



**GELİŞMİŞ CEPHE SİSTEMLERİNDE GÜNEŞ KONTROLÜ:
ANKARA'DAKİ BİR OFİS BİNASINDA PERFORMANS ANALİZİ**

Özge CEYLAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

TEMMUZ 2019

Özge CEYLAN tarafından hazırlanan “GELİŞMİŞ CEPHE SİSTEMLERİNDE GÜNEŞ KONTROLÜ: ANKARA’DAKİ BİR OFİS BİNASINDA PERFORMANS ANALİZİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Mimarlık Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç. Dr. İdil AYÇAM

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Prof. Dr. Soofia Tahira Elias ÖZKAN

Mimarlık Ana Bilim Dalı, Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Prof. Dr. Abdullah TOĞAY

Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 22/07/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Özge CEYLAN

22/07/2019

GELİŞMİŞ CEPHE SİSTEMLERİNDE GÜNEŞ KONTROLÜ:
ANKARA'DAKİ BİR OFİS BİNASINDA PERFORMANS ANALİZİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Özge CEYLAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2019

ÖZET

Ofis binaları yüksek enerji tüketim profiline sahip yapılardan biridir. Ofis binalarında enerji tüketiminin büyük bir bölümünü yapay aydınlatma ve soğutma yükleri oluşturmaktadır. Bu nedenle, gün ışığının optimum kullanımı binanın enerji performansı için büyük potansiyel anlamına gelmektedir. Yapı kabuğu, bina içindeki doğal gün ışığını sağlamada önemli rol oynamaktadır. Gün ışığı doğru kontrol edilmediği takdirde kullanıcı konforunu olumsuz olarak etkileyen kamaşmaya neden olabilmektedir. Bu tez, gelişmiş cephe sistemlerinde gün ışığı sistemlerini ve stratejilerini araştırmaktadır. Ankara'da tip bir ofis modülünde, güneş kontrol elemanlarının güney ve batı yönleri için gün ışığı performansını inceleyerek, her iki cephe yönü için maksimum aydınlık düzeyi ve minimum kamaşma sağlayan optimum cephe sistemini bulmayı amaçlamaktadır. Tip ofis modülü ve güneş kontrol elemanları modelleri Rhinoceros yazılımı kullanılarak oluşturulmuş, DIVA eklentisi ile iklim etkin gün ışığı analizleri yapılmıştır. Yıllık analizler sonucunda güney ve batı yönleri için yatay gölgeleme sistemi uygun bulunmuştur. Çalışmanın sonunda her iki cephe yönü için performansı yüksek olan gölgeleme ve yönlendirme sistemleri birleştirilerek kombinasyon çalışması yapılmış ve gölgeleme sistemlerine ışık rafının etkisi değerlendirilmiştir.

Bilim Kodu : 80103

Anahtar Kelimeler : Ofis binaları, gün ışığı, kamaşma kontrolü, gelişmiş cephe sistemleri, gelişmiş gün ışığı sistemleri

Sayfa Adedi : 89

Danışman : Doç. Dr. İdil AYÇAM

SOLAR CONTROL IN ADVANCED FACADE SYSTEMS:
PERFORMANCE ANALYSIS IN AN OFFICE BUILDING IN ANKARA
(M. Sc. Thesis)

Özge CEYLAN

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2019

ABSTRACT

Office buildings are one of the buildings with high energy consumption profile. Artificial lighting and cooling loads constitute the majority of energy consumption in office buildings. Therefore, optimum use of daylight means great potential for building energy performance. The building skin plays an important role in providing natural daylight inside the building. If the sunlight is not controlled correctly, it may cause glare that adversely affects user comfort. This thesis investigates daylight systems and strategies in advanced façade systems. In an office type module in Ankara, it aims to find the optimum façade system that provides maximum light level and minimum glare for both facade directions by examining the sunlight performance of the solar control elements for the south and west directions. Type office module and solar control elements models were created by using Rhinoceros software and climate based daylight analysis were performed with Rhinoceros DIVA plugin. As a result of the analysis, horizontal shading system was found suitable. As a result of annual analysis, horizontal shading system was found suitable for south and west directions. At the end of the study, a combination of shading and redirecting systems with high performance for both facade directions were combined and the effect of light shelf on shading systems was evaluated.

Science Code : 80103

Key Words : Office building, daylight, glare control, advanced facade systems, advanced daylight systems

Page Number : 89

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. İdil AYÇAM

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında; bilgisi ve sabrı ile bana destek olan, değerli tez danışmanım Doç. Dr. İdil AYÇAM'a, tez süresince bana gerekli izinleri sağlayan müdürüm Burak GÜVENÇ'e ve yapabileceğime inanan, bana sonsuz destek veren, güvenen aileme ve dostlarıma teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GELİŞMİŞ CEPHELER VE GÜNEŞ KONTROL SİSTEMLERİ.....	5
2.1. Gölgeleme Sistemleri	11
2.1.1. Yatay gölgeleme sistemi	12
2.1.2. Düşey gölgeleme sistemi.....	13
2.1.3. Grid gölgeleme sistemi	14
2.2. Gün Işığı Yönlendirme Sistemleri.....	16
2.2.1. Işık rafı	16
2.2.2. Panjur ve jaluzi.....	17
2.3. Gün Işığı Kırma Sistemleri	18
2.3.1. Prizmatik sistemler.....	18
2.3.2. Lazer kesim sistemler.....	19
3. GÜN IŞIĞI PERFORMANS ANALİZİ METODOLOJİSİ	21
3.1. Gün Işığı Metrikleri.....	23

Sayfa

3.2. Aydınlatma Performans Analizinde Kullanılan Simülasyon Yazılımları ve Parametreleri.....	27
4. ALAN ÇALIŞMASI	31
4.1. Kabuller ve Sınırlılıklar.....	32
4.1.1. Tip ofis modeli varsayım ve kabulleri.....	32
4.1.2. Gün ışığı gölgelendirme ve yönlendirme elemanlarının tasarlanması	35
4.2. Simülasyon Çalışması.....	44
4.2.1. Güney cephe için yapılan gün ışığı uygunluğu (Dav) analizleri.....	47
4.2.2. Batı cephesi için yapılan gün ışığı uygunluğu (Dav) analizleri	61
4.2.3. Güney cephe için kombinasyon çalışması.....	74
4.2.4. Batı cephesi için kombinasyon çalışması	76
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	89

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. İklim tiplerine göre cephe tasarım stratejileri	8
Çizelge 2.2. Gün ışığı sistemlerinin karşılaştırması	11
Çizelge 3.1. Gün ışığı metriklerinin karşılaştırma tablosu (Ofis binaları için).....	26
Çizelge 3.2. Farklı ülkelerde ofisler için tavsiye edilen aydınlık düzeyleri (lüks).....	26
Çizelge 3.3. Bina performans simülasyon programları karşılaştırma tablosu	27
Çizelge 4.1. Ankara iline ait mevsim normallikleri grafiği	32
Çizelge 4.2. Alınan Radiance parametre değerleri	47
Çizelge 4.3. Yatay gölgeleme elemanlara ait Dav tablosu (Güney cephe).....	51
Çizelge 4.4. Yatay gölgeleme elemanlara ait Dav tablosu (Güney cephe).....	52
Çizelge 4.5. Düşey gölgeleme elemanlara ait Dav tablosu (Güney cephe)	55
Çizelge 4.6. Düşey gölgeleme elemanlara ait Dav tablosu (Güney cephe)	56
Çizelge 4.7. Grid gölgeleme elemanlara ait Dav tablosu (Güney cephe)	57
Çizelge 4.8. Grid gölgeleme elemanlara ait Dav tablosu (Güney cephe)	58
Çizelge 4.9. Işık rafı elemanlarına ait Dav tablosu (Güney cephe)	59
Çizelge 4.10. Işık rafı elemanlarına ait Dav tablosu (Güney cephe).....	59
Çizelge 4.11. Tüm elemanlara ait Dav değerleri tablosu (Batı cephesi).....	60
Çizelge 4.12. Yatay gölgeleme elemanlara ait Dav tablosu (Batı cephesi)	64
Çizelge 4.13. Yatay gölgeleme elemanlara ait Dav tablosu (Batı cephesi)	65
Çizelge 4.14. Düşey gölgeleme elemanlara ait Dav tablosu (Batı cephesi).....	68
Çizelge 4.15. Düşey gölgeleme elemanlara ait Dav tablosu (Batı cephesi).....	69
Çizelge 4.16. Grid gölgeleme elemanlara ait Dav tablosu (Batı cephesi)	70
Çizelge 4.17. Grid gölgeleme elemanlara ait Dav tablosu (Batı cephesi).....	71
Çizelge 4.18. Işık rafı elemanlarına ait Dav tablosu (Batı cephesi).....	72

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.19. Işık rafı elemanlarına ait Dav tablosu (Batı cephesi)	72
Çizelge 4.20. Tüm elemanlara ait Dav değerleri tablosu (Batı cephesi).....	73
Çizelge 4.21. Yüksek performanslı tiplere ve kombinasyonlara ait tablo (Güney cephe)	75
Çizelge 4.22. Yüksek performanslı tiplere ve kombinasyonlara ait tablo (Batı cephesi).....	77



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Yüksek performanslı cephe sistemi fonksiyonel sistem analizi	9
Şekil 3.1. Yüksek performanslı yapı kabuğu tasarımına bina performans analizi prosedürlerini dahil etme çerçevesi	21
Şekil 4.1. Alan çalışması akış şeması	31
Şekil 4.2. Tipik gün ışığı penetrasyon kuralları	33
Şekil 4.3. Tip ofis modülü planı ve kesiti	34
Şekil 4.4. Türkiye global radyasyon değerleri (KWh/m ² -gün) Türkiye güneşlenme süreleri (saat).....	36
Şekil 4.5. Güneş geliş açılarına göre planlanan yatay ve ışık raf elemanları panel boyutları	38
Şekil 4.6. Işık rafı parametreleri	38
Şekil 4.7. Gün ışığı kontrol ve gün ışığı yönlendirme elemanları	41
Şekil 4.8. Düşey gölgeleme elemanları.....	42
Şekil 4.9. Yatay gölgeleme elemanları	43
Şekil 4.10. Grid gölgeleme elemanları	44
Şekil 4.11. Işık rafları (Gün ışığı yönlendirme elemanları)	44
Şekil 4.12. Gün ışığı aydınlık düzeyi alanlarının ifadesi	46
Şekil 4.13. Ana modele ait Dav aydınlık düzeyi (Güney cephe).....	48
Şekil 4.14. Yatay gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Güney cephe) ..	49
Şekil 4.15. Yatay gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Güney cephe) ..	50
Şekil 4.16. Düşey gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Güney cephe)..	53
Şekil 4.17. Düşey gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Güney cephe)..	54
Şekil 4.18. Grid gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Güney cephe)	57
Şekil 4.19. Işık raflarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Güney cephe)	58

Şekil	Sayfa
Şekil 4.20. Ana modele ait Dav aydınlık düzeyi (Batı cephesi)	61
Şekil 4.21. Yatay gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Batı cephesi)....	62
Şekil 4.22. Yatay gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Batı cephesi)....	63
Şekil 4.23. Düşey gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Batı cephesi)...	66
Şekil 4.24. Düşey gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Batı cephesi)...	67
Şekil 4.25. Grid gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Batı cephesi).....	70
Şekil 4.26. Işık raflarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Batı cephesi).....	71
Şekil 4.27. Kombinasyonlara ait Dav aydınlık düzeyleri (Güney cephe).....	75
Şekil 4.28. Kombinasyonlara ait Dav aydınlık düzeyleri (Batı cephesi).....	77

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Ofis binalarının diğer yapı türlerine göre enerji kullanım oranı ve ofis binalarında yapı sistemleri yüzdeleri (2007 EİA istatistikleri)	5
Resim 2.2. Ofislerde enerji kullanımı, tipik ve iyi uygulama ofisleri için enerji kullanım maliyetlerinin dağılımı	6
Resim 2.3. Yatay gölgeleme elemanları	12
Resim 2.4. Fransa’da Studio Bellecour Architects tarafından yapılan ofis binaları	13
Resim 2.5. Düşey gölgeleme elemanları.....	14
Resim 2.6. Bir Mühendislik İnovasyon Merkezi'nin batı cephesi.....	14
Resim 2.7. Grid gölgeleme elemanları.....	15
Resim 2.8. Büro Ole Scheeren's Duo Singapur’daki Yapıları	15
Resim 2.9. The Mashrabiya House / Senan Abdelqader	16
Resim 2.10. Işık rafı örneği	17
Resim 2.11. Jaluzi sistemi şematik gösterimi	18
Resim 2.12. İsviçre Basel’de bulunan Suva Binası prizmatik panel örneği	19
Resim 2.13. Lazer kesim panel örneği	20
Resim 3.1. Güneşli gökyüzü örneği.....	29
Resim 3.2. Bulutlu gökyüzü örneği	30
Resim 4.1. Malzeme listesi	35
Resim 4.2. Güney cephe 21 haziran ve 21 aralık tarihleri saat 12:00 için güneş yörüngesi perspektifi (Rhinoceros Grasshopper eklentisi).....	36
Resim 4.2. Batı cephesi 21 haziran ve 21 aralık tarihleri saat 12:00 için güneş yörüngesi perspektifi (Rhinoceros Grasshopper eklentisi).....	37
Resim 4.2. Güney ve batı cepheleri 21 haziran ve 21 aralık tarihleri saat 12:00 için güneş yörüngesi planı (Rhinoceros Grasshopper eklentisi).....	37
Resim 4.5. Gün ışığı alanları renklere göre ifade ettikleri aydınlık düzeyi	46
Resim 4.6. Gün ışığı uygunluğu (Dav) metriği için programda alınan parametreler ...	47

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

cm

Santimetre

lx

Lüks

%

Yüzde

Kısaltmalar

Açıklamalar

aa

Ortam Hassasiyeti

ab

Çevre Sıçraması (Sekmesi)

ad

Çevre Dağılımı

ar

Ortam Çözünürlüğü

as

Ortam Üst Örnekleri

ASE

Annual Sunlight Exposure

cDA

Devamlı Gün Işığı Aydınlık Düzeyi

CHPS

Yüksek Performanslı Okullar için İşbirlikçi

CIBSE

Chartered Institute of Building Service Engineers

CIE

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu

Da

Gün Işığı Otonomisi (Daylight Autonomy)

Dav

Gün Işığı Uygunluğu (Daylight Availability)

DF

Gün Işığı Faktörü (Daylight Factor)

EİA

Enerji Bilgi Yönetimi

IESNA

Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisleri Topluluğu

LEED

Leadership In Energy and Environmental Design

sDA

Mekansal Gün Işığı Otonomisi

SPT

Single Point in Time

UDI

Faydalı Gün Işığı Aydınlık Düzeyi

US DOE

Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı

1. GİRİŞ

Karbon emisyonları, küresel ısınma ve sürdürülebilir tasarım konusunda endişelenen günümüzde, konut dışı binalarda doğal ışığın planlı kullanımı, aydınlatma, ısıtma ve soğutma yüklerini en aza indirerek enerji verimliliğini artırmak için önemli bir strateji haline gelmiştir. Yenilikçi, gelişmiş gün ışığı sistemleri, binaların enerji tüketimini önemli ölçüde azaltabilir ve aynı zamanda iç mekan aydınlık kalitesini önemli ölçüde artırabilir (Ruck, 2000).

Gün ışığı, sürdürülebilir mimarlığın temel faktörlerinden biri olarak düşünülmektedir. Aydınlatma, bina enerji optimizasyonunda etkili stratejilerden biridir. Geliştirilmiş bir gün ışığı tasarım sisteminin kullanılması, bina elektrik tüketimini önemli ölçüde azaltır. Elektrik enerjisi tüketimi, binaların karbon emisyonunda en önemli faktördür (Moazzeni ve Ghiabaklou, 2016).

Ofis binalarında aydınlatma, en büyük elektrik tüketimini temsil eden ana enerji tüketimi bölümüdür (%35). Şaşırtıcı bir şekilde, aydınlatma tüketiminin çoğunluğu gündüz saatlerinde gerçekleşmektedir (DiLaura ve diğerleri, 2011). Yapay (elektrikli) aydınlatma kontrolü uygun olduğunda, gün ışığı aydınlatması gün ışığı bölgesinde (daylit) bölgesinde elektrikli aydınlatma kullanımını %30-%60 oranında azaltabilmektedir (DiLaura ve diğerleri, 2011). Gün ışığını doğru kullanmak, ofis binalarında ciddi oranda enerji tüketimini azaltarak iç ortam konforunu artırabilir. Ayrıntılı gün ışığı dağılımı hesaplamaları, binanın ısı ve görsel konforunu değerlendirme sürecinin önemli bir bölümünü oluşturur. Bu hesaplama, gerekli doğal aydınlatma ve istenmeyen güneş ısı kazanımı arasındaki dengeyi belirlemek için önemlidir (Ercan, 2013).

Gölgelendirme elemanlarının enerji kullanımı üzerindeki etkisine ilişkin çok sayıda çalışma bulunmaktadır. İlk çalışma 1940'ta yapılmıştır. Bu alandaki araştırmalar, ilk önce gölgeleme elemanlarının soğutma yükleri üzerindeki etkisine odaklanmıştır. Çalışmalar, gölgelemenin binaların soğutma yükünü önemli ölçüde azaltabileceğini göstermiştir (Dubois, 1997). 1980'lerin ortasından beri, gölgelendirme elemanlarının gün ışığı ve yapay aydınlatmanın enerji kullanımı üzerindeki etkisine daha fazla önem verilmiştir. Birçok araştırma, yapay aydınlatma için enerji kullanımının, özellikle ofis binalarındaki toplam enerji kullanımının

önemli bir parçası olduğunu göstermiştir. Yapay aydınlatma ayrıca mekanik havalandırma ve soğutma yoluyla çıkarılması gereken ek iç ısı kazanımlarını da beraberinde getirmektedir. Gün ışığı kullanımı bu nedenle iki avantaja sahiptir: aydınlatma için doğrudan elektrik tüketiminin azaltılması ve yapay aydınlatmadan kaynaklı iç ısı kazancının düşmesiyle dolaylı olarak soğutma yükünün azaltılmasıdır (Gadelhak, 2013).

Yüksek enerji tüketimine sahip ofis binalarında gün ışığının doğru kullanılması önem arz etmektedir. Günümüzde bu konuda farkındalık artmış olmakla birlikte sabit güneş kontrol elemanlarının yanı sıra bina otomasyon sistemlerine bağlı hareketli güneş kontrol sistemleri kullanılabilmektedir. Ancak, hareketli güneş kontrol sistemleri maliyet etkin çözümler olmamakla birlikte işletmesel anlamda sorunlar yaratabilmektedir. Bu çalışmada, maliyet etkin bir çözüm olan sabit ve geleneksel güneş kontrol elemanlarının erken tasarım aşamasında gün ışığı performansı incelenmiştir. Çalışma, Ankara'da tip bir ofis modülünde, güneş kontrol elemanlarının güney ve batı yönleri için gün ışığı performansını inceleyerek, her iki cephe yönü için maksimum aydınlık düzeyi ve minimum kamaşma sağlayan optimum cephe sistemini araştırarak, gelecekte gelişmiş cephe teknolojilerine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Gelişmiş cephe sistemleri ve gün ışığı sistemleri ile ilgili literatürde çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunlardan bazıları;

Gadelhak (2013), “High Performance Facades: Designing Office Building Facades to Enhance Indoor Daylighting Performance” isimli yüksek lisans tez çalışmasında; çöl iklimine sahip Mısır’ın Kahire şehrinde bulunan ofis modülü üzerinden güney ve doğu cepheleri için güneş kontrol sistemleri üzerinde gün ışığı analizleri yaparak erken tasarım aşamasında optimum cepheyi bulmayı amaçlamıştır. Gölgeleme sistemleri için yatay, düşey ve grid sistem, güneş yönlendirme sistemleri için ışıık rafları ve jaluzileri kullanmıştır. Tüm bu sistemlerin sonunda genetik algoritma yöntemiyle alternatif bir cephe önermiştir. Rhino programı ve bu programla beraber çalışan Grasshopper ve DIVA eklentisini kullanmıştır.

Bader (2010), “High Performance Façades For Commercial Buildings, How Can Modern, Transparent Façade Systems For Commercial Buildings Fulfill The Contemporary Demands Of Sustainable Building In Regard To Their Thermal and Functional Performance, As Well As High Aesthetic Characteristics?” isimli yüksek lisans tez çalışmasında; sıcak iklime sahip

Texas'ın Austin şehrinde bulunan güneye yönlendirilmiş ofis modülü için bal peteği formunu kullanarak optimum cephe çalışmasını hedeflenmiştir. Rhino programı ve bu programla beraber çalışan Grasshopper ve DIVA eklentisini kullanmıştır.

Alsharif (2017), "Parametric Exploration Of Shading Screens: Daylight, Sun Penetration, And View Factor" isimli tez çalışmasında; Washington Seattle'da bulunan ofis modülünün güney cephesi için ışık rafları, yatay, düşey ve perfore cephe elemanları kullanarak bir çalışma yapmıştır. Parametrik model üzerinden giderek ve islami figürler (Masrabiya) kullanarak uygun optimum cephe çalışması yapmıştır. Rhino ve diğer simülasyon eklentilerini kullanmıştır.

Ercan (2013), "A Method For Performance Based Design Exploration: Generating External Shading Units For An Office Building In Nicosia, Cyprus" isimli yüksek lisans tez çalışmasında; sıcak iklime sahip Kıbrıs Lefkoşa'da Genel Merkez Bankası Binası dış cephe gölgeleme elemanlarını için Rhino-Grasshopper programında parametrik olarak tasarladığı gölgeleme elemanı alternatiflerini oluşturmuştur.

Mahmoud ve Elghazi (2015), "Parametric-Based Designs For Kinetic Facades To Optimize Daylight Performance: Comparing Rotation And Translation Kinetic Motion For Hexagonal Facade Patterns" isimli makalesinde güneye yönlendirilmiş bir ofisin, altıgen kinetik elemanlarla gün ışığı performansını incelemiştir.

Bu çalışmada; gün ışığı sistemleri ve gelişmiş cephelere ait literatür çalışması yapılmıştır. Gün ışığı aydınlık seviyesi ve olası kamaşma alanlarının belirlendiği simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Ofis modülü ve güneş kontrol elemanları, Rhinoceros programıyla modellenmiştir. Güneş yörüngesi diyagramı, Rhinoceros-Grasshopper yazılımları kullanılarak oluşturulmuştur, gün ışığı analizleri için Rhinoceros yazılımı DIVA eklentisi kullanılmıştır. Güneş kontrol elemanlarının açı ilişkilerini ve boyutlarını ifade etmek için kullanılan çizelgeler Autocad programı ile oluşturulmuştur.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde; çalışmanın amaç, kapsam ve yöntemi açıklanmıştır. İkinci bölümde; gelişmiş cephe sistemleri hakkında bilgi verilerek, güneş kontrol sistemleri tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde; gün ışığı simülasyon metodolojisi anlatılarak bu alanda kullanılan yazılımlar hakkında bilgi verilmiştir. Gün ışığı metrikleri ve

simülasyon parametreleri anlatılmıştır. Dördüncü bölümde; alan çalışmasına ait kabul ve sınırlılıklar tariflenmiştir. Bu bölümde, güneş kontrol elemanlarının belirlenme kriterleri verilerek güney ve batı yönleri için gün ışığı analizleri yapılmıştır. Analizlere ait değerlendirmelere yer verilmiştir. Bölümün sonunda her iki cephe için en uygun olan gün ışığı sistemi tipleri seçilerek kombinasyon çalışması yapılmıştır. Beşinci bölüm olan son bölümde; yapılan alan çalışmasına yönelik genel değerlendirmelere yer verilerek gelecekte bu alanda yapılacak çalışmalara yön verilmiştir.

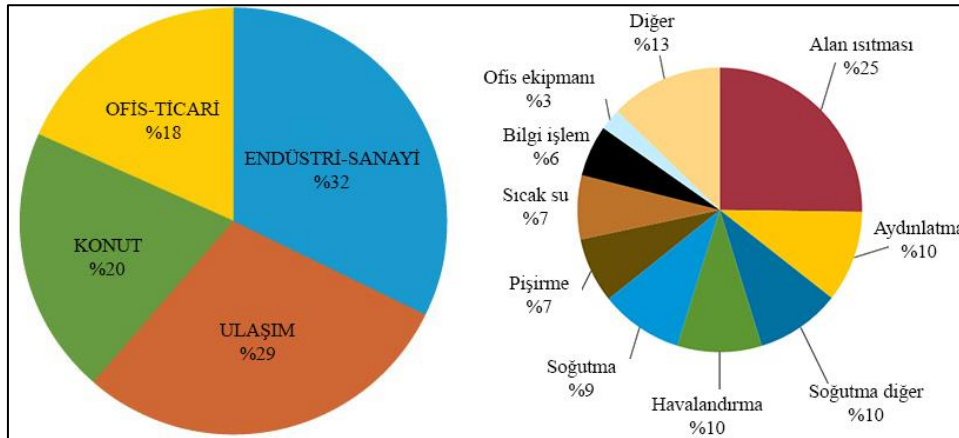


2. GELİŞMİŞ CEPHELER VE GÜNEŞ KONTROL SİSTEMLERİ

Dünya, enerji verimliliğine ve kullanıcı konforuna daha fazla odaklanmaya başladığından, sürdürülebilirlikle ilgili performans kriterlerinin sağlanması ve enerji için özellikle gün ışığından yararlanarak gün ışığının tasarıma dahil edilmesine ihtiyaç bulunmaktadır (Lagios ve diğerleri, 2010). Cephe, iç ve dış çevre arasında meydana gelen değişimlerin duyarlı ve aktif bir kontrolörü olarak önemli bir rol oynar ve bir binada enerjiden tasarruf etmenin en önemli yöntemlerinden biridir (Wang ve diğerleri, 2007). Bina cepheleri; fonksiyon, çevre, kullanıcı konforu, enerji tüketimi, sürdürülebilirlik, ekonomi, teknoloji ve estetik gibi farklı amaçlar için tasarlanmaktadır (Poirazis, 2008).

Ofis binalarında enerji kullanımı

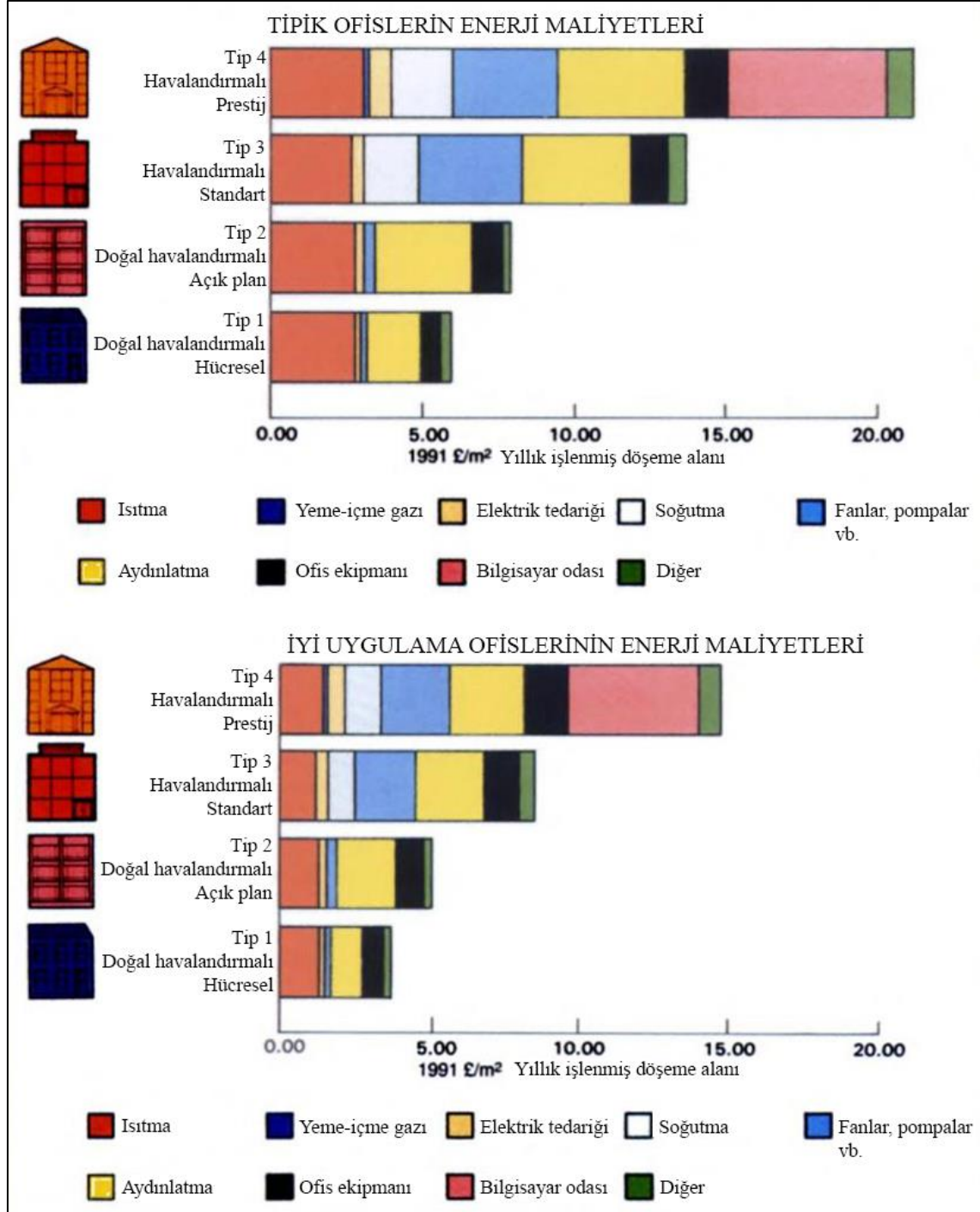
ABD EİA'nın yaptığı güncel istatistiklerde (2017) (Bkz. Resim 2.1) görüldüğü gibi yapı türleri arasında ofis binalarının enerji tüketimi oldukça fazladır. Ofis binalarının tüm yapı sistemleri içinde aydınlatma oranına bakıldığında %10 olduğu görülmektedir. Cephe tasarımı aydınlatma yüzdesini ciddi oranda etkilemekle birlikte aynı zamanda ısıtma ve soğutma için kullanılan enerji tüketimini de dolaylı olarak etkilemektedir. Resim 2.1'de soğutma yüzdesinin %9, ısıtma yüzdesinin ise %25 olduğu görülmektedir.



Resim 2.1. Ofis binalarının diğer yapı türlerine göre enerji kullanım oranı ve ofis binalarında yapı sistemleri yüzdeleri (2017 EİA istatistikleri) (<https://www.eia.gov>)

Büyük Britanya Çevre Bölümü, çeşitli cephe tipleri üzerinde karşılaştırmalı bir çalışma yürütmüştür (Bkz. Resim 2.2). Çalışma, daha iyi performans gösteren cephelerin tasarımıyla aydınlatma yüklerini azalttığını göstermiştir. Bir açık ofis alanı, daha iyi bir çalışma ortamı

için daha fazla aydınlatma yükü gerektirirken, hücresel plana sahip bir ofis için aydınlatma yükü daha azdır (Köster, 2004). Resim 2.2’de iyi kurgulanmış bir ofiste aydınlatma enerji maliyetinin tipik bir ofis binasındaki enerji maliyetine göre her yapı tipi için yaklaşık %50 az olduğu görülmektedir.



Resim 2.2. Ofislerde enerji kullanımı, tipik ve iyi uygulama ofisleri için enerji kullanım maliyetlerinin dağılımı (Köster, 2004)

Gelişmiş cepheler

Gelişmiş cepheler, diğer bir adı ile yüksek performanslı cepheler, enerji tüketimini çok düşük seviyede tutarak daha iyi gün ışığı ve termal koşullar sağlamak için farklı stratejiler kullanan bina cephelerini tanımlamak için kullanılmaktadır (Gadelhak, 2013). Diğer bir ifade ile yüksek performanslı sürdürülebilir cepheler, bina kullanıcılarının sağlığını ve verimliliğini destekleyen konforlu bir iç ortam sağlamak için mümkün olan en az miktarda enerjiyi kullanan yapı kabuğu olarak tanımlanabilir (Aksamija, 2013). Gelişmiş cepheler, sadece iç ortam ve dış ortam arasında bir bariyer değil aynı zamanda; dış çevre koşullarına aktif olarak cevap verebilen doğru gün ışığı kullanarak iç ortamda konforlu alanlar yaratan ve yapının enerji tüketimini önemli ölçüde azaltan yapı cephesidir.

Yüksek performanslı yapı kabuğu tasarım sürecinde iklime özgü ilkeler göz önünde bulundurulmalıdır (Oral ve diğerleri, 2004). Sıcak ve kurak iklimlerde kullanılan stratejiler, ılıman veya sıcak ve nemli bölgelerde kullanılan stratejilerden farklıdır. Yapıların çoğu için, cephe; kullanıcılara konforlu alan sağladığından, manzara sağladığından, rüzgar yüklerine direndiğinden, kendi konstrüksiyonunu oluşturduğundan, gün ışığının iç mekanlara girmesini sağladığından, istenmeyen güneş geri ısı kazanımını engellediğinden dolayı yapının enerji bütçesini ve kullanıcı konforunu diğer sistemlerden daha fazla etkilemektedir (Aksamija, 2009).

