

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MEVCUT YAPILARIN GÜNEŞ KONTROL ELEMANLARI İLE
ENERJİ PERFORMANSININ İYİLEŞTİRİLMESİ: GTÜ
MİMARLIK FAKÜLTESİ BİNASI

MEVRA KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ ELİF ÖZER YÜKSEL

TEMMUZ 2025

T.C.

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MEVCUT YAPILARIN GÜNEŞ KONTROL ELEMANLARI İLE
ENERJİ PERFORMANSININ İYİLEŞTİRİLMESİ: GTÜ
MİMARLIK FAKÜLTESİ BİNASI

MEVRA KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: DR. ÖĞR. ÜYESİ ELİF ÖZER YÜKSEL

TEMMUZ 2025

T.R.

GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL

**IMPROVING THE ENERGY PERFORMANCE OF EXISTING
BUILDINGS WITH SOLAR CONTROL ELEMENTS: GTU
FACULTY OF ARCHITECTURE BUILDING**

MEVRA KAYA

**A THESIS OF MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE**

ADVISOR: ASST. PROF. DR. ELİF ÖZER YÜKSEL

JULY 2025



YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GTÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun 30/06/2025 tarih ve 2025/34 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 07/07/2025 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Mevra KAYA'nın tez çalışması Mimarlık Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Dr. Öğr. Üyesi Elif ÖZER YÜKSEL

ÜYE

: Doç. Dr. Saniye KARAMAN ÖZTAŞ

ÜYE

: Doç. Dr. Buket METİN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulunun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

Sevgili Aileme,

ve

Biricik Kendim'e

ÖZET

Hızlı nüfus artışı ve kentleşmeyle birlikte artan inşaat üretimi enerji ve malzeme tüketiminde öncü rol oynamaktadır. Kaynak tüketiminin en aza indirilmesi ve sürdürülebilir çevre dostu yapılar inşa etmek sağlıklı ve ekolojik yapılaşma için önemli hale gelmektedir. Bu nedenle inşaat sektöründe yapıların minimum enerji kullanımını esas alan sürdürülebilir özelliklerde enerji-etkin yapı tasarımı ön plana çıkmaktadır. Enerji-etkin yapı üretiminde bir takım tasarım parametreleri dikkate alınmaktadır. Yapıların enerji etkinliğini etkileyen pasif tasarım etmenlerinin yanı sıra cephelerde kullanılan güneş kontrol elemanları sayesinde, yapıların ısıtma ve soğutma yükleri üzerinde enerji tüketimini ve maliyetleri azaltan uygulamalar yapılabilmektedir.

Güneş kontrolü, yapı kabuğundan alınan güneş enerjisinin kontrollü bir şekilde iç mekâna alınmasına yardımcı olarak yapıların soğutma enerji yüklerinin azaltılmasında ve iç mekân ısı konforunun sağlanmasında kullanılan bir yöntemdir. Güneş kontrol elemanları, yapı cephelerindeki saydam yüzeylere, direkt etki eden güneş enerjisinin iç mekâna erişiminin kısıtlanması ile mekân içerisinde aşırı ısınmayı engelleyerek soğutma için harcanan enerjinin azaltılmasında en etkili yöntemlerden biri sayılmaktadır. Bu sayede yapı içerisinde görsel ve ısı konforunun sağlanmasının yanı sıra yapıların enerji tüketimini azaltarak atık üretiminin ve harcanan maliyetlerin düşürülmesi sağlanabilmektedir.

Bu tez çalışması, ılımlı-nemli iklim kuşağında yer alan Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi N Blok yapısında, batı, doğu ve güney yönlerine bakan ofis odalarında sabit güneş kontrol elemanlarının yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimine etkisini çok kriterli bir değerlendirme ile incelemektedir. Literatüre dayalı parametrelerle oluşturulan 144 senaryo, sıklık analizine göre belirlenen değişkenlerle DesignBuilder enerji simülasyon programında modellenmiş; yalnızca %40'ın üzerinde gün ışığı etkinliği sağlayan senaryolar analiz kapsamına alınmış ve Bunlar arasında en verimli konfigürasyonlar (SBd21, SDd21, SGy23) soğutma enerjisinde %18,21 azalma, ısıtma enerjisinde %28,22 artış ve yıllık toplam enerji tasarrufunda %4,91 artış sağladı. Çalışma, DesignBuilder destekli çok değişkenli senaryo analizleriyle cephe yönelimine özgü optimum sabit güneş kontrol stratejilerinin geliştirilmesine katkı sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Kontrol Elemanları, Yapı Isıl Performansı, Enerji Tüketimi, Enerji Simülasyonu, DesignBuilder

ABSTRACT

With rapid population growth and urbanization, the increasing volume of construction has become a leading factor in energy and material consumption. Minimizing resource use and constructing environmentally friendly, sustainable buildings have become essential for achieving healthy and ecological urban development. Therefore, energy-efficient building design, which prioritizes minimal energy use, has come to the forefront in the construction sector. A number of design parameters are considered in the production of energy-efficient buildings. In addition to passive design factors that influence a building's energy efficiency, the use of solar control elements on building façades enables reductions in both energy consumption and costs associated with heating and cooling loads.

Solar control is a strategy used to reduce cooling loads and improve indoor thermal comfort by managing the amount of solar energy entering the interior through the building envelope. Solar control devices, by limiting the penetration of direct solar radiation through transparent façade surfaces, are among the most effective methods to prevent overheating and reduce the energy spent on cooling. In this way, they contribute to visual and thermal comfort indoors while also reducing the building's overall energy consumption, waste generation, and associated costs.

This thesis investigates the impact of fixed solar control elements on annual heating, cooling, and total energy consumption through a multi-criteria evaluation in the office rooms of the N Block building at the Faculty of Architecture, Gebze Technical University, located in a temperate-humid climate zone and facing west, east, and south directions. A total of 144 scenarios were generated based on literature-defined parameters and modeled using the DesignBuilder energy simulation program, with variables selected through frequency analysis; only those scenarios achieving over 40% daylight efficiency were included in the analysis. Among these, the most efficient configurations (SBd21, SDd21, SGy23) resulted in an 18.21% reduction in cooling energy, a 28.22% increase in heating energy, and an overall annual energy saving of 4.91%. The study contributes to the development of façade-oriented optimum fixed solar control strategies through DesignBuilder-supported, multi-variable scenario analyses.

Keywords: Solar Control Devices, Building Thermal Performance, Energy Consumption, Energy Simulation, DesignBuilder

TEŞEKKÜR

Akademik hayatım boyunca eğitimleri ve bilgi birikimleri ile mesleğimde gelişmemi ve ilerlememi sağlayan Maltepe Üniversitesi İngilizce Mimarlık bölümü hocalarıma ve Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Yüksek Lisans hocalarıma teşekkür ederim. Lisans eğitimim süresince alanımda gelişmemi ve mimarlığı daha çok sevmemi sağlayan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Emel CANTÜRK AKYILDIZ hocama ayrıca teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim süresince, çok kıymetli tez danışmanım, değerli ve saygıdeğer Dr. Öğr. Üyesi Elif ÖZER YÜKSEL hocama; bilgi birikimi, yönlendirmeleri ve sabrı ile tez çalışmamın her aşamasında bana rehberlik ettiği için içtenlikle teşekkür ederim. Tez jürimde yer alarak değerlendirmeleri ve kıymetli katkılarıyla çalışmamı zenginleştiren Doç. Dr. Saniye KARAMAN ÖZTAŞ ve Doç. Dr. Buket METİN hocalarıma da ayrıca teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince gerekli teknik bilgilere ulaşmamda desteklerini esirgemeyen Gebze Teknik Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'na teşekkür ederim. Ayrıca tez sürecimde maddi destek sağlayan Gebze Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması kapsamında simülasyon analizlerini gerçekleştirmemde ihtiyaç duyduğum yazılım desteğini sağlayarak bu süreçte katkıda bulunan ALTENSİS firmasına da destekleri için içtenlikle teşekkür ederim.

Hayatım boyunca bana her koşulda koşulsuz destek olan kıymetli annem Fahriye Kaya ve babam Sebahattin Kaya'ya; verdikleri maddi manevi tüm emekler, inançları ve sabırları için minnettarım. Her zaman yanımda hissettiğim, içtenliği ve sevgisiyle bana güç veren canım kardeşim Irmak Kaya'ya; hayatımda olduğun için, bana ilham ve neşe verdiğin için sana ayrıca teşekkür ederim.

Aynı şekilde, her zaman yanımda olan ve hayatımda anne babam gibi yer edinen değerli kuzenim Nihal Kardeş ve eşi Murat Kardeş'e içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte yanımda olan, desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve beni motive eden sevgili arkadaşlarım Ece Sayın, Ahmet Sedat Arıkan, Elif Ak, Berke Tansever ve Hakan Yapıcıoğlu'na; varlıkları ve manevi destekleriyle beni güçlendirdikleri için gönülden teşekkür ederim.

Yoğun çalışma temposu içinde bana anlayış gösteren ve manevi destekleriyle bu süreci daha kolay atlatmamı sağlayan değerli iş arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1. Problemin Tanımı	6
1.2. Hipotez	7
1.3. Çalışmanın Amacı	8
1.4. Çalışmanın Kapsamı	9
1.5. Çalışmanın Yöntemi	9
2. YAPILARDA ENERJİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN PASİF TASARIM FAKTÖRLERİ	11
2.1. Yapının Bulunduğu İklim	13
2.2. Yapının Konumu ve Yönelimi	14
2.3. Yapının Formu	15
2.4. Yapı Kabuğunun Özellikleri	16
2.4.1. Doğal Havalandırma	18
2.4.2. Güneş Kontrolü	19
2.4.3. Isı Yalıtımı ve Termal Kütle	20
2.5. Yapının İşlevi ve Mekân Yerleşimi	22
3. YAPILARDA GÜNEŞ KONTROLÜ VE GÜNEŞ KONTROL ELEMANLARININ KULLANIMI	23
3.1. Güneş Kontrol Elemanlarından Beklenen Temel Performans Gereksinimleri	25
3.1.1. Isıl Performans	25
3.1.2. Görsel Performans	27
3.1.3. İklim ve Cephe Yönüne Uygunluk	29
3.1.4. Mimari ve Estetik Uyum	30
3.1.5. Enerji Verimliliği	30
3.1.6. Kullanıcı Kontrolü ve Esneklik	31
3.1.7. Malzeme Özellikleri	313
3.2. Yapı Cephelerinde Güneş Kontrol Elemanlarının Sınıflandırılması	33
3.2.1. Yönelime ve Geometrik Yerleşime Göre Sınıflandırma	346
3.2.1.1. Dikey Güneş Kontrol Elemanları	35
3.2.1.2. Yatay Güneş Kontrol Elemanları	38
3.2.1.3. Kare-Kafes Güneş Kontrol Elemanları	42
3.2.2. Hareket Özelliğine Göre Sınıflandırma	45
3.2.2.1. Sabit Sistemler	46
3.2.2.2. Hareketli Sistemler	48
3.2.2.2.1. Manuel Ayarlanabilir Sistemler	49
3.2.2.2.2. Otomasyonlu Sistemler	52
3.2.2.2.3. Kinetik / Adaptif Sistemler	56

4. GTÜ MİMARLIK FAKÜLTESİ N BLOK YAPISININ GÜNEŞ KONTROL ELEMANLARI İLE ENERJİ ETKİN İYİLEŞTİRİLMESİ	592
4.1. Literatür Araştırması ve Analizi	614
4.1.1. Literatür Taraması ve Bulguların Değerlendirilmesi	624
4.1.2. Güneş Kontrol Elemanlarına Ait Parametrelerin Belirlenmesi	914
4.1.3. Soğutma Enerjisi Tüketimi Açısından Referans Çalışmalarda En Etkin Sonucu Veren Senaryoların Değerlendirilmesi	925
4.1.4. Simülasyon Senaryolarının Oluşturulması	947
4.2. N Blok Ofis Kullanıcı Görüşmelerine Dayalı Yarı Yapılandırılmış Görüşmelerin Değerlendirilmesi	1015
4.2.1. Araştırma Bulguları	1015
4.2.2. Demografik Özellikler	1026
4.2.3. Kullanım Durumu	1036
4.2.4. Ofis Odalarında İç Mekân Termal Konfor Memnuniyeti	1071
4.3. GTÜ Mimarlık Fakültesi N Blok Yapısının Mimari ve Yapısal Özellikleri	1215
4.4. Designbuilder Simülasyon Aracı ve Genel Kabuller	1250
4.4.1. Adiabatik Yüzeylerin Belirlenmesi	1260
4.4.2. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Modelleme Sürecinde Kapsam Dışı Bırakılması	1271
4.4.3. Simülasyonlarda Çevresel Etmenlerin İhmal Edilmesi	1282
4.4.4. Görsel Etkinlik Yüzdesi ve Değerlendirme Kriterleri	1282
4.5. 3B Modelin DesignBuilder Simülasyon Aracında Modellenmesi	1304
4.5.1. Yapıya Ait Verilerin DesignBuilder’da Tanımlanması	1337
4.5.2. Simülasyon Zonlarının Cephelere Göre Belirlenmesi	1360
4.5.3. Simülasyon Özellikleri ve Hesaplama Parametreleri	1382
5. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI	1394
5.1. Güneş Kontrol Elemanı Senaryolarının Görsel Etkinlik Yüzdelerinin Değerlendirilmesi	1415
5.1.1. Batı Zonuna Ait Senaryoların Görsel Etkinlik Yüzdelerinin Karşılaştırılması	1415
5.1.2. Doğu Zonuna Ait Senaryoların Görsel Etkinlik Yüzdelerinin Karşılaştırılması	1450
5.1.3. Güney Zonuna Ait Senaryoların Görsel Etkinlik Yüzdelerinin Karşılaştırılması	1493
5.2. Güneş Kontrol Elemanlarına Ait Simülasyon Senaryolarının Enerji Tüketimleri Değerlerinin Karşılaştırılması	1515
5.2.1. Batı Zonuna Ait Senaryoların Enerji Tüketim Değerlerinin Karşılaştırılması	1548
5.2.2. Doğu Zonuna Ait Senaryoların Enerji Tüketim Değerlerinin Karşılaştırılması	16569
5.2.3. Güney Zonuna Ait Senaryoların Enerji Tüketim Değerlerinin Karşılaştırılması	17478
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	1816
KAYNAKLAR	190
ÖZGEÇMİŞ	206
TEZ METNİNDEN TÜRETİLMİŞ YAYINLAR	207
EKLER	208

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

GTÜ	: Gebze Teknik Üniversitesi
GEY	: Görsel Etkinlik Yüzdesi
YBM	: Yapı Bilgi Modellemesi
Cm	: santimetre

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1: Türkiye’de sektörlere ve gaz türlerine göre sera gazı emisyon istatistikleri [TÜİK, 2021].	1
Şekil 1.2: Ticari ve Hizmet Binaları Kaynak Bazında Enerji Tüketimi Dağılımı [EVÇED Planlama ve Denetim Daire Başkanlığı, 2022].	2
Şekil 1.3: Sektörlere göre nihai enerji tüketiminin dağılımı [2020–2035] [Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022].	2
Şekil 1.4: GTÜ Mimarlık Fakültesi N Blok yapısına yönelik yöntemsel araştırma akışı [Yazar tarafından oluşturulmuştur].	10
Şekil 2.1: Türkiye iklim bölgeleri haritası [Zeren vd., 1987; Koca, 2006].	13
Şekil 2.2: Güneşin yaz ve kış mevsimlerindeki hareketine göre yapının yönlendirilmesi [Web 1’den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.]	15
Şekil 2.3: Rüzgar yönüne göre yapı yerleşimleri [Justice vd., 2024’den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	15
Şekil 2.4: Yapı Formunun Enerji Verimliliği Açısından Optimize Edilmesi [Web 2’den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	16
Şekil 2.5: Yapı elemanlarının ısı konfor üzerindeki rolü [Web 3’den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	18
Şekil 2.6: Yapılarda doğal havalandırma yöntemleri [Web 4’ten uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	19
Şekil 2.7: Cephede farklı güneş kontrol elemanı kullanımı [Al-Yasiri & Szabó, 2021’den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	20
Şekil 2.8: Kış ve yaz aylarında termal kütlenin ısı davranışı [Web 5, 2023].	21
Şekil 2.9: Mekân yerleşimi ve enerji verimli yapı tasarımı arasındaki ilişki [Du vd., 2020’den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	23
Şekil 3.1: Güneş ışığının kontrolü ve yönlendirilmesine yönelik mimari tasarım ilkeleri [Web 6’dan uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	25
Şekil 3.2: İç mekânda ısı konforun güneş kontrol elemanları ile kontrol edilmesi [Web 7’den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	27
Şekil 3.3: Güneş kontrol elemanı ile gün ışığının yönlendirilerek iç mekânda parlamının önlenmesi [Web 8, t.y.]	29
Şekil 3.4: Batı ve doğu cephelerinde yatay elemanların sınırlı etkisi [Web 9’dan uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	31
Şekil 3.5: Güneş kontrol elemanlarından beklenen temel performans gereksinimleri [Yazar tarafından oluşturulmuştur].	33
Şekil 3.6: Güneş kontrol elemanlarının sınıflandırılması [Yazar tarafından oluşturulmuştur].	36
Şekil 3.7: Dikey güneş kontrol elemanlarının sınıflandırılması [Web 10’dan uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	37
Şekil 3.8: Chekhov Apartman Bloğu’nda kullanılan sabit dikey güneş kontrol elemanlarına ilişkin cephe görselleri [Web 11’den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	38
Şekil 3.9: Green Square Parking Deck yapısında kullanılan sabit dikey güneş kontrol elemanlarına ilişkin genel görünüm, kesit çizimi ve detay [Web 12’den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	39
Şekil 3.10: Standart yatay saçak elemanı ve diğer yatay güneş kontrol elemanı çeşitleri [Robinson & Selkowitz, 2013].	40
Şekil 3.11: Işık rafı çalışma prensibi [Erel,2004].	39
Şekil 3.12: Yatay güneş kontrol elemanlarının sınıflandırılması [Web 10’dan	41

uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	
Şekil 3.13: San Antonio Askerî Tıp Merkezi'nde yatay güneş kontrol elemanlarının cephedeki uygulaması [Web 13'ten uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	42
Şekil 3.14: Vanke Center cephesinde yatay sabit güneş kontrol elemanı uygulaması [Web 14'ten uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	43
Şekil 3.15: Kare-kafes güneş kontrol elemanlarının sınıflandırılması [Web 10'dan uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	44
Şekil 3.16: DUO İkiz Kuleleri cephesinde sabit kare-kafes güneş kontrol elemanı uygulaması [Web 15'ten uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	46
Şekil 3.17: PAM Centre Bangsar yapısının cephesinde yer alan kare kafes güneş kontrol elemanları [Web 18'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	47
Şekil 3.18: Cephede manuel ayarlanabilir güneş kontrol elemanları [Web 19'dan uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	52
Şekil 3.19: Mekanizmayı harekete geçirmek için kullanılan bazı mekanik sistemler [Schumacher, Schaeffer ve Vogt, 2012'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	53
Şekil 3.20: M9-C yapısının cephesinde kullanılan manuel ayarlanabilir güneş kontrol elemanları [Web 20'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	54
Şekil 3.21: Dış cephede otomasyonlu jaluzi kullanımı [PUBLIC: Architecture Communication Inc., 2021'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	55
Şekil 3.22: Otomasyonlu çalışan hareketli güneş kontrol elemanları [a. kayar panel, b. dikey katlanır panel, c. yatay katlanır panel] [Du Montier, Potvin & Demers, 2013].	56
Şekil 3.23: Q1 ThyssenKrupp Quarter yapısının cephesinde kullanılan otomasyonlu güneş kontrol elemanları ve çalışma prensibi [Web 21'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	57
Şekil 3.24: Kinetik sistemlerin hareket biçimleri [Moloney, 2011].	56
Şekil 3.25: Media-TIC yapısının kinetik/adaptif cephesi [Web 23'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	60
Şekil 3.26: Institut du Monde Arabe [IMA] yapısının kinetik/adaptif cephesi [Web 24'den yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].	61
Şekil 4.1: Optimum senaryoların belirlenmesi için araştırma yöntem akışı.	61
Şekil 4.2: Referans çalışmalarda incelenen yapıların işlevlerine göre dağılımı.	87
Şekil 4.3: Referans çalışmaların yapıldığı iklim özelliklerine göre dağılımı.	88
Şekil 4.4: Referans çalışmalarda gerçekleştirilen senaryoların cephe yönlerine göre dağılımı.	91
Şekil 4.5: Referans çalışmalarda kullanılan simülasyon araçlarının dağılımı.	89
Şekil 4.6: Güneş kontrol elemanlarında incelenen bağımsız değişkenler. [Erkan, 2024]	92
Şekil 4.7: Sıcak hava dönemlerinde termal konfor memnuniyeti puanlarının cephelere göre dağılımı [Soru-17].	111
Şekil 4.8: Şekil 4.2. Sıcak hava dönemlerinde aşırı ısınma düzeyinin cephelere göre dağılımı [Soru 18].	112
Şekil 4.9: Sıcak hava dönemlerinde ofisin en sıcak olduğu zaman diliminin cephelere göre dağılımı [Soru-19].	113
Şekil 4.10: Kullanıcıların gün ışığından korunma ihtiyacının cephelere göre dağılımı [Soru 20].	113
Şekil 4.11: Gün ışığını azaltmaya yönelik güneş kontrol elemanı kullanımının cephelere göre dağılımı [Soru 21].	114

Şekil 4.12: Güneş kontrol elemanlarının kullanım amaçlarının cephelere göre dağılımı [Soru 22].	115
Şekil 4.13: Güneş kontrol elemanlarının termal konfor sağlamadaki yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerin cephelere göre dağılımı [Soru 23].	116
Şekil 4.14: Güneş kontrol elemanlarının kamaşmayı engellemedeki yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerin cephelere göre dağılımı [Soru 24].	116
Şekil 4.15: Sıcak hava dönemlerinde soğutma ihtiyacını karşılama yöntemlerinin cephelere göre dağılımı [Soru 25].	117
Şekil 4.16: Soğutma yöntemlerinin termal konfor sağlamadaki yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerin cephelere göre dağılımı [Soru 27].	118
Şekil 4.17: Soğuk hava dönemlerinde ofis termal konforu memnuniyeti yüzdelik dağılımı [Soru 30].	120
Şekil 4.18: Soğuk hava döneminde odanın yeterince ısınmama sorunu ve zaman dilimine göre dağılımı [Soru 31].	121
Şekil 4.19: Soğuk havalarda gün ışığından korunma ihtiyacının cephelere göre dağılımı [Soru 32].	121
Şekil 4.20: Soğuk havalarda güneş kontrol elemanı kullanımının cephelere göre dağılımı [Soru 33].	122
Şekil 4.21: Soğuk havalarda güneş kontrol elemanlarının pasif ısı kazancı için açılma sıklığı [Soru 34].	123
Şekil 4.22: GTÜ N Blok yapısı uydu görüntüsü.	121
Şekil 4.23: GTÜ N Blok Mimarlık Fakültesi yapısı kesiti.	122
Şekil 4.24: GTÜ N Blok Mimarlık Fakültesi yapısı birinci kat planı.	122
Şekil 4.25: GTÜ N Blok Mimarlık Fakültesi yapısı ikinci kat planı.	123
Şekil 4.26: GTÜ N Blok Mimarlık Fakültesi yapısı yapısal eleman detayları.	123
Şekil 4.27: Yapı elemanlarının U değerleri.	125
Şekil 4.28: Location sekmesi üzerinden iklim verilerinin girilmesi.	131
Şekil 4.29: Model sekmesinde yapı geometrisinin tanımlanması.	131
Şekil 4.30: Activity sekmesinde kullanım türünün belirlenmesi ve iç kazançların ayarlanması.	136
Şekil 4.31: Construction sekmesinde yapı bileşenlerinin tanımlanması.	132
Şekil 4.32: HVAC sekmesinde sistem bileşenlerinin atanması.	133
Şekil 4.33: Yapının modelinin veriler doğrultusunda oluşturulması.	135
Şekil 4.34: Simülasyon ayarlarının yapılması.	136
Şekil 4.35: Zonların Cephe Yönelimlerine Göre Tanımlanması.	137
Şekil 5.1: Senaryo bazlı karşılaştırmalı analiz.	140
Şekil 5.2: Senaryoların kod isimlendirme sistemi.	154
Şekil 5.3: Batı zonu yatay eleman senaryolarının yıllık ısıtma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.	159
Şekil 5.4: Batı zonu yatay eleman senaryolarının yıllık soğutma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.	160
Şekil 5.5: Batı zonu yatay eleman senaryolarının yıllık toplam enerji tüketimleri ve kazanç değerleri.	161
Şekil 5.6: Batı zonu dikey eleman senaryolarının yıllık ısıtma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.	163
Şekil 5.7: Batı zonu dikey eleman senaryolarının yıllık soğutma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.	164
Şekil 5.8: Batı zonu dikey eleman senaryolarının yıllık toplam enerji tüketimleri ve kazanç değerleri.	165
Şekil 5.9: Doğu zonu yatay eleman senaryolarının yıllık ısıtma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.	170
Şekil 5.10: Doğu zonu yatay eleman senaryolarının yıllık soğutma enerjisi	171

tüketimleri ve kazanç değerleri.	
Şekil 5.11: Doğu zonu yatay eleman senaryolarının yıllık toplam enerji tüketimleri ve kazanç değerleri.	172
Şekil 5.12: Doğu zonu dikey eleman senaryolarının yıllık ısıtma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.	174
Şekil 5.13: Doğu zonu dikey eleman senaryolarının yıllık soğutma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.	175
Şekil 5.14: Doğu zonu dikey eleman senaryolarının yıllık toplam enerji tüketimleri ve kazanç değerleri.	175
Şekil 5.15: Güney zonu yatay eleman senaryolarının yıllık ısıtma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.	179
Şekil 5.16: Güney zonu yatay eleman senaryolarının yıllık soğutma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.	180
Şekil 5.17: Güney zonu yatay eleman senaryolarının yıllık toplam enerji tüketimleri ve kazanç değerleri.	181

TABLOLAR DİZİNİ

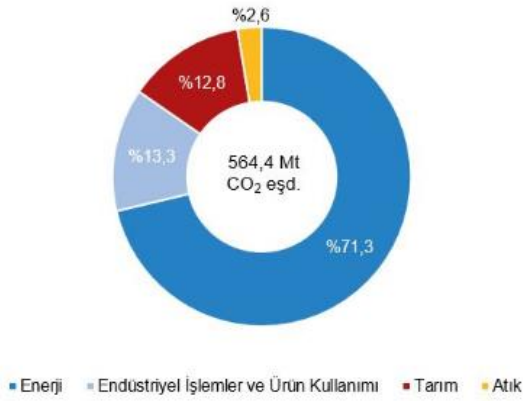
	<u>Sayfa</u>
Tablo 4.1: İncelenen referans çalışmalarda en etkin sonucu veren güneş kontrol elemanı özelliklerine ait senaryolar.	87
Tablo 4.2: Sıklık faktörü analizine göre belirlenen senaryo değerleri.	982

Tablo 4.3: Kullanıcı profili.	1026
Tablo 4.4: Görev yılı ve ofislerin kullanım durumu.	1037
Tablo 4.5: Ofislerin katlara göre cephe dağılımları.	1037
Tablo 4.6: Ofis kullanım alışkanlıkları ve zaman dilimleri analizi.	10509
Tablo 4.7: Ofislerde yapılan aktivitelerin dağılımı.	1060
Tablo 4.8: Pencere Yakını Unsur Türleri ve Oranları.	1060
Tablo 4.9: Mekan aktivelerinin ve sıcaklık bilgilerinin tanımlanması.	1348
Tablo 4.10: İklimlendirme sistem bilgilerinin tanımlanması.	13439
Tablo 4.11: Simülasyon ayarları.	1383
Tablo 5.1: Batı zonü yatay eleman senaryolarının görsel etkinlik yüzdeleri.	1416
Tablo 5.2: Batı zonü dikey eleman senaryolarının görsel etkinlik yüzdeleri.	1438
Tablo 5.3: Doğu zonü yatay eleman senaryolarının görsel etkinlik yüzdeleri.	1450
Tablo 5.4: Doğu zonü dikey eleman senaryolarının görsel etkinlik yüzdeleri.	1472
Tablo 5.5: Güney zonü yatay eleman senaryolarının görsel etkinlik yüzdeleri.	1494
Tablo 5.6: Simülasyon sonuçları (kısa kesit).	1527
Tablo 5.7: Batı zonü yatay elemanlardan oluşan senaryoların yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri tabloları.	162
Tablo 5.8: Batı zonü dikey elemanlardan oluşan senaryoların yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri tabloları.	166
Tablo 5.9: Doğu zonü yatay elemanlardan oluşan senaryoların yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri tabloları.	172
Tablo 5.10: Doğu zonü dikey elemanlardan oluşan senaryoların yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri tabloları.	176
Tablo 5.11: Güney zonü yatay elemanlardan oluşan senaryoların yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri tabloları.	183
Tablo 5.12: Cephelere ait optimum senaryoların tüm yapıya uygulanarak referans hali ile kıyaslanması.	185

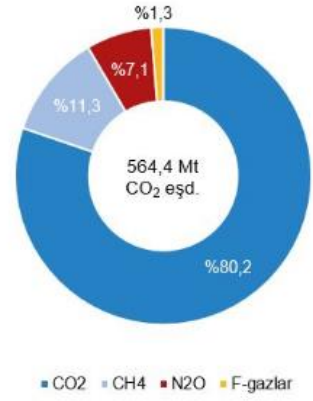
1. GİRİŞ

Yapıların enerji tüketimi, küresel sürdürülebilirlik politikalarının merkezinde yer almaktadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı'na [UNEP, 2022] göre, yapı sektörü küresel enerji tüketiminin %36'sını ve enerjiyle ilişkili karbon emisyonlarının %39'unu oluşturmaktadır. Türkiye'de hızlı kentleşme ve nüfus artışıyla birlikte inşaat sektörünün enerji tüketimi giderek artmakta, fosil yakıtlara dayalı enerji kullanımı sera gazı emisyonlarını yükseltmektedir [Ekici vd., 2022]. Şekil 1.1'de bu duruma ait istatistikler verilmiştir.

Sektörlere göre sera gazı emisyon oranları, 2021

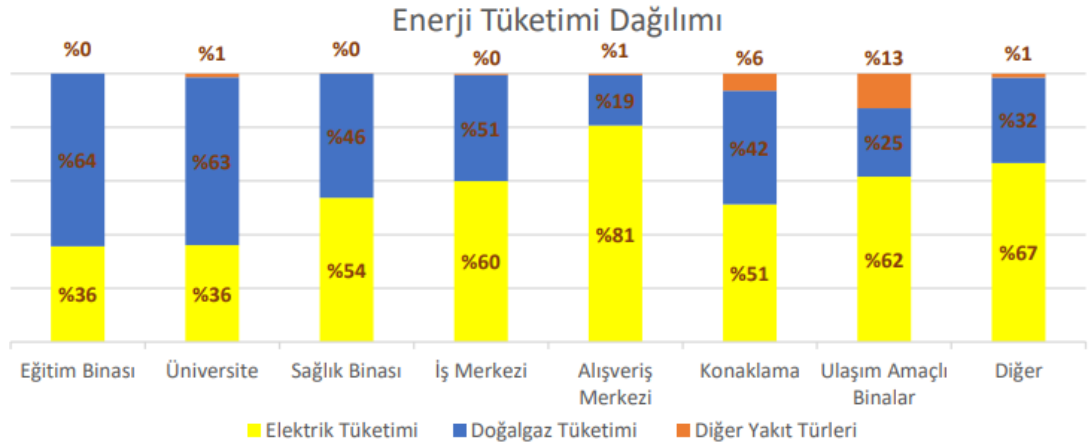


Gazlara göre sera gazı emisyon oranları, 2021⁽¹⁾



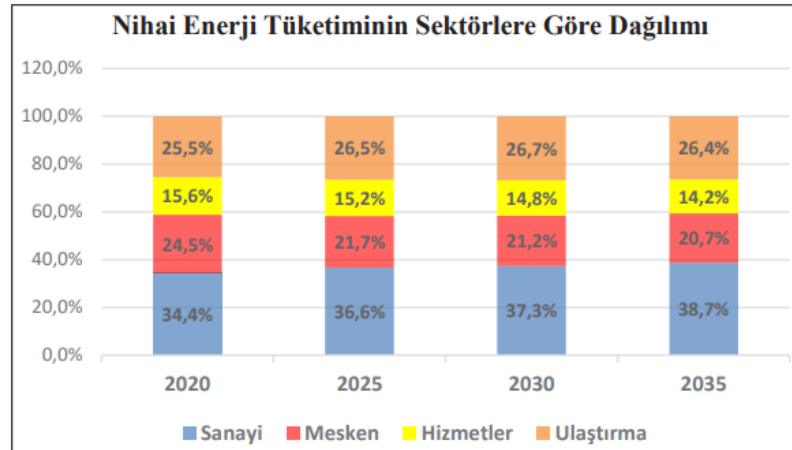
Şekil 1.1: Türkiye'de sektörlere ve gaz türlerine göre sera gazı emisyon istatistikleri [TÜİK, 2021].

Özellikle kentsel büyüme sürecinde yapıların artan enerji ihtiyacı, sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarının gerekliliğini ortaya koymaktadır [Kekül, 2024]. Türkiye'de kentleşmenin enerji tüketimi üzerindeki etkileri üzerine yapılan araştırmalar, şehirleşme ile birlikte konut ve ticari yapılardaki enerji kullanımının arttığını ve bu durumun çevresel baskıyı artırdığını göstermektedir [Çetinkaya, 2012]. Bu duruma ilişkin yapı bazlı enerji kullanım verileri Şekil 1.2'de verilmiştir.



Şekil 1.2: Ticari ve Hizmet Binaları Kaynak Bazında Enerji Tüketimi Dağılımı [EVÇED Planlama ve Denetim Daire Başkanlığı, 2022].

Sanayi ve hizmet sektörlerinde artan elektrik ve ısı enerjisi talebi, Türkiye'nin dışa bağımlılığını artırmakta ve enerji arz güvenliği riskleri yaratmaktadır [Şahin, 2020]. Bu nedenle, yapılarda enerji verimliliğini artırmaya yönelik tasarım stratejilerinin uygulanması, yapıların toplam enerji tüketimini azaltmada kritik bir rol oynamaktadır [Duran & Kaya, 2021]. Türkiye'de sektörlere göre enerji dağılım grafiği Şekil 1.3'de verilmiştir.



Şekil 1.3: Sektörlere göre nihai enerji tüketiminin dağılımı (2020–2035) [Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2022].

Bu bağlamda, pasif yapı stratejileri, özellikle cephe tasarımına entegre edilen sabit güneş kontrol elemanları aracılığıyla ısı kazançlarını optimize ederek enerji verimliliğini artırmada etkili çözümler sunmaktadır [Özdemir, 2011]. Pasif tasarım stratejileri, yapıların enerji tüketimini azaltmak ve çevresel sürdürülebilirliği sağlamak

amacıyla doğal kaynaklardan maksimum düzeyde yararlanmayı hedefleyen yaklaşımlardır. Bu stratejiler, yapının bulunduğu iklim koşullarına uyum göstermesini sağlayarak, ısıtma ve soğutma yüklerini düşürmekte ve iç mekân konforunu artırmaktadır [**Şahin, 2020**]. Yapının konumu, cephe yönelimi ve pencere yerleşimi, güneş ışığından optimum düzeyde yararlanmayı sağlayacak şekilde tasarlandığında, kış aylarında ısı kazancını artırırken, yaz aylarında aşırı ısınmayı önlemektedir [**Duran & Kaya, 2021**]. Bunun yanı sıra yüksek ısıl kütleye sahip malzemeler kullanılarak gün içinde depolanan ısı, gece boyunca serbest bırakılarak iç mekân sıcaklığının dengelenmesi sağlanabilir [**Kekül, 2024**]. Dış duvar, çatı ve pencere sistemlerinde yüksek performanslı yalıtım malzemeleri kullanımı, ısı kayıplarını azaltarak fosil yakıt tüketimini düşürmekte ve toplam enerji maliyetlerini minimize etmektedir [**Çetinkaya, 2012**]. Doğal havalandırma sistemleri de pasif tasarım stratejileri içinde önemli bir yer tutmaktadır. Cephe sistemleri ve kullanılan malzemelerin enerji performansı üzerindeki etkileri, pasif yapı tasarımında dikkate alınması gereken bir diğer önemli faktördür. Bu durumda pasif yapı stratejilerinin uygulanması, yapıların toplam enerji tüketimini azaltarak karbon emisyonlarını düşürmekte ve sürdürülebilir yapı stratejilerine katkı sunmaktadır [**Ekici vd., 2022**]. Doğru yönlendirilmiş ve tasarlanmış güneş kontrol elemanları, gün ışığından optimum düzeyde yararlanmayı sağlarken, soğutma yüklerini düşürerek enerji tüketimini azaltabilmektedir [**Huang vd., 2021**]. Özellikle ılımlı-nemli iklim bölgelerinde, yapı cephelerinde uygun derinlik ve açılarda tasarlanan sabit elemanların, gölgeleme etkisi sağlayarak iç mekân konforunu artırdığı ve enerji tüketimini optimize ettiği yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur [**Nazari vd., 2023**].

