenlerin İncelenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 31 (2), 135-148.

Sevinç, Ö., & Altın, E., (2021). Gün Işığı ile Aydınlatmanın Önemi ve Işık Tüplerinin Yapılarda Etkin Kullanımı. Online Journal of Art and Design, 9(2).

Souza J., Alberto K. J., Barbosa S. A., (2024). Investigating the influence of architectural variables on the daylighting of a residential light well Revista de Arquitectura (Bogotá), 26(1) pp. 91-106.

Swinal, S. (2011). A Parametric investigation of the influence of atrium facades on the daylight performance of atrium buildings. PhD thesis, The University of Nottingham.

Tedaş, (2022). İstatistik bilgiler 23 Eylül 2022 tarihinde https://istatistikkitabi.tedas.gov.tr/Kitaplar/Index adresinden erişildi.

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları, (2008), Sayı: 26979, Türkiye.

The National Gallery, 5 Temmuz 2023 tarihinde https://research.ng-london.org.uk/scientific/spd/ adresinden erişildi.

Türk Standardları Enstitüsü (TSE), (2022). Binalarda gün ışığı, Ankara: TS EN 17037.

Türk Standardları Enstitüsü (TSE), (2021). Işık ve aydınlatma- Çalışma yerlerinin aydınlatılması- Bölüm 1: Kapalı çalışma alanları, Ankara: TS EN 12464-1.

Türk Standardları Enstitüsü (TSE), (2021). Binalardaki enerji performansı – Aydınlatma ile ilgili enerji gerekleri, Ankara: TS EN 15193-1.

Türk Standardları Enstitüsü (TSE), (2019). Işık ve aydınlatma-Aydınlatma kurallarını belirleyen temel tarifler ve kriterler, Ankara: TS EN 12665.

Türk Standardları Enstitüsü (TSE), (2017). Binaların enerji performansı-Binalarda enerji sistemleri için ekonomik değerlendirme prosedürü, Ankara: TS EN 15459-1.

Türk Standardları Enstitüsü (TSE), (2014). Işık ve aydınlatma- İş yerlerinin aydınlatılması- Bölüm 2: Bina dışı iş yerleri, Ankara: TS EN 12464-2.

Türk Standardları Enstitüsü (TSE), (2000). Aydınlatma uygulamaları- Acil aydınlatma, Ankara: TS EN 1838.

USBGC, (2022). 11 Aralık 2022 Tarihinde https://www.usgbc.org/leed-tools/scorecard adresinden erişildi.

Uyan, E., Küçükdoğu, M.Ş., & Aydemir, I., (2018). Aydınlatma Kalitesini Belirleyen Psikolojik Parametrelerin Çalışma Alanı Örneğinde İncelenmesi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 17(33), 51-60.

Uyan, F., & Köknel Yener, A. (2019). Aydınlatma Sistemi Tasarım Sürecine İlişkin Güncel Uluslararası Literatür ve Yakın Gelecekteki Avrupa Birliği Standardı. 12. Ulusal Aydınlatma Kongresinde sunulan bildiri, 1-8. Erişim adresi: http://12uak.atmk.org.tr/12uak.pdf

Wirz Justic, A., Skene, D. J., & Münch, M., (2021). The relevance of daylight for humans. Journal of Biochemical Pharmacology, 191.

Wittkopf, S. K. (2007). Daylight Performance Of Anidolic Ceiling Under Different Sky Conditions. Solar Energy, 81 (2), 151-161.

Xuan, Q., Li, G., Zhao, B., Jiang, B., Sun, D., Zhang, X., Tang, J., Zhuang, Y., Liu, J., & Li L., (2022). Evaluation of the smart daylighting control performance of the concentrating photovoltaic/daylighting system as the skylight in the building. Solar Energy, 238, 17-29.

Yılmaz, F. Ş. (2019). TS EN 17037 Binalarda Günışığı Standardı ve Uygulaması. 15 Kasım 2022 tarihinde https://pldturkiye.com/ts-en-17037-binalarda-gunisigi-standardi-ve-uygulamasi/ adresinden erişildi.

Yılmaz, F. Ş., (2016). Güneş Kontrolü Tasarımının Görsel Konfor ve Günışığı Performansına Etkisi: Ofis Binaları. Online Journal of Art Design, 4(4), 47-62.

Yetkin, E. G., (2014). Mevcut Yapılar Kapsamında Yeşil Bina Sertifika Sistemleri Enerji Kriterlerinin Belirlenmesi İçin Leed, Breeam ve Dgnb Sistemlerinin Karşılaştırmalı Analizi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamlamıştır. 2017-2021 yılları arası Erciyes Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Mimarlık bölümü lisans eğitimini tamamlayarak mezun olmuştur. Mezun olduktan sonra İstanbul'da özel bir şirkette çalışmıştır. 2022 yılında başladığı Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimini 2024 yılında tamamlamıştır.

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Yaren Dilara ERDEM

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Eğitim Birimi**	**Yıl**
Yüksek Lisans	Mimarlık	Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü	2022 – 2024
Lisans	İşletme	İstanbul Üniversitesi	2019-2023
Lisans	Mimarlık	Erciyes Üniversitesi	2017- 2021
Lise	Anadolu Lisesi	Kandilli Kız Anadolu Lisesi	2013-2017

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	**Firma/Kurum**	**Görev**
2024	Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	Memur
2021	DESSEN İnşaat ve Dekorasyon	Mimar
2020	DESSEN İnşaat ve Dekorasyon	Stajyer Mimar (Ofis Stajı)
2019	DESSEN İnşaat ve Dekorasyon	Stajyer Mimar (Şantiye Stajı)

TEZ ÖĞRENCİSİNE AİT TEZ İLE İLGİLİ BİLİMSEL FAALİYETLER

Erdem, Y. D., Yılmaz Erten, Ş. & Umaroğulları, F. (2023). The Effect of Vertical Skylights Designed in Buildings on Daylight Illumination Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology , 11 (2) , 561-571 .