Yüksek performanslı bina cephelerini tasarlamak için temel yöntemler aşağıdaki gibidir:

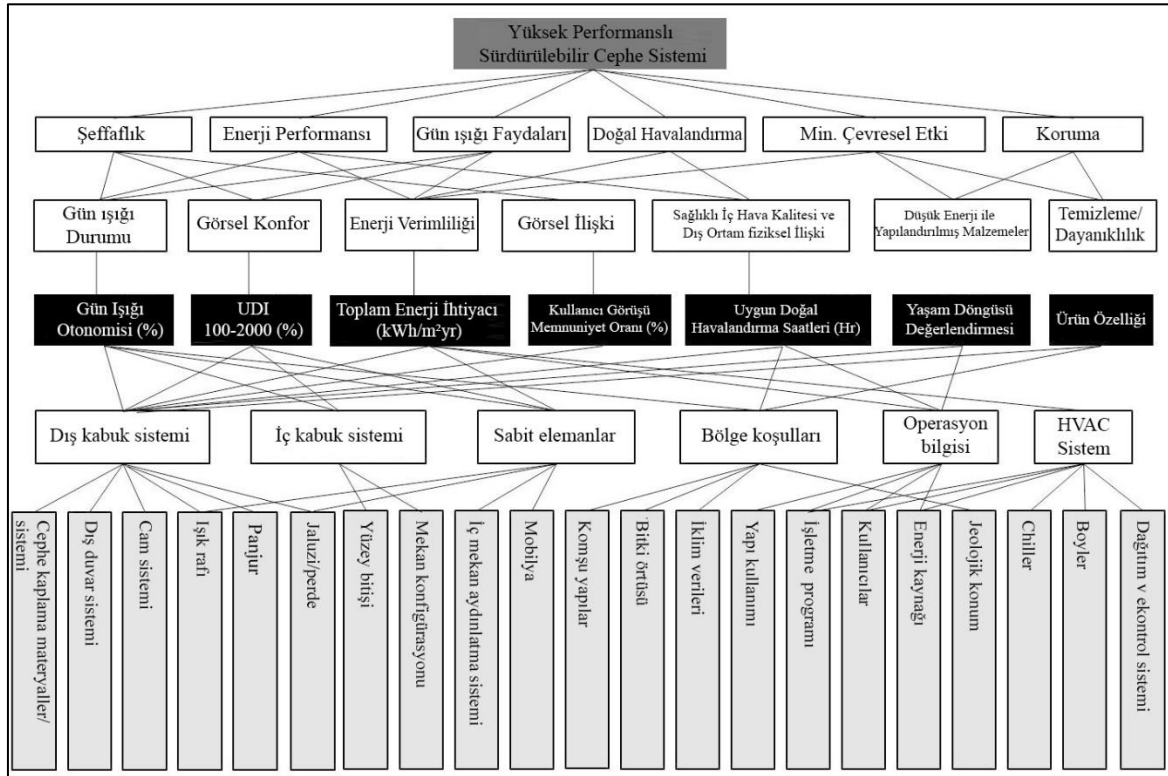
- Güneş yörüngesi doğrultusunda yapının kütesinin ve geometrisinin yönlendirilerek geliştirilmesi,
- Soğutma yüklerini kontrol etmek ve termal konforu iyileştirmek için güneş kontrolünün (gölgeleme) sağlanması;
- Hava kalitesini artırmak ve soğutma yüklerini azaltmak için doğal havalandırmanın sağlanması;
- Dış cephe güneşlenme ve gün ışığı kullanımını optimize ederek yapay aydınlatma ve mekanik ısıtma ve soğutma için kullanılan enerjiyi en aza indirmektedir (Aksamija, 2013).

Çizelge 2.1. İklim tiplerine göre cephe tasarım stratejileri (Aksamija, 2013)

İklim tipleri	Sürdürülebilir cephe için tasarım stratejileri
Isıtma hakim iklimler	- Güneşi toplama ve pasif ısıtma: Yapı kabuğunda güneş ısısının toplanması - Isı depolama: Duvarların kütlesinde ısıнын depolanması - Isı koruma: Bina içinde ısıнын geliştirilmiş yalıtımla korunması - Gün ışığı: Doğal ışık kaynaklarının kullanılması ve cephenin camlı alanlarının artırılması, yüksek performanslı cam kullanımı ve ışığı iç mekanlara yönlendirmek için ışık raflarının kullanılması
Soğutma hakim iklimler	- Güneş kontrolü: Gölgeleme yöntemleri (bina şekli) veya gölgelendirme elemanları ile cephenin doğrudan güneş radyasyonundan korunması - Dış ısı kazanımlarının azaltılması: infiltrasyon (iyi yalıtımlı opak dış cephe elemanları kullanarak) veya iletim (gölgeleme elemanları kullanarak) ile güneş ısı kazancının korunması - Soğutma: çevresel özelliklerin ve bina fonksiyonunun izin verdiği yerlerde doğal havalandırma kullanılması - Gün ışığı: Gölgeleme elemanları ve ışık rafları kullanılarak güneş ısısı kazanımını en aza indirirken doğal ışık kaynaklarının kullanılması
Karma iklimler	- Güneş kontrolü: Cephenin sıcak mevsimlerde doğrudan güneş ışığından (gölgeleme) korunması - Güneşi toplama ve pasif ısıtma: Soğuk mevsimlerde güneş enerjisi toplama - Gün ışığı: Doğal ışık kaynaklarının kullanılması ve gölgeleme elemanları kullanılarak cephe camlı alanlarının artırılması

Çizelge 2.1’de sürdürülebilir cepheler için iklim tiplerine göre cephe tasarım stratejileri verilmiştir. Her iklim tipi için gün ışığından olabildiğince yararlanmak önemlidir. Soğutma gerektiren iklimlerde ve karma iklimlerde gölgeleme elemanları ile gerekli güneş kontrolünün sağlanması gerekmektedir. Aşağıda Şekil 2.1’de Augenbroe’nun yüksek performanslı cephe sistemleri için hazırladığı fonksiyonel sistem analizi diyagramı verilmektedir. Augenbroe (2011), binanın ana işlevinin daha alt işlevlere ayrışabileceği söylemektedir. Bu ayrışma sırasında, performans gereksinimleri olarak ifade edilebilecek fonksiyonel kriterlere ulaşılmaktadır. Her performans gereksinimi, işlevsel gereksinimi yerine getirmek için tasarım sürecinde tanımlanması gereken alt sistemler ve yapı elemanlarına ayrıştırılmış toplu teknik sistemler tarafından desteklenir. Örneğin, daha fazla

gün ışığı alabilmek için pencere boyutu artırılırken, dolaylı olarak soğutma yükü artabilmekte ve dolayısıyla daha fazla enerji maliyetine neden olabilmektedir. Doğal havalandırma, dış ortam sıcaklığına bağlı olarak ısıtma veya soğutma yükünü artırabilmektedir. Bu nedenle, çoklu performans hedeflerini karşılayan tasarımların oluşturulmasına başlamadan önce alt sistemler ve birbirini etkileyen diğer sistemler ve elemanlar doğru analiz edilmelidir.



Şekil 2.1. Yüksek performanslı cephe sistemi fonksiyonel sistem analizi (Augenbroe, 2011)

Gün ışığı ve gün ışığı sistemleri

Gün ışığını tasarıma dahil etmek, tarih boyunca yapıların tasarımında ana etken olmuştur ve bir tasarımın geliştirilmesinde ve yapının biçimlenmesinde en etkili kararlardan biri olarak kabul edilebilmektedir (Bell, 1973). Gün ışığı, yapay aydınlatma kullanımının azaltılması ve diğer yararlarla ilişkili ve iç mekanda kullanılabilir aydınlatma sağlayabilen verimli bir doğal kaynaktır. Gün ışığının kalitesi elektrik ışığından çok daha iyi olmasına rağmen gün ışığı fazlalığı, başarılı bir sistemde gün ışığının kontrolünü iç mekanda kritik bir unsur olarak çalıştıran olumsuz bir sorun olabilmektedir (Olbina ve Beliveau, 2009). Aşırı gün ışığı yapı için soğutma yüklerinin artmasına ve kamaşma gibi görsel konforsuzluğa neden

olabilmektedir. Olası olumsuz sonuçlardan kaçınarak gün ışığını kontrol ederek faydalarını en üst seviyeye çıkarmak için uygun cephe sistemi tasarlamak önemlidir (Vine ve Lee, 1998). Yatay ve düşey yönelimi sağlayan kanatlar, panjurlar ve güneşlikler yatay ve düşey ana sistemler gibi geleneksel tasarım ilkeleri gün ışığı sistemlerinin tasarlanmasına rehberlik etmektedir (Varendorff ve Garcia-Hansen, 2012).

Birçok gün ışığı sistemi, doğal ışığı iç mekana aktarmak için tasarlanmıştır. Bununla birlikte, her bir gün ışığı stratejisindeki zorluk; sistem verimi ile gün ışığı performansını optimize etmek ve kamaşma alanı boyutunu en aza indirmektir (Boubekri, 2008). Kamaşma, kontrolsüz doğal aydınlatmanın istenmeyen bir sonucudur. Gölgeleme ihtiyacı, aşırı ısınma, kamaşma ve doğal aydınlatma arasındaki çelişkili durumlardan kaçınmak için kompleks gölgelendirme elemanları geliştirilmiştir (Schuster, 2006).

Gün ışığı sistemleri, herhangi bir geleneksel cephe sistemindeki açıklıklara yerleştirilmiş veya entegre edilmiş optik elemanlardır ve fonksiyonları iki aşamalıdır. İlki gün ışığını yakalamak ve onu binanın iç kısmına yönlendirmek, ikincisi de mekanı güneş ışınlarından korumaktır (Garcia-Hansen, 2006). Güneş gölgeleme ve güneş yönlendirme sistemleri genellikle yapılarıdaki güneşi kontrol etmek için kullanılır. Fazla gün ışığı ve kamaşma, yetersiz gün ışığı gibi problemlerden biridir. Kamaşma, bir bina kullanıcısının görüş alanındaki parlaklık kontrast oranının, doğrudan veya yansıyan güneş ışığından yüksek olduğunda oluşmaktadır. Kamaşma için hangi oranın kabul edilebilir olduğu konusunda anlaşmazlık olsa da, kamaşmanın gün ışığının etkili ve verimli olması için yönetilmesi gerektiği açıktır. Kamaşma kontrast oranı, pencerelerin yerleştirilmesi ve gün ışığını daha dengeli bir dağılım için yönlendirmek suretiyle azaltılabilmektedir. Ancak, doğrudan güneş ışığı alma ihtimali daha yüksek olan pencereler için iyi gölgeleme sağlanmalıdır. Dış ve iç gün ışığı aydınlatma sistemleri arasında panjur, jaluzi, ışık rafı ve kamaşma kontrolünü gün ışığı yönlendirme ile birleştiren gelişmiş ürünler bulunmaktadır. Panjurların manuel kontrolü, kullanıcıların bilgili ve motive olduğu özel ofis ve konut uygulamaları için etkili olabilmektedir, ancak daha büyük kullanımlı alanlar için otomatik sistemler çok daha etkili olmaktadır. Gün ışığı, yapay aydınlatma kullanımını dengelemek için kullanılabilir ve kullanıcı konforu üzerinde olumlu bir etkiye sahip olurken, bir dizi çalışma, uygun güneş kontrolü olmadan, görsel veya termal konfor eşikleri aşıldığında kullanıcıların panjurları tamamen kapatmasının muhtemel olduğunu ve bu panjurların bir süre kapalı kalmasının pencerenin ilk etapta bulunmasının olası yararlarını da göz ardı ettirdiğini göstermektedir

(Reinhart, 2004). Otomatik sistemler, özellikle doğu ve batı yönelimlerinde birçok uygulama için optimum gün ışığını sağlayabilmesine rağmen, daha pahalıdır ve uygun işletmeye alma ve bakım gerektirmektedir. Sabit gölgelendirme sistemleri daha az bakım gerektirir ve kullanıcı davranışına bağlı değildir. Ancak, kullanım zamanının çoğunluğu için uygun işlev gösterecek şekilde tasarlanmalıdır (Gadelhak, 2013).

Güneş kontrol sistemleri, güneş gölgeleme sistemleri ve gün ışığı yönlendirme sistemleri olmak üzere iki ana gruba göre sınıflandırılabilir. Güneş gölgeleme sistemleri, doğrudan güneş ışığına maruz kalan cephelerde açık gökyüzü koşullarında doğrudan güneşi önleyebilecekleri için daha verimlidir. Işık yönlendirme sistemleri temelde gölgeleme sağlamaz. Ancak, alanda gün ışığı derinliğini iyileştirmek için dağınık ve doğrudan güneş ışığını kontrol eder. Bununla birlikte, birkaç sistem aynı anda hem gölgelendirme hem de ışık yönlendirme işlevini gerçekleştirebilmektedir. Dolayısıyla, bu sistemleri kesişmeden belirli gruplarda kategorize etmek zordur (Ruck ve diğerleri, 2000). Aşağıda Çizelge 2.2’de görüldüğü gibi gün ışığı sistemleri fonksiyon ve konumuna göre 3’e ayrılmıştır. Bu tez çalışmasında, kullanıcı kontrolüne bağlı olmayan sabit ve dış cephede konumlanan gölgeleme ve yönlendirme elemanları üzerine çalışma yapılmıştır.

Çizelge 2.2. Gün ışığı sistemlerinin karşılaştırması (Elkhatieb, 2016)

Güneş Kontrol Sistemleri	Gölgeleme/Kırım		Konumu		
	Gölgeleme	Yönlendirme	Dış	İç	cam
Gölgeleme Sistemleri					
Yatay Gölgeleme Sistemi	x		x		
Düşey Gölgeleme Sistemi	x		x		
Grid Sistemler	x		x	x	
Gün Işığı Kırma Sistemleri					
Lazer Kesim Sistemler		x		x	x
Prizmatik Sistem		x		x	x
Gölgeleme/Yönlendirme Sistemleri					
Işık Rafı Sistemleri	x	x	x		
Panjur ve jaluzi	x	x	x		

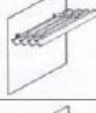
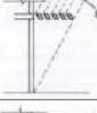
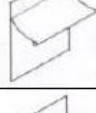
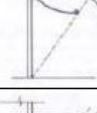
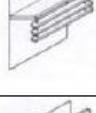
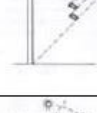
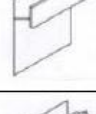
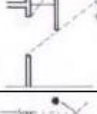
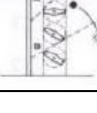
2.1. Gölgeleme Sistemleri

Bu bölümde, güneş ışınlamından kaynaklı iç ısı kazancını sınırlandırmak için yapının dışında konumlanan cepheye entegre edilmiş yatay, düşey vb. dış gölgeleme elemanlarından

bahsedilmektedir. Sürdürülebilir cepheye katkı sağlayacak çok sayıda avantajları bulunmaktadır. İlk avantajı, pencereden gelen doğrudan güneş ısı kazancını azaltarak enerji tasarrufu sağlamaktır. Daha az pahalı olan cam cepheler ile gölgeleme elemanlarının beraber kullanıldığı bazı durumlarda, daha pahalı olan özellikli cam cephelere göre daha yüksek performans elde edilebilmektedir. İkinci avantajı, mekanik ekipman maliyetlerinin ve elektrik ihtiyacının azaltılmasıdır. Son olarak, iç mekanda perde ve güneşliklere gerek kalmadan kamaşmayı azaltma yeteneğine sahiptirler. Dış gölgeleme elemanlarında kamaşma kontrolü kullanıcı davranışına bağlı değildir (Carmody, 2007).

2.1.1. Yatay gölgeleme sistemi

Yatay gölgeleme elemanları, güneş irtifa açısının yüksek olduğu durumlarda, doğrudan güneşten korunmak ve güneş ısı kazancını engellemek için en yaygın kullanılan gölgeleme elemanlarıdır (Bkz. Resim 2.3 ve Resim 2.4). Güneş yörüngesine bağlı olarak tam gölgeleme sağlayabilmektedir. Güney yönündeki cephelerde ve özellikle güneş yüksek konumdayken oldukça verimlidir.

Yatay Tipler		
Gölgeleme elemanı	Yan görünüşü	Gölgeleme maskesi
		
		
		
		
		
		

Resim 2.3. Yatay gölgeleme elemanları (Galloway, 2004)

Yatay çıkıntı (overhang) güney cephe için en iyi alternatiftir. Yön olarak seçicidirler, düşük açılı kış güneşinin iç alanlara girmesine izin verirken, yüksek açılı yaz güneşini manzarayı (görüşü) minimum kapatarak gölgelendirmektedir. Genellikle doğu, güneydoğu, güneybatı ve batı yönelimleri için de en iyi seçimdir (Galloway, 2004).

Yatay çıkıntı (overhang), güneşin doğuşunun bir sonucu olarak yaz boyunca güneye bakan pencerelerde çok etkilidir. Daha az etkili olsa da, ek olarak güneybatı, batı, doğu, güneydoğu ve benzeri yönlerde de etkilidir (Lechner, 2009).



Resim 2.4. Fransa’da Studio Bellecour Architects tarafından yapılan ofis binaları (www.dezeen.com)

2.1.2. Düşey gölgeleme sistemi

Düşey gölgeleme elemanları, güneşin alçak olduğu konumlarda (güneş irtifa açısının düşük olduğu), sabah saatlerinde ve/veya akşam saatlerinde doğrudan güneş ışığının engellenmesini sağlayan elemanlardır (Bkz. Resim 2.5 ve Resim 2.6). Bu nedenle genellikle, doğu ve batı cephelerinde etkili olabilmektedirler. Düşey gölgeleme elemanları, güneş yükseklik açısı çok yüksek olan bölgelerde (sıcak iklimlerde) genellikle başarılı değildir. Böyle durumlarda, düşey ve yatay gölgeleme elemanlarının birleştirildiği grid sistemler hem yüksek hem de düşük açıdaki güneş engelleyeceğinden daha verimli olabilmektedir. Düşey gölgeleme elemanlarına Dan Reaume tarafından fotoğraflanan Mühendislik İnovasyon Merkezi’ne ait batı cephesi (Bkz. Resim 2.6) örnek olarak gösterilebilir.

Düşey Tipler		
Gölgeleme elemanı	Plan görüntü	Gölgeleme maskesi

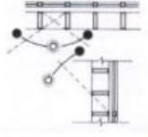
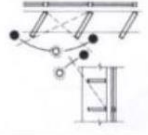
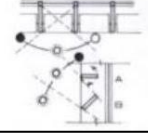
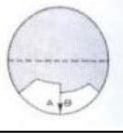
Resim 2.5. Düşey gölgeleme elemanları (Brown ve DeKay, 2001)



Resim 2.6. Bir Mühendislik İnovasyon Merkezi'nin batı cephesi (www.uwindsor.ca)

2.1.3. Grid gölgeleme sistemi

İslam mimarisinde kullanılan güneş perdesi/güneş paravanı olarak çalışan, hem tasarım ögesi hem de gölgeleme elemanı olarak kullanılan masrabiya tasarımları bu gölgeleme sistemine örnek gösterilebilir. Günümüzde bal peteği (Bkz. Resim 2.8), yumurta kutusu (Bkz. Resim 2.7), grid sistem, masrabiya (Bkz. Resim 2.9) vb. olarak modern örnekleri de kullanılan güneş perdeleri/güneş paravanları lazer kesim vb. çeşitli üretim teknikleri ile oluşturulabilmektedir. Cephenin içine, dışına veya cepheye entegre edilerek gölgeleme sistemi olarak kullanılmaktadır.

Grid Tipler (Yumurta kutusu)		
Gölgeleme elemanı	Plan ve yan görünüşü	Gölgeleme maskesi
		
		
		

Resim 2.7. Grid gölgeleme elemanları (Brown ve DeKay, 2001)



Resim 2.8. Büro Ole Scheeren's Duo Singapur'daki yapıları (inhabitat.com)



Resim 2.9. The Mashrabiya House / Senan Abdelqader (www.archdaily.com)

2.2. Gün Işığı Yönlendirme Sistemleri

Gün ışığı kullanımındaki büyük tasarım problemlerinden biri, odanın pencereye uzak bölümlerindeki gün ışığı seviyesindeki hızlı düşüştür. Bu sorunun üstesinden gelmek için kontrol stratejilerinin uygulanması gerekmektedir. Birçok yenilikçi gün ışığı stratejisi ile tatmin edici görsel niteliklere ulaşmak mümkündür. Bu yenilikçi teknikler arasında ışık yönlendirme panjurları, ışık rafı, hareketli gölgeleme sistemleri, aynalı sistemler, prizmatik panel ve ışık boruları bulunmaktadır (Bougdağ ve Sharples, 2010).

Gün ışığı yönlendirme sistemleri gün ışığı kaynağını kullanmak ve görsel konforu arttırmak için ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Bu tür sistemlerin temel işlevi, endirekt ve dağınık gün ışığını, tavan aracılığıyla iç mekanlara daha derin bir şekilde yaymaktır (Kolas, 2013).

2.2.1. Işık rafı

Işık rafları, güneş kontrolü sağlayarak ve güneş ışığını yönlendirerek, gün ışığının dağılımını iyileştiren ve pencerenin alt kısmından manzaraya izin veren sistemlerdir (Bkz. Resim 2.10). Işık rafları, güney yönelimleri için orta enlemlerde güneşli iklimlerde (kuzey yarımkürede) uygulanabilir (Ruck ve diğerleri, 2000).

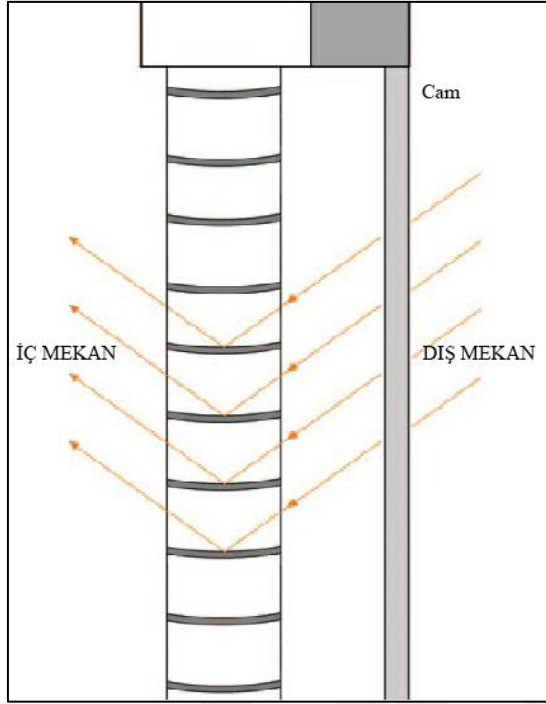
Selkowitz ve diğerleri (1983), güneşli gökyüzü altında, ışık raflarının, standart düz cam pencerelere kıyasla, alanın arkasındaki ışık seviyelerini artırmada etkili olduğu ve gün ışığını içeri alma konusunda iyileştirmeler sağladığı sonucuna varmıştır.



Resim 2.10. Işık rafı örneği (www.designingbuildings.co.uk)

2.2.2. Panjur ve jaluzi

Panjur sistemleri çoklu yatay, dikey veya eğimli elemanlardan oluşabilmekte, dahili veya harici olarak uygulanabilmektedir. İyi tasarlanmış panjur sistemleri, güneş ışınlarını kısmen veya tamamen engelleyebilir. Güneşli ve bulutlu gökyüzü koşullarında, gün ışığı penetrasyon derinliğini ve gün ışığı dağılımlarını iyileştirebilmektedirler (Ruck ve diğerleri, 2000). Bununla birlikte, güneşli gökyüzü koşullarında, gölgelendirme elemanlarının rolünü üstlenmeleri gerekiyorsa, iyi tasarlanmış bir sistem olması gerekmektedir. Geleneksel olarak, panjurlar, alan içerisindeki ışık penetrasyon derinliğini arttırmak için güneş ışığını yöneterek gölgelendirme aracı olarak kullanılmaktadır. Dışarıdan doğrudan görüşün engellenmesi, temizlik ve bakım için sorun oluşturması, dış panjur uygulamasının dezavantajları olarak kabul edilmektedir (Boubekri, 2008). Resim 2.11’de jaluzi sistemi çalışma prensibi şematik gösterimi verilmektedir.



Resim 2.11. Jaluzi sistemi şematik gösterimi (Boubekri, 2008)

2.3. Gün Işığı Kırma Sistemleri

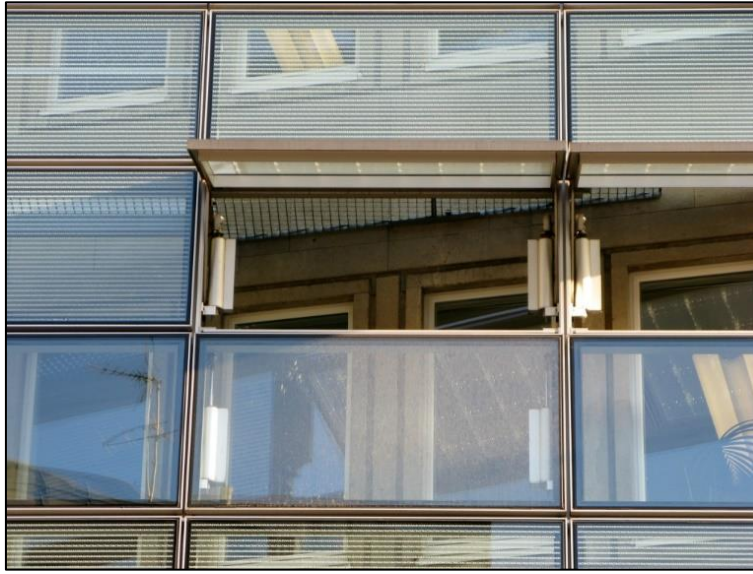
Kamaşma ve aşırı ısınma gibi ikincil etkiler olmaksızın, odanın iç kısmına doğrudan güneş ışığını göndererek, binalarda yapay aydınlatma ihtiyacını azaltmak için doğal güneş ışığının kullanılmasıdır (Ruck ve diğerleri, 2000). Bu nedenle tasarımcılar, binalarda gün ışığının yararlı etkilerinin yararlanarak, doğrudan güneş ışığının olumsuz etkilerini en aza indirerek, ışığı alana yönlendirmek için birçok strateji kullanmışlardır. Bu stratejiler yansıtıcı mimari unsurları içermektedir (McGuire, 2005). Bu sistemlere lazer kesim paneller ve prizmatik paneller örnek olarak gösterilebilir. Bu sistemlerin içine panjur, jaluzi ve ışık rafları da dahil edilebilir. Ancak bu elemanlara gün ışığı yönlendirme sistemlerinde yer verilmiştir.

2.3.1. Prizmatik paneller

Prizmatik paneller, gölgeleme elemanı olarak kullanıldıklarında doğrudan gelen güneş ışığını yansıtırken daha homojen olan yayınlık gök ışığının içeri alınmasına olanak tanımaktadırlar. Prizmatik panel sisteminin tasarımı, güneş ışığını yönlendirmek için kırılma prensibine dayanmaktadır (Bkz. Resim 2.12). Eğimlerine bağlı olarak, sistem, istenen tasarım amacına göre gün ışığı içeri almayı veya reddetmeyi sağlamaktadır (Garcia-Hansen,

2006). Sonuç olarak, paneller güneş yükseklik açılarına göre mevsimsel olarak ayarlanmalıdır (Lee ve diğerleri, 2002).

Prizmatik panellerin, bulutlu gökyüzü koşulunun baskın olduğu iklimlerde limitli uygulama alanları varken, açık gökyüzünün baskın olduğu iklimlerde, paneller gün ışığını yönlendirmede ve daha homojen gün ışığı dağılımını sağlamada başarılıdır.



Resim 2.12. İsviçre Basel’de bulunan Suva Binası prizmatik panel örneği (www.basilea.viaggidiarchitettura.it)

2.3.2. Lazer kesim paneller

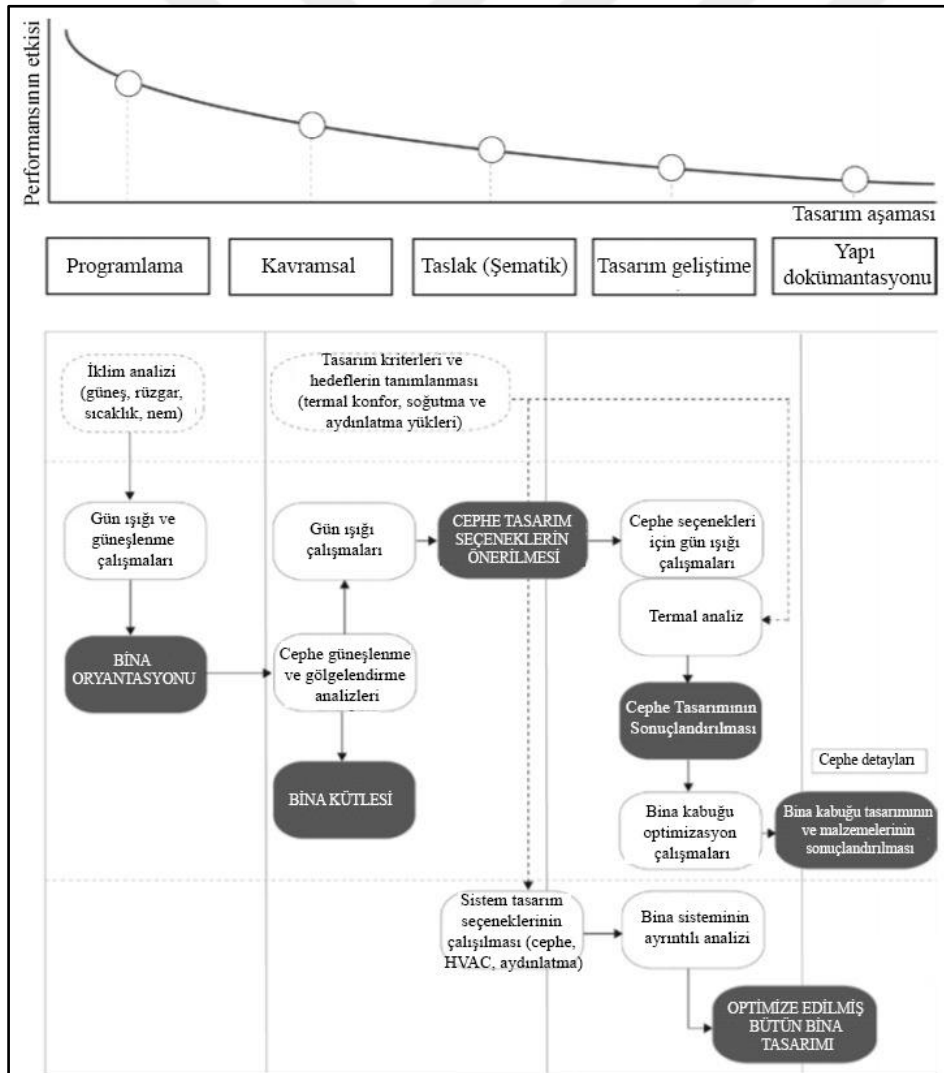
Gün ışığını yönlendirmede kullanılan lazer kesim paneller, saydam akrilik malzemeden yapılmış ince panellere lazer kesim uygulanarak oluşturulan sistemlerdir (Bkz. Resim 2.13). Paneller, gelen ışınları panel içinde kırma–yansıtma–kırma işlemlerinden geçirerek iç mekana alır ve ışınları hep aynı açıda yönlendirdiğinden sistemden elde edilen verim oldukça yüksektir. Bu elemanların dezavantajları, hafif bozuk dış görüntüleme ve kontrolsüz kamaşmadır (Lee ve diğerleri, 2002).



Resim 2.13. Lazer kesim panel örneği (www.solartran.com)

3. GÜN IŞIĞI PERFORMANS ANALİZİ METODOLOJİSİ

Bina performansı simülasyonları, enerji tasarruflu ve yüksek performanslı binalar için tasarım sürecinin ayrılmaz bir parçasıdır, çünkü tasarım seçeneklerini araştırmaya ve tasarım kararlarının çevre ve enerji üzerindeki etkilerini değerlendirmelerine yardımcı olur (Aksamija, 2009; Augenbroe ve diğerleri, 2004). Sürdürülebilir, yüksek performanslı bina cepheleri için tasarım sürecinin önemli bir parçasıdır. Tasarım sürecinin farklı aşamalarındaki nicel tahminler, farklı tasarım stratejileri kullanarak iyileştirmeleri ölçmek için kullanılabilecek ölçümlerin oluşturulmasına yardımcı olur. Bina performansını değerlendirmek ve optimize etmek için, farklı analiz çevrimleri entegre tasarım sürecinin bir parçası olmalıdır (Punjabi ve Miranda, 2005).