Ofis ortamlarında termal konfor, çalışanların verimliliği, sağlığı ve genel memnuniyeti üzerinde doğrudan etkiye sahiptir. Çalışma ortamındaki sıcaklık, nem, hava akım hızı ve aydınlatma gibi faktörlerin olumsuz olması, iş kazalarının artmasına ve üretimin azalmasına sebep olmaktadır [**Korkmaz, 2015**]. Termal konforun sağlanmasında büyük rolü olan güneş kontrol elemanları, güneş ışığının iç mekâna girişini düzenleyerek, ısı kazançlarını kontrol altına almakta ve böylece soğutma yüklerini azaltarak enerji verimliliğine katkı sağlamaktadır [**Gedik, 2023**]. Buna ek olarak iç mekânda termal konforun sağlanması, çalışanların sağlık sorunlarını azaltarak iş verimliliğini artırmaktadır [**Güneş vd., 2015**]. Ofis yapılarında termal konforun sağlanması, çalışanların sağlığı ve verimliliği için kritik öneme sahip olduğundan iç mekân sıcaklık dengesinin korunmasına katkı sağlayan güneş kontrol elemanlarının etkin kullanımı çalışan memnuniyetini ve üretkenliğini arttırmada etkili olmaktadır.

Yapı cephelerinde kullanılan güneş kontrol elemanları, doğrudan güneş ışığının yapı içine girmesini engelleyerek ısı kazancını kontrol altına almayı ve dolayısıyla soğutma enerji ihtiyacını azaltmayı amaçlayan pasif tasarım stratejilerindendir. Bu elemanların etkinliği, eleman derinliği, açı, yerleşim ve cephe yönelimi gibi tasarım parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. **Gürsel Dino (2017)** tarafından yapılan çalışmada, sabit güneş kontrol elemanlarının uygun tasarım koşulları altında, gün ışığı aydınlatma performansını etkilemeden %25'e varan enerji tasarrufu sağladığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, **Sümer-Haydaraslan ve Dikmen (2024)** araştırmaları, yapı cephelerindeki güneş kontrol elemanlarının açısal düzenlemelerinin, güneş ışığının yapı içine girişini önemli ölçüde kontrol ettiğini ve böylece soğutma yüklerini azalttığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, özellikle sıcak iklim koşullarında, güneş kontrol elemanlarının yapıların enerji verimliliğini artırmada ve iç mekân konforunu sağlamada kritik bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Güneş kontrol elemanları, sabit ve hareketli olmak üzere iki ana gruba ayrılarak yapıların enerji performansı ve iç mekân konforu açısından önemli bir rol oynamaktadır. Sabit güneş kontrol elemanları, yapı tasarımına entegre edilen ve bakım gerektirmeyen pasif sistemler olup, düşük maliyeti ve uzun ömürlü olması nedeniyle yaygın olarak tercih edilmektedir **[Erbaş & Yılmaz, 2021]**. Hareketli güneş kontrol elemanları ise, iklim koşullarına bağlı olarak açılıp kapanabilen sistemlerdir ve mevsimsel değişimlere uyum sağlayarak enerji tasarrufunu artırmaktadır **[Demirci & Karakaya, 2020]**. Yapılan araştırmalar, sabit elemanların genel güneş kırma görevini üstlenerek iç mekân sıcaklık dalgalanmalarını azalttığını, hareketli elemanların ise gün ışığını dinamik olarak kontrol ederek iç mekân konforunu iyileştirdiğini ortaya koymaktadır **[Korkmaz, 2022]**. İdeal çözümler genellikle sabit ve hareketli elemanların birlikte kullanıldığı hibrit sistemlerdir çünkü sabit elemanlar genel ısı kazançlarını sınırlandırırken, hareketli sistemler kullanıcı gereksinimlerine göre uyarlanabilir bir gölgeleme sağlar **[Aydın & Keskin, 2023]**. Özellikle sabit elemanlar, mekanik aksam içermediği için bakım gerektirmemekte ve pasif tasarım stratejileriyle soğutma yüklerini düşürerek enerji verimliliğine katkı sunmaktadır **[Erbaş & Yılmaz, 2021]**. Buna ek olarak yapı cephelerinde estetik bir bütünlük sağlaması ve iç mekânda gün ışığı konforunu artırması nedeniyle, sabit güneş kontrol elemanları sürdürülebilir yapı tasarımında önemli bir bileşen olarak değerlendirilmektedir **[Demirci & Karakaya, 2020]**.

Pasif güneş kontrolüyle ilgili çalışmalar 20. yüzyılın ortalarından itibaren enerji verimliliği perspektifiyle değerlendirilmeye başlanmıştır. 1970'lerde enerji krizinin ardından, yapı tasarımlarında gün ışığı kazanımları ve ısı kayıplarını optimize etmeye yönelik yaklaşımlar araştırılmıştır [Brittle vd., 2013]. İlk aşamada, sabit yatay elemanların güney cephede kullanımı ve pencere-duvar oranının etkileri üzerine çalışmalar yoğunlaşmıştır.

2000'li yıllardan itibaren simülasyon teknolojilerinin gelişmesiyle, farklı cephe yönelimleri, güneş kontrol elemanı geometrileri ve açılarının optimizasyonu üzerine detaylı analizler yapılmıştır. **Cho vd. (2014)**, Seul'de yüksek katlı bir konut yapısının farklı cephelerinde sabit yatay ve dikey elemanların soğutma yüklerine etkisini DOE-2.1E yazılımı ile analiz etmiş ve yatay elemanların daha etkin olduğunu belirlemiştir. Benzer şekilde, **Freewan (2014)**, Ürdün'de sıcak-kuru iklime sahip ofis yapılarında sabit güneş kontrol elemanlarının kare-kafes sistemler, açılı dikey elemanlar ve klasik yatay paneller ile karşılaştırmasını yaparak, kare-kafes elemanların yıl boyunca dengeli bir performans sergilediğini ortaya koymuştur. 2015 sonrası dönemde, farklı iklim bölgelerinde yapı enerji performansını artırmaya yönelik çeşitli konfigürasyon senaryoları geliştirilmiştir. **Haghighi vd. (2015)**, ABD'nin beş farklı iklim bölgesinde farklı güneş kontrol sistemlerini enerji tüketimi açısından karşılaştırmışlardır. Sıcak-nemli iklimlerde yatay-dikey kombinasyonlarının en verimli sonuçları sağladığını belirlemiştir. **Idchabani vd. (2015)**, Marakeş'teki çalışmada yatay elemanların doğu-batı cephelerinde %60 oranında çıkma faktörüyle en iyi sonuçları verdiğini göstermiştir. 2020'lerden itibaren, yapı simülasyonları daha karmaşık optimizasyon teknikleriyle gerçekleştirilmiş, yapay zekâ ve genetik algoritmalar kullanılarak enerji tüketimini azaltacak en uygun tasarımlar belirlenmiştir. **Zhao vd. (2020)**, Çin'in dört farklı iklim bölgesinde güneş kontrol elemanlarının ısıtma, soğutma ve aydınlatma yükleri üzerindeki etkilerini değerlendirerek, güney cephede yatay, doğu ve batıda dikey elemanların etkin olduğunu göstermiştir. Aynı dönemde, **Shahbazian (2020)**, İran'ın sıcak-kuru ikliminde yaptığı çalışmada, açısı 60° olan yatay elemanların soğutma enerjisi yüklerini en fazla azalttığını belirlemiştir. **Nazari vd. (2023)**, nemli-subtropikal iklimlerde pencere oranı ve sabit eleman konfigürasyonlarıyla ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerji tüketimlerini optimize etmiştir. Benzer bir çalışmada, **Qurraie ve Havva (2023)**, Bursa'da ofis yapılarında sabit güneş kontrol elemanları ve çift cidarlı cephe sistemlerini entegre ederek enerji performansını değerlendirmiştir. **Erkan (2024)**, ılımlı-nemli iklim bölgesi olan İstanbul'da, farklı eleman derinlikleri,

açıları ve yönelimlerinin yıllık enerji tüketimi üzerindeki etkilerini simüle ederek en iyi performansı veren tasarım alternatiflerini belirlemiştir.

Geçmiş çalışmalar incelendiğinde, güneş kontrol elemanlarının enerji verimliliği üzerindeki etkilerinin farklı iklim bölgelerinde simülasyon tabanlı analizlerle ele alındığı görülmektedir. Diğer yandan, literatürde bu simülasyonların mevcut yapılar özelinde kullanıcı geri bildirimleriyle entegre edildiği çalışmalara sınırlı sayıda rastlanmaktadır. Bu tez çalışması mevcut bir eğitim yapısındaki ofis alanlarında çalışan kullanıcıların gerçek deneyimlerine dayanan bir problem tanımlamasına dayandırılmıştır. Yapılan saha gözlemleri ve kullanıcı geri bildirimleri, ofis alanlarında gün ışığı kazanımlarının aşırı ısınmaya neden olduğunu, ısı konforunun sağlanmasında mevcut çözümlerin yetersiz kaldığını ortaya koymuştur. Bu nedenle, çalışmada yalnızca enerji yükleri açısından bir değerlendirme yapılmakla kalmayıp, kullanıcı konforunu iyileştirecek tasarım kararlarının belirlenmesi de hedeflenmektedir. Araştırma kapsamında, ılımlı-nemli iklim bölgesinde yer alan bu eğitim yapısının ofis alanlarında, sabit güneş kontrol elemanlarının derinlik ve açı parametreleri üzerinden farklı senaryolar oluşturularak, yıllık enerji yüklerine etkileri simüle edilmiştir. DesignBuilder enerji simülasyon aracı ile gerçekleştirilecek analizler teorik bir çerçevede gerçek yapı ölçeğinde ve kullanıcı odaklı bir yaklaşımla ele alınmıştır. Bu yönüyle çalışma, gerçek kullanıcı deneyimlerini ve yapı performans analizlerini bir araya getirerek, benzer eğitim yapılarında uygulanabilir bir çözüm modeli sunmayı amaçlamaktadır. Elde edilecek sonuçların, benzer eğitim yapılarında pasif güneş kontrol stratejilerinin enerji verimliliği ve kullanıcı konforu açısından optimizasyonuna yönelik kılavuz niteliği taşıması amaçlanmaktadır.

1.1. Problemin Tanımı

Günümüzde hızla artan dünya nüfusu ile beraber inşaat sektöründe yapı üretimi ve buna bağlı olarak enerji tüketimi üst seviyelere çıkmaktadır. Yapı, yaşam döngüsü boyunca çeşitli nedenlerle enerji kullanmaktadır. Kullanılan toplam enerjinin büyük bir yüzdesi (%94,4'ü) kullanım sırasında yapı içi konfor koşullarını sağlayan mekanik iklimlendirme sistemleri için tüketilmektedir [Engin,2011]. İnşaat sektöründe artan enerji talebini karşılamak için günümüzde yenilenemeyen fosil kaynaklı kömür, petrol, doğalgaz gibi sınırlı rezervleri olan kaynaklar sıklıkla kullanılmakta, böylece çevre kirliliği tehlikeli boyutlara ulaşmaktadır [Demircan ve Gültekin,2017]. Yapılarda ısıtma enerjisi büyük çoğunlukla fosil kaynaklardan elde edilen doğalgaz tüketimine

sebeep olurken, soğutma enerjisi için elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Bu nedenle inşaat sektöründe yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan, kendine yetebilen ve az atık üreten enerji-etkin yapıların tasarımı önem taşımaktadır. Özellikle ısıtma ve soğutma enerji tüketimlerinin birbirine yakın olduğu ılımlı-nemli iklim bölgelerinde ısıtma ve soğutma yüklerinin optimizasyonu oldukça önemlidir.

Ofis yapıları, iş günlerinde farklı yaş grupları ve fiziksel özelliklere sahip kullanıcılar ve geçici ziyaretçiler tarafından yoğun bir biçimde kullanılan mekanlar oldukları için, enerji tüketiminde önemli bir paya sahiptir. Kullanım yoğunluğu ise orta ve üst seviyeler aralığında değişmektedir. Ofis yapılarının, sabahın erken saatlerinden akşamın geç saatlerine kadar, gündüz saatlerini içine alarak, gün içerisinde güneşin konumuna ve mevsimsel farklılıklara uyum göstermenin yanında fiziksel konfor koşullarını da dikkate alarak tasarlanması gerekmektedir [Göksu, 2016]. Bu nedenle, ofis yapılarında, iç ortamın ısı konforunu sağlamak ve enerji tüketimini azaltmak amacıyla yapıların bulunduğu iklime, enleme ve bulunduğu yere göre uygun şekilde tasarlanacak güneş kontrol elemanlarının önemi büyüktür. Günümüzde bazı ofis yapılarında, aşırı ısınmadan kaynaklı kullanıcı verimini olumsuz yönde etkileyen ısıl konforsuzluk durumlarıyla karşılaşmaktadır. Bu konforsuzluğu gidermek adına mekanik cihazlardan yararlanıldığında enerji tüketimlerinin arttığı görülmektedir.

Kocaeli’nde bulunan Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi N Blok yapısında yer alan ofis odalarının kullanıcılarının ısıl konfor açısından yetersiz olduğu görülmektedir. Bu bağlamda ofis odalarının cephelerinin bulunduğu yere göre literatür taraması sonucunda elde edilen en etkin güneş kontrol elemanı tasarımı konfigürasyonları denenerek, söz konusu yapının enerji etkin iyileştirilmesi bağlamında öneriler getirilmiştir.

1.2. Hipotez

Ilımlı-nemli iklim bölgesinde yer alan farklı yönlere bakan cephelere sahip bir eğitim yapısındaki ofis odalarının ısıl konforu ve enerji etkinliğinin iyileştirilmesi bağlamında saydam yüzeyleri önünde konumlandırılacak sabit güneş kontrol elemanlarının, yapıya

soğutma enerjisi ve toplam enerji tüketimi kapsamında verimlilik sağlayacağı varsayılmaktadır. Dolayısıyla Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi N Blok yapısında yer alan batı, doğu ve güney yönlerine bakan ve saydam yüzeyler önünde herhangi bir güneş kontrol elemanı yer almayan ofis odalarının kullanıcıları için soğutma döneminde ısııl açıdan konforsuzluk olduğu düşünülmektedir. Bu bağlamda yapının özellikle soğutma dönemindeki ısııl konforunu arttırabilmek amacıyla güneş kontrol elemanlarıyla iyileştirilmesinin gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında kullanılacak olan güneş kontrol elemanlarının optimum seçeneklerinin tespit edilmesi ve söz konusu ofis odaları önünde konumlandırılmasıyla soğutma dönemindeki enerji tüketimlerinin azalacağı öngörülmektedir.

1.3. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, sürdürülebilir enerji-etkin yapı uygulamaları kapsamında yapı cephelerinde sabit güneş kırıcı eleman kullanımının farklı tasarım parametreleri göz önünde bulundurularak, yıllık ısıtma ve soğutma yüklerine etkisinin analiz edilmesidir. Elde edilen veriler ışığında vaka çalışmasının gerçekleştirildiği ofis mekânlarının ısııl konforunun iyileştirilmesi ve kullanıcı memnuniyetinin arttırılması amaçlanmaktadır. Bu bağlamda;

- GTÜ Mimarlık Bölümü N Blok yapısındaki batı, doğu ve güney yönlerine bakan ofis odalarındaki kullanıcıların ısııl açıdan memnuniyet durumları anket ve yarı-yapılandırılmış görüşmeler ile tespit edilmiştir.
- Isıl açıdan konforsuzluk olduğu düşünülen bu ofis odalarının öncelikle mevcut enerji tüketimlerinin hesaplanmıştır. Daha sonra bulunduğu yere ve yöne uygun olduğu varsayılan güneş kontrol elemanı senaryolarının belirlenmesi ile farklı senaryolara dair ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim değerleri belirlenmiştir. Böylece mevcut yapı için en uygun iyileştirme senaryoları ve bunların referans senaryolara kıyasla ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimlerindeki yüzdelik enerji kazancı oranları ortaya konulmuştur.

Çalışmanın sonuçlarının, aynı iklimde benzer saydamlık oranlarına sahip, farklı yönlere bakan cepheleri olan ofis yapılarının ısııl konforu açısından iyileştirilmesini amaçlayan bilimsel çalışmalara ve akademisyenlere yol gösterici olması hedeflenmektedir. N blok yapısının olası bir yapı iyileştirme sürecinde, tasarımcılar, mimarlar ve mühendislerin bu çalışmanın çıktılarını bir tasarım altlığı olarak

kullanmaları amaçlanmıştır. Dolayısıyla Türkiye'nin kısa ve uzun vadeli karbon emisyonu azaltımı stratejilerine katkı sunması beklenmektedir. Aynı zamanda lokal ölçekte uygulanabilecek olası bir yapı iyileştirme durumunda süre, iş gücü ve maliyet kayıpları olmadan en etkin seçenekleri değerlendirecekleri bir kılavuz sunulmuştur.

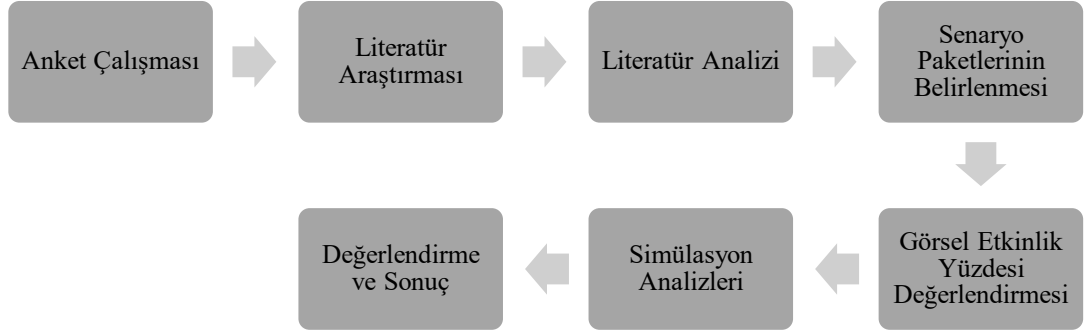
1.4. Çalışmanın Kapsamı

Çalışma, ılımlı-nemli iklim bölgesi özellikleri gösteren Kocaeli ilinde konumlanan GTÜ Mimarlık Fakültesi N Blok yapısında bulunan ofis mekânları üzerinde yapılan enerji simülasyonları üzerinden yürütülmüştür. Simülasyonlar mekânsal konfor gereksinimlerinden olan ısı konforu analizi bağlamında gerçekleştirilmiştir. Mekânların cephelerine denk gelen saydam yüzeyleri üzerinde cephe yönü (batı, doğu, güney), pozisyon (yatay, dikey, kare-kafes), derinlik, açı, eleman aralığı / eleman sayısı ve elemanın cepheden uzaklığı parametreleri çerçevesinde farklı senaryolar oluşturulmuştur. Hareketli güneş kontrol elemanları maliyet ve bakım gereksinimleri, sıcak-kuru iklimlerde ve saydamlık oranı fazla olan yüksek katlı yapılarda tercih edilmektedir. Bu tez çalışmasında ofis tipolojinde az katlı bir yapıda çalışna yapıldığından güneş kontrol elemanı özellikleri, sabit güneş kontrol elemanı olarak sınırlandırılmıştır. Senaryolar DesignBuilder aracı ile simüle edilerek ısıtma, soğutma ve yıllık toplam enerji tüketim değerleri senaryo bazında hesaplanmıştır.

Çalışmada, GTÜ Mimarlık Fakültesi N Blok yapısında bulunan ofis odalarının, mekânsal proporsiyon, cephe saydamlık oranları ve genel iklim koşulları araştırmada sabit tutulmuştur. Çalışmanın bağımsız değişkenleri güneş kontrol elemanının; cephe yönü (batı, doğu, güney), pozisyon (yatay, dikey, kare-kafes), derinlik, açı, eleman aralığı / eleman sayısı ve elemanın cepheden uzaklığı parametreleri olarak belirlenmiştir.

1.5. Çalışmanın Yöntemi

Çalışma kapsamında, literatür taraması, kullanıcılara yönelik anket uygulaması, vaka çalışması ve enerji simülasyonu yöntemleri kullanılacaktır. Çalışmanın yöntemine ilişkin genel akış, **Şekil 1.4**'de sunulmuştur. Bu şema; literatür taramasından başlayarak anket ve simülasyon çalışmalarının entegrasyonu ile en etkin güneş kontrol senaryolarının belirlenmesine kadar olan süreci kapsamaktadır.



Şekil 1.4: GTÜ Mimarlık Fakültesi N Blok yapısına yönelik yöntemsel araştırma akışı [Yazar tarafından oluşturulmuştur].

Bu bağlamda,

- İlk aşamada, çalışma alanı olarak seçilen N Blok yapısının batı, doğu ve güney yönlerine bakan ofis odalarında çalışan kullanıcılarla anket uygulamaları ve yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemlerle kullanıcıların hem soğutma hem de ısıtma dönemlerindeki ısı konfor memnuniyet düzeyleri tespit edilmiştir. Kullanıcı verileri doğrultusunda, ofislerin sıcak hava dönemlerinde ısı konfor açısından yetersiz olduğu değerlendirilmiştir.
- İkinci aşamada, GTÜ Mimarlık Fakültesi N Blok yapısında yer alan ofis odaları için sabit güneş kontrol elemanlarının enerji performansına etkilerini değerlendirmeye yönelik çok aşamalı bir yöntem izlenmiştir. İlk aşamada, ulusal ve uluslararası literatür taraması gerçekleştirilmiş, farklı iklim bölgelerinde ve cephe yönelimlerinde kullanılan sabit güneş kontrol elemanlarının enerji verimliliğine katkı sağlayan tasarım konfigürasyonları incelenmiştir. Bu kapsamda, toplam 144 farklı senaryo tanımlanmış ve bunların yapı performansına etkilerini incelemek üzere sistematik bir senaryo grubu oluşturulmuştur.
- Üçüncü aşamada, belirlenen ofis odalarına ilişkin mevcut enerji tüketim verileri DesignBuilder enerji simülasyon programı aracılığıyla hesaplanmış ve bu durum referans senaryo olarak kabul edilmiştir. Ardından, yapı konumu ve cephe yönelimlerine uygun olduğu varsayılan sabit güneş kontrol elemanlarına

dair farklı tasarım senaryoları oluşturulmuş ve her biri için yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi değerleri simüle edilmiştir.

- Dördüncü aşamada, simülasyon sonuçları hem enerji verimliliği hem de görsel konfor kriteri açısından değerlendirilmiş ve literatürde %40 olarak verilen görsel etkinlik yüzdesi değerine göre, %40'ın üzerinde görsel etkinlik sağlayan senaryolar arasından her cephe için enerji kazancı en yüksek olanlar belirlenmiştir. Doğu cephesi için yıllık toplam enerji tüketiminde %32,99 kazanç sağlayan SDD21_DOĞU_DİKEY_100_0°_50_30; batı cephesi için %13,31 kazanç sağlayan SBd21_BATI_DİKEY_100_0°_50_30 ve güney cephesi için %6,73 soğutma enerjisi kazancı sağlayan SGy23_GÜNEY_YATAY_60_45°_4_30 senaryoları en verimli konfigürasyonlar olarak belirlenmiştir.
- Son aşamada ise, her cephe için ayrı ayrı belirlenen en etkin senaryoların aynı anda uygulanması ile yapı genelinde elde edilebilecek toplam enerji kazancı hesaplanmıştır. Bu bütünlük uygulama sonucunda, yapının yıllık toplam enerji tüketiminde %4,91 oranında enerji kazancı sağlandığı tespit edilmiştir.

2. YAPILARDA ENERJİ PERFORMANSINI ETKİLEYEN PASİF TASARIM FAKTÖRLERİ

Günümüzde artan enerji ihtiyacı ve kaynakların yetersiz olması nedeniyle özellikle enerji tüketiminde önde gelen sektörlerden biri olan inşaat sektöründe, enerjinin verimli kullanılması konuları ön plana çıkmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın 2024 yılında yayınladığı Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı'na göre 2022 yılındaki enerji tüketiminin %32,6'sını yapı ve hizmet sektörü oluşturmaktadır. Bu oranla toplam nihai enerji tüketiminde en yüksek paya sahiptir [ETKB,2024]. Hızla artan enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla

kullanılan fosil kaynaklar yenilenemediklerinden çevre kirliliğini arttırmaktadırlar. İnşaat sektöründeki enerji tüketimi göz önüne alındığında enerji-etkin yapıların tasarlanması enerji etkinliğinin sağlanması ve çevreye verilen zararın azaltılarak gelecek nesillere sürdürülebilir bir çevre bırakmak açısından önem arz etmektedir.

Enerji etkin yapılar, yenilenebilir enerji kaynaklarını (güneş ışığı, rüzgâr, yağmur vb.) kullanarak minimum enerji tüketen, atık üretimi az ve geri dönüştürülebilen malzemeler kullanılarak üretilen, değişen çevresel ve iklimsel koşullara uyum sağlayabilen yapılar olarak tanımlanmaktadır. Aynı zamanda enerji verimliliği yüksek yapılar, kullanıcı için en sağlıklı ve konforlu iç ortam koşullarını, en az enerji tüketerek sağlayabilen yapılar olarak tanımlanabilir [**Karaca, 2011**].

Enerji etkin yapıların tasarım sürecinde kaynaklardan en verimli şekilde yararlanmak ve enerji korunumu sağlamak için birtakım tasarım ölçütlerinden yararlanılmaktadır.

Enerji etkin yapılar tasarlanırken 3 ana amaç göz önünde bulundurulmaktadır:

- Isıtma ve soğutma yüklerinin minimize edilerek, enerji korunumunun sağlanması
- Yapının bulunduğu çevresel koşullara uygun pasif iklimlendirme yöntemlerinin kullanılması
- İhtiyaç dahilinde kullanılması gereken aktif iklimlendirme yöntemlerinden, iç ortam konforunu sağlamada en etkili olan ve enerji kullanımı açısından verimli olanların seçilmesi [**Utkutuğ,1999**].

Bu amaçlar doğrultusunda, enerji etkin yapı tasarımında etkili olan tasarım parametreleri;

- Yapının bulunduğu iklim,
- Yapının konumu ve yönelimi
- Yapının formu,
- Yapı kabuğunun özellikleri

Olarak sıralanabilmektedir.

Oral ve Yılmaz 2003 yılında yaptıkları çalışmada, yapı ölçeğinde iç mekânın termal konfor ve enerji korunumunu etkileyen en önemli tasarım parametrelerini yapı yönelim, yapı formu ve yapı kabuğunun optik ve termofiziksel özellikleri olarak sıralamışlardır. Tüm bu parametrelerin birbiriyle ilişkili olduğunu ve her bir parametrenin optimum değerlerinin birbirine bağlı olarak değerlendirilmesi

gerektiğini vurgulamışlardır. Mevcut yapılarda, dış kabuk gün ışığına doğrudan maruz kalan bölge olduğundan yapının enerji verimliliğini kontrol etmek, iyileştirmek ve arttırmak amacıyla yapının dış kabuğuna müdahalelerde bulunmak etkili bir yöntem olabilmektedir. Yukarıda belirtilen tasarım parametrelerinin dikkate alınarak yapıların planlanması ve inşa edilmesi, enerji-etkin yapı üretimi kapsamında enerji tüketimini azaltarak sürdürülebilir bir çevre sağlanabilmektedir.

2.1. Yapının Bulunduğu İklim

Yapılar, bulundukları bölgenin coğrafi konumuna bağlı olarak farklı iklimsel koşullara maruz kalmaktadırlar. Bulundukları bölgenin iklimsel özellikleri dikkate alınarak yapılan tasarımlar sayesinde, kullanıcılar için hem fiziksel konfor açısından daha yüksek kaliteli, hem de enerji tüketimi azaltılmış yapılar oluşturulabilmektedir [Küçükaydın, 2019]. Türkiye iklim bölgeleri açısından, ılıman-nemli, ılıman-kuru, sıcak-nemli, sıcak-kuru ve soğuk iklim olmak üzere 5 kısma ayrılmıştır. Bu kısımlar Şekil 2.1’de Türkiye haritası üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Türkiye iklim bölgeleri haritası [Zeren vd., 1987; Koca, 2006].

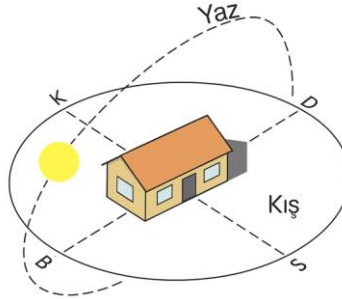
Dirim (2014), yaptığı çalışmada iklimi oluşturan öğeleri; hava sıcaklığı, nem, güneş ışıınımları, rüzgâr ve yağışlar olarak sıralamıştır. Yapıların bu iklimsel öğelere göre tasarlanması iç mekân konforunun ve enerji korunumunun sağlanması açısından önemlidir.

Soysal (2008), güneş ışıınının soğuk dönemlerde ısıtma açısından fayda sağladığını, ancak sıcak dönemlerde soğutma yükünü artırmaması için etkili ve bilinçli bir güneş kontrolünün gerekli olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, kuzey yarım kürede kuzey

cephelere açılan pencerelerin ısı kazancı sağlamadığını ancak homojen aydınlatma sunduğunu, buna karşılık güney cephenin ısı kazancı açısından en uygun yön olduğunu ifade etmiştir. Güneş ışınlarının yapının bulunduğu coğrafyaya ve yüksekliğe göre farklılıklar gösterebileceğinden analiz edilmesi ve buna göre önlemler alınması yapının ısıtma, soğutma ve aydınlatma yüklerini doğrudan etkileyecektir [Deniz, 2018].

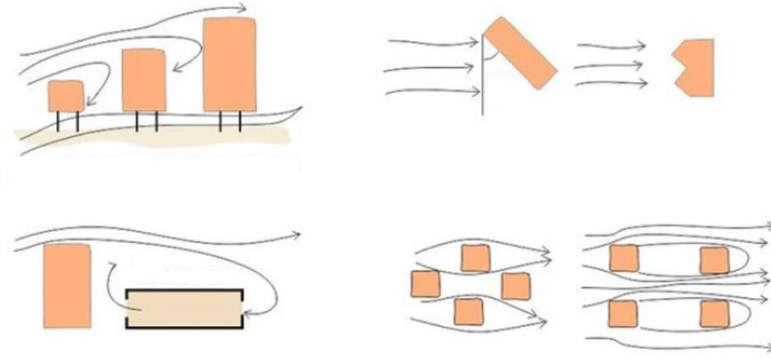
2.2. Yapının Konumu ve Yönelimi

Yapıların enerji etkinliğini etkileyen diğer önemli faktörler ise yapının üzerinde bulunduğu arazinin özellikleri, yapının bu arazi üzerindeki konumu ve bu konumdaki yönelimidir. Yapının bulunduğu yerin hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, güneş radyasyonu, nem düzeyi, hava durumu gibi iklimsel özelliklerinin yanı sıra araziye ait topoğrafya, bitki örtüsü ve kentleşme gibi faktörler de yapı içerisindeki termal konforun sağlanmasında önemli bir etkiye sahiptir [Akmali Özçiftçi, 2010]. Yerleşme bölgeleri için iklimsel etkilerin optimizasyonunu hedefleyerek yapılan doğru bir yer seçimi, yapının ısıtma ihtiyacının ve buna bağlı olarak enerji - yakıt harcamalarının minimize edilmesi ve hava kirliliğinin önlenmesine olanak verir [Demirel, 2013]. Yapının araziye en uygun şekilde yerleştirilmesi için arazinin eğim açıları ile ilgili gerekli analizlerin yapılarak yapının güneş ışınlarından maksimum derecede faydalanması hedeflenir [Şekil 2.2].



Şekil 2.2: Güneşin yaz ve kış mevsimlerindeki hareketine göre yapının yönlendirilmesi [Web 1'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur.]

Bunun yanı sıra arazinin sahip olduğu hâkim rüzgâr yönü de yapının doğal havalandırmadan etkin bir şekilde yararlanabilmesi açısından konumlandırılış sırasında dikkat edilmesi gereken bir faktördür [Şekil 2.3].



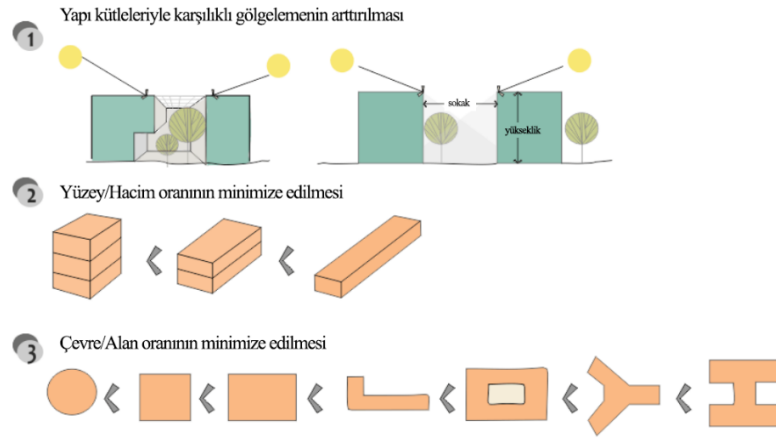
Şekil 2.3: Rüzgar yönüne göre yapı yerleşimleri [Justice vd., 2024'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Yapının arazi üzerindeki konumundan sonra yönlendiriliş biçimi de yapının enerji etkinliğinin ve konfor şartlarının sağlanabilmesi açısından etkilidir. Yönlendirilmenin birincil amacı, yapının sıcak hava dönemlerinde güneş ışınlımlarından korunması ve soğuk hava dönemlerinde güneş ışınlımlarından en yüksek düzeyde faydalanmasını sağlamaktır.

Yaz güneşinin geliş açısının dik, kış güneşinin ise daha yatık olması kuzey yarım kürede güneye bakan yüzeylerin kışın daha fazla güneş ışınlımı almasını; yazın ise saçak veya güneş kontrol elemanları ile istenmediği durumlarda kolayca korunabilmesini olanaklı kılmaktadır [Demircan ve Gültekin, 2017]. Yapının bulunduğu arazi üzerindeki mevcut bitki örtüsü ve peyzaj unsurları yapının ısıtma ve soğutma yüklerinin azaltılmasında etkili faktörlerdendir.

2.3. Yapının Formu

Yapı formu, pasif tasarım stratejileri kapsamında değerlendirildiğinde, enerji verimliliğini belirleyen temel unsurlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle kütlenin geometrik karakteri ve yüzey/hacim oranı, yapının dış ortamla olan termal etkileşimini doğrudan etkileyerek ısı kazançları ve kayıpları açısından önemli sonuçlar doğurmaktadır. Kompakt formlara sahip yapılar, daha az dış yüzey alanı sayesinde enerji kayıplarını sınırlandırarak termal performansı olumlu yönde etkileyebilmektedir [Pacheco vd., 2012]. Bununla birlikte, yapı formu termal geçirgenlik bağlamının yanı sıra doğal aydınlatma, çapraz havalandırma ve pasif güneş kazancı gibi enerji etkinlik stratejilerinin uygulanabilirliğinde de belirleyici rol oynamaktadır [Şekil 2.4].



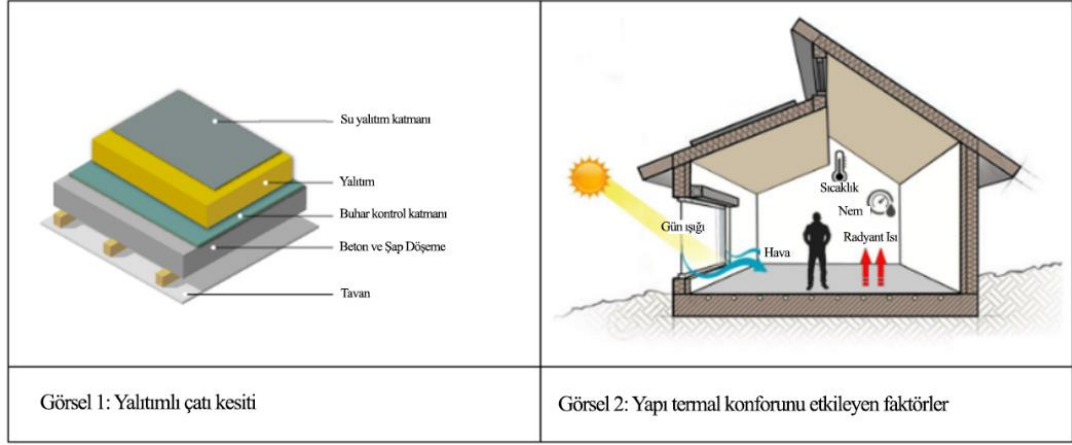
Şekil 2.4: Yapı Formunun Enerji Verimliliği Açısından Optimize Edilmesi [Web 2'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Yapının bulunduğu iklim bölgesine bağlı olarak form tercihlerinin farklılaşması, yapı formunun iklim-temelli bir tasarım parametresi olarak değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Özellikle sıcak-nemli iklim koşullarında, yapının geçirgenliğini artıran, hava akışını destekleyen ve güneş ışımasını sınırlandıran açıklıkların stratejik olarak yerleştirildiği açık form arayışları öne çıkmaktadır [Atalay, 2025]. Erebor vd. (2021) ise, yapı formunun tasarım sürecinin erken safhalarında dikkate alınmasının, enerji tüketimini azaltmaya yönelik uzun vadeli bir etki oluşturduğunu belirtmektedir. Bu doğrultuda, yapı formunun yalnızca estetik veya yapısal bir unsur olarak değil, aynı zamanda iklimsel verimlilik ve iç mekân konforuna yönelik çevresel bir strateji olarak ele alınması gerekmektedir.