Şekil 3.1. Yüksek performanslı yapı kabuğu tasarımına bina performans analizi prosedürlerini dahil etme çerçevesi (Aksamija, 2013)

Şekil 3.1 yapı kabuğu tasarımına odaklanarak, proje aşamalarıyla ilgili temel performans analizi türlerini göstermektedir. Diyagramın üst bölümü, kararların gerçek bina performansı üzerindeki etkisini ve proje aşamalarıyla ilişkilerini göstermektedir. Görülebileceği gibi, programlama aşaması gibi erken aşamada analiz; iklim bilgisi, oryantasyon ve bina kütlesi gibi bağlamsal yönle odaklanmalıdır. Daha sonra kavramsal ve taslak (şematik) aşamalarda, analiz, cephe için önerilen tüm güneş gölgeleme yöntemini çevreleyen binaların gölgelenmesine göre gözlemler. Genellikle, güneş ışığının farklı tasarım seçeneklerinin yinelemeli bir döngüsünün yanı sıra gün ışığı çalışmaları da analiz edilmelidir. Buradaki kararlar tasarıma etki eder, çünkü bunlar projenin tasarım karakterini, potansiyel enerji kullanımının azaltılmasını ve mekanların içindeki konfor seviyelerini etkiler. Vurgulanması gereken önemli olan, bu tür bir analizin çoğunlukla tasarım geliştirme sırasında ve inşaat dokümantasyon aşamasında daha az gerçekleşmesidir (Aksamija, 2013).

Detaylı bir enerji modeli üretilmeden önce tasarımcıların bina enerji performansını erken ve şematik proje aşamalarında değerlendirmeleri önem kazanmıştır. Bu, projeyi yanlış yönlendirilen enerji hedefleri nedeniyle büyük değişikliklerden kurtarır. Bununla birlikte, bina performans değerlendirmesi uzun bir süreçtir ve genellikle iki ana yöntemle yapılır. Birinci yöntem, iki aşamayı takip ettiği ve her biri uygun araçları kullandığı enerji analiz bölümüdür. Bunlar:

1. Enerji amaç ve hedeflerini anlamak: Amaç, farklı tasarım şemalarına göre değerlendirmek için projenin başında bazı anlamlı enerji performansı hedefleri oluşturmaktır. Bununla birlikte, ilk tasarım özellikleri ve kararları:alan, bina oryantasyonu, iklim koşulları, gölge aralıkları, temel güneş ışığına maruz kalma ve yere dayalı pasif stratejilerdir.
2. Tasarım çözümleri ve optimizasyonu: Proje tasarım geliştirme aşamasına geçtiğinde ortaya çıkar. Örneğin, yapı kabuğu dış cephe konfigürasyonlarına dayanan performans analizi döngülerinden geçer. Bu yaklaşımda, daha detaylı bir üç boyutlu prototip model kullanılarak farklı tasarım seçenekleri test edilebilir ve aşağıdaki analiz türleri gerçekleştirilebilir: toplam güneş radyasyonu, gölgeleme analizi, gün ışığı simülasyonları ve enerji kazanımlarının dağılımını belirlemek için cephe güneş ışığına maruz kalma analizi (doğrudan güneş, iç kazançlar ve dış kazançlar) (Aksamija, 2013).

3.1. Gün Işığ $\acute{\imath}$ Metrikleri

Metrik; nicel ölçüleri, ölçümleri ifade etmektedir. Hesaplama metrikleri, dinamik ve statik olmak üzere iki gruba ayrılır. Statik hesaplama, belirli bir zamanda ve belirli koşullarda değerlendirilen bir hesaplama türüdür. Dinamik hesaplama ise yıl boyunca yıllık hava durumu bilgileri ve değişen koşullara göre dinamik bir hesaplama yapmaktadır. Bu analizleri kullanmak ve farklı koşullardaki gün ışığı sistemlerinin seçeneklerini farklı koşullarla karşılaştırmak, gün ışığını göz önüne alarak en uygun seçeneği bulmanın yolunu açmaktadır (Reinhart ve diğerleri, 2006). Dinamik metriklerin diğer adı iklim etkin metriklerdir.

Yıllar boyunca çok sayıda gün ışığı metriği geliştirilmiştir. Her metriğin güçlü ve zayıf özellikleri bulunmaktadır. Bazı metrikler gökyüzü tipini kullanarak ölçüm yaparken bazıları tarih ve saate göre ölçüm yapmaktadır. Farklı gün ışığı metriklerinin amacı, tasarımcıların daha iyi gün ışığı ve konforlu alanları seçmesini sağlamaktır. Gün ışığı otonomisi, gün ışığı kullanılabilirliği (Dav), sürekli gün ışığı otonomisi (cDA) ve faydalı gün ışığı aydınlık düzeyi (UDI) gibi iklim tabanlı metrikler çeşitli simülasyonlar için güneş ve gökyüzü koşullarını simüle etmek için Energy Plus iklim verilerini (Energy Plus weather data) kullanmaktadır. İklim etkin metriklerin ikinci önemli yönü, tüm yılı dikkate alarak yıllık hesaplamalar yapıyor olmalarıdır. Metrikler, hesaplama motorları olarak Radiance ve Daysim'i kullanmaktadır (DIVA4rhino.com).

Gün ışığı faktörü (DF)

CIE bulutlu gökyüzü altında, bir binadaki çalışma düzlemindeki iç aydınlığın, dış aydınlığa oranı olarak tanımlanır (Reinhart ve diğerleri, 2006). Gün ışığı faktörü iyi tanımlanmış ve hesaplanması basit olsa da, yönlendirme, gölgeleme ve kamaşma kontrolü veya gökyüzü koşullarındaki değişikliklerini dikkate almaz. Gün ışığı faktörü, çoğunlukla bulutlu gökyüzü durumu için önerilmiştir ve diğer gökyüzü koşulları için kullanılamaz. Gün ışığı faktörü iyi gün ışığı tasarımının bir ölçütü değildir. Bir alandaki ortalama gün ışığı koşullarının genel bir raporunu verebilir, ancak aşırı yüksek aydınlık durumlarına değinmez (Gadelhak, 2013).

Herhangi bir zamanda yapılan ölçüm (SPT)

Bu metrikte, belirli bir noktada aydınlık hesaplaması yılın belirli bir zamanı için ölçülebilmektedir. SPT yöntemi, oryantasyon ve gölgeleme mekanizmaları gibi tasarımlardaki farklılıkları hesaplar. Ancak, binaların işlevlerindeki değişikliklerle, tüm yıl boyunca çeşitli koşulları temsil eden farklı ölçüm zamanları hesaba katılması istenmektedir. Bu nedenle, Yıllık hesaplamalar yapan dinamik metrikler geliştirilmiştir (Elkhatieb, 2016).

Devamlı gün ışığı otonomisi (cDA)

Rogers tarafından 2006 önerilen cDA, gün ışığı otonomisi metriğinin değiştirilerek oluşturulmuş bir versiyonudur. Devamlı gün ışığı otonomisi, belirli bir noktadaki gün ışığı aydınlatmasının görev/ortam aydınlatma eşiğinin altında kaldığı zamanlara kısmi bir sayı vermektedir. Örneğin, bir nokta 400 lüks alındığında ancak gerekli aydınlık 500 lüks olduğunda, nokta o zaman adım için $400/500$ ya da %80 hesaplanır (Elkhatieb, 2016). Bu yöntem, gün ışığına tam olarak doygun olmayan ancak gün ışığına katkı sağlayabilecek alanları hesaplamaktadır (Reinhart ve diğerleri, 2006).

Mekansal gün ışığı otonomisi (sDA)

Belirli bir alan için gün ışığı aydınlık yeterliliği ölçüsü, analiz süresinin belirli bir yüzdesi için belirli bir aydınlığı (örneğin, 300 lüks) geçen bir taban alanı yüzdesini rapor etmektedir (Illuminating Engineering Society, 2012).

Mekansal gün ışığı otonomisi, yıllık kullanım saatlerinin % 50'si için en az 300 lüks'e ulaştığı alanın yüzdesidir. Ek olarak, yıllık güneş ışığına maruz kalma (ASE) adı verilen bir metrik kullanılarak doğrudan gün ışığı (>1000 lüks) oluşumunun yıllık olarak değerlendirilmesi yapılmaktadır. Metrik, yılda 250 saatten fazla bir süre doğrudan gün ışığı alan değerlendirilen alanın % 10'luk bir eşiğini belirler. Bu metrik, LEED'in gereklerini yerine getirmek için kullanılmaktadır.

Gün ışığı otonomisi (Da)

Gün ışığı otonomisi, günümüzde yaygın olarak dinamik gün ışığı ölçümleri olarak adlandırılan yıllık gün ışığı metrikleri serisinin ilkidir. Bu yöntem, çalışma düzleminde minimum aydınlık seviyesine göre ve belirtilen aydınlık seviyesini göstermek için coğrafi spesifik hava durumu verilerini dikkate alarak bir yıllık gün ışığı yüzdesi temsil etmektedir (Rahimzadeh, 2015).

Faydalı gün ışığı aydınlık düzeyi (UDI_{100-2000lux})

Faydalı gün ışığı aydınlık düzeyi (UDI), gün ışığı otonomisinden (Da) geliştirilmiş bir metriktir. 0-100 lüx, 100-2000 lüx ve 2000 lüx'ün üzeri olmak üzere üç aydınlatma aralığında gün ışığı seviyesini hesaplamaktadır. Yararlı gün ışığı seviyeleri elde edildiğinde, gün ışığı düzeyi ne karanlık (<100 lüx) ve ne de parlaktır (> 2000 lüx) (Olbing ve Beliveau, 2009).

Gün ışığı kullanılabilirliği (Dav)

Bölgesel hava durumu verilerine göre, saatlik ve alt saatlik zaman serilerindeki yıllık aydınlatma profillerinden hesaplanmaktadır. Gün ışığı otonomisi (Da) ve faydalı gün ışığı aydınlık düzeyini (UDI) birleştirerek geliştirilmiştir. Bu analiz metriği, gün ışığı otonomisine (Da) benzer olarak “gün ışığı alanları (daylit)”, yeterli gün ışığı zamanının yarısına ulaşan “kısmi gün ışığı alanları (partially)” ve çalışma süresinin en az % 5'i için fazla gün ışığına ulaşıldığında uyarı sağlayan “aşırı gün ışığı alanı (olası kamaşma alanı) (overlit)” olmak üzere üç değerlendirme seviyesi sunmaktadır (Reinhart ve Wienold, 2011).

Gün ışığı kamaşma olasılığı (DGP)

DGP, bir kişinin kamaşmadan etkilenme olasılığını tahmin eden ve öznel bir kullanıcı ölçümünden türetilmiştir (Wienold ve Christoffersen, 2006). Bu ölçüm, konfor değerlendirmesinde kullanılır ve görüşün parlaklığını, “yansıma” kaynaklarının konumunu ve görsel kontrastı dikkate alır. DGP %45 veya daha büyükse kamaşma dayanılmaz, %40 ile % 45 arasında ise rahatsız edici, %40 ile %35 arasında ise algılanabilir ve %35'ten az olduğunda algılanamaz seviyede kabul edilmektedir (Wienold, 2009).

Çizelge 3.1’de yukarıda tariflenen metriklerle ait karşılaştırma tablosu verilmektedir.

Çizelge 3.1. Gün ışığı metriklerinin karşılaştırma tablosu (Ofis binaları için)

Gün Işığ İ Metrikleri	Kısaltması	Gökyüzü Tipleri	Minimum Eşik Değeri		Maksimum Eşik Değeri		Hesapla ma türü
Gün Işığ İ Faktörü	DF	CIE Bulutlu	2-5%		Belirsiz		Yıllık
Herhangi bir zamanda aydınlık düzeyi ölçümü	SPT	Tümü	500 lüx		Belirsiz		Belirli bir zamanda
Gün ışığ İ Otonomisi	Da	Tümü	500 lüx		Belirsiz		Yıllık
Devamlı Gün ışığ İ Otonomisi	cDA	Tümü	500 lüx		Belirsiz		Yıllık
Mekansal Gün ışığ İ Otonomisi ve gün ışığ İna maruz kalma	sDA ve ASE	Tümü	Yıllık kullanım saatinin %50'si 300 lüx		Yılda 250 saatten fazla süreyle doğrudan gün ışığ İ alan alanın% 10'u		Yıllık
Faydalanılabilir Gün ışığ İ Aydınlık Düzeyi	UDI	Tümü	100 lüx 300 lüx		2000 lüx 3000 lüx		Yıllık
Gün Işığ İ kullanılabilirliğ İ	Dav	Tümü	500 lüx		5000 lüx (Hedef aydınlık düzeyinin 10 katına ve çalış ma alanının %5'ine ulaşt ığında uyarı verir)		Yıllık
Gün Işığ İ Kamaş ma Olasılığ İ	DGP	Tümü	Algılanamaz	Algılanabilir	Rahatsız edici	Dayanılmaz	Yıllık ve Belirli bir zamanda
			DGP < %35	%40 > DGP ≥ %35	%45 > DGP ≥ % 40	DGP ≥ %45	

Gün ışığı aydınlık düzeyi değerleri

Farklı organizasyonlar, ofis alanları için farklı aydınlık seviyeleri önermiştir. Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisleri Topluluğu (IESNA) tipik ofis alanı için 300-500 lüx aralığını önermektedir (IESNA, 2000). Günümüzde ofis çalışma alanları için çoğunlukla 500 lüx aydınlık düzeyi önerilmektedir. Çizelge 3.2’de farklı standartlara ait ofisler için tavsiye edilen aydınlık düzeyleri verilmektedir.

Çizelge 3.2. Farklı standartlara göre ofisler için tavsiye edilen aydınlık düzeyleri (IESNA, 2000), (CIBSE, 1984)

Standartlar	Genel	Çalışma alanı	Okuma
IESNA Standardı	100-500	300-500	300-500
Avrupa Standardı	200-500	500	500
CIE/ISO Standardı	200-500	500	500
CIBSE Kodu	300	500	500

Bu tez çalışmasında; en uygun ve entegre maksimum ve minimum eşik değerleri kullandığından ve olası kamaşma alanları görülebildiğinden dolayı gün ışığı kullanılabilirliği metriği (Dav) kullanılmıştır. IESNA standardına göre ofis alanları için

önerilen aydınlatma değeri 500 lüks olduğundan dolayı, bu tez çalışmasında gün ışığı analizlerinde 500 lüks aydınlık seviyesi kullanılmıştır.

3.2. Aydınlatma Performans Analizinde Kullanılan Simülasyon Yazılımları ve Parametreleri

Son yıllarda erken tasarım aşamasında bina performans simülasyon çalışmaları yapılması önem kazanmıştır. Her programın kendi içinde güçlü ve zayıf özellikleri bulunmaktadır. Aşağıda Çizelge 3.3’de simülasyon programlarına ait karşılaştırma tablosu verilmektedir. Belirtilen yazılımlardan bazıları birbiriyle ortak çalışmaktadır. Örneğin, DIVA yazılımı, Radiance, Daysim, Energy plus, Evalglare yazılımlarından veri alarak analiz çalışması yapmaktadır. Yukarıda bahsedilen yazılımlar, Rhinoceros programı eklentisi veya parametrik çalışmalar yapıldığında Grasshopper yazılımına eklenti olarak çalışabilmektedir. Aynı şekilde Ladybug ve Honeybee yazılımları kendi içinde ayrı yazılımlar olup beraber çalıştığında tabloda belirtilen kriterleri sağlayabilmektedir. Grasshopper yazılımının eklentisi olarak çalışmaktadırlar.

Çizelge 3.3. Bina performans simülasyon programları karşılaştırma tablosu (Alsharif, 2017)

	Güneş analizleri	Güneş maskeleme	Enerji modellemesi	Gün ışığı düzeyi	Güneşlenme düzeyi
Radiance				x	
Energy Plus			x		
Ecotect	x	x	kısıtlı	x	x
DIVA	x		x	x	x
LadyBug HoneyBee	x	x	x	x	x

Bu teze ait alan çalışmasında, tek bir eklentiyle tüm gün ışığı analizleri yapılabildiğinden ve benzer alanda son yıllarda yurtdışında yapılan tez çalışmalarında ağırlıklı olarak tercih edilmesinden dolayı DIVA yazılımı tercih edilmiştir.

Rhinoceros

Rhinoceros, Rhino olarak bilinmektedir. Karmaşık geometri oluşturma yeteneğine sahip bir üç boyutlu modelleme aracıdır. NURBS ve poligon kafes modellemeye bağlıdır. Rhino, Grasshopper gibi birçok eklentiye sahiptir (www.rhino3d.com).

DIVA

Rhino için DIVA, Rhinoceros NURBS modelleyici için oldukça optimize edilmiş bir gün ışığı ve enerji modelleme eklentisidir. Eklenti başlangıçta Harvard Üniversitesi Tasarım Enstitüsü'nde geliştirilmiş ve günümüzde Solemma şirketi tarafından geliştirilmektedir. Rhino için DIVA; radyasyon haritaları, fotogerçekçi renderler, iklim tabanlı gün ışığı metrikleri, yıllık ve belirli zaman için kamaşma analizleri, LEED ve CHPS gün ışığı uyumluluğu ve tek termal bölge enerjisi ve yük hesaplamalarını kapsamaktadır (DIVA4rhino.com).

DIVA, doğrudan Grasshopper arayüzünden çalıştırılabilen bir Rhino eklentisidir. DIVA ve Rhino arasında veri alışverişine izin vererek, sonuçları ve görselleştirmeyi göstermek için arayüz olarak Rhino'yu kullanır. DIVA ölçümleri yapabilmek için aşağıda belirtilen yazılımları kullanmaktadır:

- Radiance;
- Evalglare;
- GenCumulativeSky;
- Daysim.

Yazılımların kendi içinde aldığı Radiance parametreleri; çevre sıçraması (sekmesi) (-ab), çevre dağılımı (-ad), ortam hassasiyeti (-aa), ortam üst örnekleri (-as) ve ortam çözünürlüğü (-ar)'dır. Parametrelerin ne ifade ettiğine dair bilgiler aşağıda tariflenmektedir.

Çevre sıçraması (sekmesi) (-ab), dikkate alınan maksimum dağılan (yayılan) sıçrama sayısını belirtir. Mardaljevic'e göre 4'ten yüksek ab değerleri sonuçlarda yüksek doğruluk sağlamaktadır (Mardaljevic, 1995). Çevre dağılımı (-ad), dolaylı ışınımın hesaplanması için gökyüzüne yansıtılan her noktadan örnekleme ışınlarının sayısını belirtir. Sayı ne kadar yüksek olursa, dolaylı güneş ışınımını öngörmedeki hata o kadar düşük olmaktadır (Jakubiec ve Reinhart, 2011). Ortam hassasiyeti (-aa), dolaylı ışınım enterpolasyonunda izin verilen maksimum hatayı belirtir. Normalde, 1 ile 0,1 arasındaki değerler kullanılmaktadır. Düşük değerler en iyi doğruluğu vermektedir. Değerin sıfıra ayarlanması enterpolasyona neden olmaz (Erlendsson, 2014). Ortam üst örnekleri (-as), iki komşu örnek arasında oluşturulan

ekstra ışınların sayısını temsil etmektedir (Jakubiec ve Reinhart, 2011). Ortam çözünürlüğü (-ar), ortam değerlerinin yoğunluğunu/sıklığını kontrol etmektedir (Jakubiec ve Reinhart, 2011).

Gökyüzü tipleri (durumu)

DIVA yazılımının ve diğer yazılımların kullandığı birçok gökyüzü tipi aşağıda tariflenmektedir. Ancak simülasyonlar için yaygın olarak kullanılan gökyüzü tipi bulutlu ve güneşli gökyüzüdür.

Güneşli gökyüzü: CIE açık gökyüzü modeli için Radiance programındaki tanımını oluşturmaktadır. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından tanımlanan standart bir dosyadır (diva4rhino.com).



Resim 3.1. Güneşli gökyüzü örneği (Selkowitz, 2001)

Bulutlu Gökyüzü: CIE bulutlu gökyüzünü modellemek için Radiance programını kullanmaktadır. Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE) tarafından tanımlanan standart bir dosyadır. Bu gökyüzü tipi, gün ışığı faktörü (DF) için referans gökyüzü tipidir (diva4rhino.com).



Resim 3.2. Bulutlu gökyüzü örneği (Selkowitz, 2001)

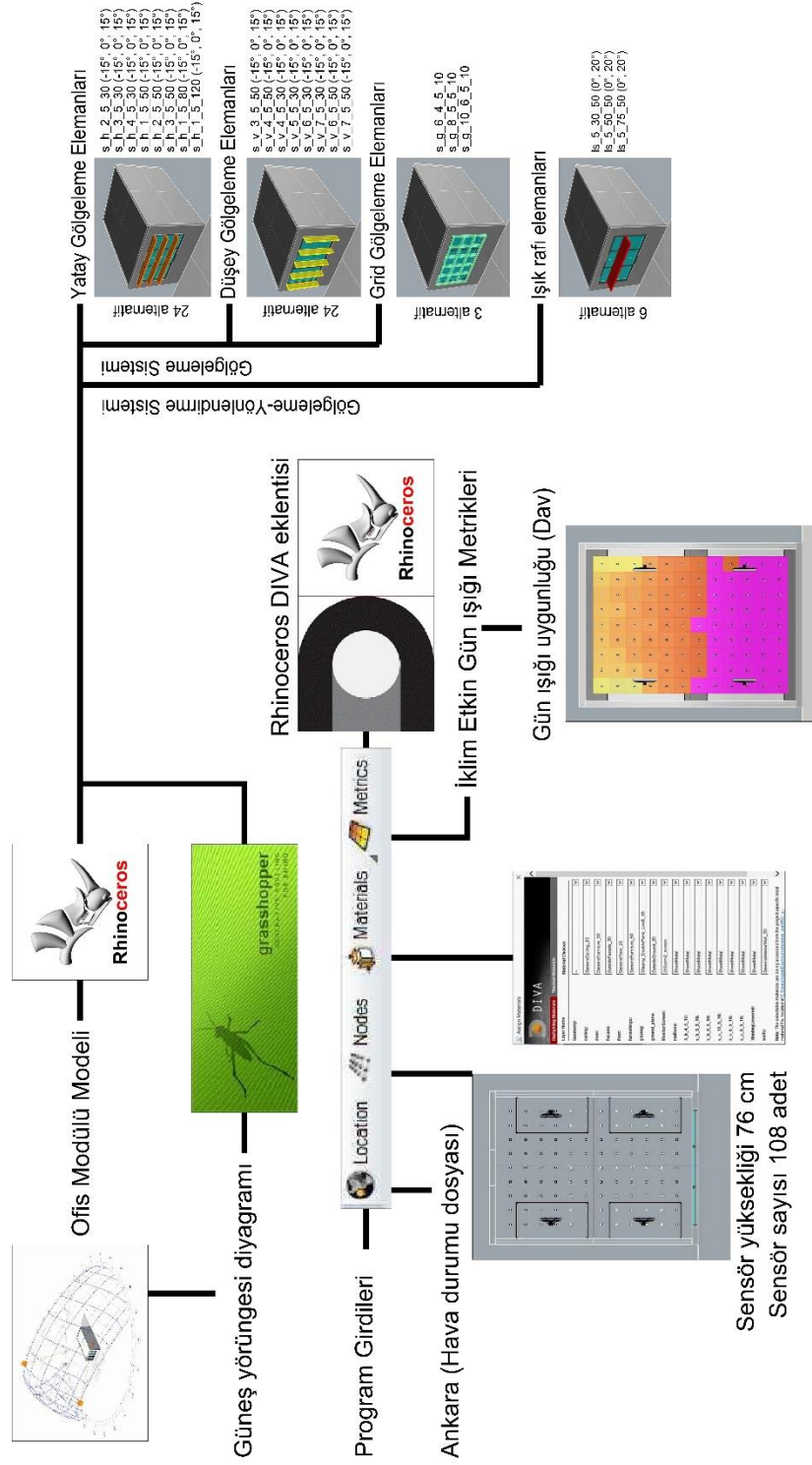
Özel Gökyüzü: Belirli bir gökyüzü modeli yani özel bir gökyüzü modeli oluşturulmak istendiğinde ölçülen değerler doğrultusunda belirli tarih ve saat ile oluşturulan gökyüzü tipidir (diva4rhino.com).

Güneşsiz açık gökyüzü: Güneşsiz olarak açık gökyüzü ile aynı özellik göstermektedir. Bazı tasarımcılar, bu teorik (fiziksel olmayan) gökyüzünü gök yarı küresinden ve doğrudan güneş ışığından gelen ışıklandırma katkılarını ayırt etmek için kullanabilmektedir (<http://diva4rhino.com>).

Tek tip gökyüzü: Temel tek tip gökyüzü modeli CIE bulutlu ve diğer gökyüzü modelleri tanıtılmadan önce yazılımdan kullanılan gökyüzü tipidir (diva4rhino.com).

4. ALAN ÇALIŞMASI

Alan çalışmasına ait akış şeması aşağıda verilmektedir.



Şekil 4.1. Alan çalışması akış şeması

4.1. Kabuller ve Sınırlılıklar

Bu bölümde tip ofis modülü, program ve analizlerin yapılacağı güneş kontrol elemanlarına ait kabul ve sınırlılıklardan bahsedilmektedir.

4.1.1. Tip ofis modeli varsayım ve kabulleri

Konum ve hava durumu bilgileri

Alan çalışması Türkiye’de Ankara ilinde yapılmıştır (40.12 N / 32.98 W). Bu konum bilgileri programın Ankara ili için aldığı değerlerdir. Yıllık gün ışığı aydınlatma simülasyonları, belirli bir konum için saatlik güneş ışıınımı verilerini almak için hava durumu dosyalarını kullanır. Ankara konumu için hava durumu dosyası, Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı'nın (DOE) veri tabanından alınmıştır (energyplus.net).

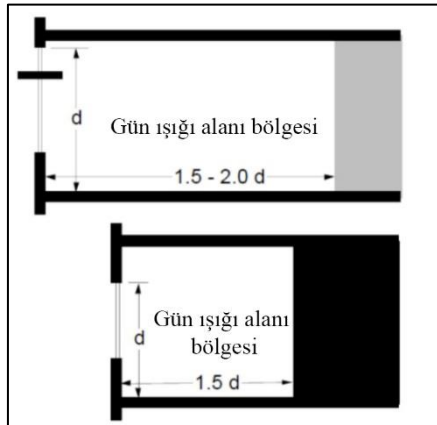
Çizelge 4.1. Ankara iline ait mevsim normallikleri grafiği (www.mgm.gov.tr)

ANKARA	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Son İklim Periyodu (1981 - 2010)													
Ortalama Sıcaklık (°C)	0.7	2.0	6.2	11.4	16.3	20.3	23.7	23.7	19.0	13.2	6.6	2.6	12.1
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	4.7	6.6	11.8	17.2	22.3	26.7	30.3	30.5	26.2	19.9	12.3	6.5	17.9
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-2.7	-2.1	1.1	5.8	9.8	13.3	16.4	16.6	12.2	7.7	2.4	-0.5	6.7
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.3	3.5	5.2	6.3	8.3	10.1	11.1	10.4	9.1	6.3	4.1	2.2	78.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.2	10.4	10.2	12.1	11.9	8.9	3.8	3.0	3.8	7.5	9.2	11.2	103.2
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	36.3	35.4	39.0	51.1	46.7	34.7	16.8	12.3	17.4	33.6	38.5	42.1	403.9
Ölçüm Periyodu (1927 - 2018)													
En Yüksek Sıcaklık (°C)	16.6	21.3	27.8	31.6	34.4	37.0	41.0	40.0	37.7	33.3	24.7	20.4	41.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-24.9	-24.2	-19.2	-7.2	-1.6	3.8	4.5	5.5	-1.5	-9.8	-17.5	-24.2	-24.9

Tip ofis modeli

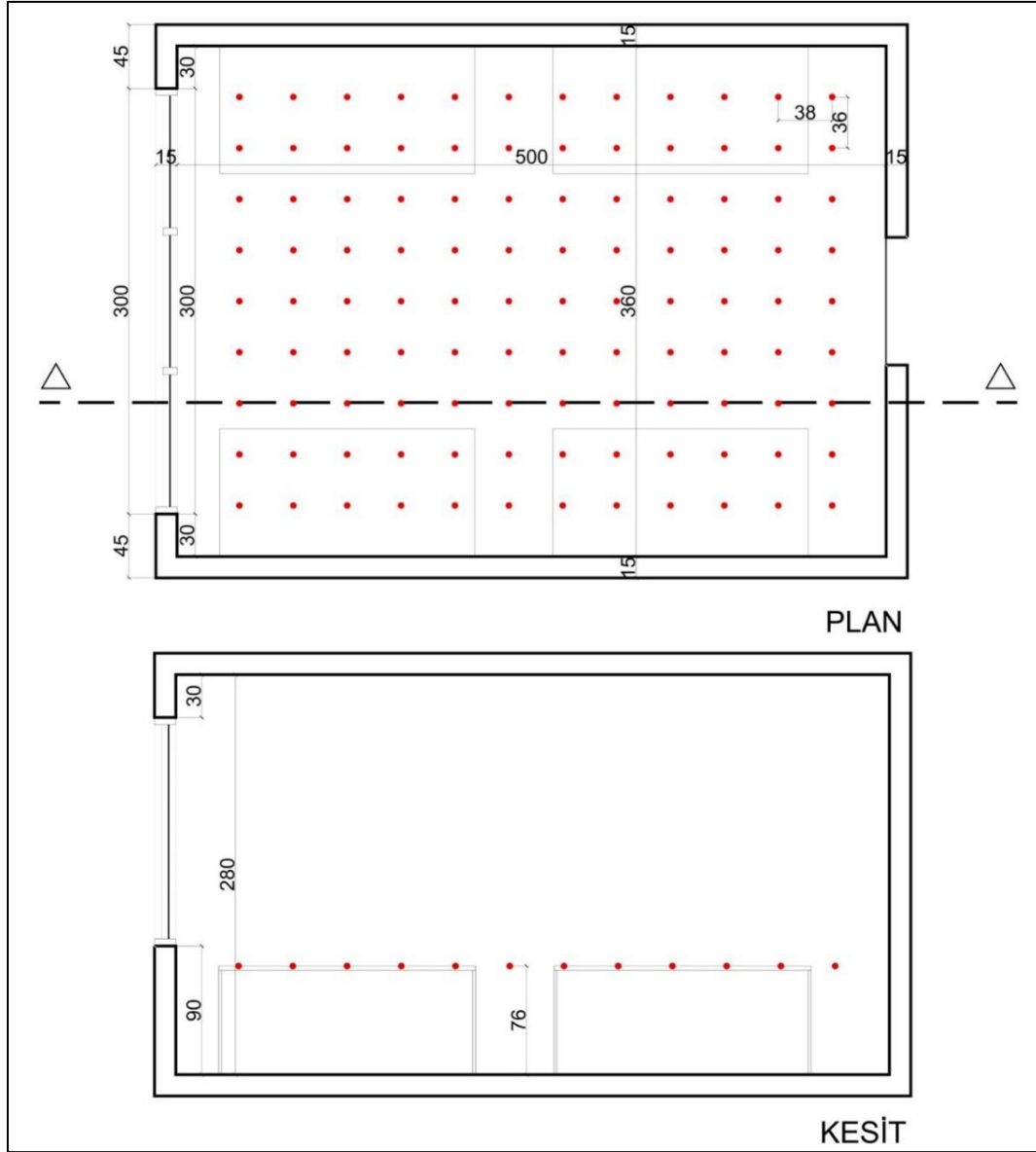
Tip ofis modülü 360 cm eninde, 500 cm derinliğinde ve 280 cm yüksekliğindedir. Tip ofis modülünün serbest bir ufka sahip ve engel bulunmayan zemin seviyesinde olduğu varsayılmıştır. Pencere eni 300 cm, yüksekliği 160 cm'dir. Pencere parapet yüksekliği 90 cm alınmıştır. Tip ofis modülüne ait plan ve kesit Şekil 4.3'te verilmiştir.

Gün ışığı ile ilgili geçmişten günümüze çok sayıda kural bulunmaktadır. Bu kurallarda çoğunlukla, pencere baş yüksekliğine bağlı gün ışığı penetrasyon derinliği ele alınmıştır. Pencere baş yüksekliği, pencerenin bittiği üst kotun zemin seviyesinden uzaklığıdır. Robinson ve Selkowitz'in 2013 yılında yayınladığı "Tips For Daylighting with Windows" isimli raporuna göre, gün ışığı penetrasyon alanı pencere baş yüksekliğinin 1,5-2 katı kadar (Bkz. Şekil 4.2) olmalıdır. Baker ve Steemers'in "Daylight Design and Building: A Handbook for Architects and Engineers" isimli kitabına göre, faydalı gün ışığı derinliği (penetrasyon alanı), zeminden pencere açıklığının üst kotuna olan mesafenin yaklaşık 2 katıdır. Bu çalışmada pencere baş yüksekliği 250 cm'dir. Bu nedenle oda derinliği 500 cm olarak alınmıştır.



Şekil 4.2. Tipik gün ışığı penetrasyon kuralları (Robinson ve Selkowitz, 2013)

Cephe sistemlerinde yatay, düşey ve gridlerin olduğu üç farklı güneş kontrol sistemi ve ışık raflarının olduğu güneş yönlendirme sistemi önerilmiştir. Simülasyon çalışmaları güney ve batı cepheleri için yapılmıştır.



Şekil 4.3. Tip ofis modülü planı ve kesiti

Kullanıcının ofisi kullanım süresi

Simülasyon, hafta içi her gün 09.00-17.00 saatleri arasında yapılmıştır. Yani sekiz saatlik kullanım süresini gösteren bir ofisi temsil etmektedir.

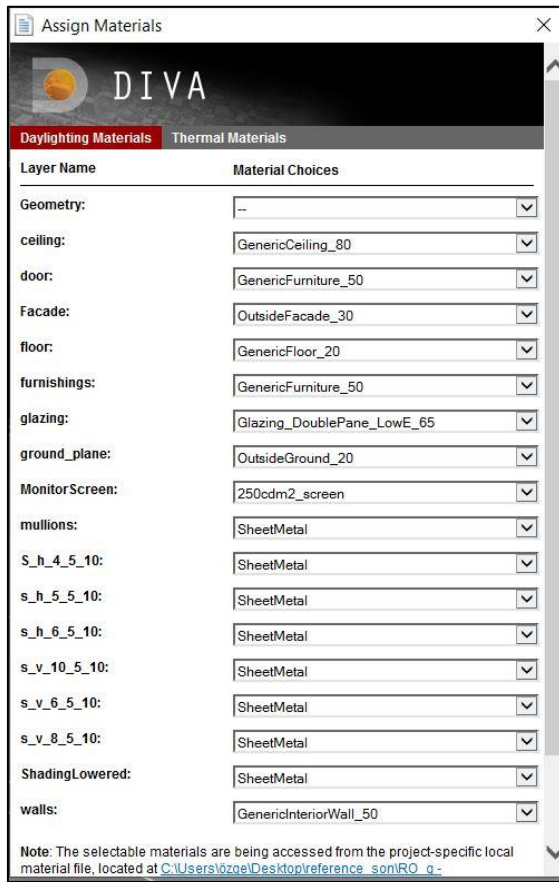
Çalışma düzlemi

Amerika ve LEED standartlarına göre çalışma düzlem yüksekliği, 30 inç yani 76 cm'dir. Bu nedenle gün ışığı performansının analiz edildiği sensörlerin bulunduğu referans düzlem,

zeminden 76 cm yüksekliğe yerleştirilmiştir. Referans düzleme enine 36 cm, boyuna 38 cm aralıklarla toplamda 108 adet sensör yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil 4.3).

Malzeme listesi

Duvarlarda %50, tavanda %80, zeminde %20, mobilya ve kapılarda %50 yansıtıcılık değerine sahip malzeme kullanılmıştır. Programda seçilen malzemeler Resim 4.1’de verilmektedir. Tüm güneş kontrol elemanları için metal malzeme seçilmiştir.

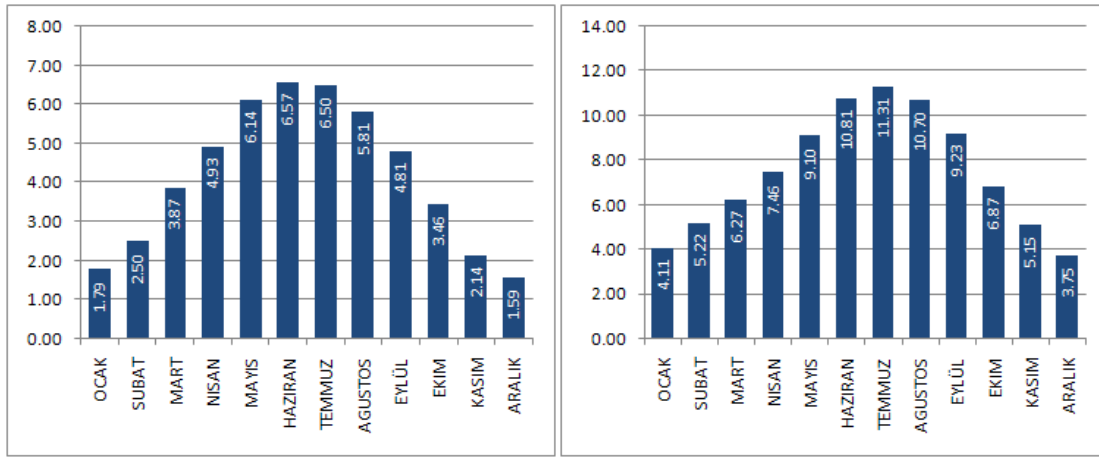


Resim 4.1. Malzeme listesi

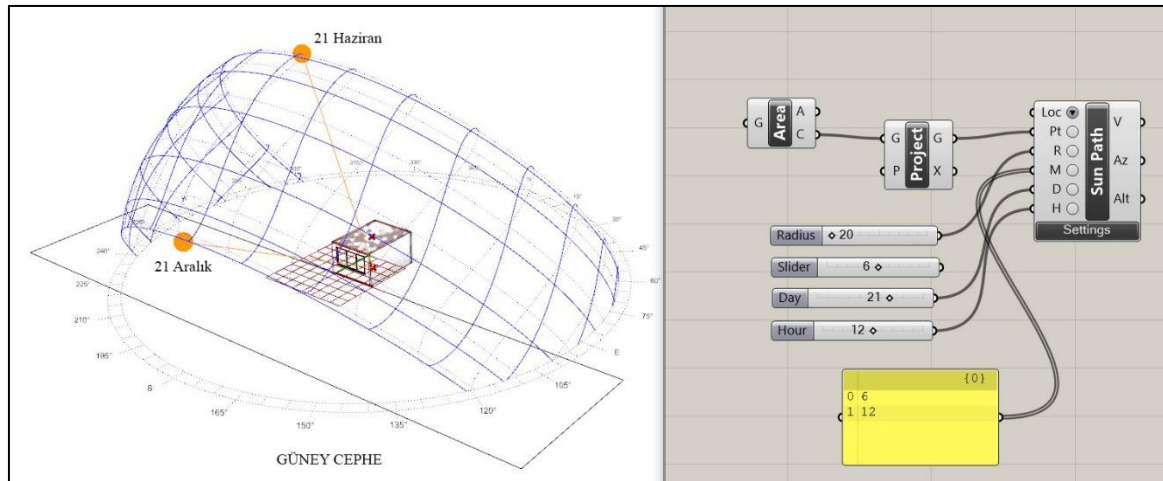
4.1.2. Gün ışığı gölgeleme ve yönlendirme elemanlarının tasarlanması

Bu bölümde güneş kontrol elemanlarının boyutlandırılmasında ele alınan kriterlerden bahsedilmektedir. Ankara’nın yıllık güneş yörüngesi diyagramı dikkate alınmıştır. Abdulkadir Koçer ve diğerlerinin, Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi yayınlamış olduğu “Ankara ve İlçeleri İçin Güneş Kolektörü Optimum Eğim Açısının

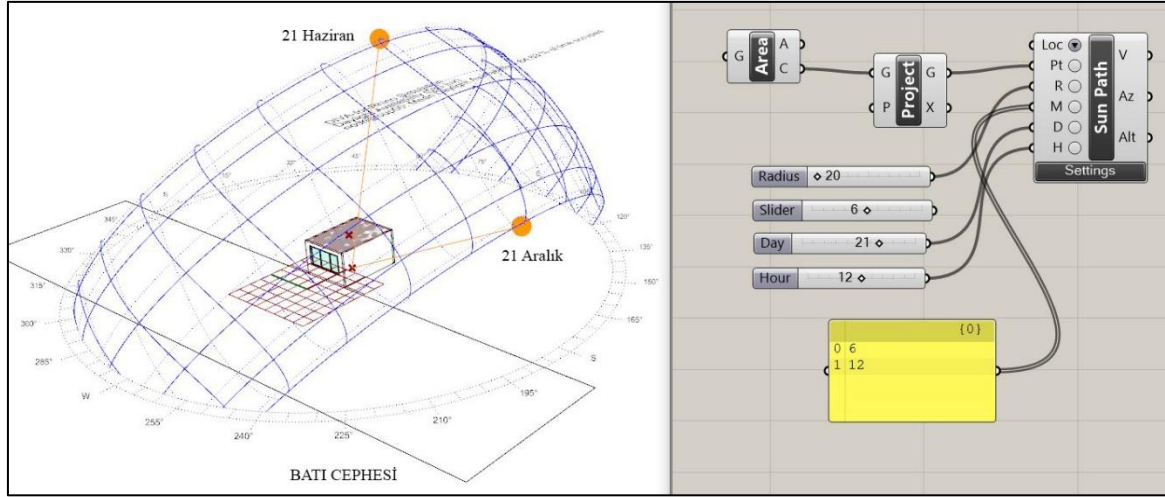
Belirlenmesi” isimli makalesinde güneş ışınları, Ankara il merkezine (39.56° N, 32.52° E) en düşük 26.7° (kış mevsiminde), en dik 73.5° (yaz mevsiminde), ilkbaharda 61.9° ve sonbaharda ise 39.5° açı ile gelmektedir. Ancak DIVA yazılımının kendi data verilerinde Ankara ili için 39° K enlem değeri alınmaktadır. Bu nedenle güneş açıları bu enlem değerleri doğrultusunda tekrar hesaplanmıştır. Buna göre güneşin en yüksek olduğu 21 Haziran ve en düşük olduğu 21 Aralık tarihleri için, en düşük güneş eğim açısı $36^{\circ}33'$, en yüksek eğim açısı ise $73^{\circ}57'$ bulunmuştur. Resim 4.2, Resim 4.3 ve Resim 4.4'te güney ve batı cepheleri için güneş yörüngesi diyagramları verilmektedir.



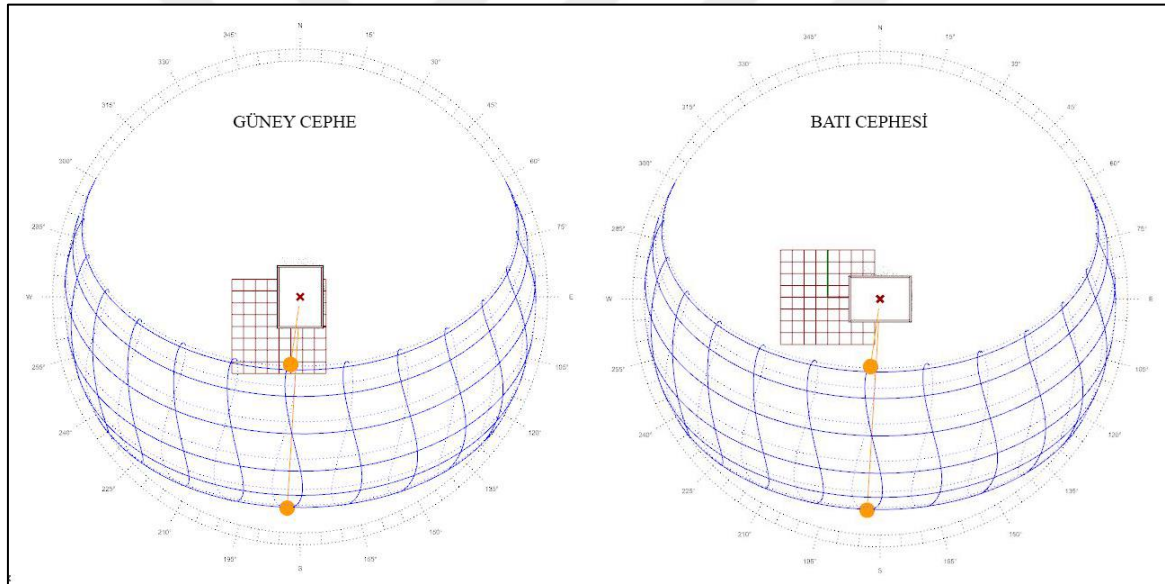
Şekil 4.4. Türkiye global radyasyon değerleri (KWh/m²-gün), Türkiye güneşlenme süreleri (saat) (www.yegm.gov.tr)



Resim 4.2. Güney cephe 21 Haziran ve 21 Aralık tarihleri saat 12:00 için güneş yörüngesi perspektifi (RhinoCeros Grasshopper eklentisi)



Resim 4.3. Batı cephesi 21 Haziran ve 21 Aralık tarihleri saat 12:00 için güneş yörüngesi perspektifi (Rhinceros Grasshopper eklentisi)



Resim 4.4. Güney ve batı cepheleri 21 Haziran ve 21 Aralık tarihleri saat 12:00 için güneş yörüngesi planı (Rhinceros Grasshopper eklentisi)

Gölgeleme ve yönlendirme sistemi elemanlarının boyutları, 30° - 70° aralığındaki eğim açıları doğrultusunda düzenlenmiştir (Bkz. Şekil 4.5). Yatay gölgeleme elemanları için 15° aşağıya, 0° ve 15° yukarıya açıları, düşey gölgeleme elemanları için 15° sağa, 0° ve 15° sola olacak şekilde elemanların kendi içinde eğimli olduğu alternatifler çalışılmıştır. Grid gölgeleme elemanları güneş paravanı olarak çalıştığından ve eleman kesitleri küçük olduğundan dolayı açıları 0° kabul edilmiştir. Işık rafları, güneş eğim açıları (Bkz. Şekil 4.5) ve bu alanda yapılan literatür araştırmalarında aşağıda verilen bilgiler ve formüller doğrultusunda boyutlandırılmıştır.

Selkowitz ve diğerleri (1983), maksimum dış raf uzunluğunun (d dış raf max), pencerenin kayıttan sonra üstünden bulunan cam (h pencereli üst kısım) yüksekliğinin 1,5 katından daha az olması gerektiğini öne sürmüştür.

d dış raf max $< 1.5 \times h$ pencereli üst kısım

Place ve diğerleri (1990), dış yatay ışık rafının derinliği, güney yönelimli cepheler için katiyer penceresinin yüksekliğinin 1,25-1,5 katı (Güney'in her iki tarafında 20° için) ve cephe azimut açıları için katiyen açısının katiyen yüksekliğinin 1,5-2 katı olması gerektiğini savunmuştur.

Littlefair; ışık raflarının davranışını simüle eden çalışmalar yapmıştır. Bulguları, gün ışığı üniformitesinde bir artış olduğunu ancak odanın arkasındaki aydınlık düzeyini önemli ölçüde artırmadığını göstermektedir. Yaptığı analizler, optimum ışık raf boyutları hakkında bazı bilgiler vermiştir. Buna göre; iç raf uzunluğu (d iç raf), pencereli üst kısım yüksekliğine (h pencereli üst kısım) eşit olmalı ve dış raf uzunluğu (d dış raf), çalışma yüksekliği ve ışık raf yüksekliği arasındaki mesafeden küçük olmalıdır (Litthefair, 1995).

d iç raf = h pencereli üst kısım

d dış raf $< h$ ışık rafı – h çalışma düzlemi

Gölgelendirme ve yönlendirme elemanları isimlendirmelerinde aşağıdaki kodlama sistemi kullanılmıştır. Tablolarda ve grafiklerde bu kodlama sistemi doğrultusunda oluşturulmuştur.

Örneğin;

s_h_3_5_30

s: Gölgelendirme elemanı (Shading)

h: Yatay gölgeleme elemanı (Horizontal)

3: Gölgeleme elemanlarının sayısı

5: Gölgeleme elemanının et kalınlığı/eni

30: Gölgeleme elemanının enine boyutu

s_h_3_5_30_15_r

s: Gölgeleme elemanı (Shading)

h: Yatay gölgeleme elemanı (Horizontal)

3: Gölgeleme elemanlarının sayısı

5: Gölgeleme elemanının et kalınlığı/eni

30: Gölgeleme elemanının enine boyutu

15: Gölgeleme elemanı açısı

r: sağa eğimli (right)

s_g_8_5_5_10

s: Gölgeleme elemanı (Shading)

g: Grid gölgeleme elemanı (Horizontal)

8: Yatay elemanların sayısı

5: Düşey elemanların sayısı

5: Gölgeleme elemanının et kalınlığı/eni

10: Gölgeleme elemanının enine boyutu

ls_5_50_50

ls: Işık rafı (Light shelf)

5: Işık rafının et kalınlığı/eni

50: Dış ışık rafının enine boyutu

50: İç ışık rafının enine boyutu

ls_5_50_50_20

ls: Işık rafı (Light shelf)

5: Işık rafının et kalınlığı/eni

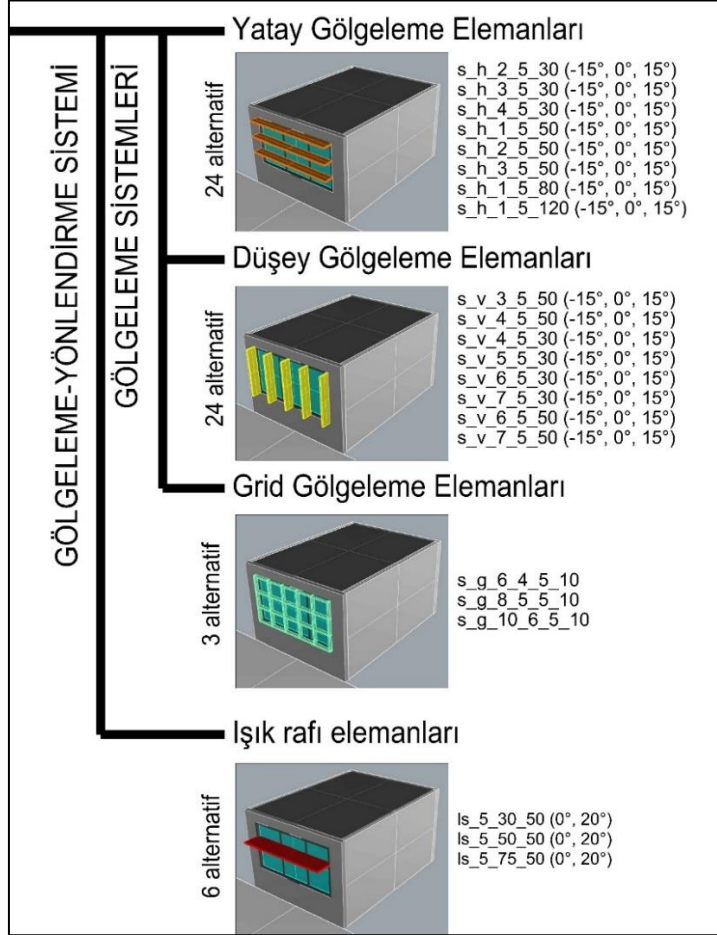
50: Dış ışık rafının enine boyutu

50: İç ışık rafının enine boyutu

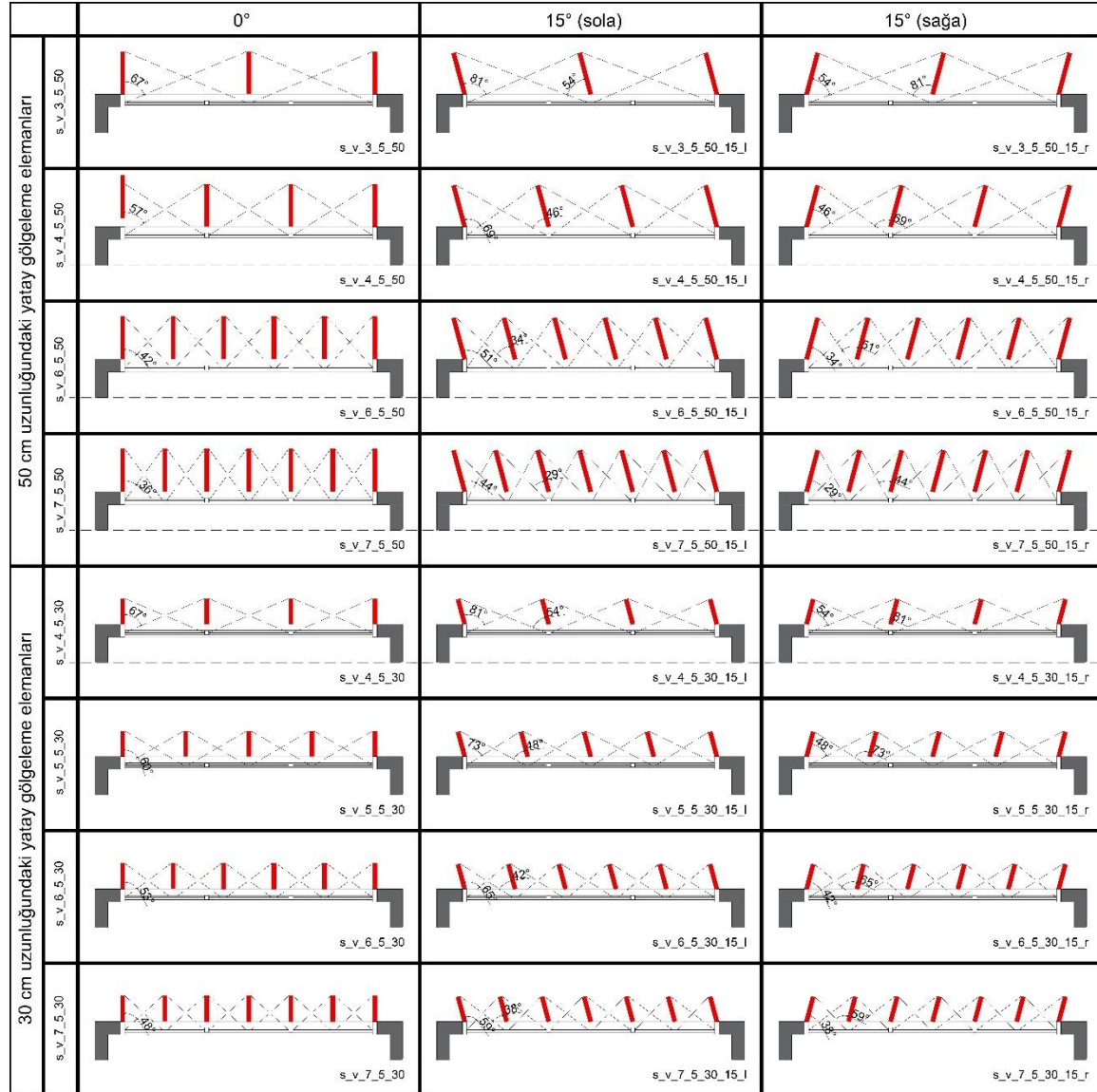
20: Dış ışık rafının açısı

Yukarıda belirtilen teknik kriterler doğrultusunda yatay gölgeleme sistemi için 24 adet (Bkz. Şekil 4.9), düşey gölgeleme sistemi için 24 adet (Bkz. Şekil 4.8), grid gölgeleme sistemi için 3 adet (Bkz. Şekil 4.10) ve ışık rafı için 6 adet (Bkz. Şekil 4.11) güneş kontrol tipi

oluşturulmuştur. Toplamda 57 adet güneş kontrol elemanı için simülasyon çalışması yapılmıştır.



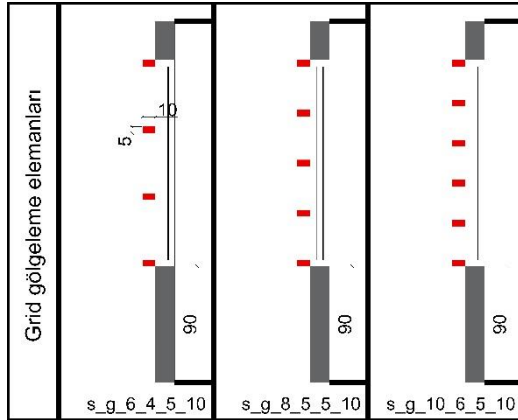
Şekil 4.7. Gün ışığı gölgeleme ve gün ışığı yönlendirme elemanları



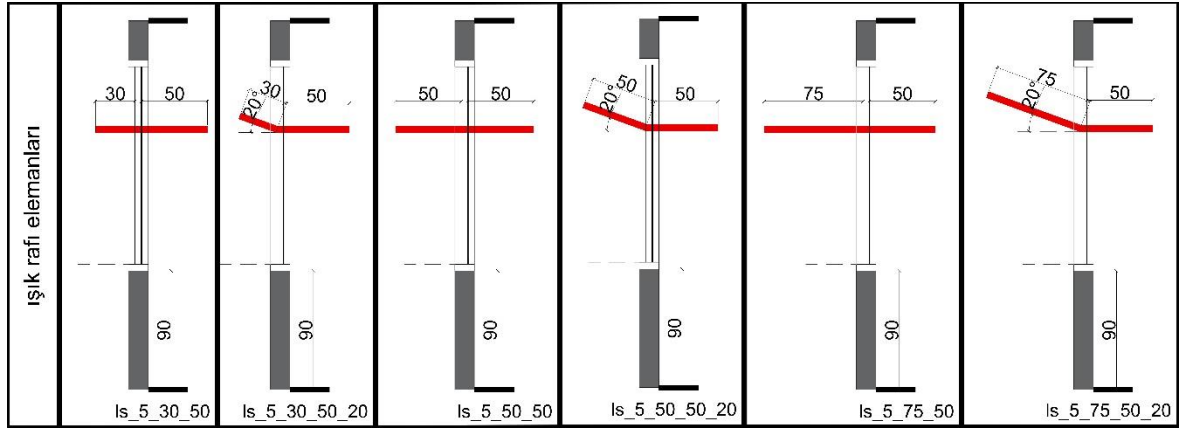
Şekil 4.8. Düşey gölgeleme elemanları

50 cm uzunluğundaki yatay gölgeleme elemanları				30 cm uzunluğundaki yatay gölgeleme elemanları			
	0°	15° (yukarı)	15° (aşağı)		0°	15° (yukarı)	15° (aşağı)
s_h_1_5_50				s_h_2_5_30			
s_h_2_5_50				s_h_3_5_30			
s_h_3_5_50				s_h_4_5_30			
s_h_1_5_80				s_h_1_5_120			
s_h_1_5_80				s_h_1_5_120			

Şekil 4.9. Yatay gölgeleme elemanları



Şekil 4.10. Grid gölgeleme elemanları



Şekil 4.11. Işık rafları (Gün ışığı yönlendirme elemanları)

Yatay elemanları için açılar güneş ışını açıları üzerinden belirlenirken, düşey gölgeleme elemanları, güneş maskeleme yöntemi ile belirlenmiştir.

4.2. Simülasyon Çalışması

Tip ofis modülü modeli ve gölgeleme elemanları Rhinoceros 5 programı kullanılarak modellenmiştir. Gün ışığı analizleri için Rhino DIVA 4.1.0.10 eklentisi kullanılmıştır. DIVA yazılımı aydınlık düzeyi ölçümleri için Daysim ve Radiance yazılımlarından, kamaşma analizleri için Evalglare yazılımından yararlanmaktadır.

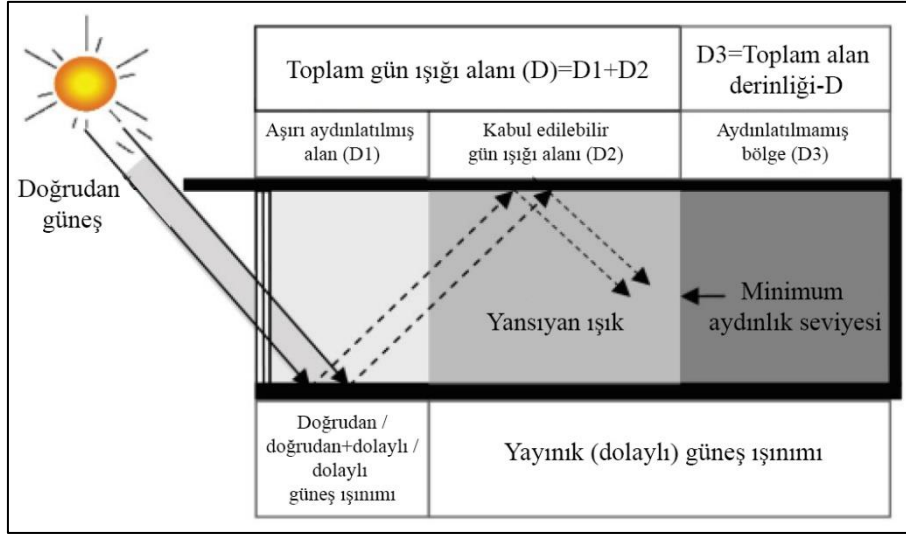
Reinhart tarafından geliştirilen gün ışığı uygunluğu (Dav); gün ışığı otonomisi (Da) ve faydalanabilir gün ışığı aydınlık düzeyi (UDI) birleşimiyle oluşturulmuş ve daha uygun bir işleve sahiptir (Reinhart ve Wienold, 2011). Gün ışığı uygunluğu (Dav) analizi, alan

kullanımını (işgal), çalışma saatini ve çalışma düzleminde ofis için alınan minimum gün ışığı miktarını belirler; daha sonra, yıl boyunca çalışma düzlemine yerleştirilen sensörlerde algılanan gün ışığını araştırır ve hesaplar. Bu ölçüm girdi, simülasyon sonuçları ve yıl içerisinde Radiance yazılımına dayalı yıl boyunca gökyüzü durumu gibi yıllık ortalama hava durumu bilgilerine göre yapılmaktadır. Bu çalışmada hedef aydınlık düzeyi 500 lüks alınmıştır. Resim 4.6'da DIVA programında kabul edilen parametreler görülmektedir.

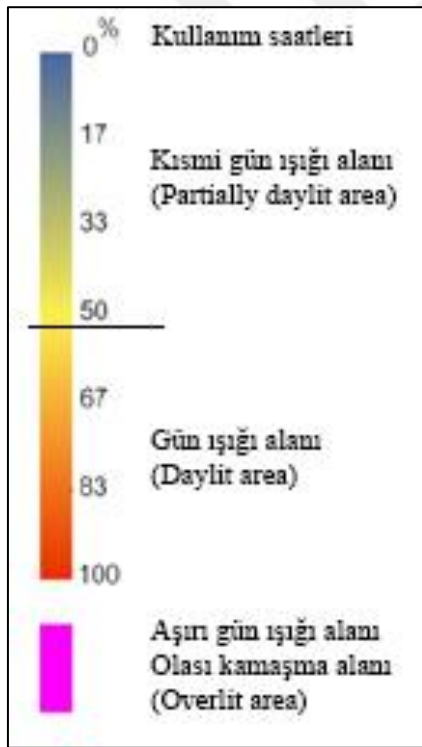
Çalışma düzleminde verilen renk derecelerinin ifadeleri, Resim 4.5'de verildiği gibi “gün ışığı alanı (daylit)”, “kısmi gün ışığı alanı (partially daylit)” ve “olası kamaşma alanı (overlit)” olmak üzere 3 aralıkla tariflenmektedir. Buna göre; olası kamaşma alanı yani aşırı gün ışığı alanı, kullanım zamanının en az %5'inde tespit edilen lüks'ten (500 lüks) 10 kat daha fazla olan noktaları ifade etmektedir. Kamaşma olasılığı yüksek kırmızı noktaları ifade etmektedir.