Güncel araştırmalar, mevcut yapıların enerji verimliliğini artırmaya yönelik müdahalelerde yapı formunun kritik bir parametre olarak değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. Fernandes vd. (2021), yapı kabuğunda gerçekleştirilen yenileme çalışmalarında, yapının geometrisinin sadeleştirilmesinin ve ısı kayıplarına neden olan yüzeylerin azaltılmasının enerji performansında anlamlı iyileşmeler sağladığını ifade etmektedir. Bu durum, yeni yapılarda formun başlangıçtan itibaren enerji odaklı kurgulanmasının gerekliliğine işaret etmektedir. Sonuç olarak, yapı formu yalnızca mimari tasarımın fiziksel bir bileşeni değil; enerji etkinliğini, kullanıcı konforunu ve çevresel sürdürülebilirliği eş zamanlı olarak etkileyen bütüncül bir tasarım aracı olarak ele alınmalıdır.

2.4. Yapı Kabuğunun Özellikleri

Yapı kabuğu, bir yapının dış ortam koşullarına karşı ilk fiziksel sınırını oluşturarak, enerji performansının şekillenmesinde belirleyici bir rol üstlenir. Isı, ışık, hava ve nem geçişini düzenleyen bu sınır, iç mekânda konfor koşullarının sağlanmasında ve enerji tüketiminin azaltılmasında doğrudan etkilidir [Şekil 2.5].



Şekil 2.5: Yapı elemanlarının ısı konfor üzerindeki rolü [Web 3’den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Literatürde, yapı kabuğunun yalnızca koruyucu bir öge olarak değil; enerji verimliliğini sağlayan bütüncül bir tasarım aracı olarak ele alınması gerektiği ifade edilmektedir [Özdemir & Yağmur, 2022; Beytekin, 2016]. Bu çerçevede, kabuğun performansı, hem pasif stratejilerin uygulanabilirliğini artırmakta hem de aktif sistemlerin yükünü azaltarak sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sunmaktadır.

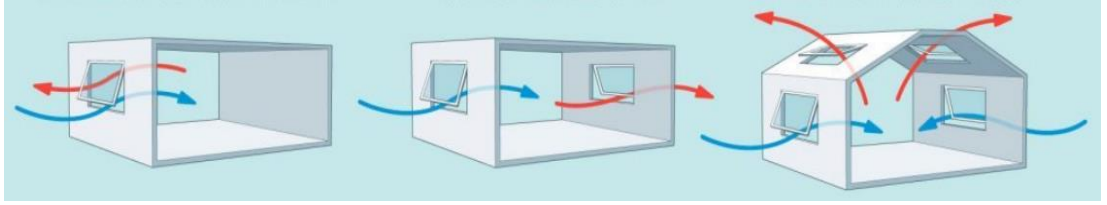
Kabuk bileşenlerinin yönelimi, malzeme özellikleri, yalıtım düzeyi ve açıklıkların konumlandırılması gibi etmenler, enerji dengesini doğrudan etkileyen temel parametreler arasında yer almaktadır. Pencere-boyut oranı, cephelerin yönelimi ve ısı yalıtımı gibi unsurlar, yapının hem ısı kaybını azaltmasında hem de gün ışığından faydalanma potansiyelinde belirleyici olmaktadır [Bayraktar, 2015; Beytekin, 2016]. Bu nedenle yapı kabuğunun tasarımı yalnızca biçimsel bir karar değil, aynı zamanda enerji etkinliği ve kullanıcı konforunu etkileyen teknik bir zorunluluk olarak değerlendirilmelidir.

Günümüzde yapı kabuğu, yeni teknolojilerle birlikte yalnızca pasif bir koruma katmanı olarak değil; aynı zamanda enerji yönetiminde aktif bir rol üstlenen bir sistem parçası olarak da ele alınmaktadır. Çok katmanlı sistem çözümleri, yüzeyden ısıtma-soğutma gibi uygulamalarla entegre edilerek kabuğun termal performansını artırmakta ve iç mekân koşullarını optimize etmektedir [Erikci Çelik & Zorer Gedik, 2019;

Özdemir & Yağmur, 2022]. Bu doğrultuda, yapı kabuğunun doğru kurgulanması, yapı ölçeğinde enerji tasarrufunu destekleyen, konfor sağlayan ve sürdürülebilirlik ilkeleriyle uyumlu bir tasarım anlayışını beraberinde getirmektedir.

2.4.1. Doğal Havalandırma

Pasif çevresel kontrol stratejilerinden olan doğal havalandırma, yapılarda enerji tüketimini azaltma ve iç hava kalitesini iyileştirme amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Sıcaklık ve basınç farklarına bağlı olarak oluşan hava hareketleri sayesinde, iç mekâna taze hava girişi sağlanmakta ve mekanik sistemlere olan bağımlılık azalmaktadır [Şekil 2.6].



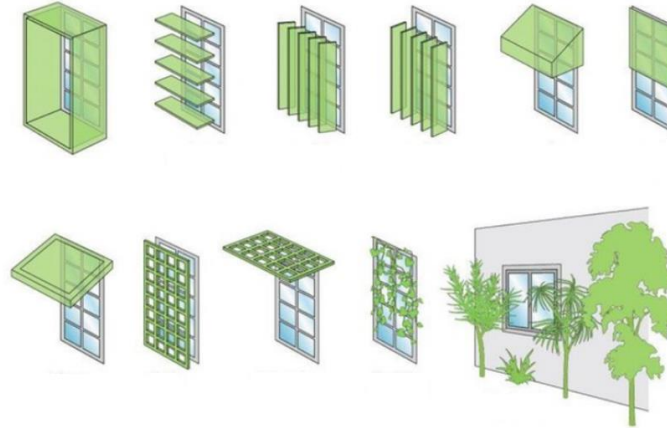
Şekil 2.6: Yapılarda doğal havalandırma yöntemleri [Web 4'ten uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Bu sistemin etkinliği; yapı formu, yönlenme, açıklık oranları ve açıklıkların konumlandırılması gibi mimari parametrelerin bir arada değerlendirilmesiyle artırılabilir [Li & Chen, 2021; Arı, 2021]. Doğal havalandırma, yalnızca enerji verimliliği açısından değil, kullanıcı konforunun sürekliliğini sağlaması bakımından da önemli bir tasarım aracıdır. Bu stratejinin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi, mimari kararların yanı sıra çevresel ve iklimsel değişkenlerle de doğrudan ilişkilidir. Açıklıkların boyutları, cepheler arasındaki yükseklik farkı, hâkim rüzgâr yönü, çevredeki yapı yoğunluğu ve potansiyel engeller gibi faktörler, hava akışının oluşumunu ve sürekliliğini doğrudan etkilemektedir [Eşmen, 2023; Coşar, 2023]. Bu değişkenlerin etkisini ölçmeye yönelik geliştirilen simülasyon tabanlı analizler, doğal havalandırma stratejilerinin tasarım aşamasındaki doğruluğunu ve uygulanabilirliğini önemli ölçüde artırmaktadır. Böylece sezgisel yaklaşımların ötesine geçilerek, veriye dayalı karar alma süreçleri desteklenmektedir. Ayrıca doğal havalandırma sistemlerinin iç mekân koşullarıyla uyum içinde çalışabilmesi için yalnızca genel hava hareketlerinin değil, kullanıcı bazlı konfor gereksinimlerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Literatürde, bireysel konforu iyileştirmeye yönelik yaklaşımların

önemi vurgulanmakta; sistemlerin mekânın farklı bölgelerinde değişken havalandırma ihtiyaçlarına yanıt verebilecek biçimde uyarlanabilir olması önerilmektedir [Ghaddar vd., 2021]. Bu durum, doğal havalandırmanın yalnızca enerji odaklı bir çözüm değil, aynı zamanda kullanıcı merkezli bir iç mekân stratejisi olarak değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir.

2.4.2. Güneş Kontrolü

Güneş kontrolü, pasif enerji stratejilerinin uygulanabilirliğini artıran ve yapı kabuğunun performansını doğrudan etkileyen önemli bir tasarım aracıdır. Güneş ışınımının yönü, şiddeti ve süresi gibi çevresel değişkenler, iç mekânlardaki termal konfor koşulları üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Bu koşulların denetlenmesi ise enerji etkin tasarımın temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, güneş kontrol stratejilerinin, özellikle soğutma yüklerinin yüksek olduğu sıcak iklim bölgelerinde, enerji tüketimini azaltma potansiyeline sahip olduğu literatürde geniş şekilde ele alınmaktadır [Pacheco vd., 2012; Teixeira vd., 2022]. Güneş ışınımının kontrol altına alınmasında cephe sistemleri üzerinde konumlandırılan yatay ve dikey güneş kontrol elemanları, pasif çözümler içerisinde en sık başvurulan uygulamalar arasında yer almaktadır [Şekil 2.7].



Şekil 2.7: Cephe farklı güneş kontrol elemanı kullanımı [Al-Yasiri & Szabó, 2021'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

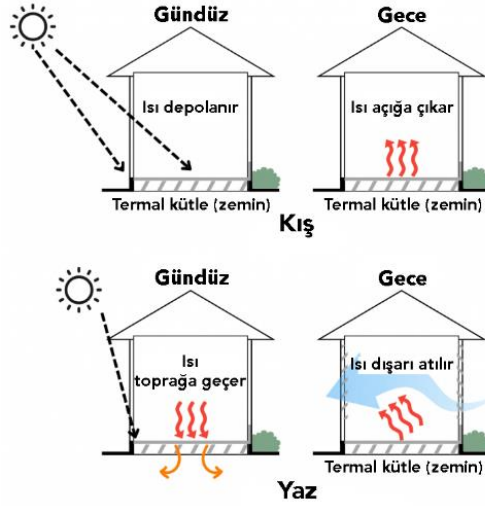
Bu elemanların, doğrudan güneş ışığının iç mekâna girişini sınırlarken; gün ışığı kullanımı, görsel konforun sürdürülmesi ve dış mekânla görsel ilişkinin devamlılığı gibi parametreler üzerinde de etkili olduğu vurgulanmaktadır [De Luca vd., 2022;

Evangelisti vd., 2020]. Özellikle doğu ve batı cephelerde düşük açılı ışınlım koşullarında dikey elemanların daha etkili olduğu, güney cephelerde ise yatay elemanların daha uygun gölgeleme sağladığı ifade edilmektedir **[Naqash vd., 2024]**. Güneş kontrol sistemlerinin tasarımı yalnızca enerji verimliliği bağlamında değil, aynı zamanda mimari ifade, strüktürel entegrasyon ve kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda da değerlendirilmelidir. Sabit güneş kontrol elemanlarının farklı cephe koşulları için çoklu performans kriterleri doğrultusunda optimize edilmesinin, hem enerji hem de görsel konfor açısından etkili sonuçlar doğurduğu araştırmalarla ortaya konmaktadır **[De Luca vd., 2022]**. Ayrıca, bu tür sistemlerin cephe ile bütünleşik biçimde tasarlanması, yapının estetik değerine katkı sağlarken aynı zamanda yapısal bütünlüğü de desteklemektedir **[Kunwar vd., 2018; Evangelisti vd., 2020]**. Aktif ve pasif sistemlerin birlikte kullanıldığı hibrit stratejiler de enerji performansı açısından dikkat çeken uygulamalar arasında yer almaktadır. Dinamik güneş kontrol sistemlerinin gün boyunca değişen ışınlım koşullarına adapte olabilme yetenekleriyle enerji verimliliğini artırdığı; sabit sistemlerin ise düşük maliyetli, uzun ömürlü ve bakım gerektirmeyen alternatifler sunduğu bildirilmektedir **[Kunwar vd., 2018]**. Bu doğrultuda, güneş kontrol sistemlerinin seçimi ve tasarımı; iklimsel koşullar, cephe yönelimi, işlevsel gereklilikler ve kullanıcı konforu gibi çok boyutlu kriterler çerçevesinde ele alınmalıdır **[Evangelisti vd., 2020]**. Genel olarak bakıldığında güneş kontrolü yapıyı çevresel koşullara karşı fiziksel olarak korumasının yanı sıra aynı zamanda enerji etkinliği, iç mekân konforu ve mimari bütünlük bağlamında bütüncül bir tasarım stratejisi olarak değerlendirilmektedir.

2.4.3. Isı Yalıtımı ve Termal Kütle

Yapı kabuğunun enerji etkinliğini artırmada önemli bir rol oynayan ısı yalıtımı, iç ve dış ortamlar arasındaki ısı geçişini sınırlayarak yapının iklimlendirme gereksinimini azaltmaktadır. Yalıtım uygulamalarının enerji verimliliği üzerindeki etkisi büyük ölçüde kullanılan malzemenin ısı iletim katsayısı, katman yapısı ve kalınlığı gibi fiziksel özelliklere bağlıdır. Özellikle düşük ısı iletim katsayısına sahip malzemelerin kullanılması ve yalıtım kalınlığının artırılması, belirli bir düzeye kadar enerji tüketimini azaltıcı etki yaratmasının yanı sıra ekonomik açıdan verimli bir noktada sınırlanması gerektiği de çeşitli çalışmalarda dile getirilmektedir **[Bektaş vd., 2017; Makrygiannis ve Karalis, 2023]**. Ayrıca, yalıtımın yalnızca enerji kayıplarını önlemekle kalmayıp, iç ortamda daha dengeli sıcaklık koşullarının sağlanmasına ve

aşırı ısınmanın önlenmesine de katkı sunduğu belirtilmektedir [Elsharkawy ve Zahiri, 2020]. Öte yandan, termal kütle özelliği gösteren yapı bileşenleri, ortamdan gelen ısıyı bünyesinde tutarak zaman içinde kontrollü şekilde serbest bırakabilme yetenekleriyle iç mekân sıcaklıklarının dengelenmesine katkı sağlar. Bu özellik, özellikle gece-gündüz sıcaklık farklarının belirgin olduğu iklim bölgelerinde pasif ısıl dengeleme aracı olarak değerlendirilmektedir [Şekil 2.8].



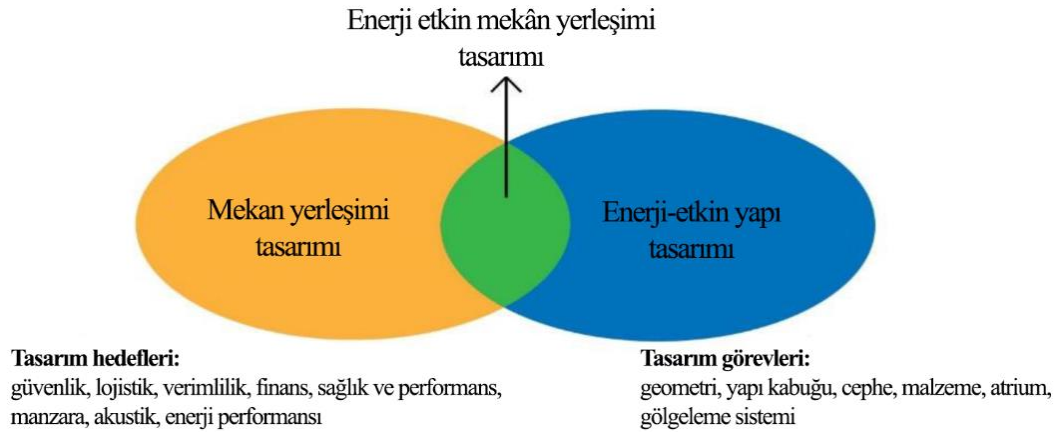
Şekil 2.8: Kış ve yaz aylarında termal kütlenin ısıl davranışı [Web 5, 2023].

Çalışmalarda, yüksek termal kütleyle sahip yapı elemanlarının hem enerji kullanımını azaltmada hem de kullanıcı konforunu artırmada etkili olduğu ifade edilmektedir [Shi vd., 2018]. Ancak bu faydanın gerçekleşebilmesi için ilgili yapı elemanlarının iç ortamla doğrudan etkileşim içinde olması ve yapıda stratejik noktalarda konumlandırılması gerektiği belirtilmektedir [Taştanir, 2020]. Termal kütlenin, sadece malzemeye özgü bir özellik değil, aynı zamanda iklime duyarlı pasif bir tasarım stratejisi olarak değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Isı yalıtımı ve termal kütle, yapı kabuğunun ısıl davranışını birlikte etkileyen ve birbirini tamamlayan iki önemli unsurdur. Yalıtım dış etkenlere karşı bariyer oluştururken, termal kütle iç ortamda sıcaklık değişimlerini dengeleyici bir işlev üstlenir. Bu iki bileşenin birlikte değerlendirilmesi, yapının bulunduğu iklim, yönlenmesi, kullanım amacı ve kullanıcı yoğunluğu gibi çeşitli etmenler dikkate alınarak bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Makrygiannis ve Karalis (2023), simülasyon analizlerinde uygun yalıtım kalınlığı ile yüksek termal kütle kombinasyonunun enerji tüketimini düşürerek bu iki öğenin birlikte tasarlandığı senaryolarda enerji performansı ve iç mekân konforunun

arttığını göstermişlerdir. **Taştemir (2020)** ise pasif konut örneğinde, iç mekânla temas eden termal kütle yüzeylerinin yalıtım ile birlikte kullanıldığında sıcaklık dalgalanmalarını azalttığını ve konforu artırdığını göstermiştir. Sonuç olarak, ısı yalıtımı ve termal kütlenin uyumlu bir şekilde tasarlanması, enerji verimliliğini artırırken iç mekân konforunu da iyileştirmektedir.

2.5. Yapının İşlevi ve Mekân Yerleşimi

Yapının işlevi ve mekân yerleşimi, bir yapının enerji verimliliği ve iç mekân konforunu doğrudan etkileyen temel unsurlardır. Bu bağlamda, mekân düzeni ve kullanım verimliliği arasındaki ilişki, enerji tüketiminin optimize edilmesinde kritik bir rol oynamaktadır. **Alghamdi vd. (2022)** iç mekân yerleşiminin termal dengeyi sağlaması ile enerji tüketimini azaltma potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir. İç mekân düzenlemesinin, çevresel koşullara uyum sağlayacak şekilde yapılması, enerji verimliliğini artırırken aynı zamanda iç mekân konforunun da iyileşmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte, mekânların kullanıcı ihtiyaçlarına ve aktivitelerine uygun bir şekilde düzenlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır [**Şekil 2.9**].



Şekil 2.9: Mekân yerleşimi ve enerji verimli yapı tasarımı arasındaki ilişki [**Du vd., 2020'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur**].

Kim ve Fischer (2013) mekân ve kullanıcı aktivitelerinin entegrasyonunun, enerji verimliliği ve kullanıcı memnuniyeti açısından belirleyici bir faktör olduğunu ortaya koymuşlardır. Bu bağlamda, mekânların işlevsel olarak doğru bir şekilde organize edilmesi, hem enerji tasarrufu sağlamakta hem de kullanıcı ihtiyaçlarının karşılanmasını temin etmektedir. Ayrıca, yapının çevresel koşullarla olan etkileşimi,

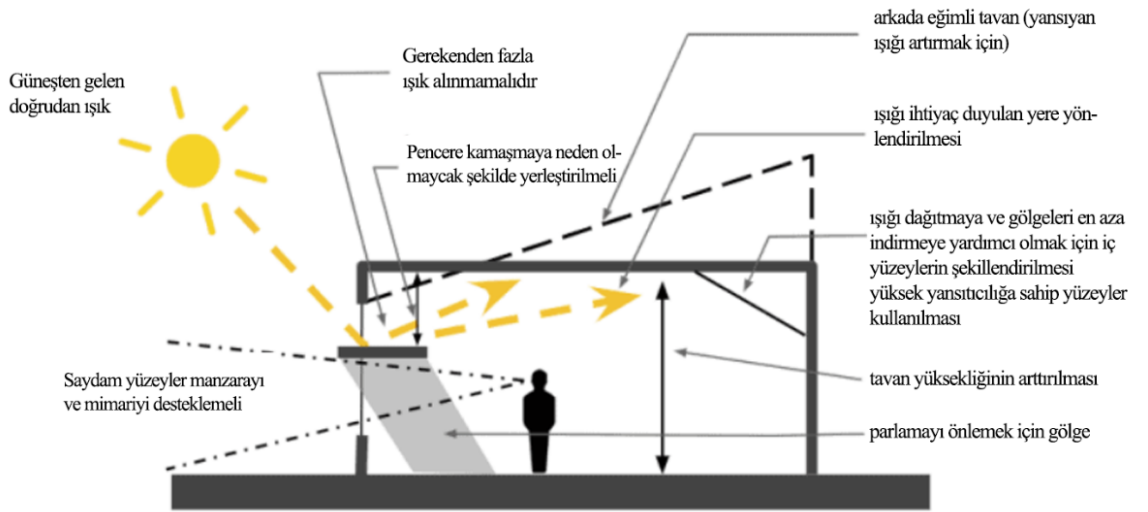
mekân yerleşiminin tasarımında önemli bir parametre olarak öne çıkmaktadır. **Lindberg ve diğerleri (2020)**, mekân zonlaması ile enerji verimliliği arasındaki ilişkiyi incelemiş ve mekân bölgelemesinin, enerji harcamalarını önemli ölçüde azaltma potansiyeli sunduğunu ifade etmişlerdir. Yapının çevresel faktörlere duyarlı bir şekilde yönlendirilmesi, doğal ışık ve rüzgâr gibi dış etmenlerden maksimum verim elde edilmesini sağlarken, iç mekânın ısıtma ve soğutma yüklerini minimize etmektedir. **Aybar (2022)** ise iç mekân tasarımında iklim odaklı pasif stratejilerin önemini vurgulamaktadır. Çevresel faktörlerin dikkate alınarak mekân yerleşiminin optimize edilmesi, yapının enerji verimliliğini artırmakla birlikte, kullanıcı konforunu da iyileştirmektedir. Bu yaklaşım, yapının işlevsel yerleşiminin yalnızca iç mekân konforunu sağlamakla kalmayıp, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine de katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

Yapının işlevi ve mekân yerleşimi, hem iç mekân konforunu hem de enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerini göz önünde bulunduran bir tasarım anlayışı ile ele alınmalıdır. Yapılar, mekânların doğru bir şekilde organize edilmesi, çevresel etmenler ile uyumlu bir şekilde yerleşmesi ve kullanıcı ihtiyaçlarını verimli bir biçimde karşılaması için optimize edilmelidir. Bu tür bir bütüncül yaklaşım, enerji tüketimini azaltırken iç mekân konforunu ve yapının sürdürülebilirliğini artıracaktır.

Yapılarda enerji performansının artırılmasına yönelik pasif tasarım stratejileri, yapı-çevre etkileşimini esas alarak enerji tüketiminin azaltılmasını ve iç mekân konfor koşullarının iyileştirilmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda; iklim verileri, yapı yönelimi, kütle formu, yapı kabuğunun fiziksel ve termal özellikleri, doğal havalandırma olanakları, güneş ışınlamına karşı alınan koruyucu önlemler, ısı yalıtımı ve termal kütle gibi parametrelerin bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gereklidir. Literatürde, bu tasarım bileşenlerinin birbiriyle ilişkili olduğu ve erken tasarım aşamalarında eşzamanlı olarak değerlendirilmesinin enerji verimliliği ile çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine önemli ölçüde katkı sunduğu vurgulanmaktadır. Bu doğrultuda, pasif tasarım ilkeleri yalnızca mimari tasarımın yardımcı unsurları olarak değil; enerji etkin, iklim duyarlı ve kullanıcı odaklı yapıların kurgulanmasında temel belirleyiciler olarak değerlendirilmektedir.

3. YAPILARDA GÜNEŞ KONTROLÜ VE GÜNEŞ KONTROL ELEMANLARININ KULLANIMI

Binalarda güneş kontrolü, yapı performansını çeşitli açılardan etkileyen temel bir tasarım stratejisi olarak ön plana çıkar. Enerji verimliliği, kullanıcı konforu ve sürdürülebilirlik hedefleriyle doğrudan ilişkilidir. Güneş ışıının kontrol etmek, sadece ısı kazançlarını sınırlamakla kalmaz; aynı zamanda gün ışığına dayalı aydınlatma kalitesini artırır, kamaşmayı önler ve iç mekân konforunu sağlar. Güneş kontrol elemanlarının dış cepheye entegre edilmesiyle hem görsel hem de ısı konfor koşulları sürdürülebilir şekilde desteklenebilir; cephe yönelimi ve iklim verilerine bağlı olarak enerji tüketiminde anlamlı düşüşler elde edilebilir [Gürsel Dino, 2017]. Bu bağlamda, sadece sabit sistemler değil, geçirgenliği değişebilen doğal elemanlar veya kullanıcı kontrollü dinamik çözümler de yapı ile çevre arasındaki etkileşimi güçlendiren araçlar olarak değerlendirilir. Böylece, güneş kontrol elemanları enerji tüketiminin azaltılması, gün ışığı verimliliğinin artırılması ve iç mekân kalitesinin korunması gibi çok yönlü performans hedeflerine hizmet eden bütüncül bir bileşen hâline gelir [Şekil 3.1].



Şekil 3.1: Güneş ışığının kontrolü ve yönlendirilmesine yönelik mimari tasarım ilkeleri [Web 6'dan uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Günümüz mimarisinde giderek öne çıkan performans gereksinimi yaklaşımı, güneş kontrolü gibi pasif stratejilerin yalnızca estetik ya da işlevsel değil, aynı zamanda enerji verimliliği yüksek, çevresel duyarlılığa sahip ve kullanıcı konforuna öncelik veren biçimde ele alınmasını zorunlu kılar. Bu yaklaşım kapsamında, yapı kabuğunun yönelimi, cam yüzeylerin konumu ve özellikleri, doğal havalandırma olanakları ve ışık geçirgenliğini kontrol eden elemanlar birlikte değerlendirilmelidir [Dikmen, 2011]. Performansa dayalı bu bütüncül yaklaşım, enerji tüketimini minimize etmenin yanı

sıra yapı ömrünü uzatmayı, malzeme etkinliğini artırmayı, kullanıcı memnuniyetini yükseltmeyi ve çevresel etkiyi azaltmayı hedefler. Dolayısıyla, güneş kontrol elemanlarının tasarımı ve uygulanması, çağdaş sürdürülebilirlik ilkeleriyle örtüşen, teknik olduğu kadar sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarıyla da etkili olan stratejik bir müdahale olarak değerlendirilir [Dikmen, 2011; Gürsel Dino, 2017].

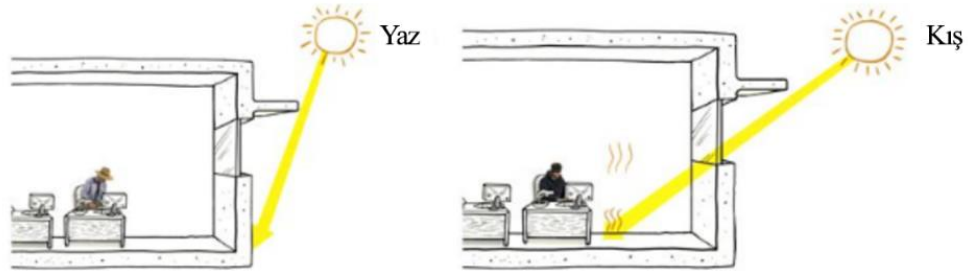
3.1. Güneş Kontrol Elemanlarından Beklenen Temel Performans Gereksinimleri

Sürdürülebilirlik hedeflerinin yapı tasarımındaki belirleyici rolü doğrultusunda, pasif kontrol stratejilerine yönelik ilgi son yıllarda dikkat çekici biçimde artış göstermektedir. Bu bağlamda güneş kontrol elemanları, yalnızca gölgeleme işleviyle sınırlı kalmamakta; iç mekân konforunun artırılması, enerji tüketiminin azaltılması ve yapının mimari kimliğiyle uyumlu bir bütünlük oluşturulması gibi çok yönlü katkılar sunan bileşenler olarak değerlendirilmektedir. Güneş kontrol sistemleri, aynı zamanda yapı ve yapı kabuğu bileşenlerinin termal, görsel, çevresel ve estetik performansını doğrudan etkileyen çok işlevli tasarım araçlarıdır. Yapı ve yapı kabuğu bileşenlerinin performansı; yapısal bütünlük, enerji etkinliği, akustik konfor, yangın güvenliği ve benzeri pek çok kriter çerçevesinde çok boyutlu olarak değerlendirilmektedir. Bu tez çalışmasında, güneş kontrol elemanları kapsamında gerçekleştirilen analizler, çalışma sınırları doğrultusunda ısı performans ve görsel performans parametrelerine odaklanılmıştır.

3.1.1. Isıl Performans

Güneş kontrol elemanları, yapı kabuğunun dış çevre koşullarıyla kurduğu ısı alışverişini düzenleyerek iç mekânlarda ısı performansın sağlanmasında temel bir rol üstlenmektedir. Isıl performans, sadece fiziksel çevrenin termal özelliklerini iyileştirmekle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda kullanıcıların hissettiği ısı konfor düzeyine doğrudan etki ederek mekânın yaşanabilirliğini artırmaktadır [Baker & Steemers, 2000; Koyun, 2016]. İç mekânlarda ısı konforunun sağlanması, bireylerin sağlık, memnuniyet, verimlilik ve genel performans düzeyleri üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir. Bu bağlamda, sıcaklık, bağıl nem, hava hareketi ve ışıyım sıcaklığı gibi çevresel değişkenler ile bireyin kıyafet seçimi, yaşı, cinsiyeti ve sağlık durumu gibi kişisel faktörler arasındaki etkileşim, ısı konfor deneyimini şekillendiren başlıca unsurlar olarak öne çıkmaktadır [Sodha vd., 1986]. Vücut ile çevre arasında

gerçekleşen ısı alışverişi taşınım, ışıınım ve buharlaşma gibi mekanizmalar yoluyla sürdürölmekte olup, bu mekanizmalar arasındaki denge konfor algısını belirlemektedir. Bu denge, özellikle doğrudan güneş ışıınımına maruz kalınan alanlarda bozulmakta ve kullanıcılar üzerinde rahatsızlık, parlamaya bağılı görsel sorunlar ve aşırı sıcaklık hissi gibi olumsuz etkiler oluşturabilmektedir [Santamouris, 2007]. Güneş kontrol elemanları, doğrudan ışıınımı sınırlayarak iç ortam sıcaklığının daha dengeli olmasını sağlamakta ve böylece hem kullanıcı konforunu artırmakta hem de enerji tüketimini azaltmaktadır [Alsharif, 2021; Zhang vd., 2021]. Bu sistemler dış cepheye entegre edilerek yapı ile dış ortam arasında bir tampon bölge oluşturmakta, bu sayede hem istenmeyen ısı kazançları azaltılmakta hem de mekanik soğutma sistemlerine olan bağımlılık düşürölmektedir [Şekil 3.2].



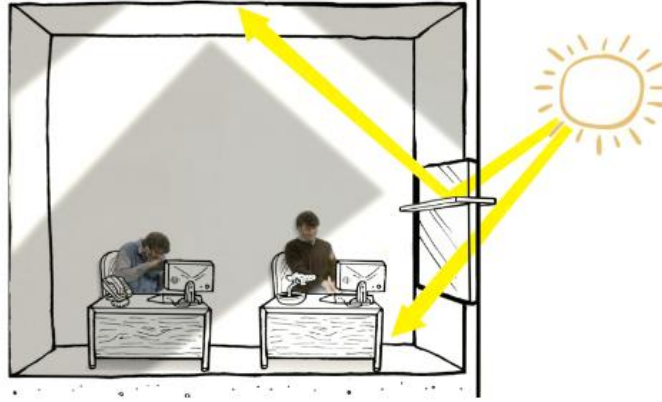
Şekil 3.2: İç mekânda ısı konforu güneş kontrol elemanları ile kontrol edilmesi [Web 7'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Özellikle yaz aylarında aşırı ısınmanın önüne geçilmesiyle soğutma yüklerinde anlamlı düşüşler sağlandığı ve bu durumun enerji verimliliği açısından önemli kazanımlar sunduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur [Chua & Chou, 2010; Yurttakal, 2019]. Aynı zamanda güneş ışıınımının yapı yüzeylerinde emilerek zamana yayılarak iç ortama aktarılması, iç mekân sıcaklık değişimlerini yumuşatarak daha kararlı bir iç çevre sunmaktadır. Güneş kontrol sistemlerinin etkinliği, kullanılan elemanların eğim açısı, boyutu ve cephe yönelimi gibi tasarım parametrelerine bağılı olarak değişmektedir. Güney cephelerde yatay elemanlar dik açıyla gelen güneşi engellerken, doğu ve batı cephelerde düşük açılı ışınlarla karşı eğimli ya da düşey elemanlar daha etkili olmaktadır [Datta, 2001; Palmero-Marrero & Oliveira, 2010]. Chua ve Chou (2010), kuzey ve güney cephelerde yarım kare-kafes (egg-crate) sistemlerin, doğu ve batı cephelerde ise 30° aşağı eğimli saçakların enerji performansı açısından avantaj sağladığını belirtmektedir. Palmero-Marrero ve Oliveira (2010) tarafından yapılan çalışmalar da sabit sistemlerde 30°–70° aralığındaki eğim açılarının

farklı iklim koşullarında optimum sonuçlar verdiğini göstermektedir. Öte yandan, sabit sistemler mevsimsel değişimlere karşı sınırlı esneklik sunduğundan kış aylarında güneş kazançlarını engelleyerek istenmeyen ısı kayıplarına neden olabilmektedir. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak amacıyla, çevresel koşullara duyarlı hareketli ve akıllı sistemlerin kullanımı önerilmektedir. Bu sistemler, gün boyunca güneş ışıınımı düzeyi ve iç mekân sıcaklığı gibi değişkenlere otomatik olarak tepki vererek enerji tüketimini en aza indirirken, kullanıcı konforunu da artırmaktadır [Moeseke vd., 2007]. Ancak sabit sistemlerin düşük maliyet, bakım kolaylığı ve mimari uyumluluk gibi avantajları, özellikle güneşlenmenin yoğun olduğu ve ısıtma ihtiyacının düşük olduğu bölgelerde bu sistemleri tercih edilebilir kılmaktadır. Uygun açı, derinlik ve yerleşim kararları ile sabit elemanların da yüksek düzeyde ısıl performans sağlayabildiği literatürde ortaya konmuştur.

3.1.2. Görsel Performans

İç mekânlarda kullanıcı memnuniyetini ve üretkenliği etkileyen önemli parametrelerden biri olan görsel performans, doğal ışığın iç ortama girişini, yönünü ve dağılımını kapsayan çok boyutlu bir konfor kriteridir. Gün ışığının içeri kontrollü ve dengeli bir biçimde alınması, yalnızca görsel konforun sağlanması açısından değil, aynı zamanda enerji verimliliği ve kullanıcı sağlığı bakımından da kritik öneme sahiptir [Carmody vd., 2004; Santamouris, 2006]. Ofis gibi uzun süreli çalışma gerektiren mekânlarda, gün ışığının kontrolsüz biçimde içeri alınması durumunda 2000 lüks seviyesini aşan aydınlatma değerleri kamaşma (glare) riskini artırmakta ve bu durum kullanıcıların görsel konforunu olumsuz etkileyerek çalışma verimliliğini düşürebilmektedir [Yılmaz, 2016]. Görsel konforun sağlanmasında, özellikle kamaşma etkilerinin sınırlandırılması önemli bir tasarım kriteri olarak öne çıkmaktadır [Şekil 3.3].



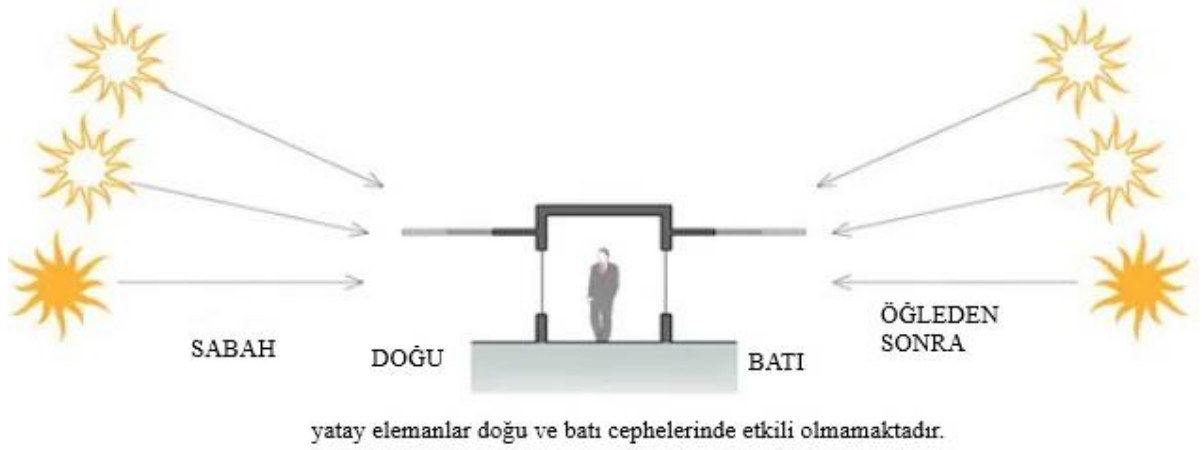
Şekil 3.3: Güneş kontrol elemanı ile gün ışığının yönlendirilerek iç mekânda parlamının önlenmesi [Web 8, t.y.]

Kamaşma düzeylerinin değerlendirilmesinde, gün ışığına bağlı görsel rahatsızlıkların ölçülmesinde sıklıkla Güneş Kamaşma Olasılığı (Daylight Glare Probability – DGP) metriği kullanılmaktadır. Bu metrik, kullanıcıların parlak yüzeylere maruziyeti, bakış yönü ve ışık kontrastı gibi faktörleri dikkate alarak rahatsızlık düzeyini nicel olarak tanımlar. DGP değeri 0.35’in altında ise “kamaşma yok (imperceptible)”, 0.35–0.40 aralığında “düşük kamaşma (perceptible)”, 0.40–0.45 aralığında “kabul edilebilir kamaşma (disturbing)” ve 0.45’in üzerinde ise “rahatsız edici (intolerable) olarak sınıflandırılmaktadır [Wienold & Christoffersen, 2006]. Yapay aydınlatma koşullarında ise Birleşik Kamaşma Değeri (Unified Glare Rating – UGR) sistemi kullanılır ve ofis, okul gibi görsel performansın önemli olduğu yapılarda genellikle $UGR \leq 19$ sınır değeri önerilmektedir [CIE, 1995]. Bu tür olumsuzlukların önüne geçilebilmesi için güneş kontrol elemanlarının dikkatli bir biçimde tasarlanması gerekmektedir. Bu sistemler yalnızca doğrudan ışığı kesmekle kalmayıp, gelen ışığı yönlendirerek ve dağıtarak daha homojen bir aydınlık seviyesi sağlar [Alsharif, 2021]. Nitekim De Luca vd. (2022) tarafından yapılan çalışmada, dış cephede konumlanan sabit güneş kırıcı sistemlerin sınıf ortamlarında DGP metriği üzerinden değerlendirildiği ve rahatsız edici kamaşmanın %89.8’e kadar azaltılabildiği gösterilmiştir. Görsel performansın sağlanmasında güneş kontrol elemanlarının biçimi, açıklık oranı, konumu, yönelimi ve eğimi gibi fiziksel parametreler belirleyici rol oynamaktadır. Bu elemanlar, iç mekâna giren doğal ışığın miktarını ve yönünü etkileyerek hem kamaşmayı önlemeli hem de yeterli aydınlatma sağlamalıdır [Yurttakal, 2019; Özyer, 2017]. Ancak sistemin yoğunluğu veya yerleşimi uygun şekilde ayarlanmadığında, aşırı gölgeleme nedeniyle Faydalı Güneş Işığı Aydınlatması

(Useful Daylight Illuminance – UDI) değerinin %20'nin altına düşebileceği ve bunun da kullanıcılar açısından yetersiz aydınlık koşulları doğurabileceği belirtilmektedir [David vd., 2011]. Ayrıca pencere açıklığının mekân derinliğiyle olan oranı da gün ışığının içeri yayılmasını etkileyen önemli bir faktördür [Santamouris, 2006]. Sabit sistemler açık hava koşullarında etkili olurken, bulutlu havalarda iç mekânın aşırı kararmasına neden olabileceğinden, bu durumlarda hareketli ya da ayarlanabilir sistemlerin tercih edilmesi önerilmektedir [Hastings & Wall, 2007]. Elemanların eğimi ve yönelimi, yatay ve düşey düzlemlerde ışığın nasıl dağıldığını belirleyerek, kullanıcının doğal ışığı nasıl deneyimlediğini doğrudan etkiler [Carmody vd., 2004; Santamouris, 2006]. Görsel geçirgenlik de görsel performansın önemli bir bileşenidir. Manzaraya olan görsel temas, yalnızca estetik değil aynı zamanda psikolojik konfor açısından da değerlidir. Elemanların açıklık oranı, yerleşimi ve yönelimi bu ilişkiyi doğrudan etkiler [Settino vd., 2021]. Simülasyon analizleri, yatay elemanların daha fazla ışık sağladığını; düşey elemanların ise ışığı daha dengeli dağıtarak kamaşmayı sınırladığını ve görsel konforun sürekliliğini desteklediğini göstermektedir [Settino vd., 2021]. Sonuç olarak, güneş kontrol elemanlarının kamaşma kontrolünden dış görüşe kadar geniş bir yelpazede etkili olduğu; yönelimi, açıklık oranı ve eğimi gibi fiziksel tasarım parametrelerinin yalnızca teknik performansı değil, aynı zamanda kullanıcı odaklı tasarım kararlarını da yönlendirdiği görülmektedir.

3.1.3. İklima ve Cephe Yönüne Uygunluk

Güneşin konumu gün içinde ve yıl boyunca değiştiği için, güneş kontrol elemanlarının etkinliği de cephe yönüne göre farklılık gösterir. Güney cephelerde güneşin yüksek açılarla geldiği saatlerde yatay elemanlar oldukça etkiliyken; doğu ve batı cephelerinde, daha yatay gelen ışınlarla karşı düşey elemanlar daha işlevsel sonuçlar doğurmaktadır [Ceylan, 2019]. Şekil 3.4'de batı ve doğu cephelerinde güneşin geliş açısından dolayı yatay elemanların etkili olamadığı görülmektedir.



Şekil 3.4: Batı ve doğu cephelerinde yatay elemanların sınırlı etkisi [Web 9'dan uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Sıcak ve nemli iklim bölgelerinde ise doğrudan ışıının sınırlandırılması, iç mekân konforunu sağlamak adına kritik bir gereksinimdir. Bu nedenle, cepheye özgü çözüm önerileri geliştirilmesi ve yönlenmeye duyarlı sistemlerin kullanılması önerilmektedir [Onwuzuligbo vd., 2025]. Güneşin gün içindeki hareketine uyum sağlayabilen hareketli veya otomasyon destekli sistemler, bu değişkenliğe esnek şekilde yanıt verebilir [Bader, 2010].

3.1.4. Mimari ve Estetik Uyum

Güneş kontrol sistemleri sadece teknik işlevleriyle değil, aynı zamanda yapının mimari kimliğiyle kurdukları ilişkilerle de öne çıkar. Bu elemanlar, cepheye bütüncül şekilde entegre edildiğinde, yapının karakteristik çizgilerini destekleyen estetik bir tamamlayıcıya dönüşebilir [Özyer, 2017]. Görsel geçirgenliği olan, görsel etkinlik yüzdesinin uygun değerlerde olduğu ve doğal ışıkla uyumlu tasarımlar, kullanıcı deneyimini zenginleştirirken mekânsal algının da güçlenmesine katkı sağlar. Bu tür sistemler, günümüz mimarlığında yalnızca teknik gereksinimleri karşılayan unsurlar değil, aynı zamanda konfor ve algı açısından da değer yaratan bileşenler olarak görülmektedir [Bader, 2010].

3.1.5. Enerji Verimliliği

Yapılarda enerji verimliliğini artırmaya yönelik stratejiler içerisinde, güneş kontrol elemanları pasif sistemler kapsamında önemli bir yere sahiptirler. Doğru biçimde konumlandırıldıklarında hem yaz aylarında soğutma hem de kış aylarında ısıtma

yüklerinin azaltılmasına katkı sağlayarak, genel enerji tüketiminde anlamlı düşüşler elde edilmesini mümkün kılarlar [Alsharif, 2021; Özyer, 2017]. Bununla birlikte, gün ışığı kullanımını artırarak yapay aydınlatma ihtiyacını azaltmaları sayesinde elektrik enerjisi tüketimini de düşürürler. Otomasyon destekli sistemlerde ise bu elemanlar, güneşin konumuna bağlı olarak dinamik tepki verebilmekte ve bu sayede enerji kullanımını daha hassas biçimde optimize edebilmektedir [Yurttakal, 2019]. Bu bağlamda optimizasyon, birden çok performans hedefi doğrultusunda tasarım değişkenlerinin birlikte değerlendirilerek en uygun çözümlerin belirlenmesi süreci olarak tanımlanmaktadır [Gürsel Dino, 2017]. Enerji performansının iyileştirilmesi yalnızca otomasyon sistemleriyle sınırlı olmayıp pasif tasarım stratejileri kapsamında da optimizasyon yaklaşımları etkili biçimde uygulanabilmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar, sabit güneş kontrol elemanlarının yapı kabuğuna uygun şekilde entegre edilmesiyle, hem ısıtma-soğutma yüklerinin dengelendiğini hem de toplam enerji talebinin azaltılabildiğini göstermektedir. Özellikle elemanların yönelimi, açıklık oranı ve konumu gibi fiziksel parametrelerin iklim verileri ve cephe yönelimiyle uyumlu şekilde tasarlanması, hareketli ya da otomasyon sistemlerine ihtiyaç duyulmaksızın da yüksek düzeyde enerji verimliliği elde edilmesini mümkün kılmaktadır [Caner, 2020]. Bu durum, optimizasyon temelli pasif çözümlerin, sürdürülebilir tasarım hedefleriyle uyumlu, kalıcı ve etkili sonuçlar üretebildiğini ortaya koymaktadır.

3.1.6. Kullanıcı Kontrolü ve Esneklik

Kullanıcıların yaşadıkları veya çalıştıkları alan üzerinde kontrol sahibi olmaları, memnuniyet düzeyini ve konfor algısını doğrudan etkiler. Güneş kontrol sistemlerinde bireysel tercihlere göre ayarlanabilen çözümler, bu anlamda daha esnek ve kullanıcı dostu ortamlar sunar. Otomatik ya da manuel olarak kontrol edilebilen bu sistemler, gün içinde değişen ışık koşullarına kolayca uyum sağlar. Böylece kullanıcı kaynaklı müdahale hataları en aza inerken, iç mekândaki konfor düzeyi korunmuş olur [Bader, 2010; Onwuzuligbo vd., 2025].

3.1.7. Malzeme Özellikleri

Bu sistemlerin uzun vadede etkili çalışabilmesi için kullanılan malzemenin fiziksel ve çevresel dayanıklılığı önemlidir. UV ışınlarına, neme ve korozyona karşı dirençli; düşük ısı iletkenliğine sahip malzemelerin tercih edilmesi bu açıdan avantaj sağlar [Özyer, 2017]. Ayrıca, yerel olarak tedarik edilebilen ve geri dönüştürülebilir malzemeler sürdürülebilirlik açısından desteklenmektedir [Onwuzuligbo vd., 2025]. Uygulama kolaylığı, bakım ihtiyacı ve görsel değer gibi etkenler de malzeme seçimiyle doğrudan ilişkilidir. Kaynak kullanımını minimize ederek etkili gölgeleme sağlayan tasarımlar ise malzeme verimliliği açısından öne çıkmaktadır [Bader, 2010]. Güneş kontrol elemanlarından beklenen temel performans özellikleri Şekil 3.5’de detaylı olarak görülmektedir.



Şekil 3.5: Güneş kontrol elemanlarından beklenen temel performans özellikleri
[Yazar tarafından oluşturulmuştur.]

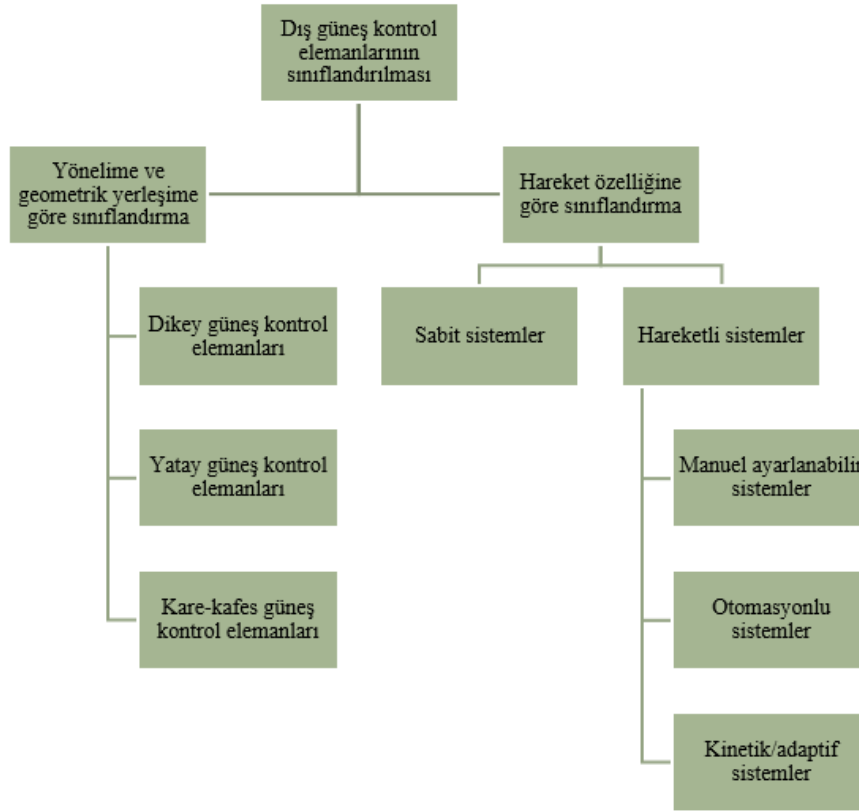
Bu çalışma kapsamında, güneş kontrol elemanlarının yapı kabuğu performansına olan etkileri bütüncül olarak ele alınmakla birlikte, araştırmanın temel odak noktası ısıl konfor ve görsel konfor olmuştur. Anket ve yarı yapılandırılmış görüşmelere dayalı olarak elde edilen veriler doğrultusunda, sıcak hava dönemlerinde ofis kullanıcılarının

ısı konforsuzluk yaşadığı tespit edilmiştir. Özellikle ısı konforsuzlukların azaltılması ve iç mekânda kullanıcıların termal memnuniyet düzeylerinin iyileştirilmesi, araştırmanın öncelikli hedefini oluşturmaktadır. Buna ek olarak, gün ışığının mekâna dengeli ve kontrollü bir biçimde iletilmesini sağlamak amacıyla, elemanların görsel etkinlik yüzdesi hesaplanarak görsel konfor koşulları da değerlendirilmiştir. Böylelikle, güneş kontrol elemanlarının hem ısı hem de görsel konfor üzerindeki etkileri bütüncül bir yaklaşımla ele alınarak mekânsal konforun sürdürülebilir ve kullanıcı odaklı bir çerçevede optimize edilmesine katkı sunulmuştur. Diğer performans kriterleri olan enerji verimliliği, kullanıcı kontrolü, malzeme özellikleri ve estetik uyum ise bu çalışmanın kapsamı dışında bırakılmıştır.

3.2. Yapı Cephelerinde Güneş Kontrol Elemanlarının Sınıflandırılması

Güneş kontrol elemanları, yapı kabuğunun pasif sistem bileşenlerinden biri olarak, binalarda enerji verimliliği ve kullanıcı konforunu artırmaya yönelik önemli katkılar sunmaktadır. Literatürde bu elemanlar genellikle biçimsel özellikleri, cephe üzerindeki konumları ve işlevsel hareketliliklerine göre çeşitli sınıflandırma sistemlerine tabi tutulmaktadır [Erkan, 2024]. Biçimsel sınıflandırma kapsamında elemanlar, yatay doğrultuda yerleştirilen elemanlar, düşey doğrultuda yerleştirilen elemanlar ve hem yatay hem de düşey elemanlardan oluşan kare-kafes sistemler olmak üzere üç ana gruba ayrılmaktadır [Koç, 2019]. Bu sınıflandırma, güneş kontrol elemanlarının cephe düzlemiyle kurduğu geometrik ilişkiye dayanmakta olup, tasarım kararlarında biçimsel süreklilik ve estetik bütünlük açısından da belirleyicidir. Bir diğer sınıflandırma biçimi, elemanların hareket kabiliyetine göre yapılmakta olup, bu bağlamda elemanlar "sabit" ve "hareketli" sistemler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [Hou vd., 2021]. Sabit güneş kontrol elemanları, yapı ile bütünleşik şekilde tasarlanmakta ve belirli bir konumda sabitlenmiş olarak yıl boyunca aynı geometri ile gölgeleme işlevi sunmaktadır. Bu sistemler mekanik bir enerji kaynağına ihtiyaç duymadan çalıştıkları için düşük bakım gereksinimi, uzun ömür ve maliyet avantajı gibi kriterler açısından tercih edilmektedir [Kazanasmaz vd., 2011]. Buna karşın, sabit sistemlerin yıl içinde değişen güneş açılarına tepki verememesi, özellikle mevsimsel performans değişkenliği açısından sınırlayıcı bir faktör oluşturmaktadır [Bellia vd., 2014]. Öte yandan hareketli sistemler, güneşin konumuna, günün saatine veya kullanıcı tercihiye göre açılıp kapanabilen ya da pozisyon değiştirebilen dinamik çözümler sunmakta; motorlu veya akıllı otomasyon sistemleriyle bütünleşik biçimde

alışarak hem görsel hem de termal konfor açısından esnek bir yapı sağlamaktadır [Ana, 2019]. Bu çalışmada elemanların sınıflandırılması süreci **Şekil 3.6**'da verildiği üzere, güneş kontrol elemanları, hem cepheyle kurdukları yönelime dayalı olarak, yatay, dikey ve kare-kafes biçiminde ve hareket kabiliyetlerine göre sabit-hareketli olmak üzere iki eksende sınıflandırılarak ele alınmıştır.



Şekil 3.6: Güneş kontrol elemanlarının sınıflandırılması [Yazar tarafından oluşturulmuştur].

Bu iki yönlü sınıflandırma yaklaşımı, literatürdeki mevcut kuramsal temellere dayandırılmış ve elemanların biçimsel, mekânsal ve işlevsel özelliklerinin sistematik bir biçimde analiz edilmesine olanak tanımıştır [Bellia vd., 2013; Lau vd., 2016].

3.2.1. Yönelime ve Geometrik Yerleşime Göre Sınıflandırma

Güneş kontrol elemanları, bulundukları cephe yönü ve yerleştirilme biçimlerine bağlı olarak farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Bu bağlamda, elemanların yatay, dikey ya da her iki doğrultunun birleşiminden oluşan kare-kafes biçimlerde konumlandırılması, güneş ışınlarının geliş açısına göre değişen performans sonuçları

verirler. Yatay elemanlar, güneşin yüksek açılarla etkili olduğu öğle saatlerinde gölgeleme sağlayarak özellikle güney cephelerde verimli sonuçlar üretmektedir. Dikey elemanlar ise doğu ve batı cephelerde sabah ve akşam saatlerinde düşük açıyla gelen ışıını sınırlamak açısından daha etkilidir [Timoçin, 2001; Al-Yasiri & Szabó, 2021]. Bu sistemlerin yerleşim biçimi, ışık kontrolü sağlamanın yanı sıra kullanıcıların dış çevreyle olan görsel ilişkilerini de biçimlendirir. Dikey elemanlar cepheye dik ya da eğimli olarak yerleştirildiğinde hem gölgeleme hem de dış manzaraya yönelik geçirgenlik üzerinde etkili olur. Bu durumda, elemanların açısı ve yerleşim geometrisi tasarım kararlarını doğrudan etkiler. Yatay ve dikey elemanların birlikte kullanıldığı kare-kafes güneş kontrol elemanları, grid ya da kalkan benzeri düzenlemelerle oluşturulmakta ve çok yönlü bir gölgeleme sağlamak amacıyla tercih edilmektedir. Özellikle tekil sistemlerin yetersiz kaldığı koşullarda bu birleşik yapılar, cepheye gelen ışıını daha dengeli dağıtarak etkin bir koruma sunar [Timoçin, 2001].

Sonuç olarak, güneş kontrol elemanlarının yönelimi ve yerleşim karakteristikleri cephe yönü, iklimsel koşullar ve mimari tercihler doğrultusunda farklılaşmakta ve performans üzerinde belirleyici rol oynamaktadır.

3.2.1.1. Dikey Güneş Kontrol Elemanları

Dikey güneş kontrol elemanları özellikle doğu ve batı cephelerde gelen düşük açılı güneş ışıınlarının etkili bir şekilde engellenmesi amacıyla kullanılan pasif tasarım stratejileridir. Bu elemanlar, doğrudan güneş ışıınının iç mekânlara ulaşmasını engelleyerek hem ısı kazancını azaltmakta hem de parlama riskini düşürerek görsel konforu artırmaktadır [O’Conner vd., 1997]. Doğru ve batı cephelerde, sabah ve akşam saatlerinde güneşin geliş açısının düşey düzleme oldukça paralel olması, yatay güneş kontrol elemanlarının etkisini azaltmakta ve dikey kanatların kullanımını daha işlevsel hâle getirmektedir. Dikey elemanlar, yalnızca güneşi kesmekle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda cephe tasarımına mimari bir derinlik ve görsel zenginlik kazandırmaktadır. Güneş kontrol sistemlerinin renk ve yüzey özellikleri de performans üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır. Açık renkli yüzeyler ışığın daha yayılı bir biçimde içeri girmesini sağlarken, koyu renkli yüzeyler ışık ve ısı kazançlarını daha fazla azaltmaktadır [O’Conner vd., 1997]. Bu nedenle tasarım sürecinde malzeme seçimi, görsel ve termal konfor hedefleri doğrultusunda dikkatle değerlendirilmelidir. Bu tür elemanlar, sabit ya da hareketli sistemler olarak sınıflandırılabilir. Sabit sistemler genellikle düşük maliyetli ve bakım gerektirmeyen çözümler sunarken,

dış mekânla olan görsel bağlantıyı kısıtlayabileceği için dikkatle değerlendirilmelidir [Lechner, 2014].

Dış cepheye entegre sabit dikey güneş kontrol elemanlarının çağdaş mimarideki kullanımına örnek olarak Moskova’da yer alan Chekhov Apartman Bloğu gösterilebilir. Tsimailo Lyashenko and Partners tarafından tasarlanan yapıda, geniş cam cephe yüzeylerine entegre edilmiş sabit dikey güneş kontrol elemanları kullanılmıştır. Bronz renkli metal yüzey kaplamasına sahip bu dikey elemanlar, hem estetik bir cephe düzeni oluşturmakta hem de doğrudan gelen güneş ışınımını filtreleyerek iç mekânlarda ısı konfor sağlamaktadır. Ayrıca bu elemanlar, güneş kontrolünün yanı sıra mahremiyet düzeyini de arttırarak dışarıdan gelen görüş alanını sınırlayarak konut birimleri için yarı geçirgen bir cephe zarfı oluşturmaktadır. Chekhov Apartman Bloğu, sabit dikey güneş kontrol elemanlarının sadece enerji performansına katkı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda mimari kimliğe güçlü bir katkı sunduğu örneklerden biridir [Şekil 3.8].



Şekil 3.8: Chekhov Apartman Bloğu’nda kullanılan sabit dikey güneş kontrol elemanlarına ilişkin cephe görselleri [Web 11’den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Güneş kontrol elemanlarının cephe tasarımıyla bütünleştiği diğer örnek ise, ABD’nin Raleigh kentinde yer alan Green Square Parking Deck yapısıdır. Pearce Brinkley Cease + Lee tarafından tasarlanan bu otopark yapısının cephesi, düşey doğrultuda yerleştirilmiş sabit elemanlarla tanımlanmıştır. Betonarme strüktürün üzerine entegre edilen bu dikey elemanlar, aynı zamanda cepheye gölgeleme işlevi kazandırırken, yapının doğal havalandırma kapasitesine katkıda bulunmakta ve dış mekânla kurduğu görsel ilişkiyi filtreleyerek yarı geçirgen bir yüzey oluşturmaktadır. Dikey elemanların düzenli aralıklarla tekrarlanmasıyla elde edilen ritmik cephe kurgusu, yapı ölçeğinde

hem mimari kimliği güçlendirmekte hem de güneş kontrolünün pasif bir tasarım stratejisi olarak etkin biçimde uygulanmasını mümkün kılmaktadır [Şekil 3.9].

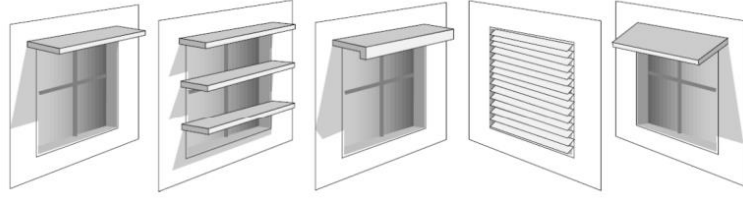


Şekil 3.9: Green Square Parking Deck yapısında kullanılan sabit dikey güneş kontrol elemanlarına ilişkin genel görünüm, kesit çizimi ve detay [Web 12’den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Sonuç olarak, dikey güneş kontrol elemanları, özellikle doğu ve batı cephelerdeki güneş yükünü azaltmak ve kullanıcı konforunu artırmak açısından yüksek verimli pasif tasarım stratejilerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Isıl kazançları sınırlayan, gün ışığını optimize eden ve mimari estetiği destekleyen bu elemanlar, sürdürülebilir bina tasarımının ayrılmaz bileşenlerinden biri olarak günümüz mimarisinde de aktif bir şekilde kullanılmaktadır.

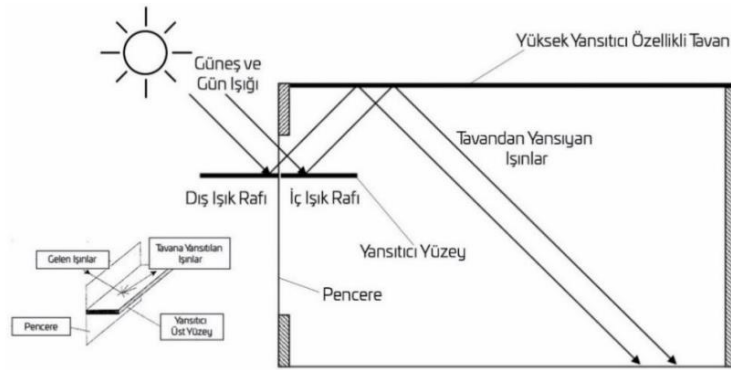
3.2.1.2. Yatay Güneş Kontrol Elemanları

Yatay güneş kontrol elemanları, özellikle güney cephelerde gelen yüksek açılı güneş ışınlarını engellemek amacıyla yaygın olarak kullanılan pasif tasarım çözümlerindendir. Bu sistemler, doğrudan gelen güneş ışınımını sınırlayarak yaz aylarında aşırı ısı kazancını azaltmakta ve iç mekânlarda termal konforu artırmaktadır. Aynı zamanda, kış aylarında düşük açılı güneş ışınlarının içeri girmesine olanak tanıyacak şekilde tasarlandıklarında yıl boyu enerji verimliliği sağlamaktadırlar [Datta, 2001; Palmero-Marrero & Oliveira, 2010]. Yatay elemanlar genellikle yapı kabuğu üzerinde üç temel biçimde olacak şekilde saçaklar, yatay panjurlar ve ışık rafları olarak uygulanmaktadırlar. Saçaklar, çoğunlukla çatının veya döşemenin uzantısı olarak yapı ile bütünleşik biçimde tasarlanmakta ve sürekli bir gölgeleme sağlamaktadır [Şekil 3.10].



Şekil 3.10: Standart yatay saçak elemanı ve diğer yatay güneş kontrol elemanı çeşitleri [Robinson & Selkowitz, 2013].

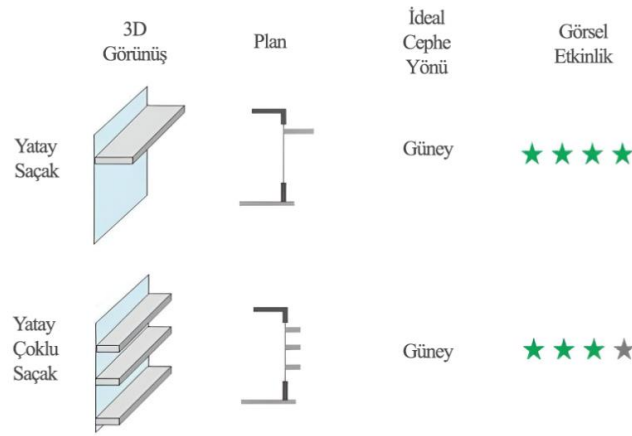
Güneye bakan cephelerde güneşin geliş açısına uygun şekilde boyutlandırıldıklarında ısı kazançlarını etkin biçimde sınırlayabilirler [Palmero-Marrero & Oliveira, 2010]. Yatay panjurlar ise, pencere düzlemine paralel konumlanan ve belirli eğim açılarıyla yerleştirilen sabit kanatlardan oluşur. Işık rafları ise hem iç hem dış mekânda uygulanabilen ve doğrudan gelen ışını tavana yansıtarak iç mekâna homojen bir gün ışığı dağılımı sunan sistemlerdir [Şekil 3.11].



Şekil 3.11: Işık rafı çalışma prensibi [Erel, 2004].

Saydam veya yansıtıcı yüzeylerden üretilebilen bu raflar, özellikle tavana ışık yansıtarak gün ışığı bölgesini derinleştirmekte ve pencere üst kotunun 1.5 ila 2 katı mesafeye kadar aydınlatma sağlayabilmektedir [Claros & Soler, 2001; Robinson & Selkowitz, 2013]. Yatay kontrol elemanları yalnızca işlevsel değil, aynı zamanda estetik bileşenler olarakta yapı cephelerinde öne çıkmaktadırlar. Gezer'e (2024) göre bu sistemler, cepheye entegre saçaklar, dışarıya taşan pergola ya da sayvanlar ve pencere düzlemine yerleştirilen yatay kanatlar olarak mimari bakımdan da üç grupta incelenebilir. Saçaklar genellikle çatının bir uzantısı şeklinde tasarlanırken, sayvan ve pergolalar daha hafif konstrüksiyonlarla dış cephede yer almakta; yatay kanatlar ise hem işlevsellik hem de cephe estetiği açısından katkı sunmaktadır [Gezer, 2024]. Bellia vd. (2014) ise sabit sistemleri, cepheye göre konumlarına göre sınıflandırarak;

dış cepheye monte edilen sistemler (saçak ve pergolalar), cepheye entegre yatay kanatlar ve ikinci düzlemde konumlanan bağımsız sistemler şeklinde üç kategori önermektedir. Bu sınıflandırma, elemanların mimari bütünlükle olan ilişkisini ve yapıya entegrasyon biçimini açıklamada yol göstericidir. Yatay kontrol sistemlerinin performansı; elemanın derinliği, eğim açısı, yerleştirildiği cephe yönü, pencere boyutları ve açıklık oranı gibi tasarım parametrelerine bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir [Ochoa & Capeluto, 2006]. Bu bağlamda, her bir sistemin ilgili iklim verilerine göre optimize edilmesi yalnızca enerji verimliliği açısından yanı sıra görsel konfor ve mimari kalite bakımından da kritik öneme sahiptir [Şekil 3.12].



Şekil 3.12: Yatay güneş kontrol elemanlarının sınıflandırılması [Web 10'dan uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

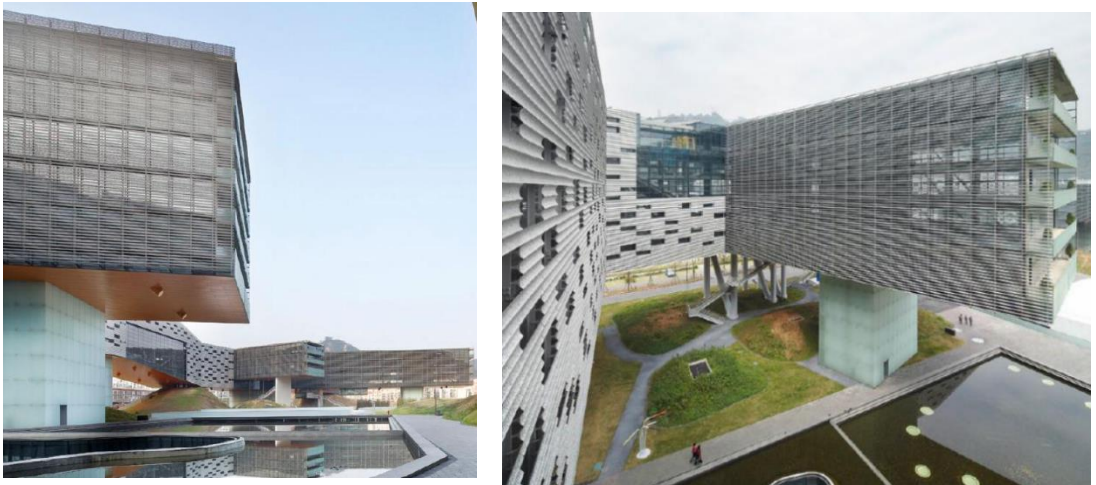
Yatay güneş kontrol elemanlarının tasarıma entegre edildiği yapılar, bu sistemlerin hem enerji verimliliğine hem de mimari estetiğe katkılarını somut biçimde ortaya koymaktadır. Günümüzde farklı iklim ve yapı tipolojilerinde bu elemanların işlevselliği ve tasarım yaklaşımına etkisi göz önünde bulundurularak yapı cephelerinde sıklıkla kullanılmaktadırlar.

San Antonio Askerî Tıp Merkezi, 2011 yılında Teksas'ta yaklaşık 70.000 m²'lik alana yayılan bir tıbbi kampüs yapısı olarak inşa edilmiştir. Tasarım sürecinde öncelikli hedeflerden biri, özellikle yanık tedavi odalarında kullanıcıların doğrudan güneş ışınlamına maruz kalmasının önlenmesi olmuştur. Cephe şeffaflık oranı %40'ın üzerinde olan binada, doğrudan ışınlamı sınırlandırmak amacıyla pişmiş topraktan üretilmiş sabit yatay çیتالardan oluşan bir güneş kontrol sistemi uygulanmıştır. Bu elemanlar, iç mekâna giren ışınlamı dengeleyerek hem soğutma yüklerini azaltmış hem de görsel konfor koşullarını iyileştirmiştir [Şekil 3.13].



Şekil 3.13: San Antonio Askerî Tıp Merkezi'nde yatay güneş kontrol elemanlarının cephedeki uygulaması [Web 13'ten uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Steven Holl Architects tarafından tasarlanan ve 2009 yılında tamamlanan Horizontal Skyscraper – Vanke Center, aynı şekilde pasif güneş kontrol stratejileriyle dikkat çeken yapılar arasındadır. Yapı, tropikal iklim koşullarına yanıt verecek biçimde cephelerinde sabit yatay güneş kontrol elemanları ile donatılmıştır. Yüksek performanslı cephe camlarıyla birlikte kullanılan bu sabit yatay paneller, özellikle doğrudan gelen yüksek açılı güneş ışınlarını engelleyerek iç mekânlarda termal konforun sağlanmasına katkı sunmaktadır. Bu yatay elemanların yapı boyunca düzenli aralıklarla yerleştirilmesi, cephe boyunca bir ritim oluşturarak hem işlevsel hem de estetik bir unsur yaratmıştır [Şekil 3.14].



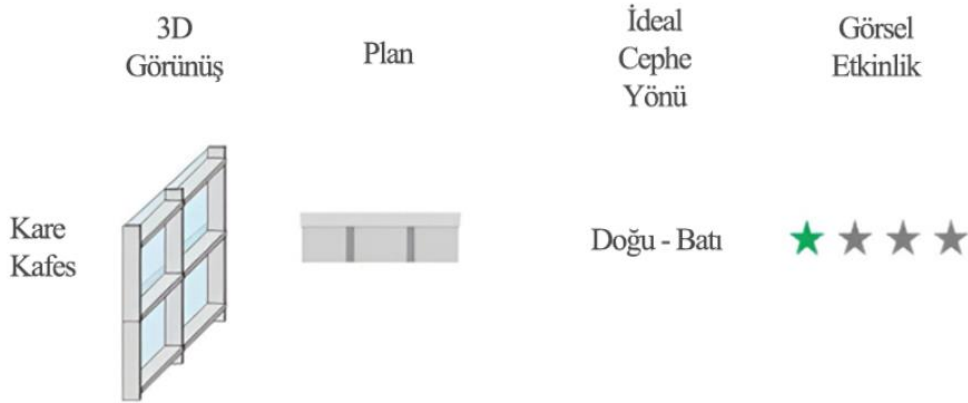
Şekil 3.14: Vanke Center cephesinde yatay sabit güneş kontrol elemanı uygulaması [Web 14'ten uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Yapı, doğal gün ışığı kullanımı, peyzajla görsel ilişki, enerji verimliliği ve entegre pasif güneş kontrol çözümleri sayesinde öne çıkarak Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) tarafından 2015 yılında “Yılın En İyi 10 Yeşil Projesi” arasında gösterilmiştir [AIA, 2015].

Sonuç olarak, yatay güneş kontrol elemanları yalnızca güneş kaynaklı ısı yükünü azaltmakla kalmayıp aynı zamanda iç mekânlarda doğal ışığın dengeli biçimde dağılmasına katkı sağlayarak görsel konforu iyileştirir ve yapının soğutma gereksinimini düşürür. Bu çok katmanlı işlevsellikleri sayesinde, mimari estetiği destekleyen ve enerji verimliliğini artıran sürdürülebilir tasarım yaklaşımlarının temel yapı taşlarından biri haline gelmiştir.

3.2.1.3. Kare-Kafes Güneş Kontrol Elemanları

Kare-kafes tipi güneş kontrol elemanları, düşey ve yatay düzlemlerde düzenli biçimde yerleştirilen sabit elemanlardan oluşan, pasif bir dış güneş kontrol sistemidir [Şekil 3.15]. Bu yapı, hem yatay hem de düşey yönlü güneş ışınımını engelleyerek çok yönlü bir güneş kontrolü sağlamayı amaçlamaktadır [Kırımtat vd., 2016; Freewan, 2014].