Gün ışığı alan derinliği

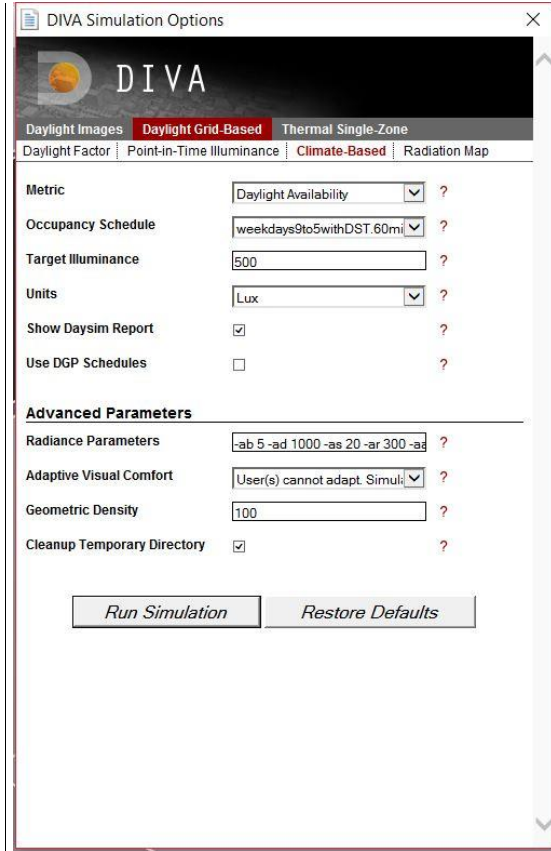
Herhangi bir alanda, bir ışık bölgesi hem doğrudan güneş ışığı hem de dağınık ışıktan veya sadece dağınık ışıktan oluşabilmektedir. Aydınlık seviyelerindeki çeşitlilik, fazla aydınlatılmış alanlar (overlit) (D1), kabul edilebilir gün ışığı alanı (daylit) (D2) ve az aydınlatılmış veya karanlık alan (partially daylit) (D3) yaratmaktadır (Bkz. Şekil 4.12). Kullanılabilir alanı artırmak için kabul edilebilir gün ışığı alanının (daylit) (D2) etkin derinliğini maksimize etmek, gün ışığı aydınlatmasında iyi kalite için ana kriterdir (BNBC, 1993). Hem kamaşmaya eğilimli aşırı gün ışığı alanı (overlit) (D1) hem de az ışıklı veya yapay aydınlatma gerektiren alan (toplam alan derinliği-D), ofis alanları için düşük verimli kabul etmektedir (Trisha ve Ahmed, 2017). Bu çalışmada karanlık alan (underlit) olmadığından dolayı minimum kamaşma alanına sahip ve maksimum gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanına sahip alternatifler verimli olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4.12. Gün ışığı aydınlık düzeyi alanlarının ifadesi (Trisha ve Ahmed, 2017)



Resim 4.5. Gün ışığı alanlarının renklere göre ifade ettikleri aydınlık düzeyi



Resim 4.6. Gün ışığı uygunluğu (Dav) metriği için programda alınan parametreler

Radiance parametreleri kabulleri

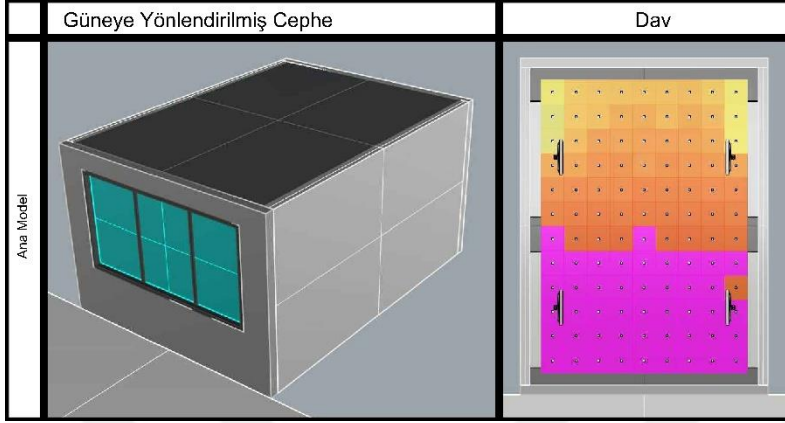
Çizelge 4.2. Alınan Radiance parametre değerleri

Çevre sıçraması	Çevre dağılımı	Ortam üst örnekleri	Ortam hassasiyeti	Ortam çözünürlüğü
(-ab)	(-ad)	(-as)	(-aa)	(-ar)
5	1000	20	0.1	300

4.2.1. Güney cephe için yapılan gün ışığı uygunluğu (Dav) analizleri

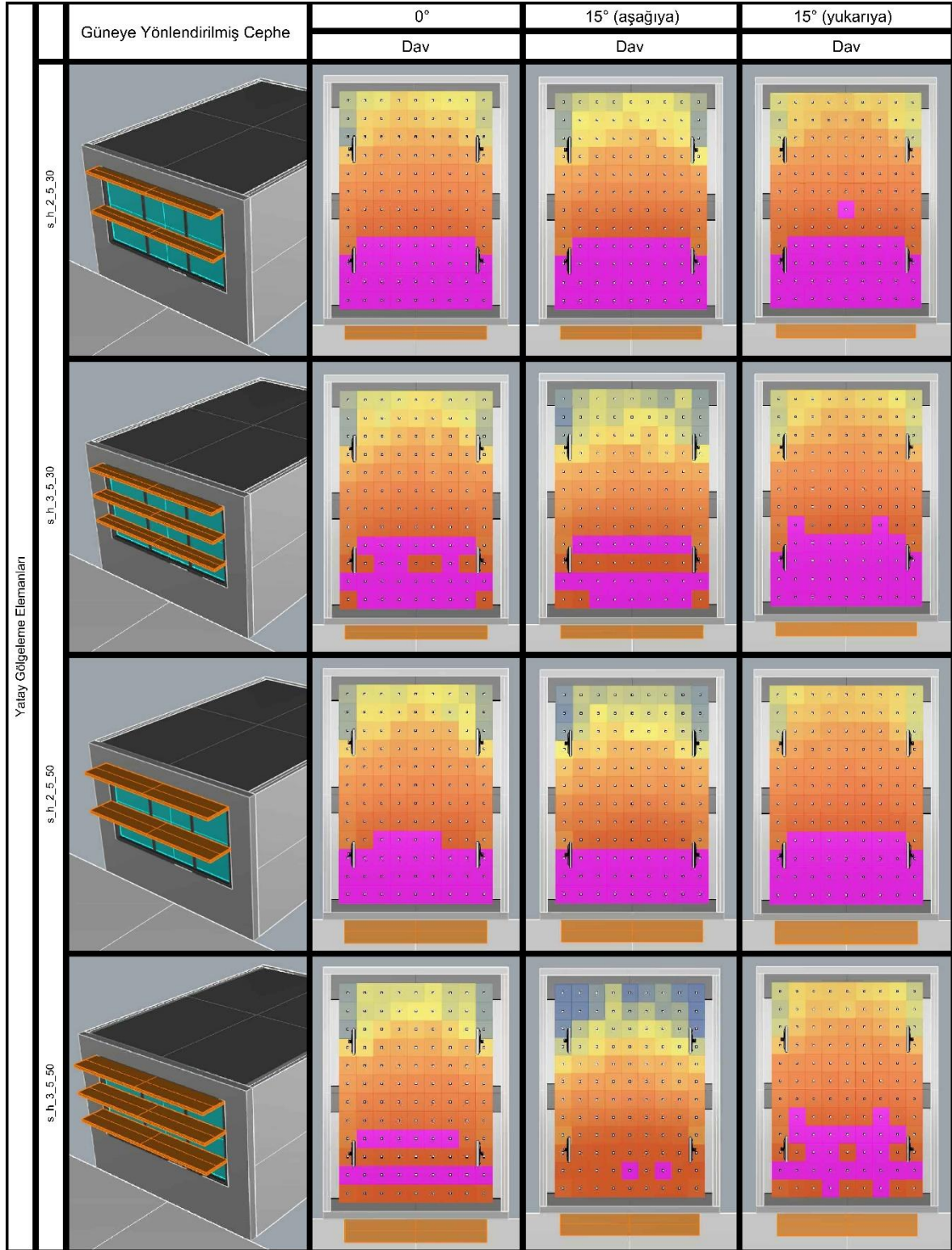
Bu bölümde güney cephe için yapılan Dav sonuçları ve değerlendirmelere yer verilmektedir. Dav analiz sonuçları değerlendirilirken; gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanı toplamının en yüksek olduğu, dolayısıyla olası kamaşma alanını ifade eden aşırı gün ışığı alanının en düşük olduğu alternatifler verimli alternatif olarak değerlendirilmiştir. Gün ışığı alanı ve kısmi gün ışığı toplamı eşit olan alternatiflerde, toplam alanın %50'sinden fazla olan alanı ifade eden

gün ışığı alanı (daylit) alanının yüksek olduğu alternatifler performansı yüksek olarak kabul edilmiştir.

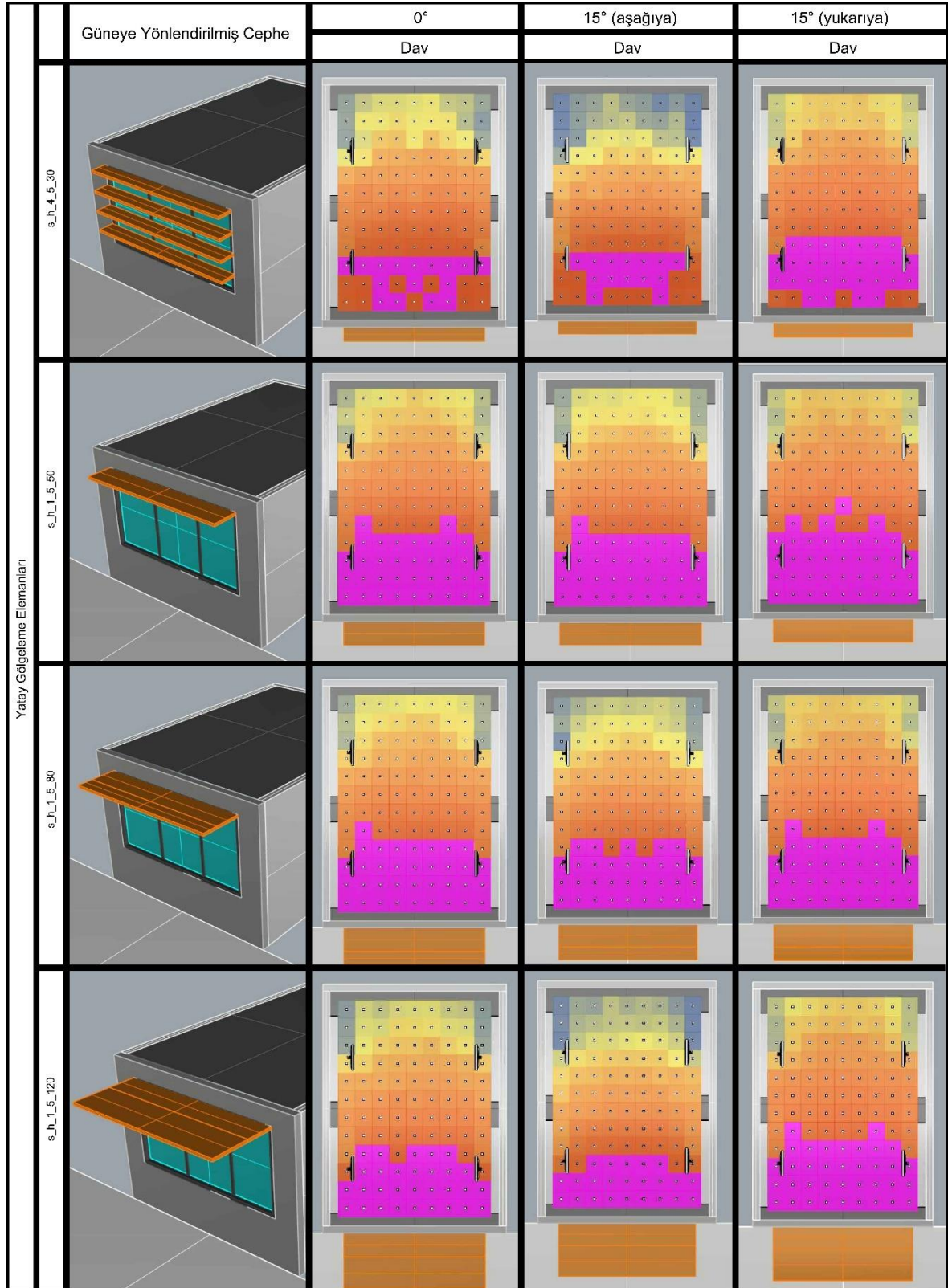


Şekil 4.13. Ana modele ait Dav aydınlık düzeyi (Güney cephe)

Ana modele ait plan aydınlık düzeyi değerleri Şekil 4.13’dedir. Ana modele ait Dav analiz sonuçlarında (Bkz. Şekil 4.12) %51 oranında gün ışığı alanının (daylit) olduğu, %6 oranında kısmi gün ışığı alanının (partially daylit) olduğu ve %43 oranında kamaşma olasılığı taşıyan aşırı gün ışığı alanı (overlit) olduğu görülmektedir.



Şekil 4.14. Yatay gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Güney cephe)



Şekil 4.15. Yatay gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Güney cephe)

Çizelge 4.3. Yatay gölgeleme elemanlarına ait Dav tablosu (Güney cephe)

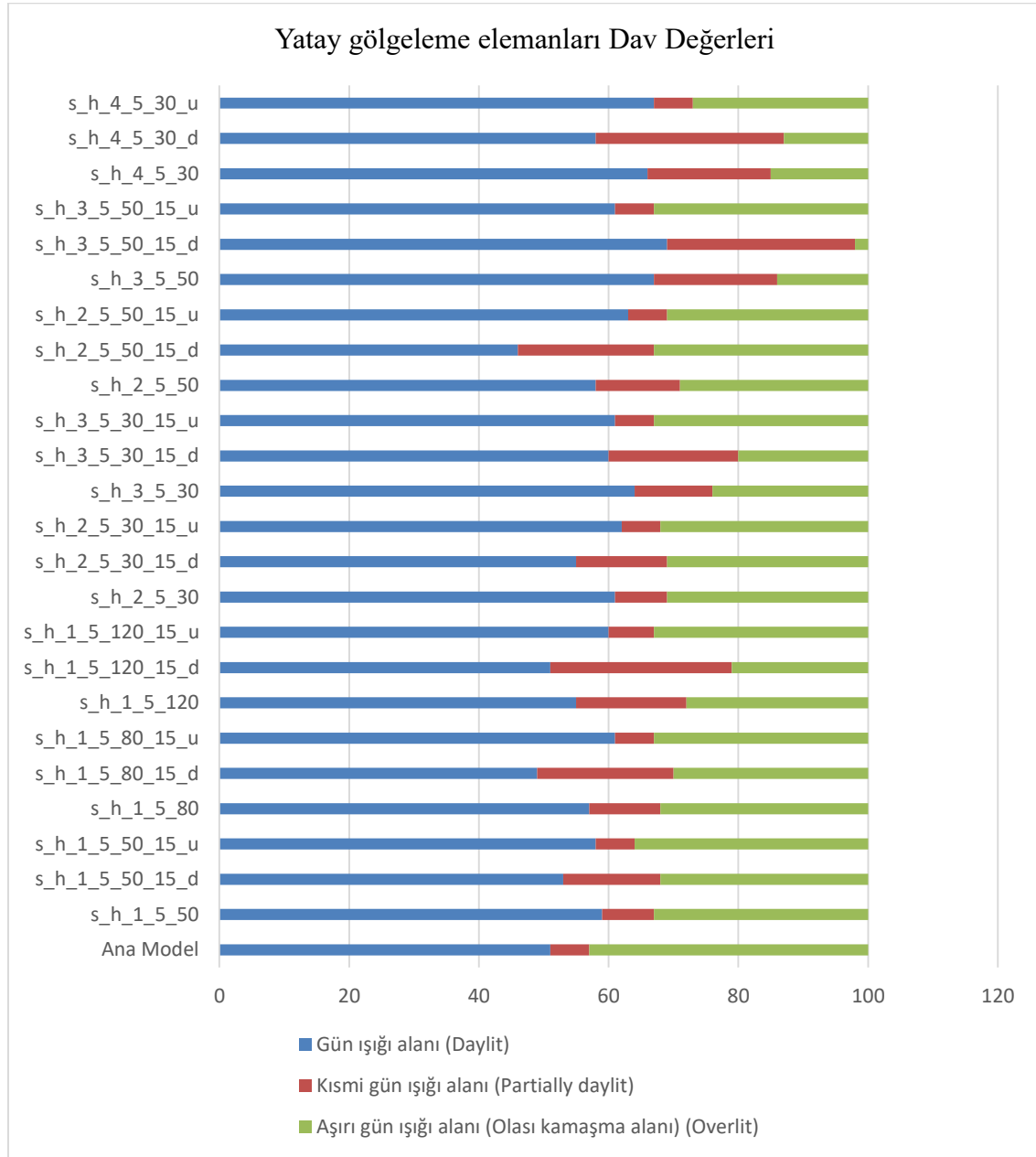
		Gün ışığı alanı (Daylit) (%)	Kısmi gün ışığı alanı (Partially daylit) (%)	Aşırı gün ışığı alanı (Olası kamaşma alanı) (Overlit) (%)	Gün ışığı + Kısmi Gün ışığı alanı toplamı (%)
	Ana Model	51	6	43	57
1	s_h_1_5_50	59	8	33	67
2	s_h_1_5_50_15_d	53	15	32	68
3	s_h_1_5_50_15_u	58	6	36	64
4	s_h_1_5_80	57	11	32	68
5	s_h_1_5_80_15_d	49	21	30	70
6	s_h_1_5_80_15_u	61	6	33	67
7	s_h_1_5_120	55	17	28	72
8	s_h_1_5_120_15_d	51	28	21	79
9	s_h_1_5_120_15_u	60	7	33	67
10	s_h_2_5_30	61	8	31	69
11	s_h_2_5_30_15_d	55	14	31	69
12	s_h_2_5_30_15_u	62	6	32	68
13	s_h_3_5_30	64	12	24	76
14	s_h_3_5_30_15_d	60	20	20	80
15	s_h_3_5_30_15_u	61	6	33	67
16	s_h_2_5_50	58	13	29	71
17	s_h_2_5_50_15_d	46	21	33	67
18	s_h_2_5_50_15_u	63	6	31	69
19	s_h_3_5_50	67	19	14	86
20	s_h_3_5_50_15_d	69	29	2	98
21	s_h_3_5_50_15_u	61	6	33	67
22	s_h_4_5_30	66	19	15	85
23	s_h_4_5_30_d	58	29	13	87
24	s_h_4_5_30_u	67	6	27	73

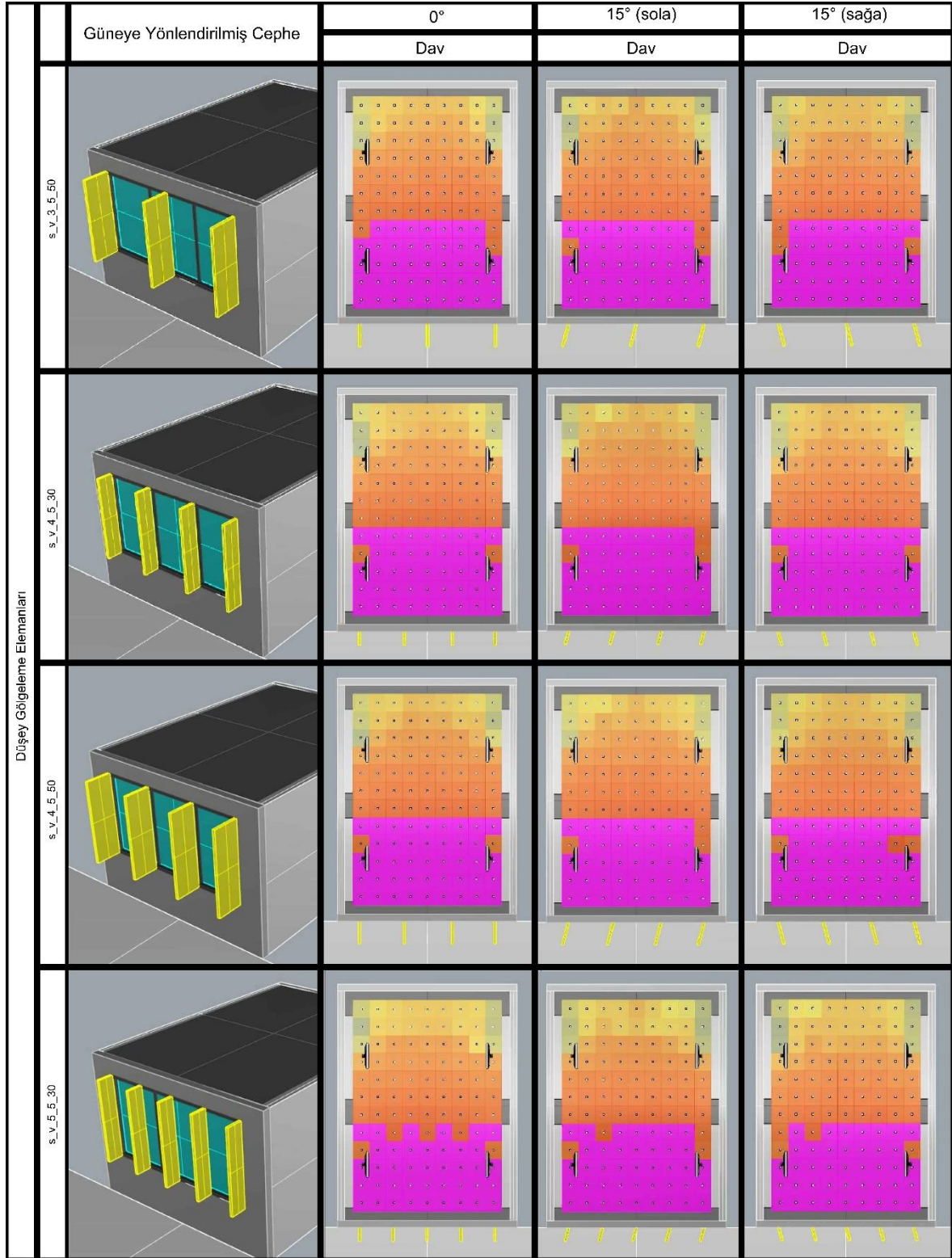
Yatay gölgeleme elemanları, Dav analiz sonuçları (Bkz. Çizelge 4.3 ve 4.4) doğrultusunda kendi içinde değerlendirildiğinde; gün ışığı ve kısmi gün ışığı toplamı %98 oranına sahip s_h_3_5_50_15_d yani 3 adet 50 cm derinliğinde ve 15° aşağıya eğimli yatay gölgeleme elemanının en verimli olduğu görülmüştür. Bu alternatife ait aşırı gün ışığı alanı yani olası kamaşma alanı %2'dir. %69 oranı ile gün ışığı alanının (daylit) en yüksek olduğu alternatiftir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında; boyut ve sayıların aynı olduğu sadece açılarının değiştiği alternatiflerde, aşağıya 15° eğimli olan alternatiflerin olası kamaşma alanını düşürmede daha verimli olduğu görülmüştür. 30 cm derinliğindeki yatay gölgeleme elemanları, düşeyde sık kullanılsa dahi 50 cm enindeki yatay gölgeleme elemanlarının performansını gösterememektedir. Eleman derinliği arttıkça olası kamaşma alanı düşmektedir. Ancak sadece eleman derinliği eleman sayısı da olası kamaşma alanını düşürmede etkilidir. 120 cm derinliğinde tek adet pencere üst kotuna yerleştirilen

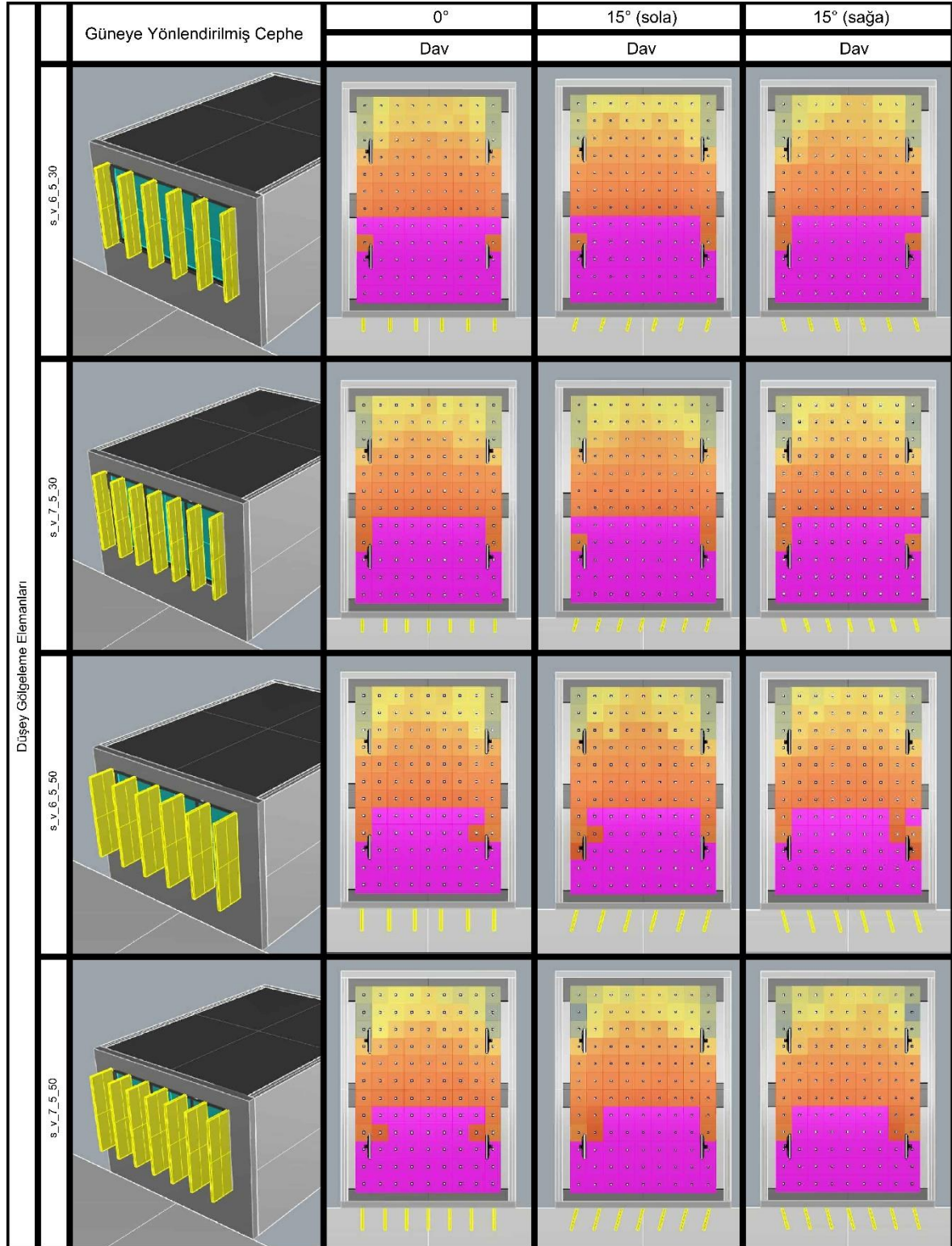
s_h_1_5_120 alternatifine bakıldığında, derinliği yüksek yatay gölgeleme elemanı kullanılmasına rağmen derinliği daha az ancak sayısı fazla olan diğer alternatiflere göre performansının düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4. Yatay gölgeleme elemanlarına ait Dav tablosu (Güney cephe)





Şekil 4.16. Düşey gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Güney cephe)



Şekil 4.17. Düşey gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Güney cephe)

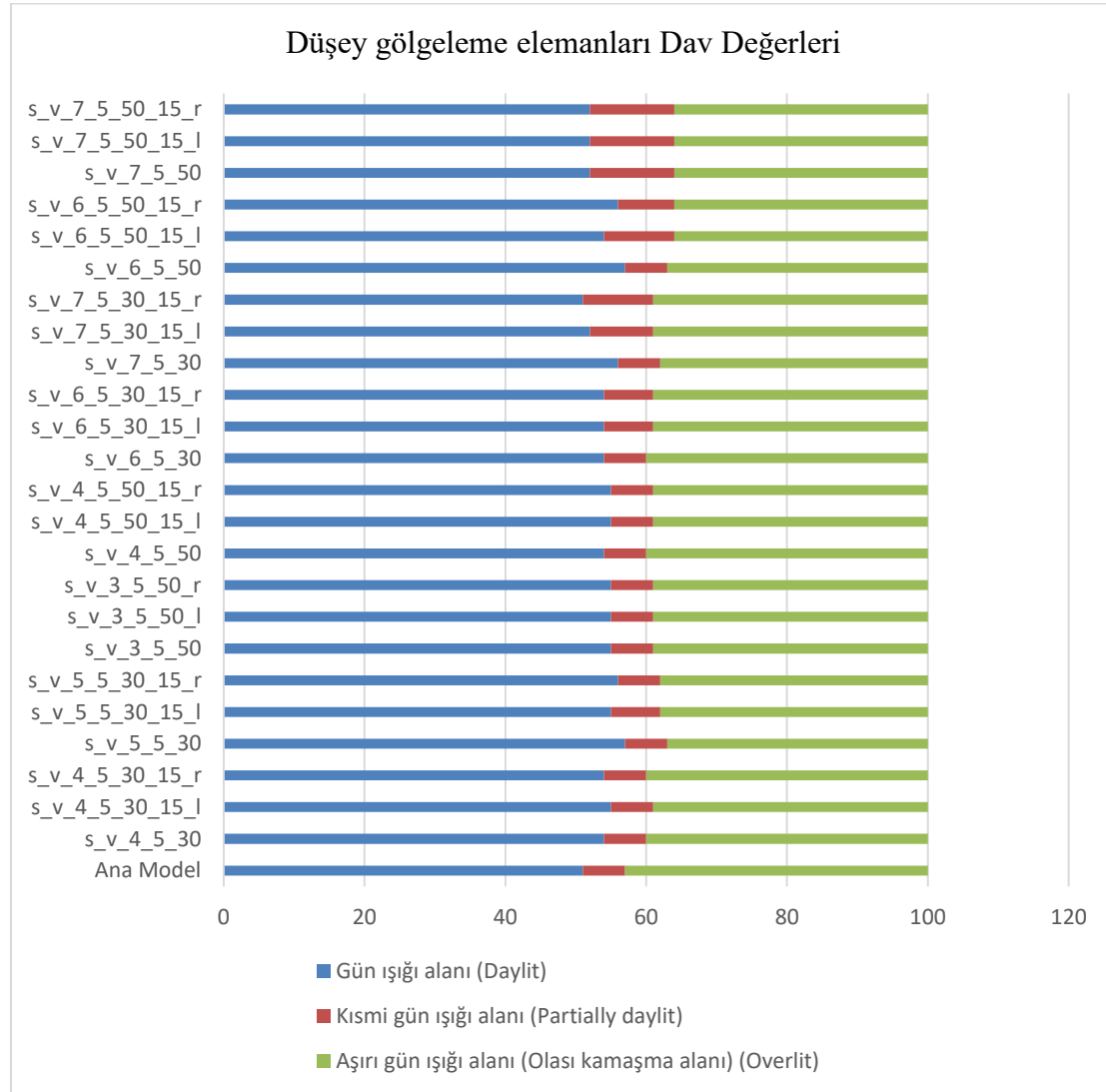
Çizelge 4.5. Düşey gölgeleme elemanlarına ait Dav tablosu (Güney cephe)

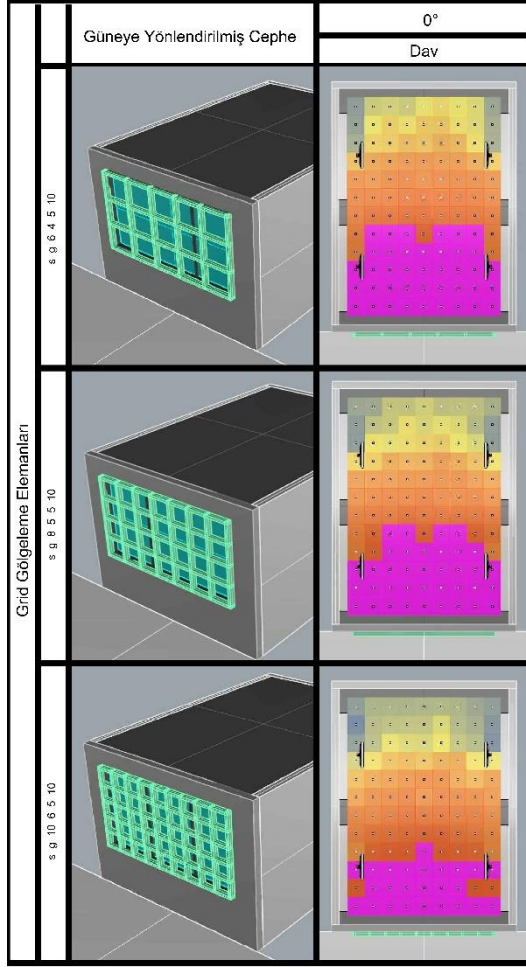
		Gün ışığı alanı (Daylit) (%)	Kısmi gün ışığı alanı (Partially daylit) (%)	Aşırı gün ışığı alanı (Olası kamaşma alanı) (Overlit) (%)	Gün ışığı + Kısmi Gün ışığı alanı toplamı (%)
	Ana Model	51	6	43	57
1	s_v_4_5_30	54	6	40	60
2	s_v_4_5_30_15_l	55	6	39	61
3	s_v_4_5_30_15_r	54	6	40	60
4	s_v_5_5_30	57	6	37	63
5	s_v_5_5_30_15_l	55	7	38	62
6	s_v_5_5_30_15_r	56	6	38	62
7	s_v_3_5_50	55	6	39	61
8	s_v_3_5_50_l	55	6	39	61
9	s_v_3_5_50_r	55	6	39	61
10	s_v_4_5_50	54	6	40	60
11	s_v_4_5_50_15_l	55	6	39	61
12	s_v_4_5_50_15_r	55	6	39	61
13	s_v_6_5_30	54	6	40	60
14	s_v_6_5_30_15_l	54	7	39	61
15	s_v_6_5_30_15_r	54	7	39	61
16	s_v_7_5_30	56	6	38	62
17	s_v_7_5_30_15_l	52	9	39	61
18	s_v_7_5_30_15_r	51	10	39	61
19	s_v_6_5_50	57	6	37	63
20	s_v_6_5_50_15_l	54	10	36	64
21	s_v_6_5_50_15_r	56	8	36	64
22	s_v_7_5_50	52	12	36	64
23	s_v_7_5_50_15_l	52	12	36	64
24	s_v_7_5_50_15_r	52	12	36	64

Düşey gölgeleme elemanları Dav analiz sonuçlarına (Bkz. Çizelge 4.5 ve 4.6) bakıldığında, en yüksek gün ışığı ve kısmi gün ışığı toplam değeri en yüksek %64'tür. Ancak bu alanın %64'e ulaştığı s_v_6_5_50_15_l, s_v_6_5_50_15_r, s_v_7_5_50, s_v_7_5_50_15_l ve s_v_7_5_50_15_r olmak üzere 5 adet alternatif olduğu görülmektedir. Bu durumda aydınlık düzeyinin %50'nin üzerinde olduğu aydınlık düzeyini ifade eden gün ışığı alanının (daylit) en yüksek olduğu alternatif verimli kabul edilmiştir. Bu durumda; 6 adet, 50 cm derinliğinde 15° sağa eğimli s_v_6_5_50_15_r alternatifinin ana modele ve diğer düşey gölgeleme elemanlarına göre daha verimli olduğu görülmektedir. Bu alternatife ait gün ışığı alanı %56, kısmi gün ışığı alanı %8 ve olası kamaşma alanı %36'dır.

Ana modele göre tüm düşey gölgeleme elemanları kıyaslandığında, düşey gölgeleme elemanlarının, olası kamaşma oranını azaltmada ciddi etkisi olmadığı görülmüştür. Aynı şekilde güney cephe için panel açısı değişikliklerinin aydınlık düzeyi performansı ve kamaşma alanını azaltmada ciddi etkisi olmadığı görülmüştür.