Şekil 3.15: Kare-kafes güneş kontrol elemanlarının sınıflandırılması [Web 10'dan uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Yatay elemanlar yüksek açılı ışınımı ve yer yansımalarını sınırlandırırken, düşey elemanlar sabah ve akşam saatlerinde gelen düşük açılı ışınımı engelleyerek, özellikle doğu, batı ve güney cephelerde etkili bir koruma sunar [Kırımtat vd., 2016]. Bu sistemlerin etkinliği, farklı yönlerden gelen ışınımın aynı anda kontrol edilebilmesine dayanır. Böylece yalnızca doğrudan ışınımın engellenmesiyle sınırlı kalmayan sistem, iç mekân yüzeylerinde aşırı ısınmayı ve bu yüzeylerden gece

boyunca yayılan ikincil ısıyı da sınırlandırır [Freewan, 2014]. Bu yönüyle kare-kafes sistemler, sıcak iklim bölgelerinde gündüz ve gece termal konforunun sürekliliği açısından önemli bir avantaj sunar [Dubois, 2001; Tzempelikos & Athienitis, 2007]. Buna ek olarak, sistemin sabit yapısı mevsimsel değişkenliğe uyum sağlamada sınırlı kalabilir. Özellikle kış aylarında güneş ışığının düşük açılarla geldiği dönemlerde, pasif ısı kazançlarını engelleyerek iç mekânın ısınma ihtiyacını artırabilir. Bu nedenle, bu sistemler yıl boyunca yüksek güneşlenmenin yaşandığı sıcak iklim bölgeleri için daha uygun bir çözüm sunmaktadır [Al-Tamimi & Fadzil, 2011]. Termal performansın yanı sıra, kare-kafes sistemlerin görsel konfor üzerindeki etkisi de öne çıkmaktadır. Elemanlar gün ışığı yoğunluğunu dengeleyerek iç mekânda parlamayı azaltır ve görev aydınlatması için ideal koşullar oluşturur [Freewan, 2014]. Özellikle ekran kullanımı yaygın olan ofis ortamlarında, dengeli aydınlatma düzeyleri kullanıcı performansını ve konforunu destekler. Üstelik sistemin ışığı süzen yapısı, iç mekânın tamamen karanlık olmasını önler; yeterli düzeyde gün ışığı geçirgenliği ile yapay aydınlatma ihtiyacını azaltır [Dev vd., 2021]. Belirli oranlarda bırakılan açıklıklar, özellikle düşey düzlemde, kullanıcıların göz hizasında dış mekânı algılayabilmesini mümkün kılarak dış çevre ile görsel ilişkiyi tamamen koparmadan güneş kontrolü sağlayabilmektedirler [Freewan, 2014]. Bu durum, yalnızca fiziksel konforun yanı sıra psikolojik konfor açısından da olumlu katkı sunarak kullanıcıların çevresiyle olan bağını koparmayan, daha açık ve ferah algılanan iç mekânlar oluşturulmasına imkân verir. Yapılan deneysel çalışmalar da bu sistemlerin performansına dair nicel veriler sunmaktadır. Al-Tamimi ve Fadzil'in (2011) tropikal iklimde gerçekleştirdikleri çalışmada, kare-kafes sistemin havalandırmasız bir ortamda iç sıcaklığı ortalama 1.3 °C, maksimumda ise 5.1 °C düşürdüğü rapor edilmiştir. Aynı sistem, havalandırmalı ortamlarda da etkili olmuş, sıcaklık ortalamasını 0.4 °C düşürmüştür. Ayrıca konfor sıcaklığı eşiğinin altında geçirilen saat sayısında %117'lik bir artış sağlanmış, bu durum sistemin iç ortam konforuna olan katkısını açıkça ortaya koymuştur [Al-Tamimi & Fadzil, 2011]. Görsel konfor açısından da önemli bulgular sunan literatür, sistemin açıklık oranı, eleman derinliği ve gölge açıları gibi tasarım parametrelerinin mekânsal konfor üzerinde belirleyici olduğunu ortaya koymaktadır. Dev vd. (2021), kare-kafes sistemlerinin pencere açıklıklarının büyüklüğüyle doğrudan ilişkili olduğunu ve daha büyük açıklıklarda gün ışığının iç mekâna daha dengeli yayıldığını belirtmiştir. Ayrıca sistemin açıklıklı yapısı sayesinde ışık geçirgenliği korunmakta, aynı zamanda dış çevreyle görsel temas da sürdürülebilmektedir [Dev vd., 2021]. Ancak, aşırı yoğun ve küçük açıklıklı

sistemlerde iç mekân aydınlık düzeyinin yetersiz kalabileceği, bu nedenle tasarımda açıklık boyutlarının, eleman aralıklarının ve sistem yoğunluğunun dikkatle belirlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır [Bellia vd., 2014]. Verimli ve etkin bir tasarım sürecinde cephe yönelimi, iklim verileri, yapı kullanımı ve kullanıcı ihtiyaçları birlikte değerlendirilmelidir.

Kare-kafes elemanların tasarım ve performans etkilerini daha somut biçimde değerlendirebilmek için, bu sistemlerin uygulandığı bazı örnek yapılar incelenmiştir.

Singapur'da konumlanan ve Büro Ole Scheeren tarafından tasarlanan DUO İkiz Kuleleri yapılarının cephelerinde, altıgen modüller şeklinde hem yatay hem de dikey elemanlardan oluşan kare-kafes elemanlar kullanılmıştır [Şekil 3.16].



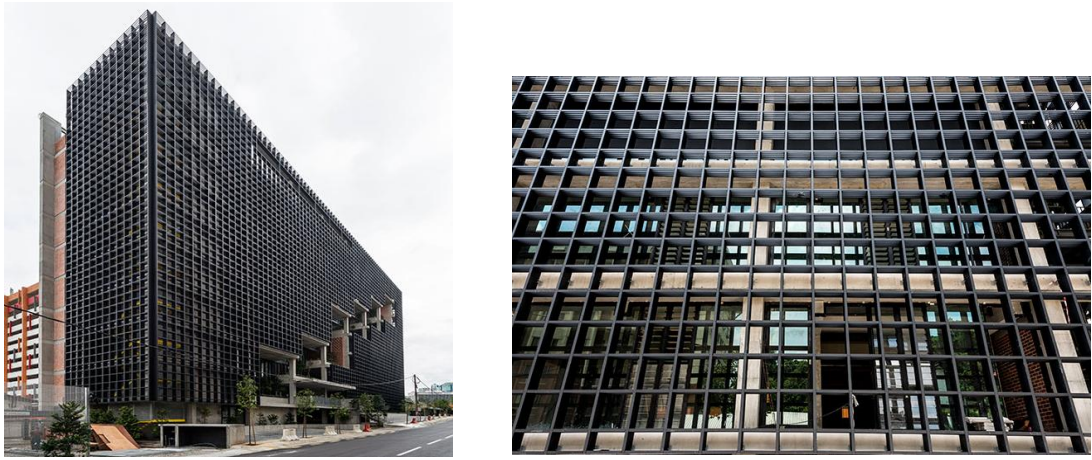
Şekil 3.16: DUO İkiz Kuleleri cephesinde sabit kare-kafes güneş kontrol elemanı uygulaması [Web 15'ten uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Pasif bir strateji olarak uygulanan bu sabit elemanlar, yüksek düzeyde gün ışığı kontrolü sunarken, doğrudan güneş ışınlamını sınırlayarak iç mekânlardaki soğutma yüklerinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, cephe boyunca yinelenen bu modüler yapı, yapının aerodinamik kıvrımlarına estetik bir bütünlük kazandırmakta ve yapı kabuğunun geçirgenliğini düzenleyerek görsel konforu artırmaktadır. Enerji verimliliği açısından değerlendirildiğinde, DUO projesindeki bu sabit kare-kafes elemanlar, aktif teknolojilere gerek duymadan sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sunan bir tasarım çözümü olarak öne çıkmaktadır [Web 16].

Kuala Lumpur'un Bangsar bölgesinde yer alan Arkitek Malaysia (PAM) Centre, Malezya Mimarlar Enstitüsü'nün (Pertubuhan Arkitek Malaysia) merkez binası olarak tasarlanmıştır ve tropikal iklime uygun pasif çözümlerle dikkat çekmektedir. Yapının en belirgin özelliklerinden biri, kuzeybatı cephesini saran kare kafes tipi güneş kontrol

elemanlardır. Siyah toz boyalı alüminyum panellerden oluşan bu yapı elemanları, cephe boyunca uzanarak güneşin iç mekâna doğrudan girmesini sınırlar ve içerideki sıcaklık artışını düşürmeye yardımcı olur. Kare-kafes elemanlar güneş kontrolü sağlamalarının yanı sıra aynı zamanda çapraz havalandırmaya imkân tanıyan boşluklar içerir. Böylece bina içinde hem doğal ışık hem de doğal hava sirkülasyonu desteklenmiş olur. Ayrıca bu kafes yapısı, dış cephede çağdaş ve geometrik bir ifade oluşturarak yapının mimari kimliğini güçlendirmektedir [Web 17].

PAM Centre bu yönüyle, sürdürülebilirlik ilkesine dayalı tasarım çözümlerinin fiziksel mekâna aktarılabilirliğini gösteren önemli bir örnektir [Şekil 3.17].



Şekil 3.17: PAM Centre Bangsar yapısının cephesinde yer alan kare kafes güneş kontrol elemanları [Web 18'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Sonuç olarak, kare-kafes güneş kontrol elemanları enerji verimliliği ile termal konforun yanı sıra görsel, psikolojik ve estetik konforu da destekleyerek, dış cephe tasarımında bütüncül bir çözüm sunmaktadır. Bu sistemler, gün ışığı kontrolü, dış mekânla görsel bağlantı ve cephe estetiği gibi çoklu performans hedeflerini eşzamanlı olarak karşılayabilmesiyle özellikle sıcak ve kurak iklim koşullarında yapı kabukları için etkili ve sürdürülebilir bir tasarım yaklaşımı olarak öne çıkmaktadır.

3.2.2. Hareket Özelliğine Göre Sınıflandırma

Güneş kontrol elemanları, işlevsellik ve performans açısından çeşitli kriterlere göre sınıflandırılmaktadırlar. Güneş kontrol elemanlarının hareket kabiliyetlerine göre sınıflandırılması uygulama pratiğinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda elemanlar, sabit ve hareketli olmak üzere iki temel grupta değerlendirilmektedir

[Bellia vd., 2014]. Sabit güneş kontrol elemanları, yapı kabuğuna belirli bir açı ve konumda entegre edilen, hareket etme özelliği bulunmayan ve kullanıcı müdahalesine kapalı güneş kontrol elemanlarıdır. Bu sistemler, genellikle yapının mimari tasarımıyla bütünleşik olarak kurgulanmakta ve cephe yönelimi, mevsimsel güneş açıları ve gölge uzunlukları dikkate alınarak konumlandırılmaktadır [Gezer, 2024]. Yaygın sabit sistemler arasında saçaklar, yan kanatlar, sabit yatay ve düşey elemanlar, sabit ışık rafları, kare-kafes elemanlar ve çift kabuk cephe sistemleri sayılabilir [Kırımtat, 2016; Gezer, 2024]. Bu tür elemanlar, yaz aylarında ısı kazançlarını sınırlayarak enerji verimliliğine katkı sağlarken, kış aylarında istenmeyen gölgeleme etkileri yaratabilmektedir [Datta, 2001]. Öte yandan, hareketli güneş kontrol elemanları, çevresel koşullara ve kullanıcı gereksinimlerine bağlı olarak konum, açıklık ya da açı değiştirebilen dinamik yapılardır. Ayarlanabilir yapıları sayesinde günün ve yılın farklı zamanlarında güneş ışımasını optimize edebilmekte, böylece hem görsel hem de ısıl konforu artırmaktadırlar [Tzempelikos & Athienitis, 2007]. Yönlendirilebilir paneller, dış stor sistemleri, Venedik tipi panjurlar, hareketli ışık rafları, tenteler ve çift cam arasına yerleştirilen jaluzi sistemleri bu elemanlara örnek olarak verilebilir [Gezer, 2024; Kırımtat, 2016]. Hareketli güneş kontrol elemanları hem manuel hem de otomatik kontrol sistemleriyle çalışabilmekte ve iç sıcaklık, ısıtım düzeyi gibi parametrelere duyarlı hale getirilebilmektedir. Belçika’da yapılan bir çalışmada, iç sıcaklığa bağlı hareketli kontrol sisteminin, yalnızca ısıtım temelli sistemlere kıyasla enerji tüketimini %37 oranında azaltabildiği gösterilmiştir [Moeseke, Bruyere & De Herde, 2007].

Sonuç olarak, hareket özelliğine dayalı bu sınıflandırma, biçimsel bir ayrımın yapılmasını sağlamasının yanı sıra enerji verimliliği, kullanıcı konforu ve tasarım esnekliği açısından da önemli sonuçları doğurmaktadır. Sabit sistemler, düşük bakım gereksinimi ve uzun ömürlülük avantajı sunarken; hareketli sistemler, daha fazla esneklik ve çevresel uyum kabiliyeti ile öne çıkmaktadır. Bu nedenle, güneş kontrol elemanı tercihleri yapılırken hem iklimsel veriler hem de kullanıcı davranışları bütüncül biçimde değerlendirilmelidir [Gezer, 2024; Bellia vd., 2014; Kırımtat, 2016].

3.2.2.1. Sabit Sistemler

Sabit güneş kontrol elemanları, dış çevre koşulları veya iç mekân kullanıcı ihtiyaçlarına bağlı olarak hareket etmeyen, pozisyonu sabit güneş kontrol sistemleridir.

Hareketsiz yapıları sayesinde bakım gereksinimleri oldukça düşüktür ve uzun ömürlü kullanıma olanak tanırırlar. Bu nitelikleriyle mimari cephe tasarımlarında özellikle sürdürülebilirlik hedefleyen projelerde sıkça tercih edilmektedir [Avcı vd., 2025]. Genellikle belirli bir iklim bölgesi ve cephe yönelimi doğrultusunda optimize edilen bu sistemler, yıl boyunca değişen güneş ışınımı koşullarına karşı sınırlı bir adaptasyon sergilemelerinin yanında uygun yerleşim ve boyutlandırma ile etkili bir performans sunabilmektedir. Bu sistemlerin performansı, birçok tasarımsal parametreye bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Elemanın derinliği, açısı, yerleşim yönü ve pencere ile arasındaki mesafe, iç mekâna ulaşan ışık düzeyi üzerinde doğrudan etkilidir. **Manzan ve Clarich (2017)**, güney cephede kullanılan sabit eğimli elemanların birincil enerji tüketimini %24'e kadar düşürebildiğini ve bu durumun hem soğutma hem de yapay aydınlatma gereksinimlerinin dengelenmesiyle sağlandığını belirtmektedir. Benzer şekilde, **Settino vd. (2020)**, 60 cm derinliğe sahip sabit panellerin farklı iklim koşullarında dengeli enerji performansı sunduğunu rapor etmiştir. Sabit sistemlerin tüm bu avantajlarına rağmen, dinamik koşullara yanıt verememesi performans açısından sınırlayıcı olabilmektedir. Bu durum, özellikle mevsim geçişlerinde istenmeyen gölgelenmelere ya da iç mekânlarda yetersiz gün ışığına yol açabilir [Manzan & Clarich, 2017; Heidari vd., 2021]. Bu nedenle sabit elemanların tasarımı, güneşin yıl içindeki konumsal değişimleri dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir. Görsel konfor açısından değerlendirildiğinde, sabit güneş kontrol elemanları iç mekânlardaki parlamayı azaltarak daha homojen bir aydınlık seviyesi sağlamaktadır. Bu da kullanıcı memnuniyetini artırırken yapay aydınlatma ihtiyacını azaltarak enerji verimliliğine katkı sunmaktadır [Shrestha, 2016]. Ayrıca yapılan araştırmalar, sabit elemanların kullanıldığı ofislerde iç perde kullanım oranının %70'e kadar düştüğünü ortaya koymuştur [Manzan & Clarich, 2017]. Böylece kullanıcı müdahalesine gerek olmadan görsel konfor koşullarının sürdürülebilirliği sağlanabilmektedir. Sabit elemanların mimari estetik açısından da önemli bir rol oynadığı görülmektedir. Cephelerde oluşturdukları düzenli gölge desenleri, yapı kimliğine katkıda bulunurken aynı zamanda dış mekânla kurulan görsel ilişkinin kopmadan devam etmesini sağlamaktadır [Shrestha, 2016]. Minimalist formu ve düşük maliyetiyle dikkat çeken bu sistemler, özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik ve uygulanabilir çözümler sunmaktadır [Heidari vd., 2021].

Sonuç olarak, sabit güneş kontrol elemanları pasif tasarım stratejileri arasında enerji verimliliği, ısı ve görsel konfor bakımından güçlü bir araç olarak değerlendirilmektedir. Mevsimsel değişimlere adapte olabilme kabiliyetleri sınırlı

olmasına rağmen doğru yönelim, uygun geometrik tasarım ve yerel iklim verilerine göre optimize edilmiş bir sabit sistem, hem yapı performansını artırmakta hem de sürdürülebilir mimari hedeflerine katkı sunmaktadır.

3.2.2.2. Hareketli Sistemler

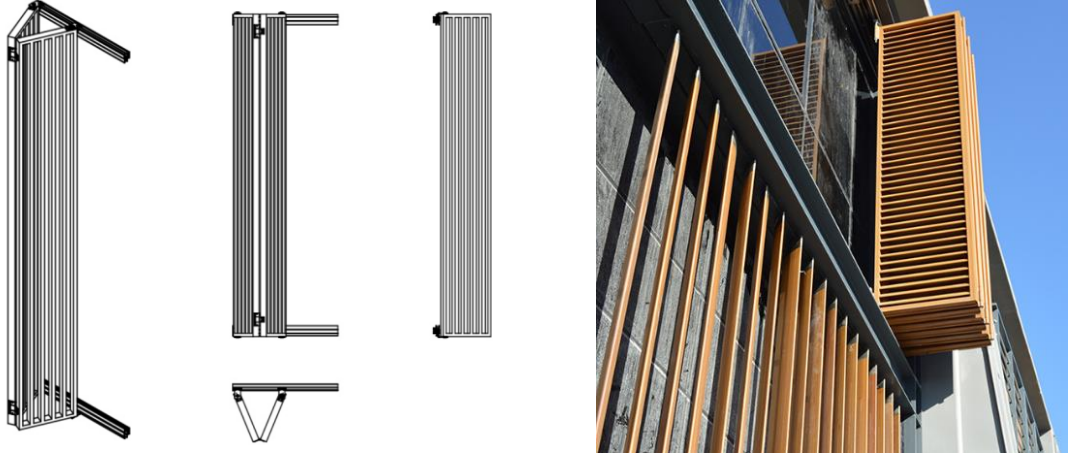
Hareketli (adaptif) güneş kontrol elemanları, cephe sistemlerine dinamik bir nitelik kazandırarak yapıların hem enerji performansını hem de kullanıcı konforunu optimize etmeyi amaçlayan gelişmiş çözümler sunmaktadır. Bu sistemler, güneş ışınlarının geliş yönüne ve saatlik konumuna bağlı olarak fiziksel konumlarını (açı, açıklık düzeyi, yerleşim biçimi) değiştirme yeteneğine sahiptir. Böylece, iç mekânlara giren doğrudan güneş ışınımı sınırlandırılırken, doğal aydınlatma potansiyeli ve ısı konforu bir arada gözetilmektedir [Avcı, Ekici, & Kazanasmaz, 2025]. Adaptif sistemlerin sunduğu en büyük avantajlardan biri, değişen çevresel koşullara ve kullanıcı gereksinimlerine esnek biçimde yanıt verebilmeleridir. Döner paneller gibi bazı elemanlar, ışığı iç mekânın derinliklerine yönlendirerek homojen aydınlatma sağlayabilirken, parlama riskini de azaltmaktadır. Ayrıca doğadan esinlenen biyomimikri yaklaşımları ve origami formundaki katlanabilir yüzeyler gibi yapılar, estetik ve işlevselliği bir arada sunar [Avcı vd., 2025]. Bu sistemlerin en ayırt edici özelliği, dış çevresel koşullarla sürekli etkileşim hâlinde olmalarıdır. Sistemler; sensör ağı, karar verici kontrol mekanizması ve mekanik hareket sağlayıcılar (aktüatörler) olmak üzere üç temel katmandan oluşur. Çevreden gelen veri, örneğin güneş açısı ya da ışıma düzeyi, sensörler aracılığıyla algılanır. Bu veriler kontrol ünitesinde değerlendirilir ve gerekli komutlar aktüatörlere iletilir. Aktüatörler, güneş kontrol elemanlarını fiziksel olarak hareket ettirerek gerekli pozisyon değişimini sağlar [Al-Masrani & Al-Obaidi, 2019]. Bu fiziksel hareket, çoğunlukla üç temel geometrik dönüşümle gerçekleştirilir: doğrusal hareket (translation), eksende dönme (rotation) ve ölçeksel değişim (scaling). Bu dönüşümler tek başına ya da birlikte kullanılarak, örneğin katlanabilir veya bükülebilir yüzeyler gibi karmaşık kinetik formlar elde edilebilir [Al-Masrani & Al-Obaidi, 2019]. Kontrol sistemleri işleyiş açısından açık döngü (open-loop) veya kapalı döngü (closed-loop) olarak sınıflandırılır. Açık döngü sistemlerde sistem, dış ortam verilerine göre hareket ederken; kapalı döngü sistemlerde iç ortam koşulları da izlenerek gerçek zamanlı geri bildirimle sistem tepkileri optimize edilir [Al-Masrani

& Al-Obaidi, 2019]. Özellikle kapalı döngü sistemler, dış çevredeki ani değişimlere karşı daha dengeli bir yanıt kapasitesine sahiptir [**Åström, 2002, akt. Al-Masrani & Al-Obaidi, 2019]**. Hareketli güneş kontrol sistemlerinin sunduğu enerji verimliliği, özellikle geniş cam yüzeylerin yer aldığı yapılarda daha belirgin hâle gelmektedir. Sabit sistemlerin sınırlı etki alanı dikkate alındığında, hareketli sistemlerin günün saatine ve mevsimsel değişkenliğe uyum yetenekleri sayesinde soğutma yükü ve yapay aydınlatma gereksinimi önemli ölçüde azaltılmaktadır [**Manzan & Clarich, 2017]**. Nitekim sensörlerle entegre çalışan bu sistemler, iç ortamda kullanıcı konumu, ışık seviyesi ve hava koşullarına göre kendini ayarlayarak gün ışığını verimli kullanmakta, enerji tüketimini azaltmakta ve görsel konforu korumaktadır [**Choi, Lee, & Jo, 2017; Manzan & Clarich, 2017]**. Yaz aylarında doğrudan güneş ışıınımını sınırlayarak aşırı ısınmayı önleyen bu sistemler, kışın ise kapalı konuma geçerek ısı kayıplarını azaltarak pasif güneş kazancına olanak tanır. Özellikle gökyüzünden gelen yayılı radyasyonun kontrolünde sabit elemanlara göre daha etkilidirler. Yapılan saha çalışmaları, iç mekân aydınlık düzeylerinin 1000 lüks civarında sabit tutulabildiğini ve bu sayede yapay aydınlatma ihtiyacının asgariye indirilebildiğini göstermektedir [**Yao, 2014]**. Aynı zamanda bu sistemler, konfor sıcaklığı aralığında kalınan süreyi artırarak iç mekânlarda termal dengeyi iyileştirir [**Yao, 2014]**.

Sonuç olarak, hareketli güneş kontrol elemanları, sürdürülebilirlik, esneklik ve kullanıcı odaklılık ilkelerini yapısal performansla birleştiren yenilikçi çözümler sunmaktadır. Gelişmiş sensör teknolojileri, otomasyon sistemleri ve parametrik tasarım araçları sayesinde bu sistemler, enerji tasarrufu ve konfor koşullarını aynı anda gözetken stratejiler geliştirme olanağı sağlamaktadır [**Al-Masrani & Al-Obaidi, 2019]**. Bu çalışmada hareketli güneş kontrol elemanları; manuel ayarlanabilir sistemler, otomasyonlu sistemler ve kinetik/adaptif sistemler olmak üzere üç ana başlık altında incelenmiştir.

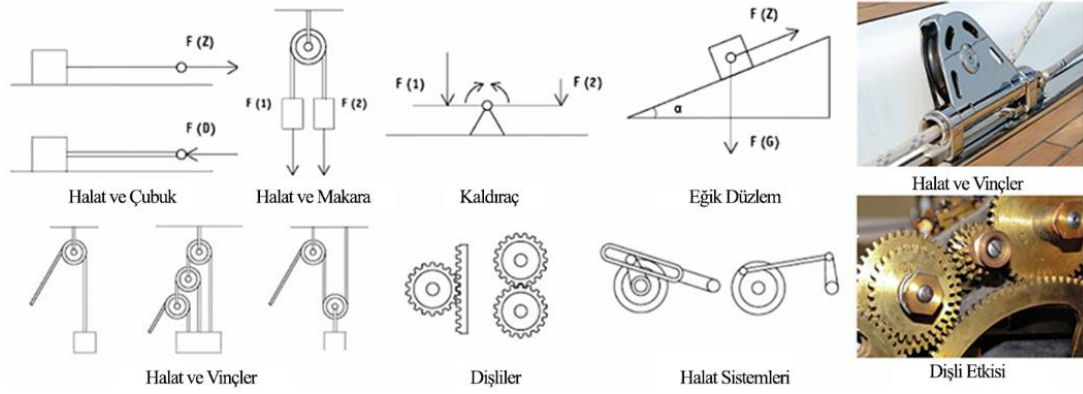
3.2.2.2.1. Manuel Ayarlanabilir Sistemler

Manuel olarak ayarlanabilen güneş kontrol elemanları, yapıların enerji performansını iyileştirmeye yönelik etkili pasif stratejiler arasında yer almaktadır. Sabit elemanlara kıyasla, bu elemanlar kullanıcı müdahalesiyle çevresel koşullara uyum sağlayarak daha esnek bir çözüm sunar [**Şekil 3.18]**.



Şekil 3.18: Cephede manuel ayarlanabilir güneş kontrol elemanları [Web 19'dan uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Özellikle yayılı gökyüzü radyasyonunu dengeleme özellikleri sayesinde yazları sıcak, kışları soğuk geçen iklim bölgeleri için etkinlikleri öne çıkmaktadır [Yao, 2014]. Çin'in Ningbo kentinde gerçekleştirilen bir çalışmada, güneye bakan cepheye uygulanan manuel dış güneş kontrol elemanlarının, içeriye giren güneş ışığını %8 seviyelerine kadar düşürdüğü tespit edilmiştir. Buna rağmen, iç ortamda yaklaşık 1000 lux düzeyinde sabit kalan bir aydınlatma sağlandığı görülmüştür. Bu değer, gündüz koşullarında yeterli görsel konfor sunarken enerji tasarrufuna da katkı sağlar. Aynı çalışmada, bu sistemlerin yıllık bazda soğutma ihtiyacını %35,96, ısıtma ihtiyacını ise %24,23 oranında azaltarak genel enerji tüketiminde %30,87 oranında düşüş sağladığı kaydedilmiştir. Bunun yanı sıra parlama etkisine dair DGI (Discomfort Glare Index) değerinde %19,9 oranında iyileşme elde edildiği bildirilmiştir [Yao, 2014]. Bazı elemanlar hem yatay hem dikey yönlerde hareket edebilen çevreleyici yapıdadır. Bu çok eksenli tasarımlar genellikle kumaş bazlı elemanlarla desteklenir ve güneşin konumuna göre çıkıntı uzunluğu manuel olarak ayarlanabilir. Bu yaklaşım, sabit saçak ya da dikey panel gibi sistemlerin oluşturduğu istenmeyen gölgeleri en aza indirirken, manzara görüşünü ve doğal ışık kalitesini korumayı amaçlar. Manuel sistemlerin hareketi genellikle kol, ray, dişli, makara veya menteşe gibi basit mekanik parçalarla sağlanır [Şekil 3.19].



Şekil 3.19: Mekanizmayı harekete geçirmek için kullanılan bazı mekanik sistemler [Schumacher, Schaeffer ve Vogt, 2012'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Bu sistemlerde enerji gereksinimi oldukça düşüktür çünkü çalışmaları otomasyon sistemlerine ya da sensörlere bağlı değildir. Kullanıcı, sistemin pozisyonunu doğrudan fiziksel olarak belirler [Al-Masrani & Al-Obaidi, 2019]. Manuel olarak ayarlanabilen dinamik sistemler yalnızca enerji verimliliği için değil, aynı zamanda kamaşmayı önlemek ve istenen aydınlık düzeyine ulaşmak gibi farklı amaçlarla da tasarlanabilir [Choi vd., 2017]. Çalışmada, kontrol seçeneklerinin yerel iklim verileri ve mimari ihtiyaçlara göre şekillendiği vurgulanmaktadır. Yaz dönemlerinde kullanıcıların güneş kontrol elemanlarını daha çok kapalı tuttukları, ancak gün ışığına erişim ve manzara görüşü gibi nedenlerle bazı durumlarda açık konumun tercih edildiği ifade edilmiştir. Bu nedenle çok amaçlı kontrol stratejileri önemli bir ihtiyaç hâline gelmektedir.

Bu sistemlerin yapı cephelerinde kullanımına yönelik olarak BP Architectures tarafından Paris'te tasarlanan M9-C yapısı örnek olarak verilmiştir. Yapının konut birimlerine ait cephelerinde yer alan perforasyonlu alüminyum panjurlar, kullanıcıların mahremiyet, gün ışığı kontrolü ve manzara gibi gereksinimlerini dengelemelerine olanak tanıyan dinamik bir sistem olarak işlev görmektedir. Bu panjurlar manuel olarak açılıp kapanabilmekte ve böylece hem güneş ışınımının iç mekâna girişini kontrol etmekte hem de yapı kabuğuna görsel bir hareketlilik kazandırmaktadır. Şekil 3.20'de görüldüğü üzere bu hareketli cephe sistemi, yalnızca estetik bir ifade sunmakla kalmayıp, aynı zamanda enerji verimliliğine de katkıda bulunmaktadır [Web 20].

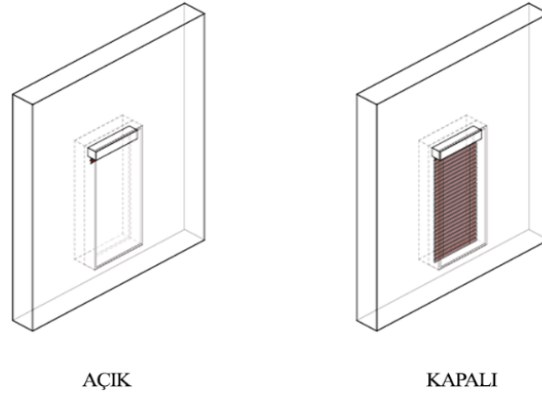


Şekil 3.20: M9-C yapısının cephesinde kullanılan manuel ayarlanabilir güneş kontrol elemanları [Web 20'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Sonuç olarak, manuel ayarlanabilir sistemler, kullanıcıya doğrudan müdahale imkânı sunarak sabit elemanlara göre daha fazla esneklik sağlar. Görsel ve ısı konforu yanı sıra enerji tasarrufuna katkılarıyla da öne çıkar. Düşük enerji ihtiyacı, basit mekanik yapıları ve bakım kolaylığı sayesinde bu sistemler, sürdürülebilir ve ekonomik bina tasarımları için uygulanabilir bir çözüm olarak değerlendirilmektedir.

3.2.2J.2.2. Otomasyonlu Sistemler

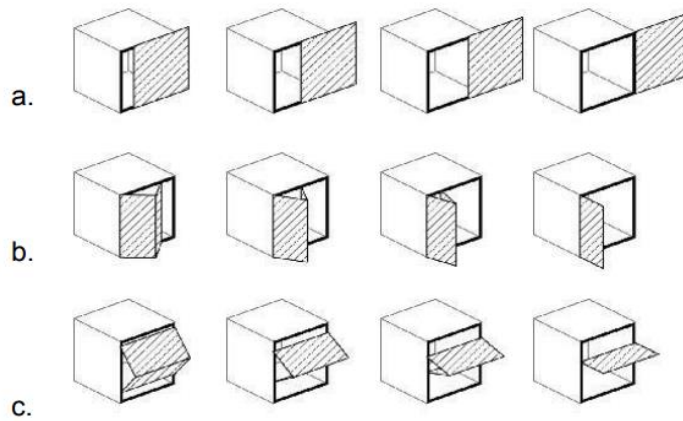
Otomasyonlu hareketli güneş kontrol elemanları, gün ışığına ve çevresel değişkenlere anlık tepki verebilme özellikleri sayesinde, iç mekân konforunu artırmayı ve enerji tüketimini azaltmayı amaçlayan yenilikçi çözümler arasında yer almaktadır. Bu elemanlar; güneş ışınımının yoğunluğu, geliş açısı, dış ortam sıcaklığı ve iç mekân aydınlık düzeyi gibi çeşitli parametreleri algılayan sensörlerle entegre şekilde çalışır. Böylece hareketli güneş kontrol elemanlarını otomatik olarak yönlendirerek hem enerji verimliliği hem de kullanıcı konforu sağlar [Yao, 2014]. Yao'nun (2014) çalışmasında, otomatik kontrol edilen yatay jaluzilerin sabit sistemlere göre daha yüksek enerji performansı sunduğu ifade edilmiştir. Panjur eğiminin gün içerisindeki güneş konumuna göre ayarlanabilmesi, doğrudan parlamayı azaltmakta ve doğal aydınlatmanın etkin kullanımına olanak tanımaktadır [Şekil 3.21].



Şekil 3.21: Dış cephede otomasyonlu jaluzi kullanımı [PUBLIC: Architecture+Communication Inc., 2021'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Aynı kaynakta, sistemin bilgisayar destekli kontrol mekanizmalarıyla optimize edilerek iç mekânda konforlu koşullar sağladığı belirtilmiştir. Buna ek olarak, bu sistemlerin aydınlatma seviyesini ayarlama stratejileriyle birlikte kullanıldığında %28,57 ile %34,02 oranında enerji tasarrufu sağladığı aktarılmıştır. Çok amaçlı kontrol algoritmaları üzerine çalışan **Choi vd. (2017)**, bu sistemlerin çevresel veriler ve kullanıcı tercihleri doğrultusunda esnek biçimde çalışabilmesini sağlayan üç farklı kontrol seçeneği tanımlamıştır. Bu seçenekler; enerji verimliliği, parlaklık kontrolü ve gün ışığının kullanımına odaklanarak farklı hedefleri gerçekleştirmek üzere geliştirildiğinden, sistemin genel performansını artırma açısından önemli katkılar sunmaktadır. Otomasyonlu sistemler, yalnızca ışığı yönlendirmekle kalmaz; aynı zamanda ısı kazançlarını da azaltarak enerji verimliliğine katkıda bulunur [**Avcı vd., 2025**]. Gelişmiş kontrol yetenekleri sayesinde cephe, dış koşullara göre şekil alabilen dinamik bir yüzey kazanır ve bu yönüyle sürdürülebilirlik hedeflerini destekler. **Bazazzadeh vd. (2021)** yürüttüğü karşılaştırmalı analiz, otomatik kontrollü sistemlerin sabit elemanlara göre hem görsel hem de ısı konfor açısından daha etkili sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. Sistemin kullanıcı ihtiyaçlarına göre kendiliğinden konum değiştirme kabiliyeti, dinamik cephe yaklaşımını destekleyen temel avantajlardan biridir. **Bastien ve Athienitis'in (2015)** önerdiği enerji dengeleme temelli algoritma, hem dış hem iç cephe ile entegre çalışan bir kontrol yapısı önermektedir. Bu sistem; ısı kazançlarını azaltma, ısı kaybını önleme ve gün ışığını maksimum seviyede kullanma hedefleri doğrultusunda yapının enerji performansını bütünsel olarak iyileştirebilmektedir. **Meek ve Brennan (2011)**, manuel sistemlerin kullanıcı davranışlarına olan bağımlılığı nedeniyle tasarım hedeflerine ulaşmakta çoğu

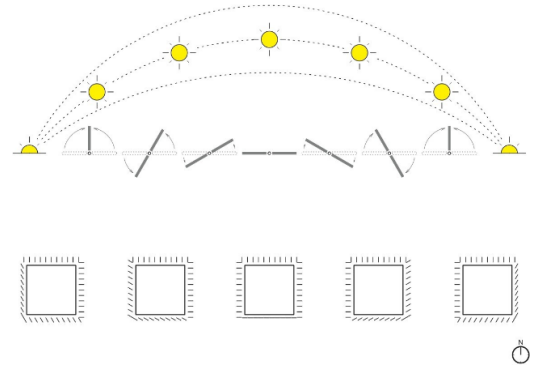
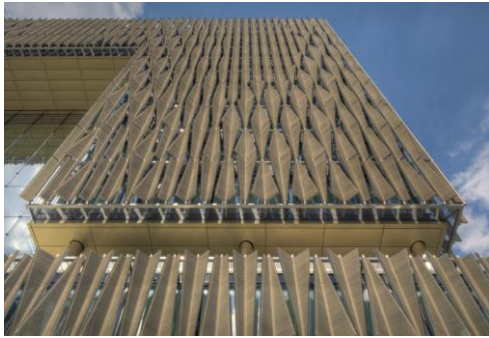
zaman yetersiz kaldığını ifade etmektedir. Özellikle parıltı kontrolü ve gün ışığı sürekliliği açısından bu sistemler sınırlı performans sergilemektedir. Otomasyonlu sistemler ise belirli bir ışınlım seviyesi (50 W/m^2) aşıldığında devreye girerek doğrudan güneş ışığını engeller, ışınlım azaldığında ise yeniden iç mekâna ışığın homojen bir şekilde ulaşmasına izin verir. Bu döngü sayesinde doğal aydınlatma süresi uzatılırken yapay ışık kullanım ihtiyacı azaltılır ve dış manzara ile görsel temas süresi artar. Aynı çalışmada, doğu ve batı cephelerinde görülen kısa süreli ama yoğun güneş ışınlım senaryolarında, kullanıcılar sık sık müdahale etmedikleri için manuel sistemlerin etkinliğinin sınırlı kaldığı vurgulanmaktadır. Otomasyonlu sistemler ise bu değişimlere kesintisiz tepki vererek kullanıcı müdahalesine gerek duymadan denge sağlar [Meek & Brennan, 2011]. Paylaşımlı ofisler ve çok kullanıcılı çalışma alanlarında ise otomasyonun önemi daha da belirginleşmektedir. Farklı zamanlarda farklı yönlerden gelen ışınlım, bireysel manuel ayar gerektirdiği için, otomasyonlu sistemler sayesinde daha homojen ve sürdürülebilir iç mekân konforu sağlanabilmektedir [Meek & Brennan, 2011]. Gökçen (2023), otomasyonlu sistemlerin özellikle geniş cam yüzeyli binalarda tercih edildiğini ve bu sistemlerin yıl boyunca değişen güneşlenme koşullarına uyum sağlayarak hem soğutma yüklerini hem de aydınlatma kaynaklı enerji tüketimini düşürdüğünü belirtmektedir. Kayar, katlanabilir, döner ya da açılır kapanır biçimlerde çalışan bu sistemler, aşırı ısınmayı engellerken kullanıcı müdahalesine ihtiyaç duymadan sürdürülebilir hedeflere katkı sağlar [Şekil 3.22].