Çizelge 4.6. Düşey gölgeleme elemanlarına ait Dav tablosu (Güney cephe)





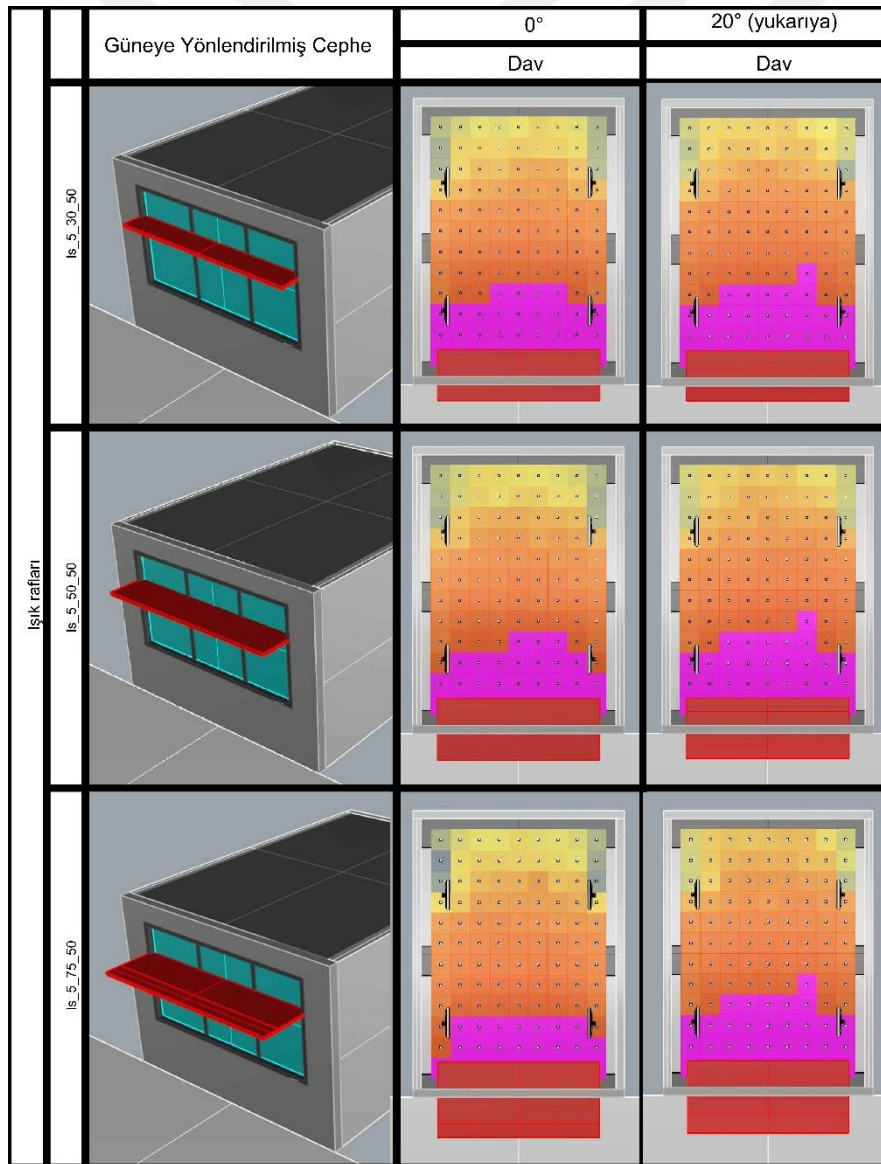
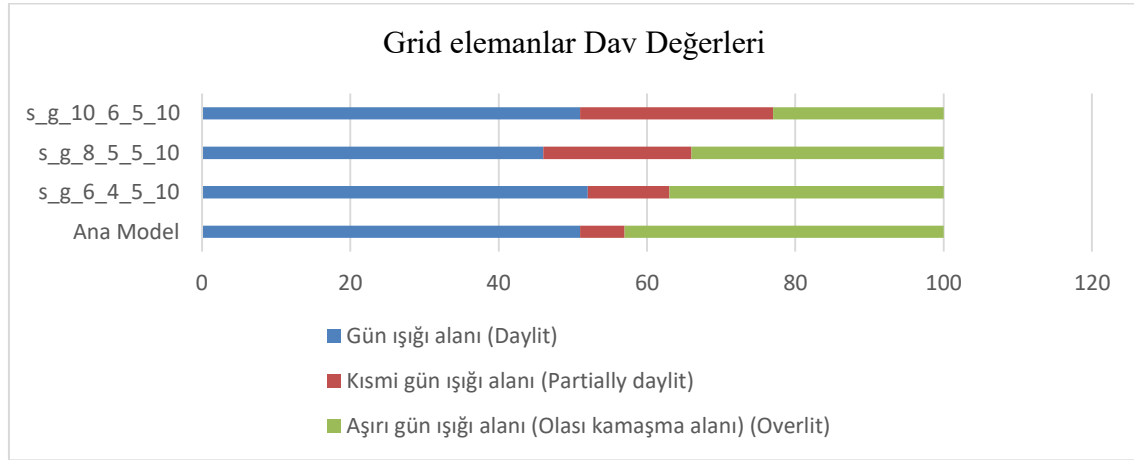
Şekil 4.18. Grid gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Güney cephe)

Çizelge 4.7. Grid gölgeleme elemanlarına ait Dav tablosu (Güney cephe)

		Gün ışığı alanı (Daylit) (%)	Kısmi gün ışığı alanı (Partially daylit) (%)	Aşırı gün ışığı alanı (Olası kamaşma alanı) (Overlit) (%)	Gün ışığı + Kısmi Gün ışığı alanı toplamı (%)
	Ana Model	51	6	43	57
1	s_g_6_4_5_10	52	11	37	63
2	s_g_8_5_5_10	46	20	34	66
3	s_g_10_6_5_10	51	26	23	77

Grid gölgeleme elemanları Dav analiz sonuçlarına (Bkz. Çizelge 4.7 ve 4.8) bakıldığında, en uygun alternatifin %77 gün ışığı ve kısmi gün ışığı toplamına sahip s_g_10_6_5_10 alternatifinin olduğu görülmüştür. Yatayda 10 adet, düşeyde 6 adet 5 cm eninde, 10 cm derinliğinde olan elemanlarla grid sisteme sahip olan s_g_10_6_5_10 alternatifine ait olası kamaşma alanı %23'tür.

Çizelge 4.8. Grid gölgeleme elemanlara ait Dav tablosu (Güney cephe)



Şekil 4.19. Işık raflarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Güney cephe)

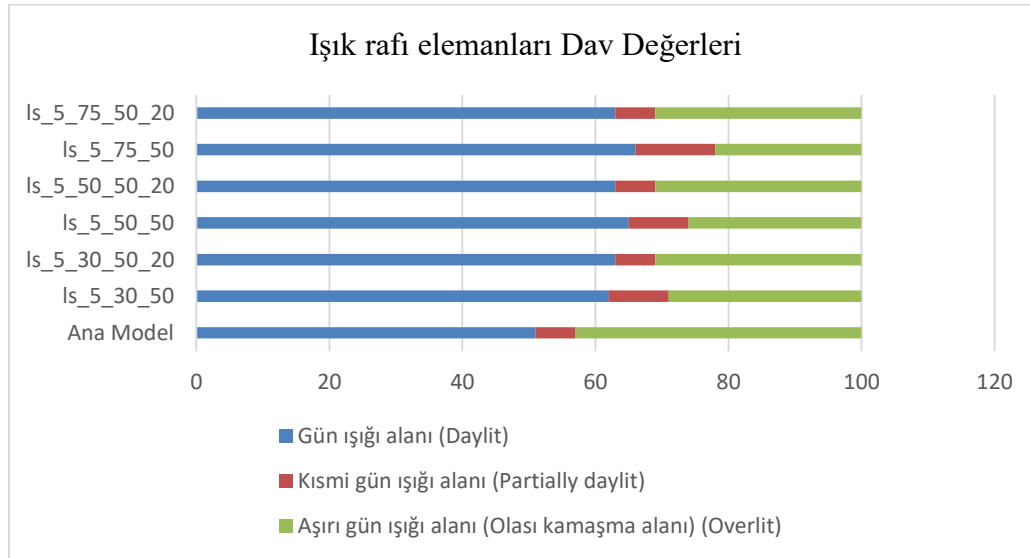
Çizelge 4.9. Işık rafı elemanlarına ait Dav tablosu (Güney cephe)

		Gün ışığı alanı (Daylit) (%)	Kısmi gün ışığı alanı (Partially daylit) (%)	Aşırı gün ışığı alanı (Olası kamaşma alanı) (Overlit) (%)	Gün ışığı + Kısmi Gün ışığı alanı toplamı (%)
	Ana Model	51	6	43	57
1	ls_5_30_50	62	9	29	71
2	ls_5_30_50_20	63	6	31	69
3	ls_5_50_50	65	9	26	74
4	ls_5_50_50_20	63	6	31	69
5	ls_5_75_50	66	12	22	78
6	ls_5_75_50_20	63	6	31	69

Işık rafı elemanlarına ait Dav analiz sonuçlarına (Bkz. Çizelge 4.9 ve 4.10) bakıldığında; en yüksek gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanı toplamı %78 olan ls_5_75_50 alternatifinin verimli olduğu görülmüştür. Bu alternatife ait olası kamaşma alanı %22'dir.

Işık rafı güneş yönlendirme elemanları alternatiflerinde genele bakıldığında yukarıya %20 eğimli olan ışık rafı alternatiflerinin eğimsiz ışık rafı alternatiflerine göre performansının daha düşük olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.10. Işık rafı elemanlarına ait Dav tablosu (Güney cephe)



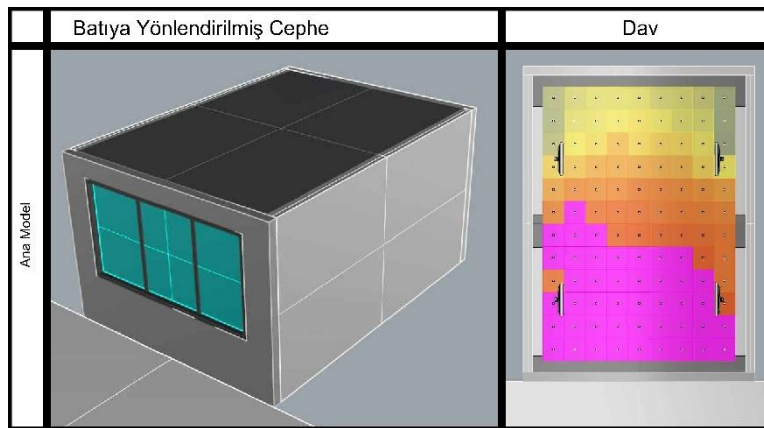
Çizelge 4.11. Tüm elemanlara ait Dav değerleri tablosu (Güney cephe)

		Güney Cephesi	Gün ışığı alanı (Daylit) (%)	Kısmi gün ışığı alanı (Partially daylit) (%)	Aşırı gün ışığı alanı (Olası kamaşma alanı) (Overlit) (%)	Gün ışığı + Kısmi Gün ışığı alanı toplamı (%)
		Ana Model	51	6	43	57
Yatay	1	s_h_1_5_50	59	8	33	67
	2	s_h_1_5_50_15_d	53	15	32	68
	3	s_h_1_5_50_15_u	58	6	36	64
	4	s_h_1_5_80	57	11	32	68
	5	s_h_1_5_80_15_d	49	21	30	70
	6	s_h_1_5_80_15_u	61	6	33	67
	7	s_h_1_5_120	55	17	28	72
	8	s_h_1_5_120_15_d	51	28	21	79
	9	s_h_1_5_120_15_u	60	7	33	67
	10	s_h_2_5_30	61	8	31	69
	11	s_h_2_5_30_15_d	55	14	31	69
	12	s_h_2_5_30_15_u	62	6	32	68
	13	s_h_3_5_30	64	12	24	76
	14	s_h_3_5_30_15_d	60	20	20	80
	15	s_h_3_5_30_15_u	61	6	33	67
	16	s_h_2_5_50	58	13	29	71
	17	s_h_2_5_50_15_d	46	21	33	67
	18	s_h_2_5_50_15_u	63	6	31	69
	19	s_h_3_5_50	67	19	14	86
	20	s_h_3_5_50_15_d	69	29	2	98
	21	s_h_3_5_50_15_u	61	6	33	67
	22	s_h_4_5_30	66	19	15	85
	23	s_h_4_5_30_d	58	29	13	87
	24	s_h_4_5_30_u	67	6	27	73
Düsey	1	s_v_4_5_30	54	6	40	60
	2	s_v_4_5_30_15_l	55	6	39	61
	3	s_v_4_5_30_15_r	54	6	40	60
	4	s_v_5_5_30	57	6	37	63
	5	s_v_5_5_30_15_l	55	7	38	62
	6	s_v_5_5_30_15_r	56	6	38	62
	7	s_v_3_5_50	55	6	39	61
	8	s_v_3_5_50_l	55	6	39	61
	9	s_v_3_5_50_r	55	6	39	61
	10	s_v_4_5_50	54	6	40	60
	11	s_v_4_5_50_15_l	55	6	39	61
	12	s_v_4_5_50_15_r	55	6	39	61
	13	s_v_6_5_30	54	6	40	60
	14	s_v_6_5_30_15_l	54	7	39	61
	15	s_v_6_5_30_15_r	54	7	39	61
	16	s_v_7_5_30	56	6	38	62
	17	s_v_7_5_30_15_l	52	9	39	61
	18	s_v_7_5_30_15_r	51	10	39	61
	19	s_v_6_5_50	57	6	37	63
	20	s_v_6_5_50_15_l	54	10	36	64
	21	s_v_6_5_50_15_r	56	8	36	64
	22	s_v_7_5_50	52	12	36	64
	23	s_v_7_5_50_15_l	52	12	36	64
	24	s_v_7_5_50_15_r	52	12	36	64
Grid	1	s_g_6_4_5_10	52	11	37	63
	2	s_g_8_5_5_10	46	20	34	66
	3	s_g_10_6_5_10	51	26	23	77
Işık raflı	1	ls_5_30_50	62	9	29	71
	2	ls_5_30_50_20	63	6	31	69
	3	ls_5_50_50	65	9	26	74
	4	ls_5_50_50_20	63	6	31	69
	5	ls_5_75_50	66	12	22	78
	6	ls_5_75_50_20	63	6	31	69

Güney cephede kullanılan, tüm gölgeleme ve yönlendirme elemanları değerlendirildiğinde (Bkz. Çizelge 4.11), yatay gölgeleme elemanlarının olası kamaşma alanlarının azaltılması, gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanının artırılmasında gün ışığı performansı en verimli gölgeme eleman sistemi olduğu görülmüştür. Düşey gölgeleme elemanlarının ana modele yakın oranlarda sonuçlar verdiği görülmüştür. Düşey gölgeleme sistemi güney cephe için performansı en düşük güneş kontrol sistemidir. Işık rafı gölgeleme ve yönlendirme elemanlarının, grid gölgeleme elemanlarına göre performansının daha yüksek olduğu görülmüştür. Düşey gölgeleme elemanları, ışık rafı gölgeleme-yönlendirme elemanlarıyla kullanılması durumunda daha verimli performans göstereceği düşünülmektedir.

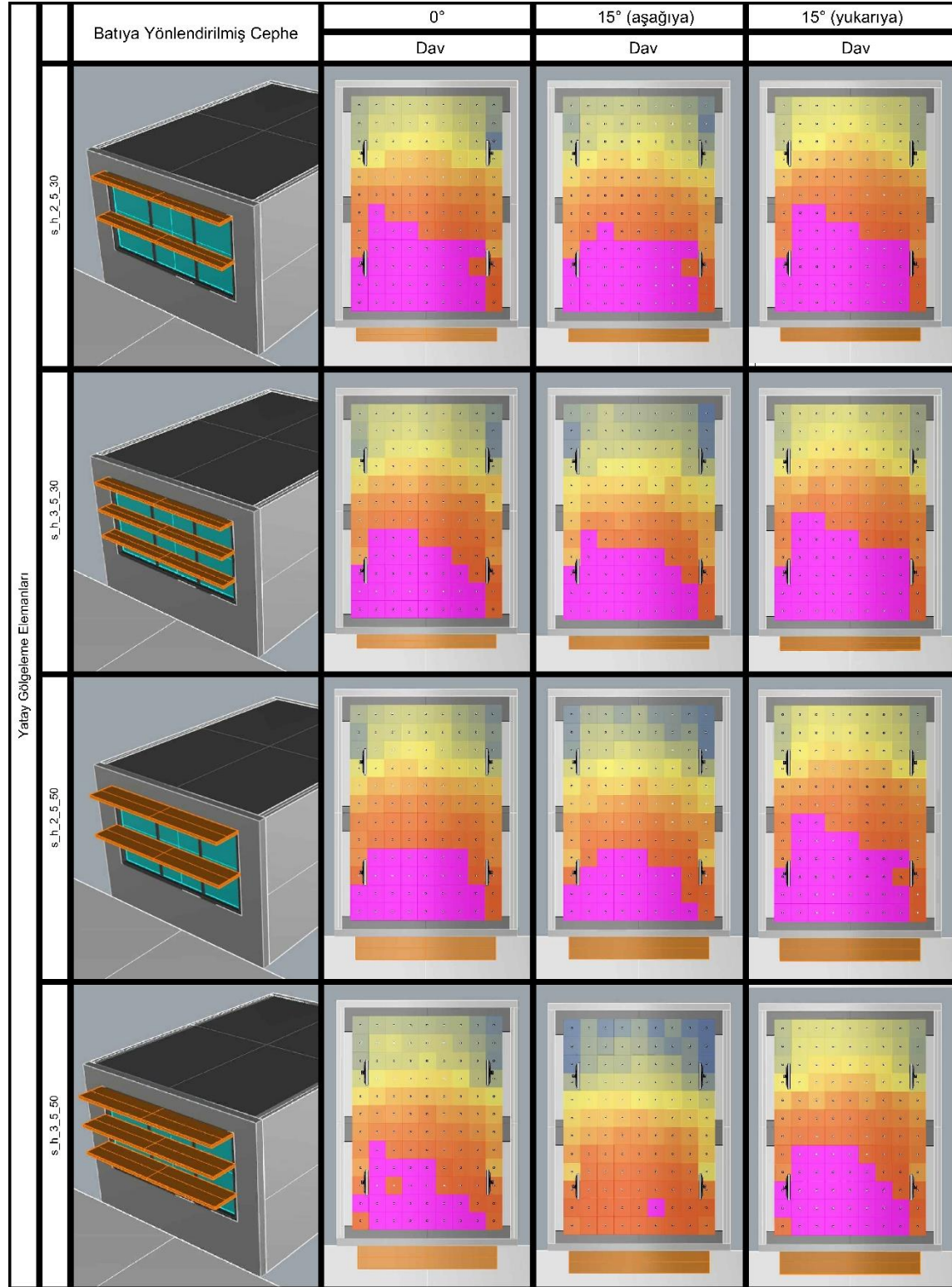
4.2.2. Batı cephesi için yapılan gün ışığı uygunluğu (Dav) analizleri

Bu bölümde batı cephesi için yapılan Dav sonuçları ve değerlendirmelere yer verilmektedir. Dav analiz sonuçları değerlendirilirken; gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanı toplamının en yüksek olduğu, dolayısıyla olası kamaşma alanını ifade eden aşırı gün ışığı alanının en düşük olduğu alternatifler verimli alternatifler olarak değerlendirilmiştir. Gün ışığı alanı ve kısmi gün ışığı toplamı eşit olan alternatiflerde, toplam alanın %50'sinde fazla alanı ifade eden gün ışığı alanının yüksek olduğu alternatif performansı yüksek olarak kabul edilmiştir.

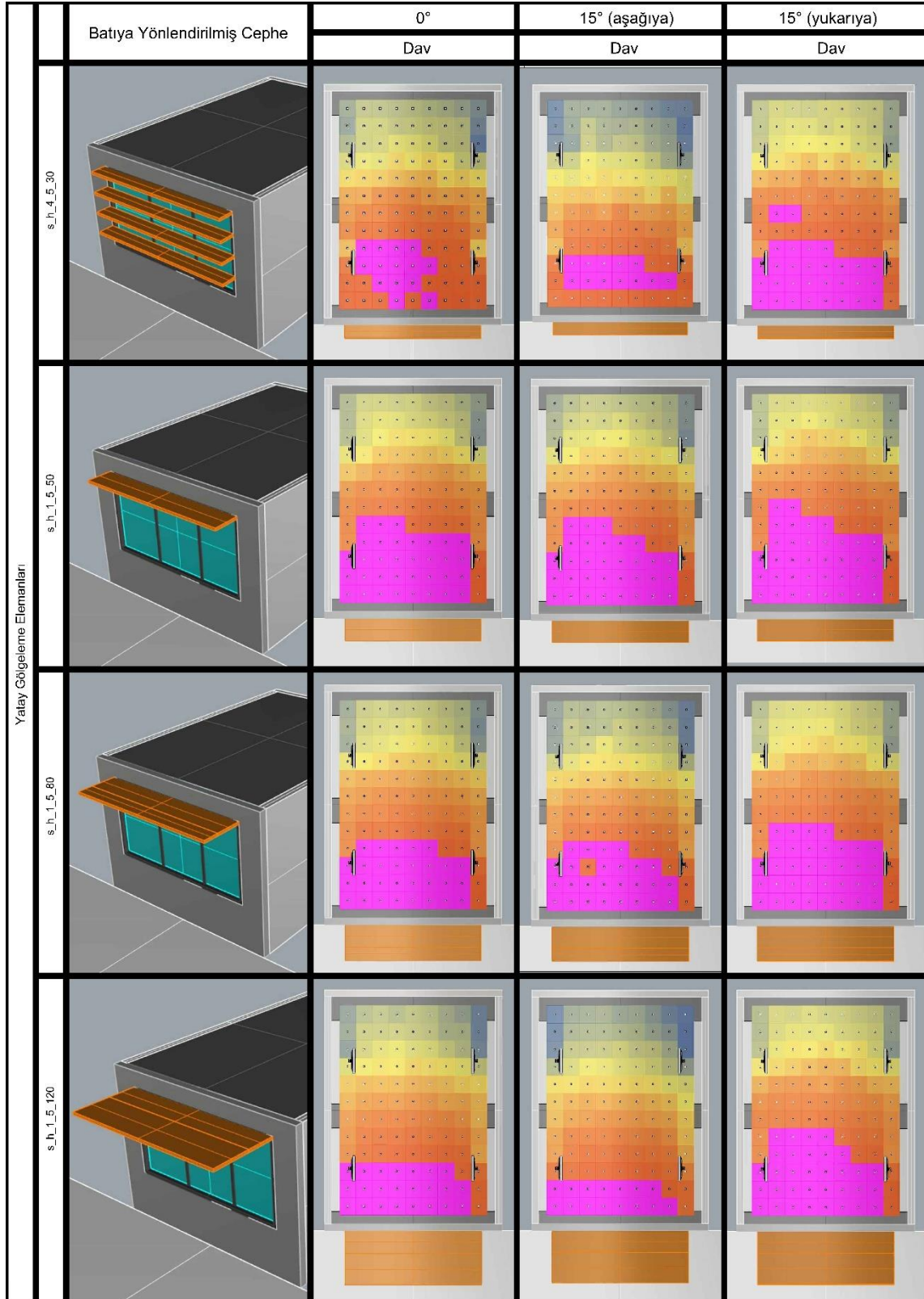


Şekil 4.20. Ana modele ait Dav aydınlık düzeyi (Batı cephesi)

Ana modele ait Dav analiz sonuçlarında (Bkz. Şekil 4.20) %40 oranında gün ışığı alanının olduğu, %19 oranında kısmi gün ışığı alanının olduğu ve %41 oranında olası kamaşma alanını ifade eden aşırı gün ışığı alanı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.21. Yatay gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Batı cephesi)



Şekil 4.22. Yatay gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Batı cephesi)

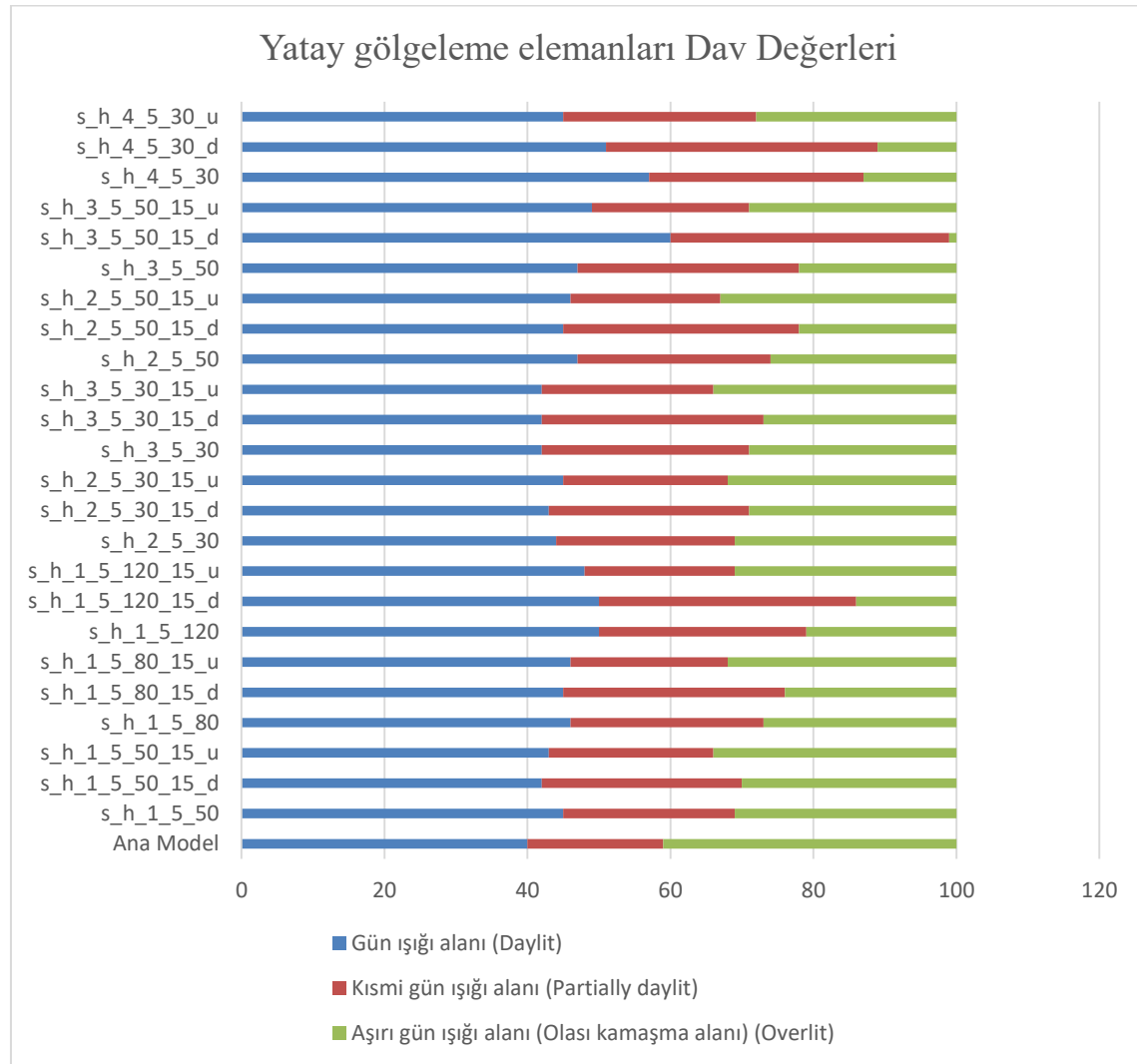
Çizelge 4.12. Yatay gölgeleme elemanlarına ait Dav tablosu (Batı cephesi)

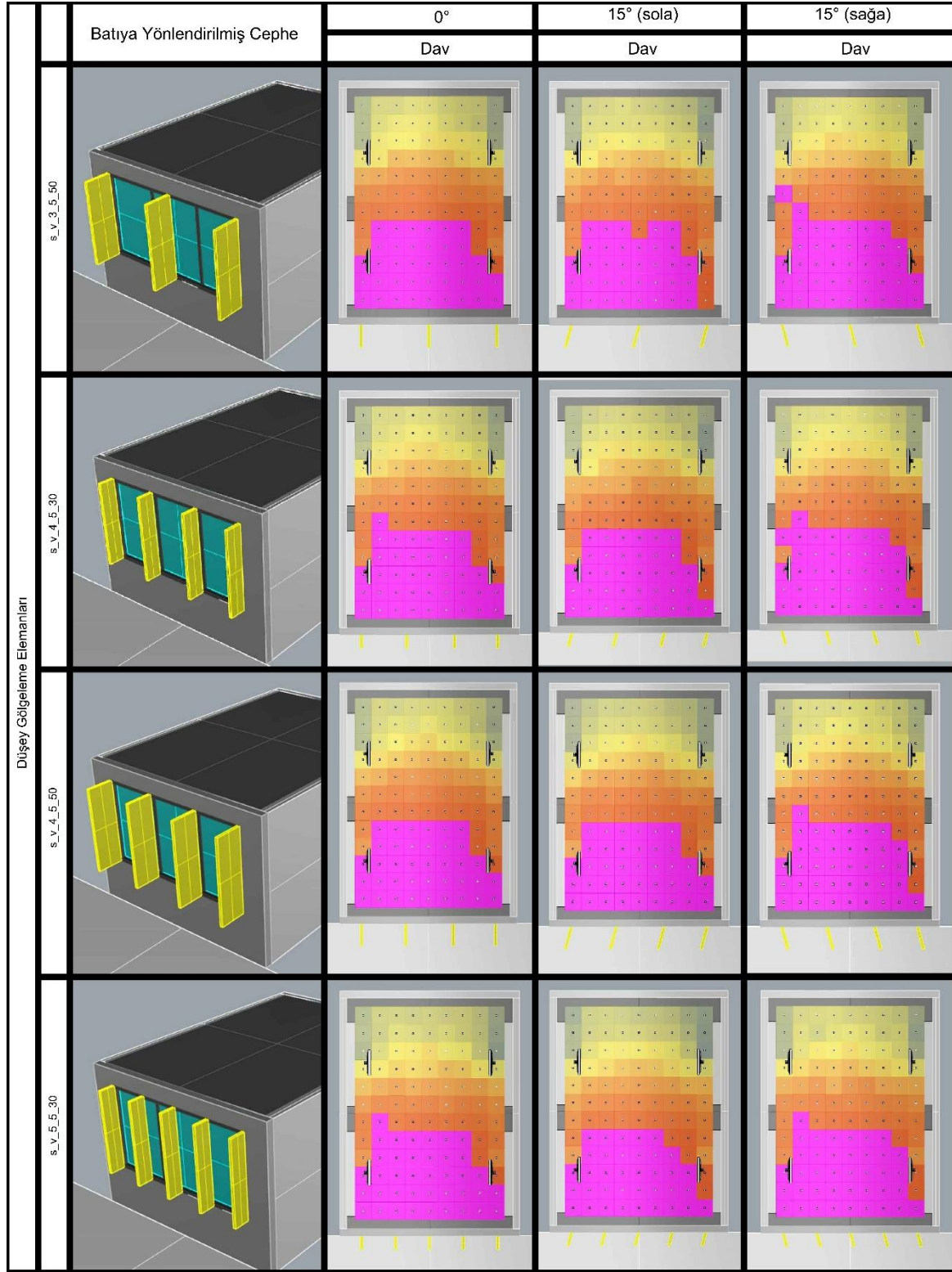
		Gün ışığı alanı (Daylit) (%)	Kısmi gün ışığı alanı (Partially daylit) (%)	Aşırı gün ışığı alanı (Olası kamaşma alanı) (Overlit) (%)	Gün ışığı + Kısmi Gün ışığı alanı toplamı (%)
	Ana Model	40	19	41	59
1	s_h_1_5_50	45	24	31	69
2	s_h_1_5_50_15_d	42	28	30	70
3	s_h_1_5_50_15_u	43	23	34	66
4	s_h_1_5_80	46	27	27	73
5	s_h_1_5_80_15_d	45	31	24	76
6	s_h_1_5_80_15_u	46	22	32	68
7	s_h_1_5_120	50	29	21	79
8	s_h_1_5_120_15_d	50	36	14	86
9	s_h_1_5_120_15_u	48	21	31	69
10	s_h_2_5_30	44	25	31	69
11	s_h_2_5_30_15_d	43	28	29	71
12	s_h_2_5_30_15_u	45	23	32	68
13	s_h_3_5_30	42	29	29	71
14	s_h_3_5_30_15_d	42	31	27	73
15	s_h_3_5_30_15_u	42	24	34	66
16	s_h_2_5_50	47	27	26	74
17	s_h_2_5_50_15_d	45	33	22	78
18	s_h_2_5_50_15_u	46	21	33	67
19	s_h_3_5_50	47	31	22	78
20	s_h_3_5_50_15_d	60	39	1	99
21	s_h_3_5_50_15_u	49	22	29	71
22	s_h_4_5_30	57	30	13	87
23	s_h_4_5_30_d	51	38	11	89
24	s_h_4_5_30_u	45	27	28	72

Yatay gölgeleme elemanlarına ait Dav analiz sonuçlarına (Bkz. Çizelge 4.12 ve 4.13) bakıldığında; gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanı toplamının %99 yani en yüksek olduğu s_h_3_5_50_15_d alternatifinin performansı en yüksek alternatif olduğu görülmektedir. Bu alternatife ait olası kamaşma alanı %1'dir. En düşük performanslı yatay gölgeleme elemanı ise s_h_3_5_30_15_u'dur. Olası kamaşma alanı %34, gün ışığı alanı %42 oranına sahiptir.

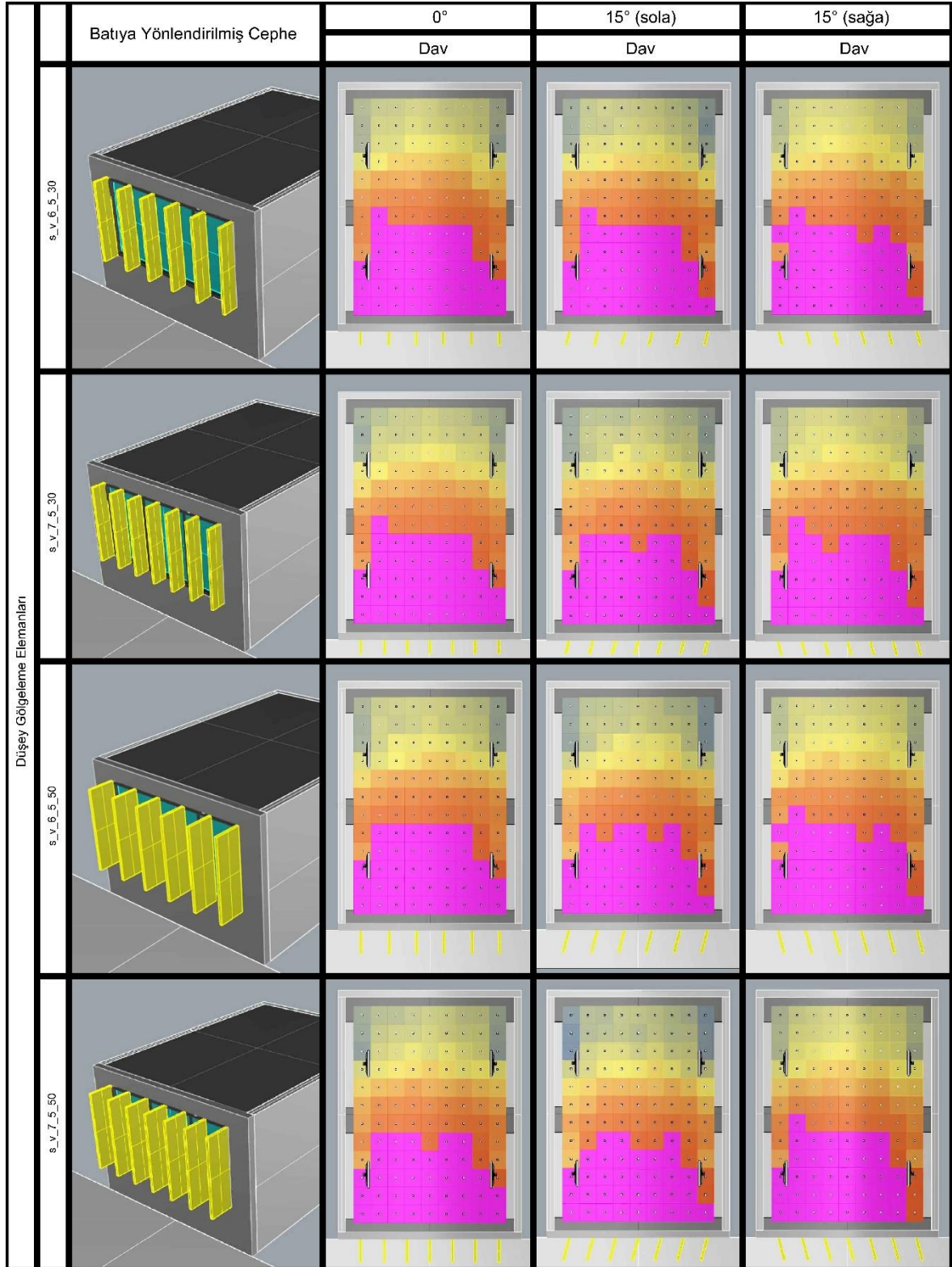
Genel bir değerlendirme yapıldığında; boyut ve sayıların aynı olduğu sadece açılarının değiştiği alternatiflerde, aşağıya 15° eğimli olan alternatiflerin olası kamaşma alanını düşürmede daha verimli olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.13. Yatay gölgeleme elemanlarına ait Dav tablosu (Batı cephesi)





Şekil 4.23. Düşey gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Batı cephesi)



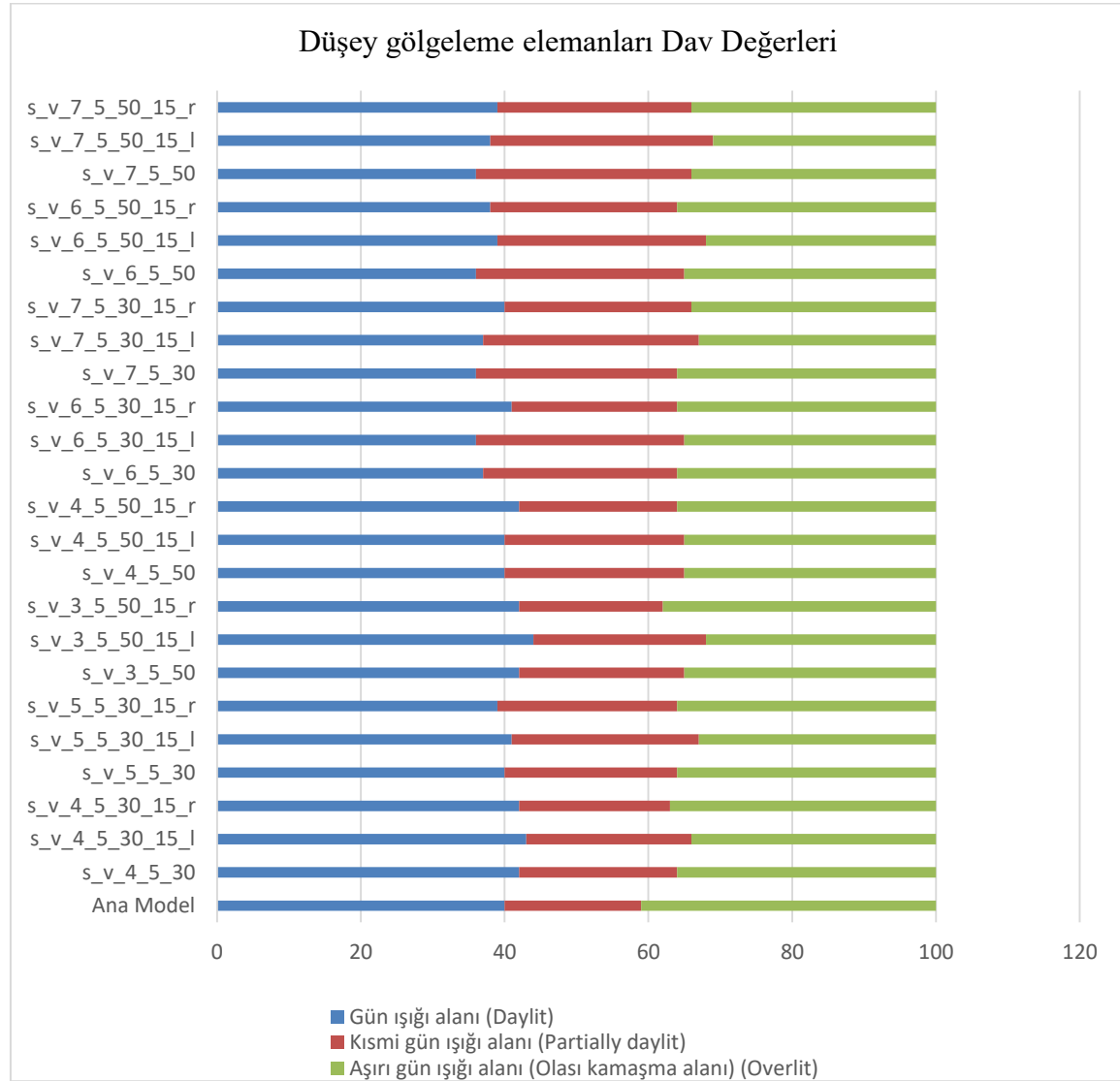
Şekil 4.24. Düşey gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Batı cephesi)

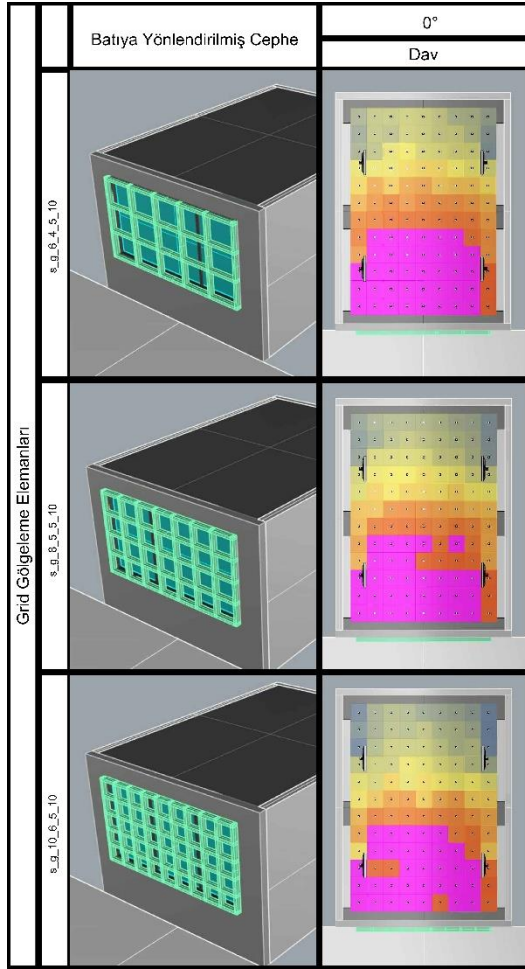
Çizelge 4.14. Düşey gölgeleme elemanlarına ait Dav tablosu (Batı cephesi)

		Gün ışığı alanı (Daylit) (%)	Kısmi gün ışığı alanı (Partially daylit) (%)	Aşırı gün ışığı alanı (Olası kamaşma alanı) (Overlit) (%)	Gün ışığı + Kısmi Gün ışığı alanı toplamı (%)
	Ana Model	40	19	41	59
1	s_v_4_5_30	42	22	36	64
2	s_v_4_5_30_15_l	43	23	34	66
3	s_v_4_5_30_15_r	42	21	37	63
4	s_v_5_5_30	40	24	36	64
5	s_v_5_5_30_15_l	41	26	33	67
6	s_v_5_5_30_15_r	39	25	36	64
7	s_v_3_5_50	42	23	35	65
8	s_v_3_5_50_15_l	44	24	32	68
9	s_v_3_5_50_15_r	42	20	38	62
10	s_v_4_5_50	40	25	35	65
11	s_v_4_5_50_15_l	40	25	35	65
12	s_v_4_5_50_15_r	42	22	36	64
13	s_v_6_5_30	37	27	36	64
14	s_v_6_5_30_15_l	36	29	35	65
15	s_v_6_5_30_15_r	41	23	36	64
16	s_v_7_5_30	36	28	36	64
17	s_v_7_5_30_15_l	37	30	33	67
18	s_v_7_5_30_15_r	40	26	34	66
19	s_v_6_5_50	36	29	35	65
20	s_v_6_5_50_15_l	39	29	32	68
21	s_v_6_5_50_15_r	38	26	36	64
22	s_v_7_5_50	36	30	34	66
23	s_v_7_5_50_15_l	38	31	31	69
24	s_v_7_5_50_15_r	39	27	34	66

Düşey gölgeleme elemanları Dav analiz sonuçlarına (Bkz. Çizelge 4.14 ve 4.15) bakıldığında, %69 gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanı toplamına, %31 olası kamaşma alanına sahip aşırı gün ışığı alanına sahip s_v_7_5_50_15_l alternatifinin düşey elemanları içinde en verimli alternatif olduğu görülmektedir. Batı cephesi olmasına rağmen yatay gölgeleme elemanlarına göre performansının düşük olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.15. Düşey gölgeleme elemanlarına ait Dav tablosu (Batı cephesi)





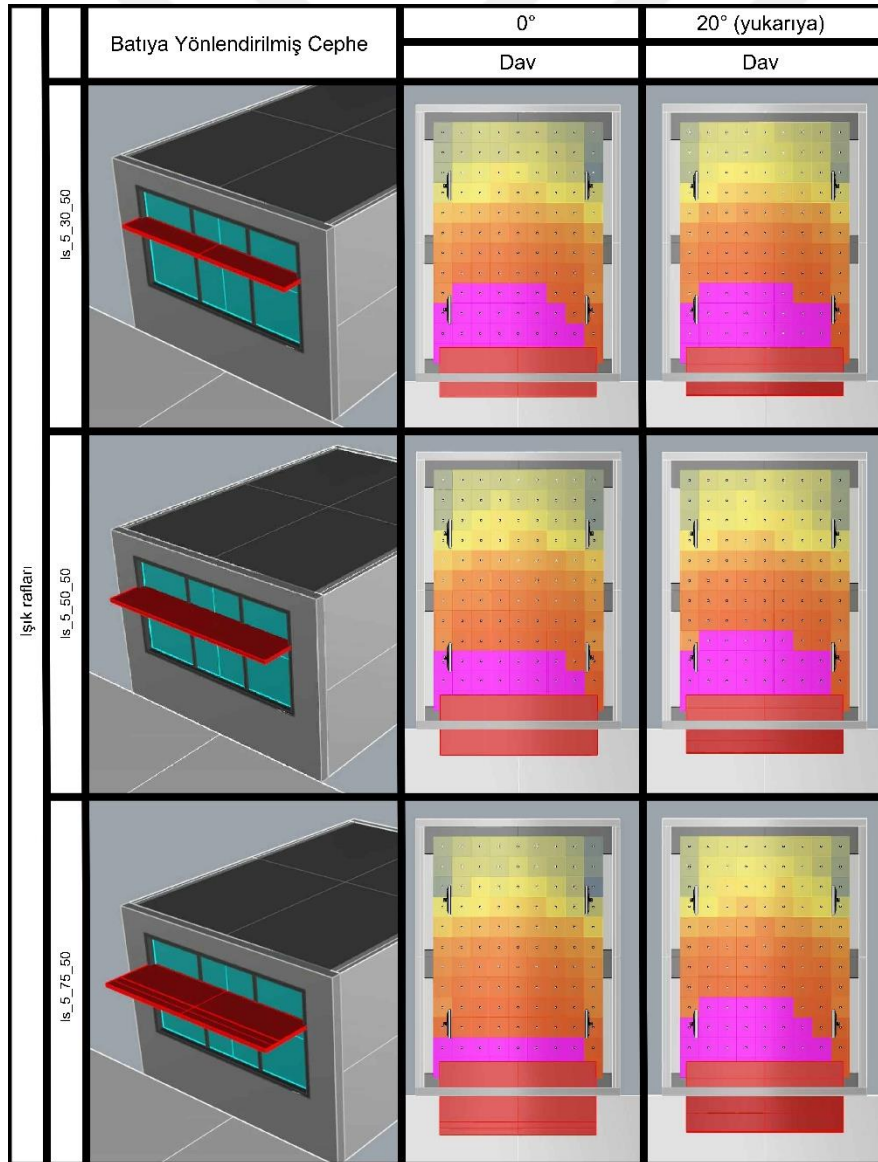
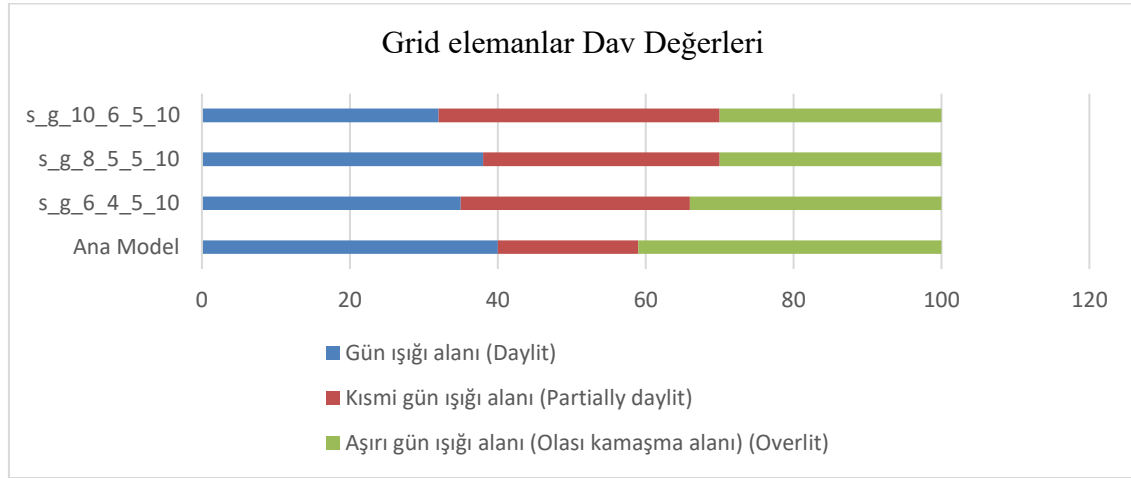
Şekil 4.25. Grid gölgeleme elemanlarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Batı cephesi)

Çizelge 4.16. Grid gölgeleme elemanlarına ait Dav tablosu (Batı cephesi)

		Gün ışığı alanı (Daylit) (%)	Kısmi gün ışığı alanı (Partially daylit) (%)	Aşırı gün ışığı alanı (Olası kamaşma alanı) (Overlit) (%)	Gün ışığı + Kısmi Gün ışığı alanı toplamı (%)
	Ana Model	40	19	41	59
1	s_g_6_4_5_10	35	31	34	66
2	s_g_8_5_5_10	38	32	30	70
3	s_g_10_6_5_10	32	38	30	70

Grid gölgeleme elemanları Dav analiz sonuçlarına (Bkz. Çizelge 4.16 ve 4.17) bakıldığında, s_g_8_5_5_10 ve s_g_10_6_5_10 alternatiflerinin gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanlarının toplamının %70 oranına sahip ve eşit olduğu görülmektedir. Ancak verimli ve kullanılabilir gün ışığı alanını ifade eden daylit alanı yüksek olan alternatifin uygun olduğu değerlendirilmiştir. Bu durumda grid gölgeleme elemanları içinde s_g_8_5_5_10 alternatifinin en verimli alternatif olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.17. Grid gölgeleme elemanlarına ait Dav tablosu (Batı cephesi)



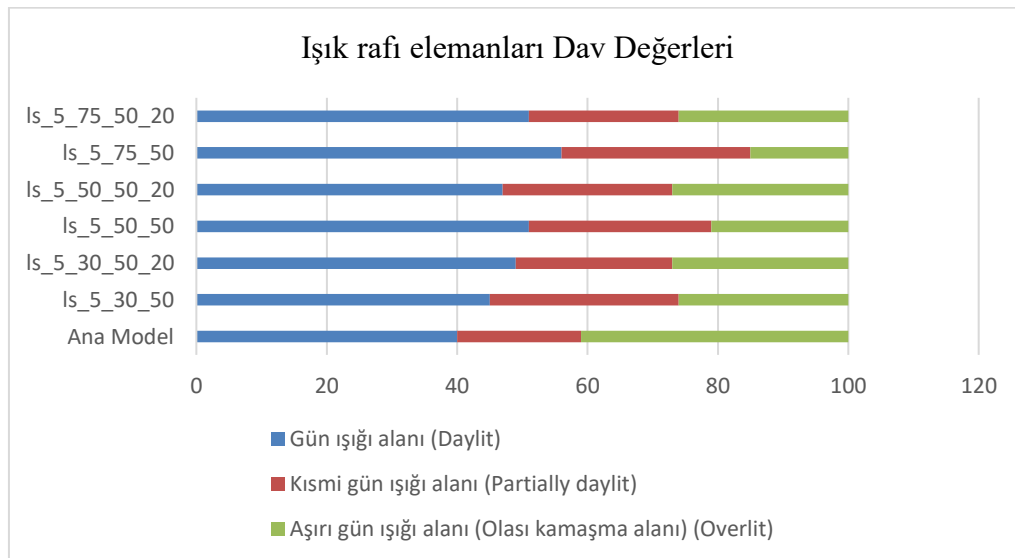
Şekil 4.26. Işık raflarına ait Dav aydınlık düzeyleri (Batı cephesi)

Çizelge 4.18. Işık rafı elemanlarına ait Dav tablosu (Batı cephesi)

		Gün ışığı alanı (Daylit) (%)	Kısmi gün ışığı alanı (Partially daylit) (%)	Aşırı gün ışığı alanı (Olası kamaşma alanı) (Overlit) (%)	Gün ışığı + Kısmi Gün ışığı alanı toplamı (%)
	Ana Model	40	19	41	59
1	ls_5_30_50	45	29	26	74
2	ls_5_30_50_20	49	24	27	73
3	ls_5_50_50	51	28	21	79
4	ls_5_50_50_20	47	26	27	73
5	ls_5_75_50	56	29	15	85
6	ls_5_75_50_20	51	23	26	74

Işık rafı elemanlarına ait Dav analiz sonuçlarına (Bkz. Çizelge 4.18 ve 4.19) bakıldığında; %85 gün ışığı ve kısmi gün ışığı toplamına sahip ls_5_75_50 alternatifi olduğu görülmektedir. Bu alternatife ait dış raf derinliği 75 cm olup, iç raf derinliği 50 cm'dir. Olası kamaşma alanı %15'dir. Işık rafı alternatiflerinde dış rafa ait açı değişikliklerinin sonuçlara etkisi değerlendirildiğinde, 30 cm gibi dış raf derinliği düşük alternatiflerde olası kamaşma alanını azaltmada etkisinin az olduğu, 75 cm gibi derinliği yüksek olan ışık rafı alternatiflerinde olası kamaşma alanı oranları değerlendirildiğinde eğimsiz panellere göre veriminin daha düşük olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.19. Işık rafı elemanlarına ait Dav tablosu (Batı cephesi)



Çizelge 4.20. Tüm elemanlara ait Dav değerleri tablosu (Batı cephesi)

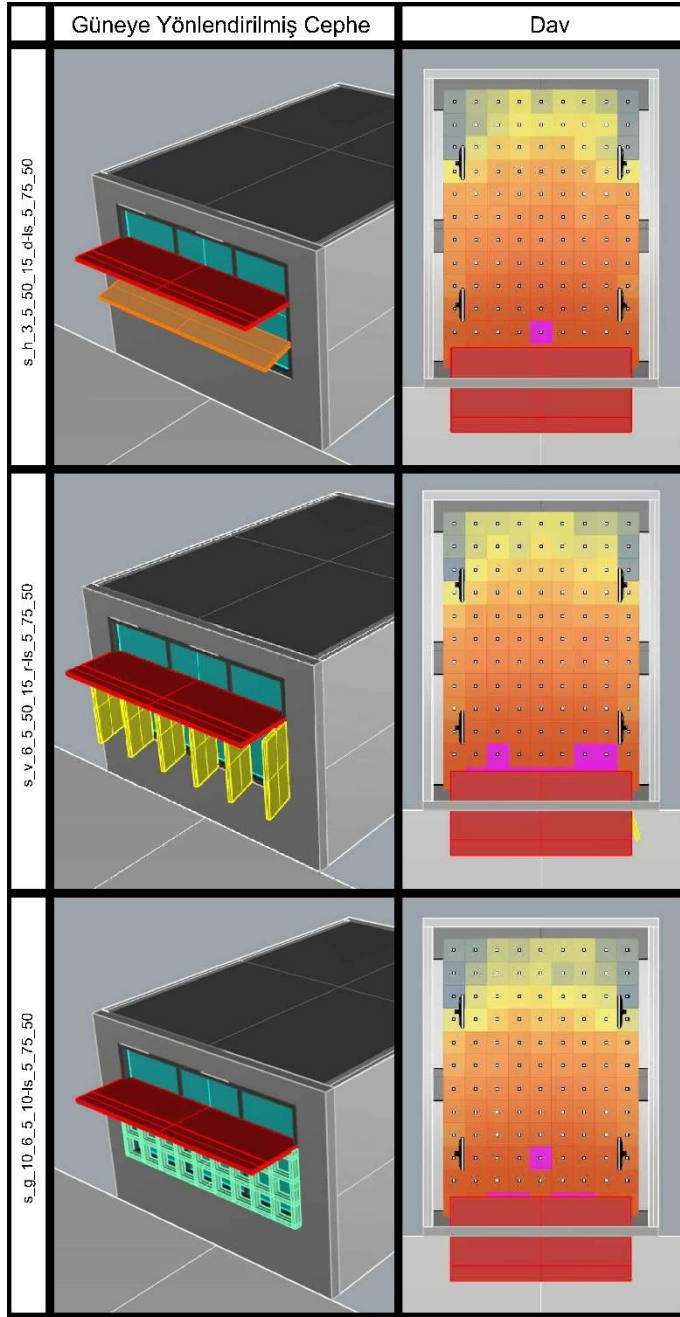
		Batı Cephesi	Gün ışığı alanı (Daylit) (%)	Kısmi gün ışığı alanı (Partially daylit) (%)	Aşırı gün ışığı alanı (Olası kamaşma alanı) (Overlit) (%)	Gün ışığı + Kısmi Gün ışığı alanı toplamı (%)
		Ana Model	40	19	41	59
Yatay	1	s_h_1_5_50	45	24	31	69
	2	s_h_1_5_50_15_d	42	28	30	70
	3	s_h_1_5_50_15_u	43	23	34	66
	4	s_h_1_5_80	46	27	27	73
	5	s_h_1_5_80_15_d	45	31	24	76
	6	s_h_1_5_80_15_u	46	22	32	68
	7	s_h_1_5_120	50	29	21	79
	8	s_h_1_5_120_15_d	50	36	14	86
	9	s_h_1_5_120_15_u	48	21	31	69
	10	s_h_2_5_30	44	25	31	69
	11	s_h_2_5_30_15_d	43	28	29	71
	12	s_h_2_5_30_15_u	45	23	32	68
	13	s_h_3_5_30	42	29	29	71
	14	s_h_3_5_30_15_d	42	31	27	73
	15	s_h_3_5_30_15_u	42	24	34	66
	16	s_h_2_5_50	47	27	26	74
	17	s_h_2_5_50_15_d	45	33	22	78
	18	s_h_2_5_50_15_u	46	21	33	67
	19	s_h_3_5_50	47	31	22	78
	20	s_h_3_5_50_15_d	60	39	1	99
	21	s_h_3_5_50_15_u	49	22	29	71
	22	s_h_4_5_30	57	30	13	87
	23	s_h_4_5_30_15_d	51	38	11	89
	24	s_h_4_5_30_15_u	45	27	28	72
Düşey	1	s_v_4_5_30	42	22	36	64
	2	s_v_4_5_30_15_l	43	23	34	66
	3	s_v_4_5_30_15_r	42	21	37	63
	4	s_v_5_5_30	40	24	36	64
	5	s_v_5_5_30_15_l	41	26	33	67
	6	s_v_5_5_30_15_r	39	25	36	64
	7	s_v_3_5_50	42	23	35	65
	8	s_v_3_5_50_15_l	44	24	32	68
	9	s_v_3_5_50_15_r	42	20	38	62
	10	s_v_4_5_50	40	25	35	65
	11	s_v_4_5_50_15_l	40	25	35	65
	12	s_v_4_5_50_15_r	42	21	37	63
	13	s_v_6_5_30	37	27	36	64
	14	s_v_6_5_30_15_l	36	29	35	65
	15	s_v_6_5_30_15_r	41	23	36	64
	16	s_v_7_5_30	36	28	36	64
	17	s_v_7_5_30_15_l	37	30	33	67
	18	s_v_7_5_30_15_r	40	26	34	66
	19	s_v_6_5_50	36	29	35	65
	20	s_v_6_5_50_15_l	39	29	32	68
	21	s_v_6_5_50_15_r	38	26	36	64
	22	s_v_7_5_50	36	30	34	66
	23	s_v_7_5_50_15_l	38	31	31	69
	24	s_v_7_5_50_15_r	39	27	34	66
Grid	1	s_g_6_4_5_10	35	31	34	66
	2	s_g_8_5_5_10	38	32	30	70
	3	s_g_10_6_5_10	32	38	30	70
Işık rafı	1	ls_5_30_50	45	29	26	74
	2	ls_5_30_50_20	49	24	27	73
	3	ls_5_50_50	51	28	21	79
	4	ls_5_50_50_20	47	26	27	73
	5	ls_5_75_50	56	29	15	85
	6	ls_5_75_50_20	51	23	26	74

Batı cephesi için, tüm gölgeleme ve yönlendirme elemanları birlikte değerlendirildiğinde (Bkz. Çizelge 4.20), yatay gölgeleme elemanlarının olası kamaşma oranlarının azaltılması konusunda en uygun gölgeleme sistemi olduğu görülmüştür. Literatür taramalarına göre batı cephesi için en verimli olduğu söylenen düşey gölgeleme elemanlarının yıllık ölçümlerde verimsiz olduğu görülmüştür. Yılın belirli günü ve saatlerinde ve hareketli olarak planlandığı durumlarda verimli olabileceği değerlendirilmektedir. Düşey gölgeleme elemanları için s_v_3_5_50_15_r alternatifinin en düşük performansa sahip olduğu görülmüştür. Işık rafı gölgeleme ve yönlendirme elemanının, grid gölgeleme elemanlarına göre performansının yüksek olduğu görülmüştür.

4.2.3. Güney cephe için yapılan kombinasyon çalışması

Bu bölümde gölgeleme ve yönlendirme elemanları birlikte kullanılarak kombinasyon çalışması yapılmıştır. Işık rafı elemanı tek başına gölgeleme ve yönlendirme elemanı olarak çalışmaktadır. Güneşten gelen ışınları tavan aracılığıyla yansıtarak dolaylı olarak aydınlık düzeyine olumlu katkı sağlamaktadır.

4.2.1. bölümünde güney cephe için elde edilen analizler doğrultusunda Dav analiz performansı yüksek gölgeleme elemanı ile ışık rafı elemanı birleştirilerek kombinasyon çalışması yapılmıştır. Kombinasyon çalışması yapılırken ışık rafı üzerinde devam eden yatay, düşey ve grid elemanlar ışık rafının performansını etkilememek adına iptal edilmiştir. Işık rafının alt kotunda devam eden yatay, düşey ve grid elemanlar aynen korunmuştur. Kombinasyon çalışmasının amacı elemanların birbiriyle kullanıldığı durumda gün ışığı performansına ne derece etki ettiğini anlamaktır. Çalışma plan düzlemi aydınlık düzeyi rek dereceleri Şekil 4.27'deki gibidir. 4.2.1 bölümüne göre her tip için en yüksek performansa sahip elemanlar ve bu elemanlara ait kombinasyon Dav sonuçları Çizelge 4.21'de verilmektedir.