Şekil 3.22: Otomasyonlu çalışan hareketli güneş kontrol elemanları (a. kayar panel, b. dikey katlanır panel, c. yatay katlanır panel) [Du Montier, Potvin & Demers, 2013].

Nielsen vd. (2011), bu sistemlerin açık ya da kapalı çevrim kontrol modlarıyla çalışabildiğini ve gün ışığı seviyelerine göre yapay aydınlatmayı da otomatik olarak

düzenlediğini vurgulamaktadır. Yapılan simülasyon analizlerinde, otomasyonlu sistemlerin sabit alternatiflere kıyasla hem enerji tüketimini düşürdüğü hem de gün ışığı düzeyini artırarak daha sağlıklı bir iç ortam oluşturduğu görülmüştür. Aynı kaynakta, sistemin tekil eleman konumlarını gün boyunca dış koşullara göre sürekli olarak değiştirerek belirli bir eşik değerine gelen sıcaklığı azalttığı ve parıltı riski oluştuğunda doğrudan ışığı engelleyecek şekilde yeniden konumlandığı belirtilmektedir. Q1 ThyssenKrupp Quarter yapısı, gelişmiş otomasyon sistemleriyle entegre edilmiş dinamik cephe tasarımıyla yenilikçi bir yapı örneği olarak öne çıkmaktadır. Yaklaşık 8.000 m²'lik cephe alanına uygulanan sistem, sensör destekli kontrol mekanizmalarıyla yönetilen yaklaşık 400.000 adet paslanmaz çelik panelden oluşmaktadır. Bu paneller, güneş ışıını ve çevresel parametreler doğrultusunda konumlarını dinamik biçimde değiştirerek iç mekâna giren gün ışığı ve ısı miktarını optimize ederler. Bu sayede yapının görsel konforu ve enerji performansı arttırılmaktadır. **Şekil 3.23**'te görüldüğüne şekilde otomasyon altyapısına entegre 1.600 adet elektrikli motor, lamellerin cam yüzeye paralel, güneşe dik ya da tam açık konumlarda pozisyonlanmasını sağlayarak sistemin kullanıcı müdahalesine gerek duymadan çevresel değişkenlere adaptif şekilde çalışmasına olanak tanımaktadır [Web 21].

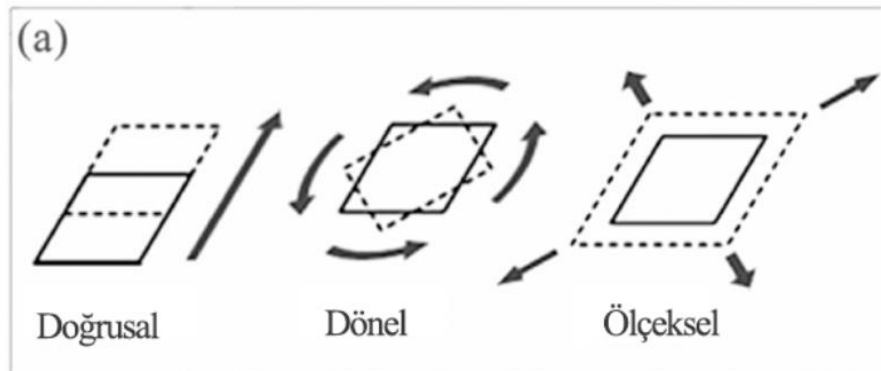


Şekil 3.23: Q1 ThyssenKrupp Quarter yapısının cephesinde kullanılan otomasyonlu güneş kontrol elemanları ve çalışma prensibi [Web 21'den uyarlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Tüm bu bulgular değerlendirildiğinde, otomasyonlu hareketli güneş kontrol elemanları; enerji verimliliği, konfor kriterleri ve kullanıcı bağımsızlığı açısından günümüz mimarisinde çok yönlü bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar, bu sistemlerin sabit ve manuel çözümlere göre daha esnek, etkili ve sürdürülebilir olduklarını ortaya koyarak, sürdürülebilir mimarlığın yapıtaşlarından biri haline gelmiştir.

3.2.2.2.3. Kinetik / Adaptif Sistemler

Gelişen teknolojiyle birlikte mimari cephe tasarımında statik yüzeylerin yerini çevresel koşullara duyarlı, hareketli sistemler almaya başlamıştır. Bu bağlamda, kinetik / adaptif güneş kontrol sistemleri, yapı kabuğunu dinamik bir organizma gibi ele alarak enerji verimliliği ve kullanıcı konforu arasında denge kuran yenilikçi çözümler sunmaktadır. **Al-Masrani ve Al-Obaidi (2019)**, bu sistemleri çok katmanlı, sensör ve aktüatörlerle donatılmış, yazılım algoritmalarıyla yönlendirilen ve çevresel değişkenlere yüksek düzeyde adaptasyon sağlayabilen akıllı cephe sistemleri olarak tanımlamaktadır. Bu sistemlerin temel yapısı; çevresel verileri algılayan sensörler, bu verileri işleyerek uygun tepkileri üreten kontrol birimleri ve fiziksel hareketi sağlayan mekanik aktüatörlerden oluşmaktadır. Kontrol stratejileri, açık çevrim (yalnızca dış veriye dayalı) ve kapalı çevrim (çıkıya göre kendini yeniden düzenleyen) olarak ikiye ayrılmaktadır [**Dorf & Bishop, 2005**]. Bu sistemlerdeki dinamiklik kavramı, yapının çevresel girdilere tepki veren ve zamanla şekil, yön, geçirgenlik ya da optik özelliklerini değiştiren bir yapıya sahip olması anlamına gelir [**Moloney, 2009**]. Adaptif sistemlerin karakteristik özelliği, fiziksel formunu veya bileşenlerinin konumunu çevresel uyarıcılara göre dönüştürebilme yeteneğidir. Bu dönüşüm, makro düzeyde hareketli paneller veya yapısal elemanlar aracılığıyla, mikro düzeyde ise termokromik, foto-kromik veya elektro-kromik camlar gibi akıllı malzemelerle gerçekleştirilebilir [**Hraska, 2018**]. Kinetik sistemlerin sınıflandırılmasında form ve hareketin türü belirleyici olmaktadır. Dönel (rotation), doğrusal (translation) veya ölçeksel (scaling) hareketler farklı tasarım senaryolarında kullanılabilir [**Şekil 3.24**].



Şekil 3.24: Kinetik sistemlerin hareket biçimleri [**Moloney, 2011**].

Mekanik sistemler, bu hareketlerin fiziksel olarak gerçekleşmesini sağlarken, aktüatör tipinin seçimi sistemin ağırlığı, yönü ve hızına bağlı olarak değişir [McCarthy & Soh, 2010]. Elektriksel besleme genellikle doğrudan enerji hattı ya da fotovoltaik paneller aracılığıyla sağlanır [Karanouh & Kerber, 2012]. Tasarım sürecinde parametrik modelleme, dijital simülasyonlar ve üretken tasarım yaklaşımları öne çıkar. Tasarım kurallarına dayalı biçimsel dönüşüm yöntemleri ve genetik algoritmalar kullanılarak yüzlerce farklı tasarım senaryosu hızlı ve sistematik bir şekilde üretilebilir ve analiz edilebilir [Oxman, 2006; Akıpek & İnceoğlu, 2007]. Bu yaklaşımlar, performansa dayalı optimizasyonu desteklemekte ve enerji tüketimini azaltmaya katkı sunmaktadır [Ma vd., 2021; Shen & Wu, 2016]. Kinetik sistemler genel olarak tepkisel (reactive) ve etkileşimli (interactive) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tepkisel sistemler yalnızca çevresel verilere yanıt üretirken, etkileşimli sistemlerde kullanıcı tercihleri de sisteme entegre edilerek çift yönlü bir iletişim sağlanmaktadır [Achten, 2003]. Bu cephe sistemlerinin uygulama örnekleri arasında Al Bahar Kuleleri'nde kullanılan sensör kontrollü mashrabiya panelleri, ThyssenKrupp Q1 binasındaki çift eksenli çelik lamel sistemleri ve Kiefer Technik Showroom'daki manuel kontrol edilen alüminyum paneller sayılabilir. Bidaser House ise, farklı yönlerde hareket eden 63 taş panelle hem doğal havalandırma hem de gölgeleme sağlamaktadır [Ayyappan & Kumari, 2018]. Kinetik cepheler mimari estetiğin yanı sıra sürdürülebilirlik ve enerji yönetimi açısından da önemlidir. Pasif stratejilerle doğal gün ışığı kontrolü ve havalandırma sağlanabilirken; aktif sistemlerde PV hücreler ile elektrik üretimi gerçekleştirilebilmektedir [Barozzi vd., 2016; Belek & Yamaçlı, 2023]. İklim duyarlı kinetik cephe sistemleri ise, genellikle güneşe veya rüzgâra duyarlı olarak iki ana grupta ele alınır. Güneşe duyarlı sistemler arasında; tüm yapının konum değiştirdiği kütle hareketli sistemler, hareketli panellerden oluşan gölgelendirme sistemleri ve PV hücre entegrasyonlu çözümler yer alır [Kılıç Kızıltaş, 2019]. Bu sistemler sayesinde aşırı ısınma önlenirken, gün ışığı dengelenir ve iç mekânlarda termal konfor artışı sağlanır [Loonen vd., 2015; Razaz, 2010; Çakır, 2021].

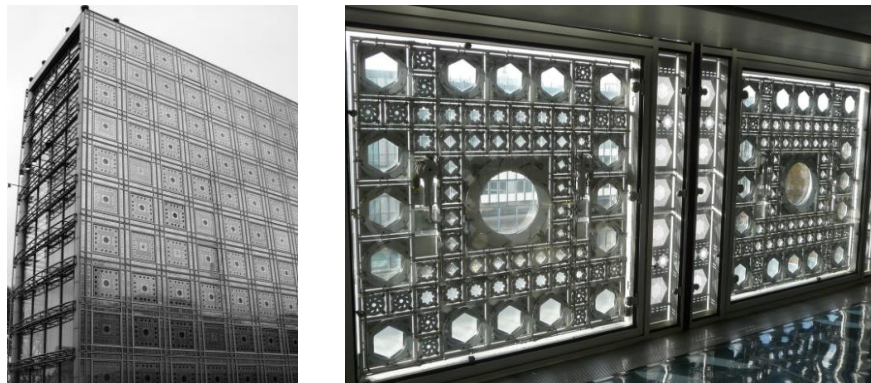
Kinetik / adaptif cephelere örnek olarak, Media-TIC yapısı, enerji verimliliği ve dijital çağ mimarisi odağında öne çıkmaktadır. Yapının cephesinde kullanılan üç katmanlı ETFE (etilen tetrafloroetilen) paneller, içlerindeki hava basıncının ayarlanması yoluyla güneş ışığını filtreleyerek iç mekân ısını ve doğal aydınlatma düzeyini optimize etmektedir. Özellikle güneydoğu cephesi bu sistemle kaplanmış olup, mekanik hareket olmaksızın adaptif gölgeleme sağlamaktadır. Bu sayede yapı yaklaşık %20 oranında enerji tasarrufu sağlamakta ve sürdürülebilir cephe teknolojileri

kapsamında öne çıkmaktadır. **Şekil 3.25**'de görüldüğü üzere ETFE panellerin hafifliği ve geçirgenliği, yapıya dinamik bir görünüm kazandırmakla birlikte yapının çevresel performansını da artırmaktadır [Web 22].



Şekil 3.25: Media-TIC yapısının kinetik/adaptif cephesi [Web 23'den yararlanarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Bunun yanı sıra, Institut du Monde Arabe (IMA) yapısı, cephesindeki hareketli elemanların estetik ve işlevsel entegrasyonunu bir araya getirerek kinetik / adaptif cepheler kapsamında öne çıkan yapılar arasındadır. Yapının güney cephesinde yer alan hareketli güneş kontrol sistemi, geleneksel İslam mimarisindeki mashrabiya desenlerinden ilham alınarak tasarlanmış modern bir diyafram mekanizmasıdır. Cephede yer alan her biri yaklaşık 2,9 m² büyüklüğünde 240 adet metal modül, toplamda 30.000'e yakın ışığa duyarlı diyafram içermektedir [Şekil 3.26].



Şekil 3.26: Institut du Monde Arabe (IMA) yapısının kinetik/adaptif cephesi [Web 24'ten yararlanılarak yazar tarafından oluşturulmuştur].

Fotoğraf makinelerindeki iris mekanizmasına benzer şekilde çalışan bu diyaframlar, ışık sensörlerinden gelen verilere göre otomatik olarak açılıp kapanmakta ve iç mekâna giren doğal ışık düzeyini gün boyunca optimize etmektedir. Güneşin konumuna göre günde ortalama 18 kez yeniden konumlanan sistem, iç mekânlarda hem görsel konfor hem de enerji verimliliği sağlamaktadır. Diyaframlar, iç içe geçmiş paslanmaz çelik kanatçıklardan oluşmakta ve bilgisayar kontrollü motorlar aracılığıyla çalıştırılmaktadır. Ancak bu ileri düzey kinetik sistem zamanla bakım zorlukları nedeniyle kısmen devre dışı kalmış ve 2017’de gerçekleştirilen restorasyonla bazı bölümleri yeniden işlevsel hâle getirilmiştir [Web 24].

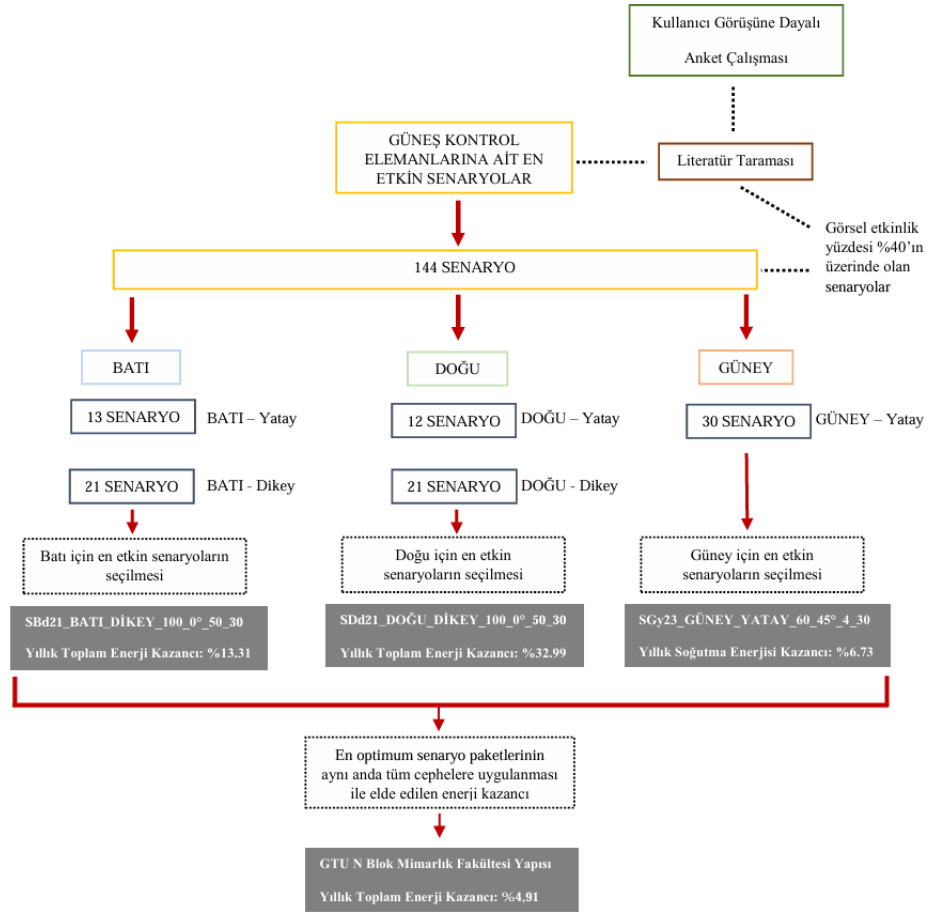
Sonuç olarak, kinetik/adaptif güneş kontrol sistemleri, günümüz sürdürülebilir mimarlık anlayışında sadece enerji performansını değil, aynı zamanda kullanıcı deneyimini ve mimari ifade gücünü dönüştüren temel araçlardan biri haline gelmiştir. Dinamik cepheler, yapıların dış çevreyle kurduğu ilişkiyi yeniden tanımlamakta ve yapıları yaşayan organizmalar gibi işlevsel, esnek ve çevresel açıdan duyarlı sistemlere dönüştürmektedir.

4. GTÜ MİMARLIK FAKÜLTESİ N BLOK YAPISININ GÜNEŞ KONTROL ELEMANLARI İLE ENERJİ ETKİN İYİLEŞTİRİLMESİ

Bu bölümde, Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi N Blok yapısındaki ofis alanlarının yönelime bağlı ısı konfor problemleri ile bu problemlerin giderilmesine yönelik güneş kontrol elemanı tasarım stratejilerinin enerji performansı üzerindeki etkileri çok boyutlu bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Ofis ortamlarında yüksek iş verimliliği için iç mekan konforunun sağlanması büyük öneme sahiptir. Ofislerde yoğun bilgisayar kullanımı ve çalışma saatlerinin güneş ışığına maruz kalma süresinin

çakışması nedeniyle ortam sıcaklığında artış görülmekte, bu durum kullanıcıların sıcaklığa duyarlılığını pekiştirmektedir [Yener, 2007]. Bu çalışma kapsamında, mevcut ofis odalarında soğutma dönemlerinde, mekan içerisinde geçirilen süre ve gün ışığına maruz kalma durumları göz önünde bulundurularak oluşabilecek olası ısıl konforsuzluk sabit güneş kontrol elemanları ile iyileştirilmeye çalışılacaktır. Çalışma kapsamında öncelikle, yapı kullanıcılarının iç mekândaki ısıl konfor algılarını anlamaya yönelik yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiş, elde edilen bulgular kullanıcıların deneyimleri doğrultusunda cephe yönelimleriyle ilişkilendirilerek analiz edilmiştir. Görüşmeler, özellikle bazı cephelerde mevsimsel aşırı ısınma ya da yetersiz ısınma gibi yönelime bağlı konforsuzlukların kullanıcı deneyimi üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. Bu bulgular temel alınarak, sabit güneş kırıcı elemanların enerji verimliliği ve ısıl konfor üzerindeki potansiyel etkilerini inceleyen ulusal ve uluslararası literatür sistematik olarak taranmıştır. Tarama sürecinde özellikle simülasyon temelli çalışmalara odaklanılmış; güneş kontrol elemanlarının pozisyonu, açısı, derinliği, sayısı ve yerleşim aralıkları gibi parametrelerin enerji tüketimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Sıklık faktörü analizi yöntemi ile desteklenen bu tarama sonucunda, farklı iklim bölgeleri ve cephe yönelimleri için optimize edilmiş güneş kırıcı stratejilerine ilişkin veriler derlenmiştir. Elde edilen literatür bilgileri, simülasyon senaryolarının belirlenmesinde referans niteliğinde kullanılmıştır. Daha sonra, GTÜ N Blok yapısının fiziksel ve mekânsal özellikleri detaylandırılarak simülasyon modelinin oluşturulması sağlanmıştır. Modelleme sürecinde, yapı kabuğuna ait termal özellikler, cephelerin U-değerleri, iç kazançlar, kullanım senaryoları ve HVAC sistem parametreleri DesignBuilder yazılımı aracılığıyla tanımlanmıştır. Yapıya ait dış duvarlar, çatı sistemleri, saydam yüzeyler ve pencere bileşenleri ayrıntılı biçimde modellenmiş, analiz süreci yalnızca ilgili ofis zonlarıyla sınırlı tutulmuştur. Buna ek olarak modelde adiabatik yüzey tanımlamaları yapılarak dış çevresel etkilerin simülasyon çıktıları üzerindeki etkisi sınırlandırılmıştır. Simülasyon çalışmaları kapsamında, güneş kontrol sistemlerinin cephe performansını değerlendirmek üzere farklı kombinasyonlarda toplam 144 senaryo oluşturulmuştur. Bu senaryolar, güneş kontrol elemanlarının yönelimi (yatay/dikey), derinlikleri, açılarının yanı sıra eleman sayısı ya da aralıklarına göre çeşitlendirilmiştir. Her bir senaryo sistematik biçimde adlandırılarak karşılaştırmalı analizlerin izlenebilirliği sağlanmıştır. Görsel açıklık oranı %40'ın altında kalan senaryolar değerlendirme dışında bırakılmış, böylece hem enerji verimliliği hem de görsel konfor kriterlerini

karşılayan konfigürasyonlar ön plana çıkarılmıştır. Bu tez çalışmasının özgün kısmına dair araştırma akışı **Şekil 4.1**'de verilmiştir.



Şekil 4.1: Optimum senaryoların belirlenmesi için araştırma yöntem akışı.

Sonuç olarak, bu bölümde, kullanıcı deneyimleri, literatür bulguları ve sayısal simülasyonların bir araya getirildiği bütüncül bir yaklaşımla, GTÜ N Blok ofis alanları için yönelime özel güneş kontrol elemanları senaryoları geliştirilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda kullanıcı konforunu iyileştirmeye yönelik güneş kontrol elemanı senaryolarının enerji tüketim değerleri karşılaştırılarak analiz edilmiştir.

4.1. Literatür Araştırması ve Analizi

Bu çalışmada literatür taraması, sürdürülebilir enerji-etkin yapı uygulamaları bağlamında, yapı cephelerinde sabit güneş kırıcı elemanların kullanımını inceleyen mevcut bilimsel çalışmaların belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Literatür taraması sürecinde, çalışmanın amacına ve kapsamına uygun olarak belirli kriterler

doğrultusunda araştırma yapılmış, ulusal ve uluslararası kaynaklar değerlendirilerek veri toplama süreci sistematik bir şekilde yürütülmüştür.

4.1.1. Literatür Taraması ve Bulguların Değerlendirilmesi

Bu kapsamda, literatür tarama yöntemi aşağıdaki aşamalar doğrultusunda gerçekleştirilmiştir:

Çalışmanın Konusuna Göre Anahtar Kelime Seçimi

- ❖ Yapı cephelerinde sabit güneş kırıcı elemanların enerji tüketimi ve termal konfor üzerindeki etkilerini analiz eden çalışmalar belirlenmiştir.
- ❖ Çalışma kapsamına uygun olan “shading systems”, “DesignBuilder”, “cooling loads”, “energy optimization” ve “thermal comfort” anahtar kelimeleri kullanılarak tarama gerçekleştirilmiştir.

Veri Tabanlarının Belirlenmesi ve Kaynak Seçimi

- ❖ Daha önceki çalışmaların ağırlıklı olarak Türkçe kaynaklara dayandığı gözlemlendiğinden, bu çalışmada uluslararası literatürü kapsayabilmek amacıyla yabancı kaynaklara odaklanılmıştır.
- ❖ Literatür taraması, Gebze Teknik Üniversitesi’nin kampüs dışı erişim veri tabanı (VETİS) aracılığıyla ScienceDirect ve Scopus veri tabanlarında gerçekleştirilmiştir.
- ❖ Mimarlık anabilim dalı kapsamında yapılan çalışmalar ile sınırlandırılarak, ilgili alana doğrudan katkı sağlayabilecek akademik makale ve tezler incelenmiştir.

Çalışmaların Zaman Aralığına Göre Sınırlandırılması

- ❖ Güncel gelişmeleri içerebilmesi ve enerji verimliliği alanında son yıllarda yapılan çalışmaların değerlendirilmesi amacıyla güncel tarihlerde yayımlanmış akademik çalışmalar dikkate alınmıştır.

Analiz Kapsamının Belirlenmesi

- ❖ Simülasyon tabanlı enerji analizlerine odaklanıldığından DesignBuilder simülasyon aracına benzer yaygın kullanılan enerji simülasyon yazılımlarına referans veren çalışmalara öncelik verilmiştir.

- ❖ Isıtma ve soğutma yüklerini etkileyen değişkenleri inceleyen araştırmalar seçilerek, enerji tüketimi ve termal konfor açısından anlamlı sonuçlar elde edilmesi hedeflenmiştir.
- ❖ Çalışmalarda ele alınan güneş kontrol elemanlarının derinliği, açısı, pozisyonu, eleman sayısı aralığı ve cepheden uzaklığı gibi parametreler değerlendirilmiştir.
- ❖ Her çalışmada tüm parametreleri içeren senaryolar bulunmadığından, mevcut veriler analiz sürecine dahil edilerek kıyaslamalar ve değerlendirmeler yapılmıştır.
- ❖ Isıtma, soğutma ve yıllık enerji tüketimleri açısından farklı güneş kırıcı elemanı senaryolarının denendiği çalışmalar incelenmiş ve bu kapsamda enerji tüketimi açısından optimum değerleri veren senaryo yaklaşımları belirlenmiştir.

Analiz Yönteminin Belirlenmesi

- ❖ Taranan çalışmaların değerlendirilmesi sürecinde nitel ve nicel analiz yöntemleri birlikte kullanılmıştır.
- ❖ Nicel analiz kapsamında, enerji tüketimi, ısıtma ve soğutma yükleri gibi ölçülebilir veriler analiz edilerek simülasyon sonuçları karşılaştırılmıştır.
- ❖ Nitel analiz sürecinde ise çalışmaların metodolojisi, kullanılan parametrik değişkenler ve yapı iyileştirme senaryolarının etkinliği bağlamında içerik analizi gerçekleştirilmiştir.

Bu aşamalar doğrultusunda, güneş kırıcı elemanların cephe yönlerine göre belirlenen farklı parametre değerleri doğrultusunda enerji performansına etkisini araştıran çalışmaların sonuçları derlenmiş ve çalışmanın yöntemi bu doğrultuda şekillendirilmiştir.

Erkan (2024), ılımlı iklim bölgesinin referans ili İstanbul'da, 6x9m boyutunda, kolon-kiriş sistemli varsayımsal bir modül üzerinden yürüttüğü çalışmasında, sabit güneş kontrol elemanlarının enerji performansını etkileyen değişkenlerin birbiriyle ilişkisinin ve bu değişkenler ile oluşturulan farklı senaryoların yapının yıllık toplam ısıtma-soğutma enerji performansına etkisinin ortaya konulmasını hedeflemiştir. Belirlenen bağımsız değişkenler güneş kontrol elemanının; türü (yatay, dikey), eleman derinliği (20-30-40cm), eleman aralığı (20-40-60-80cm), eleman açısı (0°-15°-30°-45°), yapı cephesinden uzaklığı (10-30-50cm) ve cephe yönelimi (güney, doğu ve batı) olarak belirlenmiştir. Daha sonra bu değişkenlerin çaprazlanmasıyla elde edilen 864

adet senaryonun DesignBuilder enerji simülasyon aracı ile yıllık ısıtma ve soğutma enerji yükleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar:

- Soğutma enerjisi tüketimine kıyasla ısıtma enerjisi tüketiminin, toplam enerji tüketimine daha az etkisi olduğu bulunmuştur.
- En iyi enerji tüketimi performansı, tekil senaryolardan ziyade birbirine yakın enerji kazançları sağlayan senaryo gruplarından gelmektedir ayrıca bağımsız değişkenlerin kombinasyonlarıyla benzer enerji tasarrufları elde edilebileceği görülmüştür.
- Literatürün aksine, bazı durumlarda güney cephede dikey elemanların, doğu ve batı cephelerinde ise yatay elemanların olumlu sonuçlar sağladığı gözlemlenmiştir bunun sebebi ise kapalılık oranının çok yüksek olmasıdır.
- Elemanların yapı cephesinden uzaklığı değişkeninin ele alınan değerler kapsamında ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimine etkisinin çok düşük olduğu tespit edilmiştir.
- Soğutma enerjisi tüketimi açısından en iyi sonucu veren senaryolar güney cephesinde 40 cm derinliğinde, eleman aralığı 20 cm ve panel açıları 15° olan yatay güneş kontrol elemanı, doğu ve batı cephelerinde ise 40 cm derinliğinde, eleman aralığı 20 cm ve panel açıları 15° olan dikey güneş kontrol elemanı olduğu görülmüştür.

Yi vd. (2024), nemli-subtropikal iklime sahip Şanghay’da bulunan varsayımsal bir ofis yapısında, sabit bir pencere-duvar oranı (%40) ile çeşitli fenestrasyon ve güneş kontrol elemanı kullanımının enerji verimliliğine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada Energy Plus simülasyon aracı ile yapılan simülasyon sonuçlarına göre ısıtma ve soğutma dönemlerinde enerji verimliliğini artırmak için en uygun güneş kontrol elemanı özellikleri; Doğu ve batı cephelerinde 6 adet dikey eleman, 120 cm derinlikte, 75° eğimde ve elemanlar arasında 60 cm mesafe, Güney cephesinde ise 4 adet yatay eleman, 60 cm derinlikte, 45° açılı ve pencere yüksekliğinin yarısı kadar mesafe ile yerleştirilen senaryo olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda cephe yönlerine göre özelleştirilmiş güneş kontrol elemanı kullanımı enerji verimliliği üzerinde büyük etki göstererek enerji tüketimini %93,8’e kadar azaltmıştır. Doğu ve batı cephelerinde dikey güneş kontrol elemanlarının kullanılması, yaz aylarında güneşten gelen ısı kazanımlarını sınırlarken kış aylarında doğal havalandırmayı desteklemiştir. Güney cephelerinde yatay ve eğimli güneş kontrol elemanları yıl boyunca iç mekân sıcaklığını optimize etmiştir.

Nazari vd. (2023) gerçekleştirdikleri çalışmalarında, nemli-subtropikal iklim özelliklerine sahip Atlanta'da bulunan bir ofis yapısında güneş kontrol elemanı tasarımının yapı enerji verimliliğini ve kullanıcı konforunu artırma üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada sabit güneş kontrol elemanlarını, eleman derinliği, eleman açısı ve eleman sayısı parametrelerinden oluşan konfigürasyonlar kapsamında Grasshopper ve Ladybug 1.3.0 araçları ile simüle ederek ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi tüketimi optimizasyonu açısından en iyi sonucu veren konfigürasyonlar bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda, güney cephesinde en iyi sonucu veren senaryo, 1 adet, 50 cm derinliğinde ve -30° açılı yatay güneş kontrol elemanı olarak tespit edilmiştir.

Nazari vd. (2023), sıcak-kuru iklim özelliklerine sahip Tahran'daki tipik bir ofis odası için dört farklı cephede (kuzey, güney, doğu, batı) saydam yüzey optimizasyonunu araştırmayı amaçlamaktadır. Çalışmada ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerji tüketimini azaltırken, kullanıcı konforunu aynı anda iyileştirmek hedeflenmiştir. Optimizasyon sürecinde Grasshopper, Ladybug 1.3.0 ve NSGA-II algoritması kullanılmıştır. Güneş kontrol elemanları, eleman derinliği (10 cm-70 cm arası), elemanın duvardan uzaklığı (10 cm-30 cm arası), eleman açısı ($+45^\circ$ ve -45°) ve eleman sayısı (1 ila 5) parametreleri açısından değerlendirilen güneş kontrol elemanlarının enerji tüketimi ve konfor üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Araştırmanın sonucunda ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi tüketimlerinin optimizasyonu açısından,

- Güney cephesinde, pencere-duvar oranı %50, 4 adet, 40 cm derinliğinde, -15° açılı ve yapı cephesinden uzaklığı 0 cm olan yatay güneş kontrol elemanı,
- Batı cephesinde pencere-duvar oranı %20, 1 adet, 70 cm derinliğinde, $+35^\circ$ açılı ve yapı cephesinden uzaklığı 10 cm olan yatay güneş kontrol eleman,
- Doğu cephesinde pencere-duvar oranı %20, 1 adet, 70 cm derinliğinde, $+45^\circ$ açılı ve yapı cephesinden uzaklığı 20 cm olan yatay güneş kontrol elemanı en iyi sonuçları vermişlerdir.

Araştırmadan elde edilen genel sonuçlar ise, Güney cephesi için yatay güneş kontrol elemanları enerji verimliliğini arttırmada en etkili olmuştur, özellikle soğutma yüklerini azaltmıştır. Batı ve doğu cephelerinde, daha küçük pencere-duvar oranları (%20) ve derin yatay güneş kontrol elemanları en iyi sonuçları vermiştir. Güneş ışınımının yoğun olduğu bu cephelerde, enerji verimliliğini sağlamak için derin elemanlar ve düşük pencere oranları tercih edilmiştir. Kontrol elemanlarının derinliği

ve açısı enerji tüketimi ve konfor açısından önemli parametreler olarak tespit edilmiştir. Özellikle güneş ışınımının yoğun olduğu doğu ve batı cephelerinde, daha derin güneş kontrol elemanları tercih edilmiştir. Güney cephesinde ise daha küçük derinlik ve negatif açılar (-15 derece) daha etkili olmuştur.

Allothman vd. (2023), yaptıkları çalışmada DesignBuilder simülasyon aracını kullanarak, farklı derinliklerdeki güneş kontrol elemanlarına sahip tipik bir oda ile güneş kontrol elemanı olmayan bir odanın enerji verimliliği Irak'ın Duhok şehri (soğuk-yarı kurak iklim) ve Mısır'ın Kahire şehri (sıcak-kurak iklim) için gerçekleştirmişlerdir. Enerji verimliliği üzerinde en etkili yatay güneş kontrol elemanı derinliğini bulmak amacıyla, ilk olarak farklı yönelimlerde çıplak duvarlarla simülasyon yapılmış, ardından 120 cm, 180 cm ve 240 cm derinliklerinde farklı güneş kontrol elemanları kullanılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçları, yatay güneş kontrol elemanlarının enerji verimliliği üzerindeki etkisinin yapı yönelimine ve iklime bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Enerji tüketimini azaltmada özellikle Güney, Güneydoğu ve Güneybatı yönelimleri için yatay güneş kontrol elemanlarının kullanımı büyük fayda sağlamıştır. Sıcak-kurak iklim için elde edilen sonuçlara göre, güneyde 180 cm, güneybatı yöneliminde 240 cm ve güneydoğu yöneliminde 240 cm derinliğindeki elemanlar ısıtma ve soğutma enerjisini azaltma bakımından etkili olmuşlardır.

Dokhanian vd. (2023) gerçekleştirdikleri çalışmada, sıcak-kuru iklime sahip İran'ın Sabzevar şehrinde mevcut bir eğitim yapısının güney cephesi için farklı güneş kontrol elemanları senaryolarını Energy Plus simülasyon aracı ile analiz ederek yapının ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmaya yönelik bir optimizasyon çalışması gerçekleştirmişlerdir. Güneş kontrol elemanların senaryolarının geometrisinin ilk optimizasyonu genetik algoritma ve aydınlatma, enerji ve malzeme tüketimi amaç fonksiyonları kullanılarak yapılmıştır. Çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik gibi önemli yaşam döngüsü parametreleri, elemanların tasarımında kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Güneş kontrol elemanlarını, elemanın türü (yatay, dikey, kare-kafes), elemanın derinliği (40, 50, 60, 80, 90, 100, 110), elemanın açısı (20°, 30°, 40°, 50°, 60°) ve kullanılan materyal parametreleri doğrultusunda karşılaştırmışlardır. Elde edilen verilere göre, güney cephede 100 cm derinliğinde 10° açılı beton yatay güneş kontrol elemanı toplam enerji tüketimi açısından optimum davranışı sergilemiştir.

Heidarzadeh vd. (2023) çalışmalarında İran'ın sıcak kuru iklim özelliklerine sahip Tahran şehrinde bulunan 5mx7m ölçülerin, 3m yüksekliğinde varsayımsal bir ofis

mekanının yüksek enerji tüketimini azaltmak amacıyla yapının güney cephesinde pencere-duvar oranlarını ve güneş kontrol elemanlarını farklı değişkenler kapsamında incelemişlerdir. Güneş kontrol elemanlarını, güneş kontrol elemanının türü (yatay, dikey, kare-kafes), derinliği (15cm-20cm-25cm-30cm), yapı cephesine olan uzaklığı (10cm-12cm-14cm-16cm-18cm-20cm), panel sayısı (9-15) ve panel aralıkları (35.7cm-38.4cm-41.6cm-45.4cm-50cm-55cm-62.5cm) değişkenleri kapsamında oluşturdukları farklı senaryoları Ladybug-Honeybee simülasyon aracı ile farklı senaryoları simüle ettikten sonra Grasshopper programı ile optimizasyon analizini gerçekleştirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre;

- Farklı formlarda yatay elemanlar ve bunların türevlerini kullanan dış sabit güneş kontrol elemanları, soğutma yükünü azaltmada ve elektrik enerjisi tüketimini azaltmada iyi sonuçlar elde etmiştir. Bu nedenle çalışmada etkin sonuç için yatay elemanların dikey elemanlarla olan kombinasyonu ile kare-kafes sistem elde etmişlerdir.
- Güneş kontrol elemanları senaryoları içerisinde %70 oranında saydam yüzeye sahip olan cephede, 30 cm derinliğinde, yapı cephesine uzaklığı 10 cm olan, panel arası mesafeleri 45.4 cm olan 12 adet dikey ve panel arası mesafeleri 42.8 cm olan 8 adet yatay panelden oluşan kare-kafes sistem yapının soğutma yükünü %14,86 değerinde azaltmıştır.
- Cephenin saydamlık oranının %50 belirlendiği diğer senaryoda yapı cephesinin 10 cm uzağında karşılıklı iki kenara yerleştirilen, derinliği 30 cm olan dikey paneller ve yatayda 50 cm aralıklarla yerleştirilmiş 9 adet panelden oluşan güneş kontrol elemanı, kare-kafes sistemden sonraki en iyi etki veren güneş kontrol elemanı olarak belirlenmiştir.

Qurraie ve Havva (2023), Türkiye'nin ılımlı-nemli iklim özellikleri gösteren Bursa şehrinde mevcut 4 katlı bir ofis yapısının enerji performansını, güneş kontrol elemanları ve çift cidarlı cephe sistemleri entegre ederek değerlendirmişlerdir. Güneş kontrol elemanı alternatiflerini ve çift cidarlı cephe sistemi alternatiflerini ayrı ayrı yapıya entegre ederek Solar Tool ve DesignBuilder simülasyon araçları ile yapının güneydoğu ve güneybatı cephelerinde üzerinde simülasyon gerçekleştirmişlerdir. İyileştirme önerileri için farklı optimizasyon parametrelerinin değerlendirilmesinin yanı sıra farklı uzunluklarda ve açılarda yatay güneş kontrol elemanları senaryoları oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda;

- Tüm güneş kontrol elemanı senaryolarının soğutma yükü tüketiminde azaltıcı etkisi olduğu görülmüştür.
- Güneydoğu cephesinde yatayda 150 cm derinliğinde ve 30° açılı tek parça (her kat cephesinde 1 adet eleman olacak şekilde) güneş kontrol elemanı ve güneybatı cephesinde yatayda 150 cm derinliğinde ve 30° açılı 3 parça (her kat cephesinde 3 adet eleman olacak şekilde) güneş kontrol elemanı kullanımının tüm senaryolar içerisinde soğutma yükü enerjisini %30.73 değerinde düşürerek en verimli sonucu vermiştir.

Salavatian (2022) yaptığı çalışmada, İran'ın kuzeyinde bulunan ılımlı-nemli iklim özelliklerine sahip Reşt şehrinde 4 katlı varsayımsal bir konut yapısının güney cephesinde uygun güneş kontrol elemanı kullanımı ile yıllık enerji tüketimindeki faydaları incelemiştir. Yatay sabit panellerden oluşan panjur elemanlarını, eleman derinliği, eleman açısı (0°, 30°, 45°, 60°), elemanların yapı cephesinden uzaklığı ve paneller arası uzaklık parametreleri kapsamında DesignBuilder simülasyon programı analizleri ile en etkili güneş kontrol elemanını belirlemiştir. Çalışmanın sonucunda,

- Ilımlı-nemli iklim bölgelerinde güney cephelerde yatay güneş kontrol elemanı kullanımı soğutma enerjisi yüklerinde azaltma sağlamıştır.
- Enerji tüketimine etki sağlaması bakımından en etkili parametreler eleman açısı ve eleman derinliği olarak görülmüştür. Elemanların yapı cephesinden uzaklığının enerji tüketimleri açısından etkisiz olduğu görülmüştür bu nedenle bu değişken senaryolar değerlendirilirken kapsam dışı bırakılmıştır.
- Soğutma enerjisi tüketim değerlerini azaltmada en iyi sonucu veren senaryo, 400 cm derinliğinde, 30 cm paneller arası mesafe ve 60° panel açısı değerlerindeki yatay güneş kontrol elemanı olarak belirlenmiştir.
- Bununla birlikte, 200 ve 300 cm derinliğindeki yatay elemanlar, görüşü daha az engelledikleri için en optimize olan 400 cm derinliğindeki seçeneğin yerine tercih edilebilir.

Ekici vd. (2022) çalışmalarında saydam yüzey formu ve dış güneş kontrol elemanlarının yapı ısıtma, soğutma ve aydınlatma yükleri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Soğuk-yarı kurak iklim özelliklerine sahip Elazığ ilinde, varsayımsal bir yapının güney cephesinde farklı saydam yüzey oranlarına (1/2, 1/1, 2/1) sahip senaryolara ait farklı açılarda (0°, 30°, 60°) oluşturulmuş güneş kontrol elemanı senaryolarının enerji yüklerini hesaplamışlardır. Buna ek olarak güneş kontrol elemanı derinliğinin enerji yükleri üzerindeki etkisinin tespit edilebilmesi amacıyla 0,

20, 40, 60, 80 ve 100 cm derinliklerinde farklı senaryoları DesignBuilder simülasyon aracı ile değerlendirmişlerdir.

Çalışmada 1/2 pencere oranına sahip cephelerde en uygun enerji kazanımı için kullanılan yatay güneş kontrol elemanlarının açıları 0°, 30° ve 60° olarak incelenmiştir. Güneş kontrol elemanının açısı arttıkça, özellikle 60°'lik açılarda, güneş ışığını daha fazla bloke ederek soğutma yüklerini azaltmada etkili olduğu görülmüştür. Ancak bu durum, aynı zamanda aydınlatma ihtiyacını artırarak %18,37'ye kadar bir artışa neden olmuştur.

Abdou vd. (2022) yaptıkları çalışmada sıcak- kurak iklim özelliklerine sahip Birleşik Arap Emirlikleri Üniversitesi kampüsündeki mevcut bir yükseköğrenim ofis yapısının yıllık soğutma yükünü ve güneş ısı kazancını en aza indirmeyi amaçlayarak yapının batı cephesine ait pencere-duvar oranı, cam tipi ve güneş kontrol elemanı olmak üzere üç temel pasif pencere tasarım parametresine ait farklı senaryoları DesignBuilder simülasyon yazılımı aracılığıyla analiz ederek iyileştirme önerileri geliştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda;

- Pencere-duvar oranının (WWR), toplam enerji tüketimini ve aydınlatma seviyelerini etkileyen en önemli parametre olduğunu vurgulanmıştır.
- Simülasyon sonuçları, batı cephesinde yatay elemanların çeşitli açılar ve derinlikleri ile en az enerji tasarrufu (%5-6) sağladığını ortaya koymaktadır. Ancak çalışmada en etkin sonucu veren yatay ve dikey panellerin kombinasyonundan oluşan elemanın, toplam enerji tüketimi (soğutma ve aydınlatma) açısından optimum sonucu verdiği tespit edilmiştir.
- En başta mevcut yapının batı cephesindeki saydam yüzeylere 80 cm derinliğinde 1 adet yatay panel ve 2 yanalarda dikey panel soğutma yükünü en fazla azaltan seçenek olmuştur ancak yapıda aynı zamanda çift düşük E tonlu cam kullanıldığı senaryoda 40 cm derinliğinde yatay eleman ve dikey elemanların yapı enerji kullanım yoğunluğunda dikkate değer bir oranda (%14) azalmayı sağlayabildiği görülmüştür.

Joshi, M. vd. (2022) gerçekleştirdikleri makale çalışmalarında, güneş kontrol elemanları kullanımının yapıların güneş ısı kazancını etkileyeceğini ve yapının genel enerji tüketimini azaltacağını öne sürmüşlerdir. Bu görüşe istinaden Orta Hindistan'ın karma iklim özelliklerine sahip (composite climatic) Indore şehrinde, 6 metre uzunluğunda, 4.5 metre genişliğinde ve 3 metre yüksekliğinde belirledikleri kavramsal mekanların farklı cephelerine yerleştirdikleri pencerelere (2.0m x 1.2 m) entegre

ettikleri sabit yatay saçak elemanının güneş ısısı kazanım faktörünü ASHRAE ısı dengesi methodu kullanılarak Aralık ve Haziran (en soğuk ay – en sıcak ay) ayları için hesaplanmıştır. Çalışmanın sonucunda, sabit yatay saçak kullanımı ile güney ve doğu - batı cephelerinde pencereleri olan odalarda enerji talebini sırasıyla %50 ve %30'un üzerinde düşürdüğü görülmüştür.

Gnecco vd. (2022) çalışmalarında Brezilya'nın üç farklı şehrinde bulunan ilkokul yapılarında sabit güneş kontrol elemanlarının soğutma enerji talebi ve gün ışığı üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. Ilımlı-nemli iklim özelliklerine sahip Florianópolis şehrinde DesignBuilder ve Energy Plus yazılımları ile yapının Kuzey-Güney ve Doğu-Batı yönelimlerinde farklı tip ve derinliklerde güneş kontrol elemanları simüle edilmiştir. Çalışmanın sonucunda,

- Güney cephesinde (Kuzey-Güney yönelimi) en iyi performansı gösteren sabit yatay elemanının derinliği 67 cm olarak belirlenmiştir. Eleman, pencere düzlemine dik olacak şekilde 0° açısıyla yerleştirilmiştir.
- Doğu ve batı cephesinde 3 adet yatay eleman 60 cm derinliğinde ve paneller arasında 40 cm boşluk bırakılacak şekilde kullanıldığında soğutma enerjisi tüketimi açısından en iyi sonuçları vermiştir.

Sadafi vd. (2021) gerçekleştirdikleri çalışmalarında, İran'ın ılıman-nemli ikliminin hakim olduğu Sari şehrinde bulunan 5 katlı konut yapısının 3. Katının kuzey ve güney cepheler için ısıtma ve soğutma yüklerinin azaltılmasında etkili olan yapı kabuğu elemanlarının etkilerini incelemişlerdir. Diğer tasarım parametrelerinin yanı sıra güneş kontrol elemanlarının uzunluğu gibi cephe tasarım parametrelerinin yapının güney cephesinde enerji tüketimi üzerindeki etkisini araştırmak için DesignBuilder ve Energy Plus simülasyon araçları ile simülasyonlar gerçekleştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda;

- Dış güneş kontrol elemanlarının perde gibi iç mekan güneş kontrol elemanlarından daha etkili olduğu gözlemlenmiştir bunun nedeni iç mekan elemanları güneş ısısını emerek yapı içerisine yaymaktadır.
- Sıcak ve soğuk hava dönemlerinde yatay güneş kontrol elemanlarının, dikey olanlara kıyasla daha iyi enerji performansı göstermiştir. Derinlik arttıkça yatay panellerin sıcak mevsimlerde daha düşük soğutma yükü sağlarken, soğuk mevsimlerde güneş radyasyonunun emilimini arttırmaktadır.

- Farklı derinliklerde (30cm-60cm-90cm) ve panel sayılarında yapılan simülasyonlara göre optimum ısıtma-soğutma yükü değerinin güneş kontrol elemanının 30 cm derinliğinde ve 4 adet yatay panel olduğu senaryoda belirlenmiştir.

Koç vd. (2021) sıcak-nemli iklime sahip Türkiye'nin Antalya şehrinde varsayımsal bir ofis yapısının yıllık soğutma yükü enerjisinin ve toplam enerji yükünün azaltılması amacıyla farklı sabit dış güneş kontrol elemanlarından oluşan simülasyon senaryoları gerçekleştirmişlerdir. Cephe yönü, cam tipi, pencere-duvar oranı (WWR), güneş kontrol elemanı derinliği ve açı parametreleri kullanılarak sabit dış güneş kontrol elemanları (Yatay, dikey ve kare-kafes varyasyonları) ile toplam 1485 senaryo oluşturarak DesignBuilder simülasyon aracı ile değerlendirerek enerji verimliliği açısından optimizasyonun en iyi sağlandığı senaryoyu tespit etmişlerdir. Çalışmanın sonucunda:

- Derinliğin 0,5 m'den 1 m'ye çıkarılması, derinliğin 1 m'den 1,5 m'ye çıkarılmasına göre daha fazla toplam enerji tasarrufu sağlamıştır. Derinlik arttıkça görüş kısıtlanmakta ancak doğrudan güneş ışımasını kısıtladığı için kamaşmayı önlemede etkili olmuştur.
- Güney cephesinde %50 saydamlık oranında, 0° açı yapan birden fazla yatay panelden oluşan eleman enerji tüketimi açısından en iyi sonucu vermiştir.
- Doğu ve batı cephelerinde %50 saydamlık oranında 150 cm derinliğinde 45° açı yapan 1 adet panelden oluşan yatay güneş kontrol elemanı en iyi sonucu veren senaryolar arasındadır.
- Doğu ve batı yönlerindeki yatay güneş kontrol elemanları, dikey elemanlardan daha iyi performans göstermiştir.
- Yatay elemanın açı parametresi kapsamında 45° açı tüm yönler için en iyi açı olarak tespit edilmiştir ancak birden fazla yatay panelden oluşan eleman ve kare-kafes eleman açısından eğim artışı görüş kısıtladığından daha düşük eğimli senaryolar önerilmiştir.

Magri Elouadgeri vd. (2021) makale çalışmalarında, sabit dış güneş kontrol elemanlarının termal konfor ve yıllık ısıtma-soğutma yükleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışma, sıcak ve kuru iklime sahip Cezayir'in Gardaya şehrinde 6m x 4m x 3m ölçülerinde, pencere-duvar oranı %36 olarak belirlenen varsayımsal bir mekanın güney cephesine farklı parametrik özelliklerdeki elemanlar yerleştirilerek TRNSYS.17 simülasyon aracı ile deneyler gerçekleştirmişlerdir.

Elemanlar, yatay paneller arasındaki boşluk, eğim açısı ve panellerin montajı olmak üzere 3 parametre üzerinden değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda;

- Simülasyonlar, dış güneş kontrol elemanlarının yaz aylarında yapının soğutma yüklerini azaltmada etkili olduğunu ve %19'a varan enerji tasarrufu sağladığını göstermiştir. Ancak, ısıtma için enerji talebi %38 oranında ve toplam yıllık enerji talebi %22 oranında olmak üzere önemli ölçüde artmıştır.
- Değerlendirilen her bir parametre (yatay paneller arasındaki boşluk, eğim açısı ve panellerin montajı) kendi içerisinde tekil olarak değerlendirildiğinde güney cephede 11 cm aralıklar ile yerleştirilmiş 2 m uzunluğunda, 120° açılı, 7 cm derinliğindeki elemanlar soğutma enerjisi bakımından en düşük değeri vermişlerdir.

Huang, L. vd. (2021) yaptıkları çalışmada, ABD'nin soğuk ve kuru iklimine sahip Colorado'da bulunan 6x4m ölçülerinde varsayımsal bir ofis modülünün güney cephesinde, farklı tasarımlarda güneş kontrol elemanlarının optimize edilmesiyle yapıda enerji tüketimleri açısından en uygun elemanın kullanımını için grafiksel geri bildirim tabloları sağlamaya çalışmışlardır. Çalışmada, eleman montaj şekli (yatay, dikey ve kare-kafes), eleman derinliği ve açısı parametreleri kapsamında farklı konfigürasyonlar analiz edilmiştir. Elde edilen verilere göre, derinliği 80 cm, açısı 45° olan yatay güneş kontrol elemanı bütünleşik performans açısından en iyi sonucu vermiştir.

Shahbazian (2020) gerçekleştirdiği çalışmada sıcak-kuru iklim özelliklerine sahip Ahvaz şehrinde bulunan bir konut yapısının güney cephesinde dış güneş kontrol elemanlarının yapının soğutma enerjisi tüketimi üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada, yatay ve dikey güneş kontrol elemanlarının farklı açılarda (0°, 45°, 60°) kullanılması durumunda enerji tasarruf oranları DesignBuilder yazılımı ile yapılan simülasyonlarla değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda güney cephesinde 10 adet 30 cm derinliğindeki yatay panelin 25 cm aralıklarla 60° açıyla yapı cephesinden 20 cm uzaklıkta yerleştirilmesi ile soğutma enerjisi yüklerini azaltmada en etkili sonuç alınmıştır.

Zhao vd. (2020), çalışmalarında Çin'in farklı iklim tiplerinde bulunan 4 şehirde varsayımsal olarak belirlenen geniş alanlı pencerelere sahip tipik bir yüksek katlı ofis yapısının yapısal parametrelerinin (yapı yönelimi, saydam yüzeylerin konfigürasyonu, çift katmanlı cam yüzeyler ve malzemeler) yanı sıra güneş kontrol elemanı kullanımının yapının ısıtma, soğutma, aydınlatma enerji tüketimini azaltmaya ve

termal konforunu arttırmaya yönelik etkisini DesignBuilder ve Energy Plus simülasyon araçları vasıtasıyla araştırmışlardır. Çalışmada, güneş kontrol elemanlarının farklı montaj açıları ve panel derinlikleri ile oluşturulan senaryolar yapının ısıtma-soğutma yüklerinin ve aydınlatma enerjisinin optimizasyonu göz önüne alınarak en uygun senaryo belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda sıcak yaz -ılık kış iklim özelliklerine sahip Guangzhou'da 270° (doğu-batı yönelimli) yapı yönlendirme açısı, 80° yatay güneş kontrol elemanı montaj açısı ve 60 cm eleman derinliği en uygun değerler olarak elde edilmiştir. Bunun yanı sıra soğutma enerjisi tüketimi ile aydınlatma enerjisi tüketimi arasında kısıtlayıcı bir ilişki olduğu görülmüştür.

Samaan vd. (2018) yaptıkları çalışmada sıcak-kuru iklimde bulunan Mısır'ın Mansura şehrinde, Mansura Üniversitesi Mühendislik Fakültesi yapısına ait 3 adet çizim salonunun çeşitli tasarım parametreleri alternatiflerini Energy Plus ve DesignBuilder simülasyon araçları ile test ederek soğutma yüklerinin optimize edilmesini amaçlamışlardır. Çalışmada yatay güneş kontrol elemanı, dikey güneş kontrol elemanı ve dış cephe panjur elemanının farklı derinliklerdeki (0.5m, 1m, 1.5m) varyasyonları diğer parametreler ile birlikte optimizasyon sürecine dahil edilmiştir. Simülasyonlar, kuzey cephesinde bulunan Çizim Salonu-1, güney cephesinde bulunan Çizim Salonu-2 ve batı cephesinde bulunan Çizim Salonu-3 olmak üzere 3 mekan üzerinden yürütülmüştür. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre;

- Dikey güneş kontrol elemanlarının üç çizim salonu için de, diğer güneş kontrol elemanlarına kıyasla soğutma yüklerini çok fazla azaltmamıştır.
- Yatay güneş kontrol elemanlarının, güney yönelimli Çizim Salonu-2 ve batı yönelimli Çizim Salonu-3 için soğutma yüklerinin azaltılmasında sırasıyla %18 ve %20 oranlarında azalma görülmüştür.
- Dış cepheye takılan panjur elemanı en fazla etkiyi batı yönelimli Çizim Salonu-3'te (%14), ardından güney yönelimli Çizim Salonu-2'de (%11) göstermiştir.
- Çalışma kapsamındaki diğer parametrelerin değerlendirilmesiyle optimizasyon
- sürecinde, en uygun güneş kontrol elemanı özellikleri; 0.5m derinliğinde ve 4 sıra kanatlı Panjur elemanı ve 1.5m derinliğinde saydam yüzey üzerine takılan yatay güneş kontrol elemanı olarak belirlenmiştir.
- Diğer tüm optimizasyon parametreleri ile kıyaslandığında, güneş kontrol elemanı kullanımının en verimli ve etkili yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

Ghosh vd. (2018), çalışmalarında Hindistan'ın sıcak ve nemli iklim özellikleri gösteren Kolkata şehrinde, saydam yüzeyi güney cephesine konumlandırılmış 5mx5mx3m ölçülerinde varsayımsal bir mekanın pencere/duvar oranı (WWR) ve pencere konumlandırması gibi geometrik faktörleri göz önüne alınarak, yapının ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi tüketimi değerlendirilmiştir. Yapının enerji tüketimlerini azaltmak amacıyla, yapının güney cephesinde bulunan 2mx1m ölçülerindeki saydam yüzey için yaygın kullanılan dış güneş kontrol elemanı tasarımlarının performansları EnergyPlus simülasyon aracı ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen verilere göre, yaygın kullanılan elemanlarla kıyaslandığında, enerji tüketiminde daha iyi performans gösteren dış güneş kontrol elemanı tasarımı önerilmiştir. Çalışmada, yatay, dikey, yatay eleman-yanlarında üçgensel dikey eleman, 2 altta yatay ve 2 yanlarda dikey ve yeni tasarlanan eleman olmak üzere 5 adet dış güneş kontrol elemanı eleman karşılaştırılmıştır. Senaryolar için belirlenen elemanların özellikleri;

- Senaryo-1 için yatayda, 2m uzunluğunda 50 cm derinliğinde,
- Senaryo-2 için dikeyde 3 adet 50 cm derinliğinde,
- Senaryo-3 için 50 cm derinliğinde 2 adet üstte yatay, 2 adet yanlarda üçgensel dikey eleman,
- Senaryo-4 için 2 adet üstte yatay, 2 adet yanlarda dikey 50 cm derinliğinde,
- Senaryo-5 için ise, yatay elemanın (33cm), aşağı doğru açılabilir sapaclarla devam eden farklı derinliklerdeki 4 adet üst üste binen yatay eleman,

şeklinde sıralanmıştır.

Yeni tasarlanan elemanın yatayda birbirleriyle yaptığı açılar ve eleman derinlikleri, en uzun yaz gününde (21 Haziran) ve en uzun kış gününde (21 Aralık) güneşten gelen ışınımın geliş açısı göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. Yeni güneş kontrol elemanının benzer iklime sahip diğer yerlerde de uygulanabilirliğini doğrulamak amacıyla, önerilen elemanın performansı ABD'deki Napoli ve Vietnam'daki Hanoi olmak üzere iki farklı yer için de değerlendirilmiştir. Her iki durumda da yeni güneş kontrol elemanı en düşük soğutma enerjisi tüketimine yol açarak diğer gölgelendirme türlerine kıyasla en düşük yıllık enerji tüketimini sağlamıştır (%4,62). Ondan sonra ise en iyi sonucu veren eleman, %4,19 oranı ile Senaryo-4 olmuştur.

Hernández vd. (2017) subtropikal iklim özellikleri gösteren Malaga şehrinde bulunan bir ofis yapısının saydamlık oranının yüksek olduğu güney ve doğu cephelerinde soğutma enerjisi yükünü azaltmak ve görsel konforu sağlamak amacıyla farklı

özelliklerdeki dikey ve yatay güneş kontrol elemanlarını TRNSYS simülasyon aracı ile analiz etmişlerdir. Güney cephede saydam yüzeyle 0° açı yapan, 100 cm derinliğinde, aralarındaki mesafe 50 cm olan 2 adet yatay güneş kontrol elemanı soğutma enerjisini azaltma bakımından en iyi sonucu vermiştir. Doğu cephesinde ise farklı açı değerlerinde (0°, 30°, 60°, -30°, -60°), 100 cm derinliğinde ve aralarında 50 cm mesafe olan dikey kontrol elemanlarını simüle etmişlerdir ve sonucunda 60° lik açının en etkili olduğu görülmüştür. Ancak 30 ve -30 açıları daha soğutma talebi, görsel konfor ve elektrik ışığı tüketimi arasında daha iyi bir denge sağlamıştır bu nedenle optimizasyon için önerilmiştir.

İzmir (2017) tez çalışmasında, Türkiye'nin sıcak ve nemli iklim özellikleri gösteren İzmir şehrinde bulunan mevcut bir ofis yapısının soğutma enerjisi tüketimini azaltmak amacıyla farklı özelliklerdeki güneş kontrol elemanlarının etkisini yapının 4 cephesi (kuzey-güney-doğu-batı) için DesignBuilder simülasyon aracı ile değerlendirmiştir. Dikey ve yatay panellerden oluşan güneş kontrol elemanlarını yatay paneller ve dikey paneller olarak cam yüzeyden uzaklık, derinlik, saydam yüzeyden taşan kısımların uzunluğu ve açı değişkenleri kapsamında oluşturulan senaryolar ile karşılaştırmıştır daha sonra elde edilen simülasyon sonuçlarından en uygun senaryo belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda yüksek açılarla gelen güneş ışınimleri sebebiyle en yüksek güneş kazancı elde edilen cephe olmasından dolayı sırasıyla Güney ve Batı cephelerinde güneş kontrol elemanı kullanımı için en uygun yönler olduğu görülmüştür. Öte yandan, Kuzeyde güneş kontrol elemanı kullanımının aydınlatma ve soğutma yükünün azaltılması açısından yapıya en az katkıyı sağlamıştır. Farklı cepheler için farklı özelliklerde belirlenen güneş kontrol elemanları arasından;

- Güney cephesinde, saydam yüzeyden dikey uzaklığı 0 cm, 100 cm derinliğinde ve saydam yüzeyden taşma hizası uzunluğu 45 cm olan yatay saçak,
- Doğu cephesinde, saydam yüzeyden yatay uzaklığı 25 cm, elemanlar arası mesafe 10 cm, 30 cm derinliğinde ve 25° açıyla yerleştirilmiş yatay panjur,
- Batı cephesinde, saydam yüzeyden dikey uzaklığı 0 cm, 200 cm derinliğinde ve saydam yüzeyden taşma hizası 45 cm olan yatay saçak,

Elemanları yapının soğutma yüklerini azaltma açısından en iyi sonuçları veren seçenekler olarak belirlenmişlerdir.

Alkhateeb (2017), Birleşik Arap Emirlikleri'ndeki ofis yapılarının güneydoğu ve güneybatı pencerelerinde farklı türlerdeki güneş kontrol elemanlarının (yatay, dikey ve kare-kafes) yapının soğutma enerjisi tüketimi üzerindeki etkisini test etmiştir.

Sonuçlar, kare-kafes güneş kontrol elemanı %1,6 değeri ile en yüksek enerji tasarrufunu sağlarken, yatay güneş kontrol elemanı %1,2 ve dikey güneş kontrol elemanı sadece %0,99 değerinde tasarruf sağlamıştır.

Idchabani vd. (2015) gerçekleştirdikleri çalışmalarında, ılıman iklim özellikleri gösteren Marakeş şehrinde 4x4x4m ölçülerinde belirledikleri varsayımsal bir mekan için yatay ve dikey güneş kontrol elemanı kullanımı ile yapının ısıtma ve soğutma enerji yüklerini azaltmayı hedeflemişlerdir. Mekanın güney, güneybatı, güneydoğu, kuzey, kuzeydoğu, kuzeybatı, batı ve doğu cephelerine sırasıyla yerleştirilen 1.5mx1.5m ölçülerindeki saydam yüzey için 4 adet yatay ve 4 adet dikey olmak üzere farklı güneş kontrol elemanı senaryoları TRNSYS simülasyon aracı ile simüle edilmiştir. Çalışmada elemanların derinliği saydam yüzeyin genişliğine göre oranlanarak “çıkma faktörü” kapsamında %15, %25, %40 ve %60 oran değerleri için soğutma yükü hesabı yapılmıştır. Senaryolar arasında, yatay güneş kontrol elemanı temel durum için, maksimum soğutma gereksinimleri doğu, batı, güneydoğu ve güneybatı yönlerinde kaydedilmiştir. En az soğutma talebinin kaydedildiği yön Kuzey cephesidir ancak bunun yanı sıra kullanılan yatay güneş kontrol elemanı en etkili sonucu verdiğinden Güney cephesinde de soğutma yükü azalmıştır. Yatay güneş kontrol elemanının, doğu, batı, güneydoğu ve güney cephesinde %60 değerindeki çıkma faktörü ile dikey güneş kontrol elemanından soğutma yükü açısından daha verimli sonuç verdiği görülmüştür.

Haghighi vd. (2015), ABD’nin beş farklı iklim bölgesinde tipik bir konut yapısı üzerinde Energyplus simülasyon aracı ile simülasyonlar gerçekleştirerek farklı güneş kontrol elemanı konfigürasyonları (yatay, dikey ve yatay+dikey kombinasyonlar) ve farklı cam türlerinin enerji verimliliğine etkisini tipik bir konut yapısı üzerinde değerlendirmişlerdir. Sıcak-nemli iklim bölgesinde bulunan Miami’de yapılan simülasyonlar sonucunda, 50 cm derinliğinde yatay ve saydam yüzey yan kenarlarında dikey olarak konumlanacak şekilde yatay ve dikey eleman kombinasyonun, yapının ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmada en etkili senaryo olduğunu belirlemişlerdir. Sıcak iklimlerde güneş kontrol elemanlarının enerji tüketiminde büyük bir azalma sağlarken, soğuk iklimlerde bu etki daha sınırlı kalmıştır.

Cho vd. (2014) makale çalışmalarında Seul Kore’de bulunan yüksek katlı bir konut yapısının yaz dönemi içerisinde (mayıs-haziran-temmuz-ağustos ayları) soğutma enerjisi tüketimini azaltmak amacıyla doğu, batı ve güney cephelerine dış sabit güneş kontrol elemanı tasarım analizi gerçekleştirmişlerdir. Mayıs-Eylül döneminde 4,0 m ×

3,2 m pencere modülü boyutunda 48 adet güneş kontrol elemanının soğutma enerjisi tasarruf potansiyelleri analizi DOE-2.1E simülasyon programı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda,

- Soğutma enerjisi tasarrufunda iki dış güneş kontrol elemanı (yatay ve dikey panel) ile güneş ısı kazancının azaltılması, soğutma enerjisi talebinde sırasıyla %19,7 ve %17,3'lük bir düşüşe yol açmıştır.
- Gölgeleme ve gün ışığından faydalanma açısından değerlendirilen simülasyon sonuçlarına göre cephe önünde alt alta birden fazla yerleştirilen yatay güneş kontrol elemanlarının tüm yönlerde performans bakımından nispeten üstün olduğu görülmüştür.
- Yatay güneş kontrol elemanlarının sabahları ve akşamları düşük açılarla gelen güneş ışınlamalarını, yapıların doğu ve batı cephelerinde etkili bir şekilde engelleyemediği değerlendirilmiştir. Ancak güneş radyasyonunun azaltılması amacıyla doğu cephesinde yatay eleman önerilmiştir.
- Doğu cephesinde, yatay yönelimli, 20cm derinliğinde ve elemanlar arası mesafe 60cm, batı cephesinde, dikey yönelimli 20cm derinliğinde, 40 cm aralıklarla yerleştirilen ve güney cephesinde ise yatayda 60cm derinliğinde tek panel özelliklerindeki güneş kontrol elemanları ısınmayı önleme açısından en etkili senaryolar olarak belirlenmiştir.

Freewan (2014) sıcak ve kuru iklim bölgesinde bulunan Ürdün Bilim ve Teknoloji Üniversitesi'nin güneybatı cephesine bakan ofislerinde kullanıcıların mekan içerisindeki aşırı ısınma ve yeterli gün ışığı alamamasından kaynaklanan probleme istinaden güneş kontrol elemanı kullanımının gün içerisindeki termal ortam ve hava sıcaklığı üzerindeki etkisini inceleyen bir makale çalışması gerçekleştirmiştir. Dikey, açılı dikey ve kare-kafes olmak üzere 3 farklı tipteki sabit güneş kontrol elemanının ofis pencerelerine monte edilmeleri sayesinde iç mekanların termal konforuna etkileri gerçek deneylerle incelenip karşılaştırılmıştır.

Dikey sabit elemanlar 10 cm genişliğinde, 5 cm'lik boşluklar ile 90° dik duracak şekilde düzenlenmiştir. Açılı dikey elemanlar 30 cm genişliğinde 17 cm boşluk kalacak şekilde 45° döndürülerek tasarlanmıştır. Kare-kafes sabit elemanlar 10 cm derinliğindeki dikey ve yatay elemanların bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. Dikey elemanlar arasında 15 cm boşluk, yatay elemanlar arasında ise 7.5 cm boşluk bırakılmıştır. Bu 3 farklı tipteki elemanların iç ortam hava sıcaklığına etkisi

IES/SunCast ve Radiance simülasyon programları ile incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda;

- Tüm güneş kontrol elemanlarının hava sıcaklığını saat 13:00'e kadar yaklaşık olarak aynı oranda düşürmüştür ancak açılı dikey elemanlar iç mekan hava sıcaklığını düşürmede en iyi sonucu vermiştir bunun yanında güneşin kritik derecede gerekli olduğu soğuk dönemde güneş ışınlarını tamamen engellediklerinden yeterli aydınlatma konforunu sağlayamamıştır.
- Kare-kafes eleman ise sıcak dönemlerde güneş ışınlarını engelleyerek ve soğuk dönemlerde ışığın bir kısmının girmesine izin vererek yıl boyunca daha iyi performans göstermiştir.
- Öte yandan, dikey güneş kontrol elemanı kullanıcılara saat 14:00'e kadar iyi bir çalışma ortamı sağlamıştır ancak 14:00'dan sonra doğrudan güneş ışığını engellemek için perde kullanmaları gerekmiştir.
- Görsel konforu sağlamak açısından dikey güneş kontrol elemanı daha geniş bir görüntü sağlayarak görsel konforu düşürmemiştir ve dikey çapraz elemana kıyasla kare-kafes eleman dışarıyla olan teması çok fazla engellememiştir.

Brittle vd. (2013), sıcak ve kuru iklim özelliklerine sahip Mısır'ın Aswan şehrinde, 20x20 m ölçülerinde ve 4,5 m yüksekliğinde varsayımsal olarak oluşturulan tek katlı bir ofis yapısı üzerinde çalışmışlardır. Doğu, batı ve güney cephelerinde sırasıyla 4x2 m ölçülerinde üç adet saydam yüzey bulunan bu yapıda, soğutma enerjisi yüklerinin azaltılması amacıyla farklı açılarda ve panel sayılarında yatay ve dikey güneş kontrol elemanları karşılaştırılmıştır. Tüm cepheler göz önüne alındığında, gün ışıınımına maruz kalma açısından güney cephesi en yüksek değeri verdiği için bu cephede etkili olan yatay güneş kontrol elemanı tercih edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, tüm cephelerde soğutma yükünü azaltmada en etkili sonucu veren güneş kontrol elemanı senaryosu, yatayda 30cm derinliğinde, 45° lik açılarla yerleştirilmiş 3 adet panel olacak şekilde belirlenmiştir.

Bellia vd. (2013) çalışmalarında, İtalya'nın 3 farklı iklim bölgesinde bulunan 3 şehir için (Palermo, Milano, Roma) varsayımsal bir ofis yapısının güney cephesinde güneş kontrol elemanı kullanımının ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerjisi tüketimlerine etkisini incelemişlerdir. Daha sonra yapının fenestrasyon oranının yoğun olduğu uzun cephesini doğu-batı yönünde yönlendirerek ayrıca bu cepheler için uygun güneş kontrol elemanı analizi yapılmıştır. Klimalı olduğu varsayılan yapıya dış sabit güneş kontrol elemanları uygulayarak elde edilebilecek enerji performansları, EnergyPlus

aracılığıyla hem soğuk hava dönemi hem de sıcak hava dönemi için değerlendirilmiştir. Çalışmada, literatür taraması sonucunda elde edilen bilgiler doğrultusunda güney cephede etkili olan tek panel yatay eleman ve doğu-batı cephelerinde etkili olan birkaç yatay panelden oluşan panjur elemanı seçilmiştir. Elemanlar, eleman derinliği, eleman açısı, paneller arası mesafe ve elemanın saydam yüzeyden uzaklığı parametreleri kapsamında karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak,

- Ilımlı-nemli iklim özelliklerine sahip Palermo şehrinde, Güney cephede, 100 cm derinliğinde 1 adet yatay panelden oluşan güneş kontrol elemanı yıllık toplam enerji tüketimi değeri açısından %20'lik bir düşüş sağlayarak en iyi sonucu vermiştir.
- Aynı şekilde Palermo'da, Doğu ve Batı cephelerinde 10 adet yatay panelden oluşan, 15cm derinliğe ve 25° açığa sahip yatay güneş kontrol elemanı yıllık enerji tüketim değerini en iyi oranda azaltmıştır.
- Yapının kısa kenarlarının doğu-batı yöneliminde olması fenestasyon alanlarının güney cephesinde yoğun olmasından dolayı, yatay saçak elemanının yatay panjur elemanına göre enerji gereksinimleri üzerindeki etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür.
- Yapının yönelimini değiştirerek uzun kenarları doğu-batı yönlerine getirerek yapılan analiz sonucunda en uygun güneş kontrol elemanı 10 adet yatay panelden oluşan, 15cm derinliğe ve 25° açığa sahip yatay güneş kontrol elemanı yıllık enerji tüketim değerini en iyi oranda azaltmıştır.