Şekil 4.27. Kombinasyonlara ait Dav aydınlık düzeyleri (Güney cephe)

Çizelge 4.21. Yüksek performanslı tiplere ve kombinasyonlara ait tablo (Güney cephe)

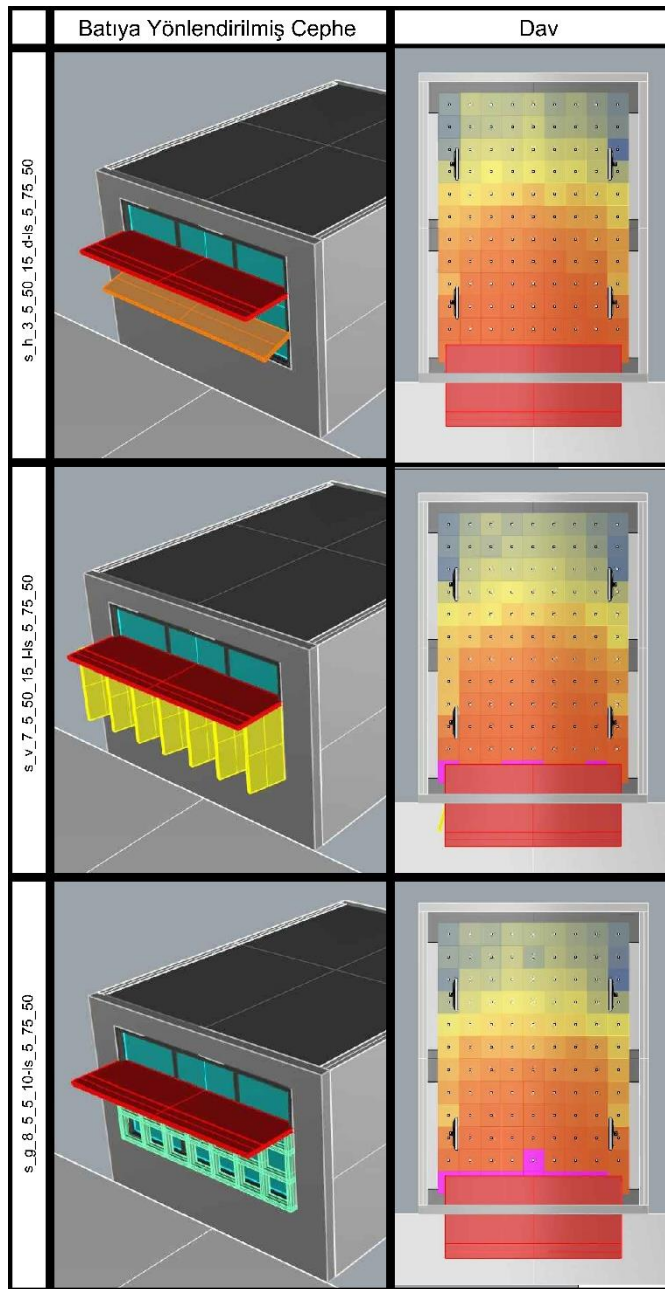
Güney Cephesi	Gölgeleme	Yönlendirme	Gün ışığı alanı (Daylit) (%)	Kısmi gün ışığı alanı (Partially daylit) (%)	Aşırı gün ışığı alanı (Olası kamaşma alanı) (Overlit) (%)	Gün ışığı + Kısmi Gün ışığı alanı toplamı (%)
Ana Model			51	6	43	57
h	s_h_3_5_50_15_d		69	29	2	98
v	s_v_6_5_50_15_r		56	8	36	64
g	s_g_10_6_5_10		51	26	23	77
ls		ls_5_75_50	66	12	22	78
s_h_3_5_50_15_d-ls_5_75_50	s_h_3_5_50_15_d	ls_5_75_50	80	19	1	99
s_v_6_5_50_15_r-ls_5_75_50	s_v_6_5_50_15_r	ls_5_75_50	72	19	9	91
s_g_10_6_5_10-ls_5_75_50	s_g_10_6_5_10	ls_5_75_50	69	26	5	95

Güney cephe için yapılan Dav sonuçlarına göre; s_h_3_5_50_15_d elemanının tek başına gün ışığı alanı (daylit) %69, kısmi gün ışığı alanı (partially daylit) %29, aşırı gün ışığı alanı yani olası kamaşma alanı (overlit) %2'dir. Performansı en yüksek yönlendirme elemanı ls_5_75_50 ile kombinasyonuna bakıldığında; gün ışığı alanı (daylit) %80, kısmi gün ışığı alanı (partially daylit) %19 ve aşırı gün ışığı alanı yani olası kamaşma alanını %1 olduğu görülmektedir. Buna göre yatay gölgeleme elemanları kendi başına kullanıldığında %98 oranında gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanına sahipken ışık rafı ile kombinasyonu durumunda %1'lik artışla %99 oranına ulaştığı görülmüştür. Dolayısıyla kamaşma olasılığı %1 oranında azalmıştır. Düşey elemanlar içinde performansı en yüksek s_v_6_5_50_15_r elemanının gün ışığı alanı (daylit) %56, kısmi gün ışığı alanı (partially daylit) %8 ve aşırı gün ışığı alanı yani olası kamaşma alanı (overlit) %36'dır. Düşey eleman s_v_6_5_50_15_r ve ışık rafı elemanı ls_5_75_50 elemanının kombinasyonuna bakıldığında; gün ışığı alanının (daylit) %72, kısmi gün ışığı alanının (partially daylit) %19 ve olası kamaşma alanının %9 olduğu görülmektedir. Yani düşey gölgeleme elemanının ışık rafı ile kombinasyonuna göre %27 oranında olası kamaşma alanının düştüğü, gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanı toplamının ise %64 oranından %91 oranına yükseldiği görülmektedir. Güney cephe için grid gölgeleme elemanları içinde performansı yüksek s_g_10_6_5_10 elemanının gün ışığı alanı (daylit) %51, kısmi gün ışığı alanı (partially daylit) %26 ve aşırı gün ışığı alanı yani olası kamaşma alanı (overlit) %23'tür. Güney cephe için gün ışığı performansı en yüksek ls_5_75_50 elemanı ile kombinasyonuna bakıldığında; gün ışığı alanının (daylit) %69, kısmi gün ışığı alanının (partially daylit) %26 ve aşırı gün ışığı alanı yani olası kamaşma alanının %5 olduğu görülmektedir. Grid elemanının kendi başına kullanıldığı durumdaki performansına göre olası kamaşma alanının %17 oranında azaldığı görülmektedir. Güney cephe için performansı en yüksek kombinasyon %99 oranında gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanı ve %1 olası kamaşma alanı oranına sahip s_h_3_5_50_15_d-ls_5_75_50 elemanı olmuştur.

Dav sonuçları doğrultusunda kombinasyon çalışmasıyla ilgili olarak bir genelleme yapıldığında; ışık rafı elemanının en çok düşey gölgeleme elemanı gün ışığı performansını iyileştirdiği görülmüştür. Oran olarak en düşük iyileşme oranı yatay gölgeleme elemanlarındadır. Işık rafı elemanı en iyi performansla sahip elemanlardan seçilen gölgeleme elemanlarının performansını yükseltmiştir. Güney cephe için; tasarım ve estetiksel kaygılardan dolayı düşey elemanlar kullanılmak istendiğinde, düşey elemanlar yer yer yatay elemanlarla desteklenerek gün ışığı performansı yükseltilebilir.

4.2.4. Batı cephesi için yapılan kombinasyon çalışması

Bu bölümde 4.2.3 bölümünde güney cephe için yapılan çalışmasının aynısı batı cephesi için yapılmıştır. 4.2.2 bölümünde batı cephesi için elde edilen analizler doğrultusunda her gölgeleme tipi için Dav analiz performansı en yüksek olan gölgeleme elemanı ile performansı en yüksek olan ışık rafı elemanı birleştirilerek kombinasyon çalışması yapılmıştır. 4.2.2 bölümüne göre her tip için en yüksek performansa sahip elemanlar ve bu elemanlara ait kombinasyon Dav sonuçları Çizelge 4.22’de verilmektedir.



Şekil 4.28. Kombinasyonlara ait Dav aydınlık düzeyleri (Batı cephesi)

Çizelge 4.22. Yüksek performanslı tiplere ve kombinasyonlara ait tablo (Batı cephesi)

Batı Cephesi	Gölgeleme	Yönlendirme	Gün ışığı alanı (Daylit) (%)	Kısmi gün ışığı alanı (Partially daylit) (%)	Aşırı gün ışığı alanı (Olası kamaşma alanı) (Overlit) (%)	Gün ışığı + Kısmi Gün ışığı alanı toplamı (%)
Ana Model			40	19	41	59
h	s_h_3_5_50_15_d		60	39	1	99
v	s_v_7_5_50_15_l		38	31	31	69
g	s_g_8_5_5_10		38	32	30	70
ls		ls_5_75_50	56	29	15	85
s_h_3_5_50_15_d-ls_5_75_50	s_h_3_5_50_15_d	ls_5_75_50	68	32	0	100
s_v_7_5_50_15_l-ls_5_75_50	s_v_7_5_50_15_l	ls_5_75_50	62	34	4	96
s_g_8_5_5_10-ls_5_75_50	s_g_8_5_5_10	ls_5_75_50	57	35	8	92

Batı cephesi için yapılan Dav sonuçlarına göre; s_h_3_5_50_15_d elemanına ait gün ışığı alanı (daylit) %60, kısmi gün ışığı alanı (partially daylit) %39 ve aşırı gün ışığı alanı yani olası kamaşma alanı (overlit) %1'dir. Işık rafı elemanı ls_5_75_50 ile kombinasyonunda gün ışığı alanının (daylit) %68, kısmi gün ışığı alanının (partially daylit) %32 ve aşırı gün ışığı alanı yani olası kamaşma alanının (overlit) %0 olduğu görülmektedir. Gün ışığı alanı ve kısmi gün ışığı alanı toplamında %1'lik artış sağlanarak %100'e ulaşılmış ve %0 olası kamaşma alanı sağlanmıştır. Dolayısıyla batı cephesinde en yüksek performansa sahip eleman s_h_3_5_50_15_d-ls_5_75_50 yani yatay eleman ve ışık rafı sistemi kombinasyonu olmuştur. Düşey elemanların performans değişimine bakıldığında; s_v_7_5_50_15_l elemanı kendi başına %69 gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanı ve %31 oranında olası kamaşma alanına sahipken, ışık rafı ile kombinasyonu durumunda gün ışığı alanı ve kısmi gün ışığı alan toplamı %25 artarak %96 oranını sağlamıştır. Kendi başına kullanıldığı durumda %31 olan olası kamaşma alanı, kombinasyon durumunda %27 oranında azalarak %4'ü sağlamıştır. Grid gölgeleme sistemi içerisinde performansı en yüksek olan s_g_8_5_5_10 grid sistem elemanı, kendi başına sağladığı %70 oranında gün ışığı ve kısmi gün ışığı alan toplamını, ışık rafı ile kombinasyon yapıldığında %92 oranına çıkarmıştır. Olası kamaşma alanı %30 oranından %8'lere düşmüştür.

Dav sonuçları doğrultusunda kombinasyon çalışmasıyla ilgili olarak bir genelleme yapıldığında; ışık rafı elemanının en çok düşey gölgeleme elemanı gün ışığı performansını iyileştirdiği görülmüştür. Oran olarak en düşük iyileşme oranı yatay gölgeleme elemanlarındadır. Işık rafı elemanı en iyi performansa sahip elemanlardan seçilen gölgeleme elemanlarının performansını yükseltmiştir. Batı cephesi için performansı en yüksek kombinasyon %100 oranında gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanı ve %0 olası kamaşma alanı oranına sahip s_h_3_5_50_15_d-ls_5_75_50 elemanı olmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yüksek enerji tüketim profili olan ofis binalarında tüketim yüzdesi olarak yüksek değere sahip olan yapay aydınlatmanın azaltılması karbon emisyonları için önem arz etmektedir. Gün ışığının faydalarından yararlanmak, kamaşma gibi olumsuz sonuçlarından kaçınmak ve gün ışığından optimum oranda yararlanmak gerekmektedir. Bu çalışma, erken tasarım aşamasında cephe tasarımının iç mekan aydınlatma performansına etkisini araştırmıştır. Gelişmiş cephelerde maliyet etkin çözüm olan sabit gün ışığı sistemlerinin kullanımıyla ilgili kılavuzlar ve öneriler sağlamak için çeşitli gölgeleme ve yönlendirme sistemleri incelenmiştir. Araştırma; belirli bir iklim bölgesi, mekan tipi ve boyutları ile sınırlandırılmış, güneş kontrol elemanlarının tip, boyut ve açısını değişken parametre olarak kabul etmiştir. Güneşten tam olarak yararlanılabilen güney cephe ve özellikle öğleden sonra saatlerinde kontrol edilmesi gerekli olan batı cephesi için gün ışığı performans analiz çalışması yapılmıştır. Ankara’da tip bir ofis modülü için güney ve batı cephelerinde, maksimum gün ışığı aydınlık düzeyi, minimum kamaşmayı sağlayan optimum sabit güneş kontrol elemanını belirlemeyi amaçlamıştır. Erken tasarım aşamalarında performans çözümleri araştırmak için bilgisayar destekli simülasyon programlarından yararlanılmıştır. Bu çalışmanın başka bina tiplerine ve gelecekte yapılacak kompleks sistemlere yön vereceği düşünülmektedir.

Toplamda 57 tip alternatif gölgeleme ve yönlendirme elemanları ile güney ve batı cepheleri için gün ışığı analiz çalışması yapılmıştır. Aşağıda her iki cephe yönlenmesi için yapılan analiz sonuçlarına ait değerlendirme ve sonuçlara yer verilmiştir.

Güney cephe

Ana modele ait Dav analiz sonuçlarında, %51 oranında gün ışığı alanının (daylit) olduğu, %6 oranında kısmi gün ışığı alanının (partially daylit) olduğu ve %43 oranında kamaşma olasılığı taşıyan aşırı gün ışığı alanı (overlit) olduğu görülmüştür. Güney cephede kullanılan tüm gölgeleme ve yönlendirme elemanları değerlendirildiğinde; yatay gölgeleme elemanlarının olası kamaşma alanlarının azaltılması, gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanının artırılmasında gün ışığı performansı açısından en verimli gölgeme eleman sistemi olduğu görülmüştür. Analiz edilen tüm alternatifler arasından güney cephe için en uygun cephe alternatifinin s_h_3_5_50_15_d, yani 3 adet 50 cm derinliğinde ve 15° aşağıya eğimli

gölgeleme elemanı olduğu görülmüştür. Düşey gölgeleme sistemi güney cephe için performansı en düşük güneş kontrol sistemidir. Işık rafı gölgeleme ve yönlendirme elemanlarının, grid gölgeleme elemanlarına göre performansının daha yüksek olduğu görülmüştür. Düşey gölgeleme elemanları, ışık rafı gölgeleme-yönlendirme elemanlarıyla kullanılması durumunda kendi performansına göre daha verimli kullanılabileceği düşünülmektedir.

Genel bir değerlendirme yapıldığında; boyut ve sayıların aynı olduğu sadece açılarının değiştiği alternatiflerde, aşağıya 15° eğimli olan alternatiflerin olası kamaşma alanını düşürmede daha verimli olduğu görülmüştür. 30 cm derinliğindeki yatay gölgeleme elemanları, düşeyde sık kullanılsa dahi 50 cm enindeki yatay gölgeleme elemanlarının performansını gösterememektedir. Eleman derinliği arttıkça olası kamaşma alanı düşmektedir. Ancak sadece eleman derinliği eleman sayısı da olası kamaşma alanını düşürmede etkilidir. 120 cm derinliğinde tek adet pencere üst kotuna yerleştirilen s_h_1_5_120 alternatifine bakıldığında, derinliği yüksek yatay gölgeleme elemanı kullanılmasına rağmen derinliği daha az ancak sayısı fazla olan diğer alternatifler göre performansının düşük olduğu görülmüştür.

Güney cephe kombinasyon çalışması

Güney cephe için yapılan Dav sonuçlarına göre yatay gölgeleme elemanları içinde performansı en yüksek s_h_3_5_50_15_d elemanı ile performansı en yüksek ls_5_75_50 yönlendirme elemanının kombinasyonuna bakıldığında; gün ışığı alanı (daylit) %80, kısmi gün ışığı alanı (partially daylit) %19 ve aşırı gün ışığı alanı yani olası kamaşma alanının %1 olduğu görülmektedir. Buna göre yatay gölgeleme elemanları kendi başına kullanıldığı duruma göre %1 oranında artışla gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanı toplamının %99 oranına ulaştığı görülmüştür. Olası kamaşma alanı %1 oranında azalarak %1'e düşmüştür. Düşey elemanlar içinde performansı en yüksek s_v_6_5_50_15_r elemanının, ls_5_75_50 yönlendirme elemanı ile kombinasyonuna bakıldığında; gün ışığı alanının (daylit) %72, kısmi gün ışığı alanının (partially daylit) %19 ve olası kamaşma alanının %9 olduğu görülmektedir. Yani düşey gölgeleme elemanının, ışık rafı ile kombinasyonuna göre %27 oranında olası kamaşma alanının düştüğü, gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanı toplamının ise %64 oranından %91 oranına yükseldiği görülmektedir. Grid gölgeleme elemanları içinde performansı yüksek s_g_10_6_5_10 elemanının ls_5_75_50 elemanı ile kombinasyonuna

bakıldığında; gün ışığı alanının (daylit) %69, kısmi gün ışığı alanının (partially daylit) %26 ve aşırı gün ışığı alanı yani olası kamaşma alanının %5 olduğu görülmektedir. Grid elemanının kendi başına kullanıldığı performansına göre olası kamaşma alanının %17 oranında azaldığı görülmektedir. Güney cephe için performansı en yüksek kombinasyon %99 oranında gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanı ve %1 olası kamaşma alanı oranına sahip s_h_3_5_50_15_d-ls_5_75_50 elemanı olmuştur.

Güney cephe kombinasyon çalışmasıyla ilgili olarak bir genelleme yapıldığında; ışık rafı elemanının en çok düşey gölgeleme elemanı gün ışığı performansını iyileştirdiği görülmüştür. Oran olarak en düşük iyileşme oranı yatay gölgeleme elemanlarındadır. Işık rafı elemanı en iyi performansa sahip elemanlardan seçilen gölgeleme elemanlarının performansını yükseltmiştir. Güney cephe için; tasarım ve estetiksel kaygılardan dolayı düşey elemanlar kullanılmak istendiğinde, düşey elemanlar yer yer yatay elemanlarla desteklenerek gün ışığı performansı yükseltilebilir.

Batı cephesi

Ana modele ait Dav analiz sonuçlarında, %40 oranında gün ışığı alanının (daylit) olduğu, %19 oranında kısmi gün ışığı alanının (partially daylit) olduğu ve %41 oranında olası kamaşma alanını ifade eden aşırı gün ışığı alanı (overlit) olduğu görülmektedir. Batı cephesi için, tüm gölgeleme ve yönlendirme elemanlarını birlikte düşündüğümüzde, yatay gölgeleme elemanlarının olası kamaşma oranlarının azaltılması konusunda en uygun gölgeleme sistemi olduğu görülmüştür. Literatür taramalarına göre batı cephesi için en verimli olduğu söylenen düşey gölgeleme elemanlarının yıllık ölçümlerde verimsiz olduğu görülmüştür. Yılın belirli günü ve saatleri için, hareketli eleman olarak kullanıldığı durumda veya yatay elemanlarla desteklenerek güneş paravanı olarak çalıştırıldığı durumlarda verimli olabileceği değerlendirilmektedir. Düşey gölgeleme elemanları için s_v_3_5_50_15_r alternatifinin en düşük performansa sahip olduğu görülmüştür. Işık rafı gölgeleme ve yönlendirme elemanının grid gölgeleme elemanlarına göre performansının yüksek olduğu görülmüştür. Benzer alanda yapılan Gadelhak (2013), yüksek lisans tez çalışmasında çöl iklimine sahip Mısır Kahire şehrinde benzer şekilde batı cephesi için yapılan gün ışığı analiz sonuçlarında yatay gölgeleme elemanları uygun bulunmuştur.

Batı cephesi kombinasyon çalışması

Batı cephesi için yatay gölgeleme elemanları içerisinde performansı en yüksek olan s_h_3_5_50_15_d elemanı ile performansı en yüksek ls_5_75_50 ışık rafı elemanının kombinasyon çalışması yapıldığında; gün ışığı alanının (daylit) %68, kısmi gün ışığı alanının (partially daylit) %32 ve aşırı gün ışığı alanı yani olası kamaşma alanının (overlit) %0 olduğu görülmüştür. Gün ışığı alanı ve kısmi gün ışığı alanı toplamında %1'lik artış sağlanarak %100'e ulaşılmış ve %0 olası kamaşma alanı sağlanmıştır. Dolayısıyla batı cephesinde en yüksek performansa sahip eleman s_h_3_50_15_d-ls_5_75_50 yani yatay eleman ve ışık rafı sistemi kombinasyonu olmuştur. Düşey elemanların performans değişimine bakıldığında; s_v_7_5_50_15_1 elemanının ls_5_75_50 ışık rafı elemanı ile kombinasyonu durumunda gün ışığı alanı ve kısmi gün ışığı alanı toplamı %25 artarak %96 oranını sağlamıştır. Kendi başına kullanıldığı durumda %31 olan olası kamaşma alanı, kombinasyon durumunda %27 oranında azalarak %4'ü sağlamıştır. Performansı en yüksek s_g_8_5_5_10 grid sistem elemanının ışık rafı ile kombinasyonuna bakıldığında gün ışığı alanı ve kısmi gün ışığı alanı %70 oranından %92 oranına çıkmıştır. Olası kamaşma alanı %30 oranından %8'lere düşmüştür.

Dav sonuçları doğrultusunda kombinasyon çalışmasıyla ilgili olarak bir genelleme yapıldığında; ışık rafı elemanının en çok düşey gölgeleme elemanı gün ışığı performansını iyileştirdiği görülmüştür. Oran olarak en düşük iyileşme oranı yatay gölgeleme elemanlarındadır. Işık rafı elemanı en iyi performansa sahip elemanlardan seçilen gölgeleme elemanlarının performansını yükseltmiştir. Batı cephesi için performansı en yüksek kombinasyon %100 oranında gün ışığı ve kısmi gün ışığı alanı ve %0 olası kamaşma alanı oranına sahip s_h_3_5_50_15_d-ls_5_75_50 elemanıdır.

Yapılan çalışma; yüksek performanslı cephe çalışmaları için sabit ve dinamik sistemler karşılaştırılarak kinetik, dinamik ve adaptif cephe tasarımlarına rehberlik edeceği düşünülmektedir. Diğer cepheler için benzer çalışmalar yapılarak diğer cephelere özgü optimum güneş kontrol elemanı tasarlanabilir. Hareketli güneş kontrol elemanları üzerinden benzer çalışma yapılabilir. Aynı tip ofis modülü üzerinden genetik algoritma vb. parametrik tasarım yöntemleri kullanılarak yenilikçi cephe çözümlerinin geliştirilebileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aksamija, A. (2009). Context based design of double skin facades: climatic consideration during the design process, *Perkins+Will Research Journal*, 1 (01), 54-69.
- Aksamija, A. (2013). *Sustainable facades: design methods for high-performance building envelopes*. Canada: Wiley, 256.
- Alsharif, D. (2017). *Parametric Exploration Of Shading Screens: Daylight, Sun Penetration, and View Factor*, Master of Science in Architecture, University of Washington, Seattle.
- Augenbroe, G. (2011). *The role of simulation in performance based building*. In *Building Performance Simulation for Design and Operation* (Hensen, J.L.M., & Lamberts, L., Eds), New York: Spon Press, 2, 15-36.
- Bader, S. (2010). *High Performance Façades For Commercial Buildings: How Can Modern, Transparent Façade Systems For Commercial Buildings Fulfill The Contemporary Demands Of Sustainable Building In Regard To Their Thermal and Functional Performance, As Well As High Aesthetic Characteristics?*, Master of Science in Architecture, The University of Texas at Austin, Austin.
- Baker, N., Steemers, K. (2014). *Daylight design of buildings: a handbook for architects and engineers*, London, 64.
- Bell, J. A. M. (1973). Development and practice in the daylighting of buildings, *Lighting Research and Technology*, 5(4), 173-185.
- Boubekri, M. (2008). *Daylighting strategies. daylighting, architecture and health*. Chapter 6, Oxford: Architectural Press, 111-126.
- Bougdah, H., Sharples, S. (2010). *Environment, technology and sustainability*. New York.
- Brown, G., DeKay, M. (2001). *Sun, wind, and light*. New Jersey: Wiley.
- Carmody, J., Haglund, K. (2007). The impact of external shading devices in commercial buildings-how exterior shading devices impact energy use, peak demand, and glare control, *Heating/Piping/Air Conditioning Engineering: HPAC*, 27, 14.
- CIBSE (Chartered Institute of Building Services Engineers)-Code For Interior Lighting, (1984). United Kingdom.
- Dubois, M., C. (1997). *Solar Shading and Building Energy Use: A Literature Review*. Lund University, Swedish.
- DiLaura, D. L., Houser, K. W., Mistrick, R. G., and Steffy, G. R. (2011). *IES - Illuminating Engineering Society*, New York.

- Elkhatieb, M. A. (2016). *A Performance-Driven Design Model Of Territorial Adaptive Building Skin (Tabs) For Daylighting Performance Optimisation In Office Buildings In Egypt*, Degree of Doctor of Philosophy, The University of Liverpool , Liverpool.
- Ercan, B. (2013). *Performance Based Design Exploration Methods For External Shading Design: An Office Building In Nicosia, Cyprus*, Master of Science in Architecture, Middle East Technical University, Ankara.
- Erlendsson, O. (2014). *Daylight Optimization: A Parametric Study of Atrium Design*, Master's Degree Project, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm.
- Gadelhak, M. (2013). *High Performance Facades: Designing Office Building Facades to Enhance Indoor Daylighting Performance*, Master of Science in Architecture, Ain Shams University, Cairo.
- Garcia-Hansen, V. G. (2006). *Innovative Daylighting Systems For Deep-Plan Commercial Buildings*, Doctor Of Philosophy, Queensland University of Technology, Australia.
- Garcia-Hansen, V., Edmonds, I., Bell, J. (2009). *Improving daylighting performance of mirrored light pipes passive vs. active collection systems*, 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Quebec City, Canada.
- Galloway, T. (2004). *Solar house*. London: Routledge.
- Housing and Building Research Institute and Bangladesh Standards and Testing Institute (1993). *Bangladesh National Building Code (BNBC)*, 8, 3-7.
- IESNA, (2000). *IESNA Lighting Handbook 9th Edition*, Illuminating Engineering Society of North America.
- Illuminating Engineering Society. (2012). *IES Approved Method: Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE)*. New York: IES.
- Jakubiec, J. A., Reinhart, C. F. (2011). *DIVA 2.0: Integrating daylight and thermal simulations using Rhinoceros 3D, Daysim and Energyplus*. 12th Conference of International Building Performance Simulation Association Building Simulation 2011, 2202–2209.
- Koçer, A., Şevik, S. ve Güngör, A. (2016). Ankara ve ilçeleri için güneş kolektörü optimum eğim açısının belirlenmesi, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 21 (1).
- Kolas, T. (2013). *Performance Of Daylight Redirecting Venetian Blinds For Sidelighted Spaces At High Latitudes*, Thesis for the degree of Philosophiae Doctor, Norwegian University of Science and Technology, Norway.
- Köster, H. (2004), *Dynamic daylighting architecture: basics, systems, projects*. Basel: Birkhäuser Architecture, 22-23.

İnternet: Ankara Weather Data. URL: https://energyplus.net/weatherlocation/europe_wmo_region_6/TUR//TUR_Ankara.171280_IWEC, Son Erişim Tarihi: 16.04.2018.

İnternet: DIVA. URL: <http://DIVA4rhino.com>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2019.

İnternet: Düşey Gölgeleme Sistemi. URL: <http://www.uwindsor.ca/dailynews/2012-05-18/centre-for-engineering-innovation-puts-on-its-shades>, Son Erişim Tarihi: 23.04.2019.

İnternet: EİA 2017 İstatistikleri. URL: https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=us_energy_use, Son Erişim Tarihi: 23.04.2019.

İnternet: Gökyüzü Tipleri. URL: <http://DIVA4rhino.com/user-guide/simulation-types/simulations-general>, Son Erişim Tarihi: 01.07.2019.

İnternet: Grid Gölgeleme Sistemi. URL: <https://inhabitat.com/honeycomb-shading-keeps-buro-ole-scheerens-skyscrapers-naturally-cool-in-singapore/>, Son Erişim Tarihi: 23.04.2019.

İnternet: Grid Gölgeleme Sistemi. URL: <https://www.archdaily.com/175582/the-mashrabiya-house-senan-abdelqader/50160dac28ba0d1598000902-the-mashrabiya-house-senan-abdelqader-photo>, Son Erişim Tarihi: 23.04.2019.

İnternet: Işık Rafı. URL: https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Light_shelf, Son Erişim Tarihi: 23.04.2019.

İnternet: İklim Etkin Simülasyon. URL: <http://DIVA4rhino.com/user-guide/simulation-types/climate-based>, Son Erişim Tarihi: 28.05.2019.

İnternet: Jaluzi. URL: <http://www.nastaran.net/light-daylighting-nastaran-shishegar.html>, Son Erişim Tarihi: 23.04.2019.

İnternet: Lazer Kesim Panel. URL: <http://www.solartran.com.au/lasercutpanel.htm>, Son Erişim Tarihi: 23.04.2019.

İnternet: Meteoroloji Genel Müdürlüğü İllere Ait Mevsim Normalleri. URL: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx>, Son Erişim Tarihi 23.04.2019.

İnternet: Rhino Programı. URL: <https://www.rhino3d.com/6/features>, Son Erişim Tarihi 23.04.2019.

İnternet: Suva House. URL: <http://www.basilea.viaggidiarchitettura.it/suva-house/>, Son Erişim Tarihi: 23.04.2019.

İnternet: Türkiye Global Radyasyon Değerleri ve Güneşlenme Süreleri. URL: <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>, Son Erişim Tarihi 23.04.2019.

- Internet: Yatay Gölgeleme Sistemi. URL: <https://www.dezeen.com/2010/08/09/galilee-by-studio-bellecour-architects/> , Son Erişim Tarihi: 23.04.2019.
- Lagios, K., Niemasz, J., Reinhart, C. F. (2010). *Animated building performance simulation (ABPS)-Linking Rhinoceros/Grasshopper with Radiance/Daysim*. SimBuild Fourth National Conference of IBPSA-USA. New York.
- Lee, D. K. (2013). *High Energy Efficient Building Envelope Design with Integrated Workflow In Multidisciplinary Performance Criteria*, Master of Science in the School of Architecture, Georgia Institute of Technology, Atlanta.
- Lechner, N. (2009). *Heating, cooling, lighting: sustainable design methods for architect: hoboken*. New Jersey: Wiley.
- Littlefair, P. J. (1995). Light shelves: Computer assessment of daylighting performance. *Lighting Research and Technology*, 27 (2), 79–91.
- Mahmoud A. H. A. and Elghazi Y. (2016). Parametric-based designs for kinetic facades to optimize daylight performance: comparing rotation and translation kinetic motion for hexagonal facade patterns, *Solar Energy*, 126, 111-127.
- Mardaljevic, J. (1995). Validation of a lighting simulation program under real sky conditions. *Lighting Research and Technology*, 27 (4), 181–188.
- McGuire M. (2005). *A System for Optimizing Interior Daylight Distribution Using Reflective Venetian Blinds with Independent Blind Angle Control*, Master of Science Thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.
- Moazzeni, M. H., Ghiabaklou Z. (2016). Investigating the influence of light shelf geometry parameters on daylight performance and visual comfort, a case study of educational space in Tehran, Iran. *Buildings* 2016, 6, 26.
- Olbina, S., Beliveau Y. (2009). Developing a transparent shading device as a daylighting system. *Building Research and Information*, 37(2), 148-163.
- Oral, G., Yener, A. and Bayazit, N. (2004). Building envelope design with the objective to ensure thermal, visual and acoustic conditions, *Building and Environment*, 39, 281-287.
- Punjabi, S. and Miranda V. (2005). *Development of an integrated building design information interface*. Proceedings of IBPSA '05 Building Simulation Conference. Montreal: The International Building Performance Simulation Association, 969-976.
- Poirazis, H. (2008). *Single and double skin glazed office buildings*, Thesis, Energy and Building Design, Lund University, Norway.
- Place, W., Howard, T. C. (1990). *Daylighting multistory office buildings*. Raleigh, NC, USA: North Carolina Alternative Energy Corporation.

- Rahimzadeh, S. D. (2015). *Use Of Parametric Modelling and Climate-Based Metrics For The Efficient Design Of Daylight Strategies In Buildings With Complex Geometries*, Master of Science in Architecture, Queensland University of Technology, Brisbane.
- Reinhart, C. F. (2004). Lightswitch- 2002: A model for manual and automated control of electric lighting and blinds. *Solar Energy*, 77(1), 15–28.
- Reinhart, C. F., Mardaljevic, J. and Rogers Z. (2006). Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. *Leukos*, 3(1), 7–31.
- Reinhart, C. F. and Wienold, J. (2011). The daylighting dashboard: A simulation-based design analysis for daylit spaces. *Building and Environment*, 46(2), 386–396.
- Robinson, A., Selkowitz, S. (2013). Tips for daylighting with windows. *Lawrence Berkeley National Laboratory and U.S. Department of Energy*, Technical Report.
- Ruck, N., Aschehoug, O., Aydinli, S., Christoffersen, J., Courret, G., Edmonds, I., Jakobiak, R., Kischkoweit-Lopin, M., Klinger, M., Lee, E., Michel, L., Scartezzini, J. and Selkowitz, S. (2000). *Daylight in buildings: a source book on daylighting systems and components*. International Energy Agency (IEA) Solar Heating and Cooling Programme and Energy Conservation in Buildings & Community Systems Programme.
- Selkowitz, S., Navvab, M., Mathews, S. (1983). *Design and performance of light shelves*. In proceedings of the international daylighting conference, USA.
- Schuster, H. G. (2006). *The influence of daylight design in office buildings on the users comfort*. The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture PLEA2006, Geneva, Switzerland.
- Trisha, S. H. and Ahmed, Z. N. (2017). *A review of the daylight rule of thumb: assessing window head height to daylit zone depth for shading devices in commercial buildings*, 1st International Conference on Green Architecture ICGrA 2017, Dhaka, Bangladesh.
- Varendorff, A., Hansen G. V. (2012). Building envelope: performance optimisation processes for a daylight responsive architecture. *Passive Low Energy Architecture PLEA 2012*, Lima, Peru.
- Vine, E., Lee E. (1998). Office worker response to an automated venetian blind and electric lighting system: A pilot study. *Energy and Buildings*, 28(2), 205-218.
- Wang, L., H. Wong N. and Li S. (2007). Facade design optimization for naturally ventilated residential buildings in Singapore. *Energy and Buildings*, 39(8), 954-961.
- Wienold, J. (2009). *Daylight Glare In Offices*, Degree of Doctor of Philosophy, Karlsruhe University, Germany.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : CEYLAN, Özge
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 31.03.1991, Karabük
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 0 (544) 494 45 09
 e-mail : arcozgeceylan@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Mimarlık	2013
Lise	Safranbolu Anadolu Lisesi	2009

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2014-Halen	ASELSAN A.Ş.	Mimar
2013-2014	Çatki Mimarlık	Mimar

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Ayçam İ., Ceylan Ö. (2018). *Analysis of Daylight Control in Advanced Façade Systems for Office Module in Ankara*. Proceedings of 3rd International Sustainable Buildings Symposium ISBS 2017. Lecture Notes in Civil Engineering, Springer, Cham.

Hobiler

Seramik, Sinema



GAZİ GELECEKTİR..