Zomorodian vd. (2013) çalışmalarında, İran'ın sıcak ve kuru ikliminde yer alan mevcut bir okul yapısının mimari tasarım parametrelerini optimize ederek enerji verimliliğini artırmayı amaçlamışlardır. Enerji tüketimini azaltmak için yapının yönelimi, pencere-duvar oranı, güneş kontrol elemanları ve cephe açısı gibi stratejiler dinamik simülasyonlarla analiz edilmiştir. Bu kapsamda, DesignBuilder ve EnergyPlus simülasyon araçları kullanılarak yapı modelleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Çalışmada, ısıtma, soğutma ve aydınlatma enerji yükleri değerlendirilmiş ve her cephede farklı güneş kontrol stratejileri uygulanarak optimum değerler belirlenmiştir. Güney cephesinde duvar eğiminin 0 derece olduğu senaryoda en uygun eleman derinlikleri; güney cephesi için 60 cm yatay panel ve doğu ile batı cephelerinde 50 cm kare-kafes elemanlar olarak bulunmuştur. Bu optimizasyonlar sonucunda, ısıtma ve soğutma yükleri dengelenmiş, %31 oranında enerji tasarrufu sağlanmıştır. Çalışma, mimari tasarım stratejilerinin enerji verimliliği üzerindeki

etkisini ortaya koyarak benzer iklim koşullarına sahip diğer yapılarda da uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Ali (2012) çalışmasında Mısır'ın sıcak ve kuru iklim özelliklerine sahip Yeni Assiut şehrinde bulunan tipik bir konut yapılarında dikey güneş kontrol eleman derinliğinin yapının termal performansı üzerindeki etkisini araştırmıştır. TAS simülasyon aracını kullanarak yapının 4 cephesinde de farklı derinlik ölçülerindeki (12 cm, 25 cm, 50 cm, 75 cm, 100 cm) dikey kontrol elemanlarını iç ortam sıcaklığını düşürme etkisi açısından analiz etmiştir. Çalışmanın sonucunda, derinliği 100 cm olan dikey elemanlar tüm yönler için en düşük iç ortam sıcaklık değerlerini kaydetmiştir. Derinliğin 38 cm'den daha fazla olması kuzey cephesinde düşük bir etkiye sahip olmuştur. Uzunluğu 12 cm olan dikey elemanlar tüm yönler için en yüksek iç ortam sıcaklık değerlerini kaydetmiştir. Doğu, batı ve güney cephelerinde dikey güneş kontrol elemanı derinliğinin artırılmasının güçlü bir etkisi olduğu görülmüştür.

Cirit (2012) yaptığı tez çalışmasında mevcut bir konut yapısında, mekanların dış saydam yüzeylerine farklı yönlerde yatay ve dikey güneş kontrol elemanları ekleyerek, bu alternatiflerin yapının yıllık soğutma yüklerine olan etkisini değerlendirmek ve yapının soğutma yüklerini azaltmayı hedeflemiştir. Mevcut konut yapısı ılımlı-nemli iklim özelliklerine sahip olan İstanbul ilinde seçilmiştir ve ilk etapta bu konuma göre yapılan simülasyon sonuçları referans veriler olarak belirlenmiştir. Simülasyonlar mevcut yapının sıcak-kuru iklim özelliklerine sahip Antalya ve sıcak-kuru iklim bölgesine sahip Diyarbakır illerinde olduğu varsayılarak gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla bu özelliklere uygun güneş kontrol elemanı seçenekleri değerlendirilmiştir. Çalışmada tüm cephelere (doğu-batı-kuzey-güney) ait saydam yüzeylere 50 cm derinliğinde yatay ve dikey güneş kontrol elemanları takılarak yapının yıllık soğutma enerjisi yüklerine etkisi DesignBuilder simülasyon aracı ile yapılan enerji simülasyonları ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar:

- Ilımlı-nemli iklim bölgesinde bulunan mevcut yapı üzerinde yapılan simülasyon sonuçlarına göre soğutma yüklerindeki maksimum azalmayı yatay elemanın güney cephede ve dikey güneş kontrol elemanlarının doğu ve batı cephelerinde birlikte kullanılması durumunda % 42,44 oranı ile sağlamıştır.
- Sıcak-nemli iklim bölgesinde bulunan Antalya'da yapılan simülasyon sonuçlarına göre dış yatay elemanın güney cephede ve dış dikey güneş kontrol elemanlarının doğu ve batı cephelerinde birlikte kullanılması durumunda % 28,12 oranı ile soğutma enerjisinde en yüksek tasarruf sağlanmıştır.

- Sıcak-kuru iklim bölgesinin temsili Diyarbakır'da soğutma enerjisi yükündeki azaltmayı en çok dış yatay elemanın güney cephede ve dış dikey güneş kontrol elemanlarının doğu ve batı cephelerinde birlikte kullanılması sonucunda %35,67 oranı ile azaltmıştır.

Kim vd. (2012) ılıman subtropikal iklim ile nemli karasal iklim arasında bir iklime sahip olan Güney Kore'nin Seoul şehrindeki bir konut yapısının güney cephesine farklı konfigürasyonlar ile oluşturulan sabit güneş kontrol elemanları tasarlayarak, yapının ısıtma ve soğutma enerjilerinde tasarruf sağlamayı amaçlamışlardır. Çalışmada sabit güneş kontrol elemanlarından; farklı uzunluklardaki saçak, perde sistemi, farklı uzunluklardaki ışık rafı ve dikey güneş kontrol elemanı tiplerini farklı açı aralıklarında (0° - 80°) kullanarak, IES VE enerji simülasyon aracı ile enerji tüketimi analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre;

- Dış güneş kontrol elemanlarından olan dikey güneş kontrol elemanı, iç mekanda kullanılan güneş kontrol elemanına göre soğutma enerjisini düşürmede %11 oranında daha iyi performans göstermiştir.
- Farklı çıta açıları ile elde edilen tüm güneş kontrol elemanı tiplerinde (dikey güneş kontrol elemanı ve jaluzi perde sistemi) soğutma enerjisi tüketimi 0° çıta açısında en aza inmekte ve 60° çıtada en yüksek seviyeye ulaşmaktadır.

Nedhal ve Fadzil (2011) Malezya'nın sıcak-nemli ikliminde bulunan yüksek katlı bir konut yapısında aşırı ısınan iç mekan termal konforunu iyileştirmek ve yıllık soğutma enerjisi yüklerinde artışa yol açan güneş radyasyonu emilimini azaltmak amacıyla farklı tiplerdeki (yatay eğimli eleman, dikey eleman, yatay eleman ve kare-kafes eleman) dış sabit güneş kontrol elemanlarının performansları IES VE enerji simülasyon aracı ile güneş kontrol elemanı kullanılmayan temel senaryo ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda kare-kafes elemanlar, çeşitli güneş açılarından gelen güneş radyasyonunu önleyen konfigürasyonları nedeniyle aşırı ısınmadan kaynaklı iç mekan konforsuzluğunun giderilmesinde etkili olmuştur.

Literatür taraması dahilinde incelenen çalışmalar sonucunda, yapının bulunduğu iklim koşulları, mimari özellikleri ve cephesinde kullanılan güneş kontrol elemanlarının çeşitli özelliklerine göre farklı koşullar altında farklı sonuçlar elde edildiği ve tek bir seçeneğe indirgemenin mümkün olmadığı görülmüştür. Dolayısıyla iklime, cephe yönüne ve yapının işlevine vs. göre birden fazla seçenek/senaryo ile optimum tasarım alternatiflerine ulaşılabileceği görülmektedir. İncelenen çalışmalar doğrultusunda

güneş kontrol elemanlarının özellikleri ve gösterdikleri performansın genel sonuçları değerlendirildiğinde;

- Güneş kontrol elemanı kullanımı sonucunda gün ışıınının yapıya girmesi azaltıldığından soğuk hava dönemlerinde ısınmaya yardımcı olan kazanımlar azalmaktadır bu nedenle sadece soğutma sistemi için enerji tasarrufu sağlarken, hem ısıtma hem de aydınlatma sistemleri için enerji gereksinimlerinde artışa yol açmaktadır. Bu nedenle, yapı için en iyi enerji çözümü yıllık toplam enerji talebini en aza indiren seçenekler olarak değerlendirilmesi gerektiği,
- Güney cephelerde yatay elemanların, doğu-batı cephelerinde ise güneşin geliş açısından dolayı dikey elemanların daha verimli olduğu,
- Sıcak iklim bölgelerinde kare-kafes sistemlerin mekanların aşırı ısınmasını engellediği ancak görsel konfor açısından yetersiz kaldığı,
- Dış cephe güneş kontrol elemanlarının, iç mekanda kullanılan kontrol elemanlarına göre termal konforu sağlamada daha etkili olduğu,

sonuçlarına ulaşılmıştır.

Ancak bazı çalışmalarda farklı tiplerdeki güneş kontrol elemanlarının çeşitli konfigürasyonlarının beraber kullanımında termal konfor ve soğutma yükleri açısından çok daha verimli sonuçlar elde edilebildiği ve literatürün aksine farklı iklim tiplerinde ve sıcaklık dönemlerinde bazı güney cephelerde dikey elemanların daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Buna dayanarak, içinde bulunulan mevcut durum kapsamında kullanılacak olan eleman çeşitlerinin ve bunların farklı konfigürasyonlarının bir arada kullanıldığı optimum performansın sergilendiği senaryo tespit edilerek yapının verimini en çok arttıracak senaryo önerilmelidir.

Sonuç olarak, yapının içinde bulunduğu şartlar ve özellikler kapsamında yere özgü deneylerin ve önerilerin yapılması, yapılan çalışmanın verimliliğini ve çalışabilirliğini sağlayabilecektir. Genel ve kesin bir sonuca ulaşmaya çalışılmasının yanıltıcı olabilecektir. Bu durumda yapıya özgü özellikler göz önünde bulundurularak deneysel çalışmalar ve simülasyonlar arttırılmalıdır.

Bu çalışmada da ılımlı-nemli iklim bölgesinde bulunan mevcut bir eğitim yapısı içerisinde bulunan ofis odalarında, farklı türlerdeki sabit güneş kontrol elemanlarının farklı yönlerde (güney-doğu-batı), derinlikleri ve açılarının değişiklik gösterdiği senaryoların DesignBuilder aracı ile yapılan enerji simülasyonları vasıtasıyla yapının

yıllık soğutma enerjisi yüklerinin hesaplanması bunun yanı sıra ısıtma yüklerinin de optimize edilmesi hedeflenmektedir. Dolayısıyla yapının toplam yıllık enerji tüketimleri değerlendirilmiştir ve çıkan sonuçlara göre iyileştirme önerileri getirilmiştir.

Literatür taraması kapsamında farklı iklim özelliklerine sahip bölgelerde, farklı işlevlere sahip yapılarda güneş kontrol elemanı kullanımının yapıların enerji tüketimi optimizasyonunu sağlamak amacıyla gerçekleştirilen ve soğutma enerjisi tüketimi açısından en etkin sonucu veren senaryolar değerlendirilmiştir. İncelenen çalışmalar çalışmanın yapıldığı yıla göre sıralanarak **Tablo 4.1’de** verilmiştir.

Tablo 4.1: İncelenen referans çalışmalarda en etkin sonucu veren güneş kontrol elemanı özelliklerine ait senaryolar.

■ Güney ■ Doğu ■ Batı ■ G.Doğu ■ G.Batı
■ Yatay ■ Dikey ■ Kare-Kafes

REFERANS ÇALIŞMANIN ADI/YAZAR/YIL	İKLİM TİPİ / ENLEM	YAPI FONKSİYONU	SİMÜLASYON PROGRAMI	BAĞIMLI DEĞİŞKEN	BAĞIMSIZ DEĞİŞKENLER												ÇALIŞMAYA AİT TOPLAM SENARYO SAYISI ve PARAMETRE DEĞERLERİ	SONUÇLAR
				ENERJİ TÜKETİM TÜRÜ	CEPHE YÖNÜ			ELEMANTÜRÜ	ELEMANTİN POZİSYONU			ELEMANTDERİNLİĞİ (cm)	ELEMANTAÇISI (°)	ELEMANT SAYISI	ELEMANTARALIĞI (cm)	ELEMANTİN CEPHEDEKİ UZAKLIĞI (cm)		
					GÜNEY	DOĞU	BATI		YATAY	DİKEY	KARE-KAFES							
İlımlı-Nemli İklim Bölgelerinde Gölgeleme Elemanlarının Bina Enerji Performansına Etkisinin Değerlendirilmesi Erkan E. Ş. (2024)	İLİMLİ-NEMLİ 41° KUZEY	V. OFİS MODÜLÜ	Designbuilder	Isıtma-Soğutma T.Enerji Tük. Görsel Etkinlik	X			SABİT	X			40	15	-	20	30	864 Senaryo C.Yönü: G / D / B E. Türü: Y / D E. Derinliği: 20,30,40(cm) E. Aralığı: 20,40,60,80(cm) E.Açısı: 0,15,30,45(°) E.C.Uzaklık: 10,30,50(cm) Yıllık ısıtma-soğutma Görsel Etkinlik Yüzdesi	• Soğutma enerjisi tüketimine kıyasla ısıtma enerjisi tüketiminin, toplam enerji tüketimine daha az etkisi olduğu bulunmuştur. • Literatürün aksine, bazı durumlarda güney cephede dikey elemanların, doğu ve batı cephelerinde ise yatay elemanların olumlu sonuçlar sağladığı gözlemlenmiştir. • Elemanların yapı cephesinden uzaklığı değişkeninin ele alınan değerler kapsamında enerji tüketimine etkisinin çok düşük olduğu tespit edilmiştir
						X				X		40	15	-	20	30		
							X			X		40	15	-	20	30		
Investigations into impacts of fenestration and shading variation on ventilation and energy performance of an office in cooling and heating seasons Yi, X. vd. (2024)	NEMLİ-SUBTROPİKAL 31°13' KUZEY	V. OFİS MODÜLÜ	Energy Plus	Isıtma-Soğutma Görsel Etkinlik	X			SABİT	X			60	45	4	-	0	11.760 Senaryo C.Yönü: G / D / B / K Pencere-Duvar Oranı E. Türü: Y / D E. Derinliği: 30,40,60,90,120,150(cm) E.Açısı: 30,45,60,75,90,105,120,135,150 (°) E.Sayısı: 1,2,4,6 (ad)	•Cephe yönlerine göre özelleştirilmiş güneş kontrol elemanı kullanımı enerji verimliliği üzerinde büyük etki göstererek enerji tüketimini %93,8'e kadar azaltmıştır. •Doğu ve batı cephelerinde dikey güneş kontrol elemanlarının kullanılması, yaz aylarında güneşten gelen ısı kazanımlarını sınırlarken kış aylarında doğal havalandırmayı desteklemiştir. •Güney cephelerinde yatay ve eğimli güneş kontrol elemanları yıl boyunca iç mekân sıcaklığını optimize etmiştir.
						X				X		120	75	6	60	0		
							X			X		120	75	6	60	0		
Window and Shading Design for Office Buildings in Humid Subtropical Climate: An Energy Efficient Solution for New and Existing Buildings Nazari, S. vd. (2023)	NEMLİ-SUBTROPİKAL 33.75° KUZEY	M. OFİS YAPISI	Grasshopper / Ladybug	Isıtma-Soğutma Aydınlatma	X			SABİT	X			50	30	1	-	-	265 Senaryo C.Yönü: G / K E. Türü: Y E. Derinliği: 30≤d≤70(cm) E.Açısı: -40≤d≤40(°) E.Sayısı: 1≤n≤5(ad)	• Eleman sayısı ve derinlik arttıkça enerji tüketimi ve rahatsızlık saatleri artmıştır çünkü görsel konforda önemli kayıplara neden olmuştur.
A multi-objective optimization approach to designing window and shading systems considering building energy consumption and occupant comfort Nazari, S. vd. (2023)	SICAK-KURU 35.683° KUZEY	V. OFİS MODÜLÜ	Grasshopper / Ladybug	Isıtma-Soğutma Aydınlatma	X			SABİT	X			40	-15	4	-	0	20.000 Senaryo C.Yönü: G / D / B / K Pencere-Duvar Oranı E. Türü: Y / D E. Derinliği: 10≤d≤70(cm) E.Açısı: -45≤d≤45(°) E.Sayısı: 1≤n≤5(ad) E.C.Uzaklık: 10≤d≤30(cm)	• Kontrol elemanlarının derinliği ve açısı enerji tüketimi ve konfor açısından önemli parametreler olarak tespit edilmiştir.. • Özellikle güneş ışınının yoğun olduğu doğu ve batı cephelerinde, daha derin güneş kontrol elemanları tercih edilmiştir. Elemanların cepheye uzaklığının artırılması, özellikle güney cephesinde toplam enerji tüketiminde olumlu etkiler yaratmıştır.
						X			X			70	45	1	-	20		
							X			X		70	35	1	-	10		
The Effect of Using Horizontal Shading Elements on the Energy Efficiency of Multistory Residential Buildings Alotman, R. A. T vd. (2023)	SICAK-KURU 30.1° KUZEY	V. ODA MODÜLÜ	Designbuilder	Isıtma-Soğutma T.Enerji Tük.	X			SABİT	X			180	0	1	-	-	48 Senaryo C.Yönü: G / D / B / K E. Türü: Y E. Derinliği: 120,180,240(cm) E.Açısı: 0(°)	• Yatay güneş kontrol elemanlarının enerji verimliliği üzerindeki etkisinin yapı yönelimine ve iklime bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. • Enerji tüketimini azaltmada özellikle Güney, Güneydoğu ve Güneybatı yönelimleri için yatay güneş kontrol elemanlarının kullanımı büyük fayda sağlamıştır.
					X	X			X			240	0	1	-	-		
					X		X		X			240	0	1	-	-		
Shading design optimization in a semi-arid region: considering energy consumption, greenhouse gas emissions, and cost Dokhanian, F. vd. (2023)	SICAK-KURU 36.2152° KUZEY	M. EĞİTİM YAPISI	Energy Plus	Isıtma-Soğutma T.Enerji Tük.	X			SABİT	X			100	10	1	-	-	3600 Senaryo C.Yönü: G E. Türü: Y / D E. Derinliği: 10≤d≤100(cm) E.Açısı (Yatay): 0≤d≤60(°) E.Açısı (Dikey): 0≤d≤30(°)	•Güneş kontrol elemanların senaryolarının geometrisinin ilk optimizasyonu genetik algoritma ve aydınlatma, enerji ve malzeme tüketimi amaç fonksiyonları kullanılarak yapılmıştır. Çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik gibi önemli yaşam döngüsü parametreleri, elemanların tasarımında kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır.
External shading and its effect on the energy efficiency of Tehran's office buildings Heidarzadeh, S. vd. (2023)	SICAK-KURU 35.7° KUZEY	V. OFİS MODÜLÜ	Grasshopper / Ladybug	Isıtma-Soğutma Aydınlatma	X			SABİT			X	30	DİKEY:90 YATAY:0	DİKEY: 12 YATAY: 8	D: 45.40 Y: 42.80	10	1800 Senaryo C.Yönü: G / D / B / K P.-D. Oranı: %50,%70,%90 E. Türü: Y / D / D+Y E. Derinliği: 15≤d≤50(cm) E.Açısı: 0,90(°) E.Sayısı: 5≤n≤15(ad) E. Aralığı: 30≤d≤60(cm) E.C.Uzaklık: 10≤d≤20(cm)	•Yatay gölgeleme elemanları dikey gölgeleme elemanlarına kıyasla soğutma yükünü azaltmada daha etkili olmuştur. •Görsel konfor açısından da yatay elemanlar, çalışma alanında ışığın daha homojen dağılmasını sağlamıştır. •Eleman sayısının artırılması ve aralıkların küçültülmesi, enerji tüketimini azaltmış ve görsel konforu artırmıştır.

Tablo 4.1: İncelenen referans çalışmalarda en etkin sonucu veren güneş kontrol elemanı özelliklerine ait senaryolar (devam).

The Energy Performance of Shading Element and Double Skin Facade System Integration into Office Buildings in Turkey Qurraie, B. S., & Havva, KOCA.(2023)	ILIMLI-NEMLİ 40° KUZEY	M. OFİS YAPISI	Designbuilder Solar Tool	Isıtma- Soğutma	X	X		SABİT	X			150	30	1	-	-	6 Senaryo C.Yönü: G.D. / G.B. E. Türü: Y / D E. Derinliği: 15,50,150(cm) E.Açısı (Yatay): 0≤d≤30(°) E.Sayısı: 1,3,10,30 (ad)	•30° eğimli ve 150 cm genişliğindeki gölgeleme elemanları içeren S2 senaryosu, soğutma yükünde %30,73 oranında bir azalma sağlamıştır.Hem enerji tasarrufu sağlanmış hem de görsel konfor korunmuştur. •Gölgeleme elemanlarının çift cidarlı cephe sistemleriyle birlikte kullanıldığı senaryolar, enerji performansını artırmıştır.
External Solar Shading Design for Low-Energy Buildings in Humid Temperate Climates. Salavatian, S. (2022)	ILIMLI-NEMLİ 37° KUZEY	V. KONUT YAPISI	Designbuilder	Isıtma- Soğutma Aydınlatma	X			SABİT	X			40	60	-	30	-	32 Senaryo C.Yönü: G / D / B / K E. Türü: Y E. Derinliği: 10,20,30,40(cm) E.Açısı: 0,30,45,60(°) E. Aralığı: 30,50(cm) E.C.Uzaklık: 10,30(cm)	• Ilımlı-nemli iklim bölgelerinde güney cephelerde yatay güneş kontrol elemanı kullanımı soğutma enerjisi yüklerinde azaltma sağlamıştır. • Enerji tüketimine etki sağlaması bakımından en etkili parametreler eleman açısı ve eleman derinliği olarak görülmüştür. Elemanların saydam yüzeyden uzaklığının ve aralarındaki mesafenin enerji tüketimleri açısından etkisiz olduğu görülmüştür.
Analysis Of Fixed Shading Devices In Brazilian Elementary Schools Regarding Cooling Energy Demand And Daylighting Gnecco, V. vd. (2022)	ILIMLI-NEMLİ 27.59° GÜNEY	M. EĞİTİM YAPISI	Designbuilder Energy Plus	Soğutma Görsel Konfor	X			SABİT	X			67	0	1	-	-	42 Senaryo C.Yönü: G / D / B / K E. Türü: Y / D E. Derinliği: 37≤d≤99(cm) E.Uzunluğu: 22≤d≤100(cm) E.Açısı: 0,90(°) E. Aralığı: 40(cm)	•En iyi soğutma performansı sağlayan elemanlar her zaman en iyi gün ışığı performansını göstermemiştir. Dikey elemanlar, soğutma talebini azalırken, gün ışığı aydınlatma oranlarını düşmüştür. •Sabit güneş kontrol elemanları iyi tasarlandıklarında hareketli elemanlara kıyasla sadece biraz daha fazla enerji tüketmektedir.
						X			X			60	0	3	40	-		
							X		X			60	0	3	40	-		
The effects of shading devices on office building energy performance in Mediterranean climate regions Koç, S. G. vd. (2021)	SICAK-NEMLİ 36.87° KUZEY	V. OFİS MODÜLÜ	Designbuilder	Isıtma- Soğutma T. Enerji Tük. Aydınlatma	X			SABİT	X			50	0	-	-	-	1485 Senaryo C.Yönü: G / D / B / B E. Türü: Y / D / K. K. P.-D. Oranı: %50-%75-%100 E. Derinliği: 50,100,150(cm) E.Açısı: 0,15,30,45(°)	• Derinliğin 0,5 m'den 1 m'ye çıkarılması, derinliğin 1 m'den 1,5 m'ye çıkarılmasına göre daha fazla toplam enerji tasarrufu sağlamıştır. • Doğu ve batı yönlerindeki yatay güneş kontrol elemanları, dikey elemanlardan daha iyi performans göstermiştir. • Yatay elemanın açısı parametresi kapsamında 45° açı tüm yönler için en iyi açı olarak tespit edilmiştir.
						X			X			150	45	1	-	-		
							X		X			150	45	1	-	-		
Energy efficient design optimization of a building envelope in a temperate and humid climate Sadafi, N. vd. (2021)	ILIMLI-NEMLİ 36° KUZEY	M. KONUT YAPISI	Designbuilder Energy Plus	Isıtma- Soğutma T. Enerji Tük.	X			SABİT	X			30	0	4	-	-	54 Senaryo C.Yönü: G E. Türü: Y P.-D. Oranı: %15-%25-%35-%45 E. Derinliği: 30,60,90(cm) E.Açısı: 0(°)	• Sıcak ve soğuk hava dönemlerinde yatay elemanların, dikey olanlara kıyasla daha iyi enerji performansı göstermiştir. Derinlik arttıkça yatay elemanların sıcak mevsimlerde daha düşük soğutma yükü sağlarken, soğuk mevsimlerde güneş radyasyonunun emilimini arttırmaktadır.
A graphical multi-objective performance evaluation method with architect-friendly mode. Huang, L. vd. (2021)	SOĞUK-KURU 40.13° KUZEY	V. OFİS MODÜLÜ	Grasshopper / Ladybug	Isıtma- Soğutma T. Enerji Tük.	X			SABİT	X			80	45	1	-	-	120 Senaryo C.Yönü: G E. Türü: Y / D E. Derinliği: 50≤d≤100(cm) E.Açısı: 0,45,90(°)	•Eleman montaj şekli (yatay, dikey ve kare-kafes), eleman derinliği ve açısı parametreleri kapsamında farklı konfigürasyonlar analiz edilmiştir. •Derinliği 80 cm, açısı 45° olan yatay güneş kontrol elemanı bütünsel performans açısından en iyi sonucu vermiştir.
Impact of external shading devices on the amount of energy consumption for cooling in a mid-rise residential building in a hot-dry climate: The case of Ahvaz. Shahbazian, D. (2020)	SICAK-KURU 31°20' N	M. KONUT YAPISI	Designbuilder	Soğutma	X			SABİT	X			30	60	10	25	20	7 Senaryo C.Yönü: G E. Türü: Y / D E. Derinliği: 50≤d≤100(cm) E.Açısı: 0,45,60(°)	• Genel olarak yatay elemanlar, dikey elemanlara kıyasla enerji tasarrufunda daha etkili bulunmuştur. Dikey elemanların enerji tasarrufu potansiyeli daha sınırlı olduğu görülmüştür.En yüksek enerji tasarrufu, doğuya 45 derece açıyla yerleştirilmiş dikey eleman ile sağlanmıştır
Multi-objective optimization design for windows and shading configuration considering energy consumption and thermal comfort: A case study for office building in different climatic regions of China Zhao, J., & Du, Y. (2020)	ILIMLI-NEMLİ 23.13° KUZEY	V. OFİS YAPISI	Designbuilder Energy Plus	Isıtma- Soğutma Aydınlatma	X	X	X	SABİT	X			60	80	-	-	-	287 Senaryo C.Yönü: G / D / B / K E. Türü: Y / D E. Derinliği: 10≤d≤100(cm) E.Açısı: 0≤d≤180(°)	•Yalnızca yatay elemanlardan oluşan konfigürasyonlar arasından, 270° (doğu-batı yönelimli) yapı yönlendirme açısı, 80° yatay güneş kontrol elemanı montaj açısı ve 60cm eleman derinliği en uygun değerler olarak elde edilmiştir. •Soğutma enerjisi tüketimi ile aydınlatma enerjisi tüketimi arasında kısıtlayıcı bir ilişki olduğu görülmüştür.
Using simulation tools for optimizing cooling loads and daylighting levels in Egyptian campus buildings Samaan, M. vd. (2018)	SICAK-KURU 31.04° KUZEY	M. EĞİTİM YAPISI	Designbuilder Energy Plus	Soğutma Görsel Konfor	X			SABİT	X			150	0	1	-	-	32 Senaryo C.Yönü: G / B / K E. Türü: Y / D Çatı P. Oranı P.-D. Oranı: %20,%30,%40,%50 E. Derinliği: 50,100,150(cm) E.Açısı: 0,90(°)	•Yüksek güneş radyasyonu ve uzun yaz dönemlerine sahip olan bölgede batı cephesinden gelen düşük açılı öğleden sonra güneşi, yatay elemanlar kullanılarak daha etkili bir şekilde engellenmiştir. •Eleman derinliği arttıkça soğutma yükleri %18-20 oranında azaltılmıştır. •Yatay elemanlarla, batı cephesindeki doğrudan ışığı engelleyerek doğal gün ışığının kontrollü şekilde mekana alınması sağlanmıştır. •Gölgeleme elemanlarının doğru kullanımı, cam türlerinin seçimi ve havalandırma stratejileri, soğutma yüklerini %26-31 oranında azaltmıştır.
							X		X			150	0	1	-	-		

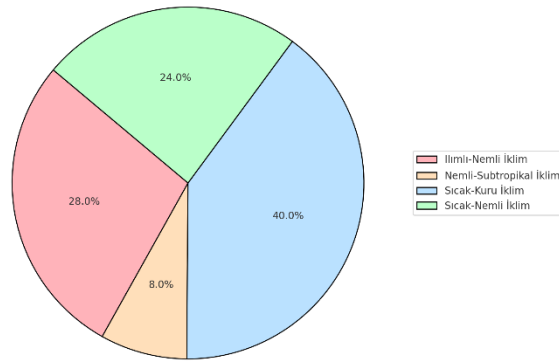
Tablo 4.1: İncelenen referans çalışmalarda en etkin sonucu veren güneş kontrol elemanı özelliklerine ait senaryolar (devam).

Effects of louvers shading devices on visual comfort and energy demand of an office building Hernández, F. F. vd. (2017)	SICAK-NEMLİ 36.67° KUZEY	M. OFİS YAPISI	TRNSYS	Soğutma Aydınlatma	X			SABİT	X			100	0	2	50	-	12 Senaryo C.Yönü: G / D E. Türü: Y / D E. Derinliği: 100(cm) E.Açısı (Yatay): 0(°) E.Açısı (Dikey): -60,-30,0,30,60(°) E. Aralığı: 50(cm)	•Güney cephedeki eleman açılarının etkisi önemli değildir, bu nedenle eleman açısının etkisi sadece doğu cephesi için analiz edilmektedir. •Doğu cephesinde 30 ve -30 açıları daha soğutma talebi, görsel konfor ve elektrik ışığı tüketimi arasında daha iyi bir denge sağlamıştır bu nedenle optimizasyon için önerilmiştir.
Performance Optimisation Of Office Buildings In The Context Of Overheating And Daylighting With External Shadings İzmir Ç. G. (2017)	SICAK-NEMLİ 38°24' KUZEY	M. OFİS YAPISI	Designbuilder	Soğutma Aydınlatma	X			SABİT	X			10	0	1	-	0	300 Senaryo C.Yönü: G / D / B / K E. Türü: Y / D / Y+D E. Derinliği: 10,20,30(cm) E.Açısı (Yatay): 0,15,30,45(°)	•Yüksek açılarla gelen güneş ışımları sebebiyle en yüksek güneş kazancı elde edilen cephe olmasından dolayı sırasıyla Güney ve Batı cephelerinde güneş kontrol elemanı kullanımı için en uygun yönler olduğu görülmüştür. •Kuzeyde güneş kontrol elemanı kullanımının aydınlatma ve soğutma yükünün azaltılması açısından yapıya en az katkırı sağlamıştır.
The effect of shading design and materials on building energy demand. Haghighi, N. vd. (2015)	SICAK-NEMLİ 25.78° KUZEY	M. KONUT YAPISI	Energy Plus Ecotect	Isıtma- Soğutma T. Enerji Tük.	X			SABİT	X	X		50	0-90	Y:1 D:2	-	-	15 Senaryo C.Yönü: G / D / B E. Türü: Y / D / D+Y E. Derinliği: 50,100,150(cm) E.Açısı: 0,90(°)	• Miami gibi sıcak-nemli iklimlerde, kombine gölgeleme elemanları (yatay saçak ve dikey kanat) soğutma yükünü düşürmede en verimli yöntem olarak öne çıkmıştır. • Sıcak iklimlerde güneş kontrol elemanlarının enerji tüketiminde büyük bir azalma sağlarken, soğuk iklimlerde bu etki daha sınırlı kalmıştır.
Viability of exterior shading devices for high-rise residential buildings: Case study for cooling energy saving and economic feasibility analysis Cho, J. vd. (2014)	SICAK-NEMLİ 22.30° KUZEY	M. KONUT YAPISI	DOE	Soğutma Görsel Konfor	X			SABİT	X			60	0	1	-	-	48 Senaryo C.Yönü: G / D / B E. Türü: Y / D E. Derinliği: 20,40,60(cm) E.Açısı: 0,90(°) E. Aralığı: 40,60,80,100(cm)	• Yatay elemanların güneyde maksimum soğutma enerjisi tasarrufu sağladığı bulunmuştur. • Dikey elemanların batı ve doğuda %17,3'e kadar enerji tasarrufu sağladığı belirlenmiştir. • Yatay elemanların sabahları ve akşamları düşük açılarla gelen güneş ışımlarını, doğu ve batı cephelerinde etkili bir şekilde engelleyemediği değerlendirilmiştir. Ancak güneş radyasyonunun azaltılması amacıyla doğu cephesinde yatay eleman önerilmiştir.
Impact of external shading devices on thermal and daylighting performance of offices in hot climate regions Freewan, A. A. (2014)	SICAK-KURU 32.08° KUZEY	M. EĞİTİM YAPISI	IES SunCast Radiance	Soğutma Görsel Konfor	X		X	SABİT			X	10	0	-	D: 15 Y: 7.5	-	108 Senaryo C.Yönü: G / B E. Türü: Y / D / K.K. E. Derinliği: 10,15,30(cm) E.Açısı: 0,45,90(°) E. Aralığı (Yatay): 10,15,25(cm) E. Aralığı (Dikey): 7.5,12,15(cm)	• Tüm güneş kontrol elemanlarının hava sıcaklığını saat 13:00'e kadar yaklaşık olarak aynı oranda düşürmüştür ancak açılı dikey elemanlar iç mekan hava sıcaklığını düşürmede en iyi sonucu vermiştir. • Kare-kafes eleman ise sıcak dönemlerde güneş ışımlarını engelleyerek ve soğuk dönemlerde ışığın bir kısmının girmesine izin vererek yıl boyunca daha iyi performans göstermiştir.
Mechanical cooling energy reduction for commercial buildings in hot climates: Effective use of external solar shading incorporating effects on daylight contribution. Brittle, J. P. vd. (2013)	SICAK-KURU 24°05' KUZEY	V. OFİS MODÜLÜ	SunCast Apache	Soğutma Görsel Konfor	X			SABİT	X			30	45	3	-	-	20 Senaryo C.Yönü: G / D / B E. Türü: Y / D E. Derinliği: 30(cm) E.Açısı: 0,45,90(°)	•Tüm cepheler göz önüne alındığında, gün ışımlarına maruz kalma açısından güney cephesi en yüksek değeri verdiği için bu cephede etkili olan yatay güneş kontrol elemanı tercih edilmiştir. •Tüm cephelerde soğutma yükünü azaltmada en etkili sonucu veren güneş kontrol elemanı senaryosu, yatayda 30cm derinliğinde, 45°'lik açılarla yerleştirilmiş 3 adet panel olacak şekilde belirlenmiştir.
Effects of solar shading devices on energy requirements of standalone office buildings for Italian climates Bellia, L. vd. (2013)	ILIMLI-NEMLİ 41.80° KUZEY	V. OFİS MODÜLÜ	Energy Plus	Isıtma- Soğutma Aydınlatma	X			SABİT	X			100	0	1	-	-	(-) Senaryo C.Yönü: G / D / B E. Türü: Y P.-D. Oran: %30,%60 E. Derinliği (Yatay): 15,50,100,150(cm) E.Açısı: 0≤α≤45(°) E.Sayısı: 1≤n≤10(ad)	• Yapının kısa kenarlarının doğu-batı yöneliminde olması fenestrasyon alanlarının güney cephesinde yoğun olmasından dolayı, yatay saçak elemanının yatay panjur elemanına göre enerji gereksinimleri üzerindeki etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür.
Architectural design optimization of school buildings for reduction of energy demand in hot and dry climates of Iran. Zomorodian, Z. S. vd. (2013)	SICAK-KURU 29°37' KUZEY	M. EĞİTİM YAPISI	Designbuilder Energy Plus	Isıtma- Soğutma Aydınlatma	X			SABİT	X			60	0	-	-	-	143 Senaryo C.Yönü: G / D / B / K E. Türü: Y / D / K.K. E. Derinliği: 20,40,50,60,80,100,120,140(cm) E.Açısı: 0,90(°)	• Özellikle doğu ve batı cephelerinde kullanılan kare-kafes güneş kontrol elemanları sabah ve akşam güneşine karşı en etkili korumayı sağlayarak soğutma yükünü azaltmıştır.
Using simulation for studying the influence of vertical shading devices on the thermal performance of residential buildings (Case study: New Assiut City) Ali, A. A. E. M. M. (2012)	SICAK-KURU 27°06 KUZEY	M. KONUT YAPISI	TAS	Isıtma- Soğutma Isı Kazanımı	X			SABİT		X		100	90	-	-	-	24 Senaryo C.Yönü: G / D / B / K E. Türü: D E. Derinliği: 12,25,38,50,75,100(cm)	•Derinliği 100 cm olan dikey elemanlar tüm yönler için en düşük iç ortam sıcaklık değerlerini kaydetmiştir. •Uzunluğu 12 cm olan dikey elemanlar tüm yönler için en yüksek iç ortam sıcaklık değerlerini kaydetmiştir. •Doğu, batı ve güney cephelerinde dikey güneş kontrol elemanı derinliğinin artırılmasının güçlü bir etkisi olduğu görülmüştür.

Araştırmada toplam 25 adet bilimsel çalışma incelenmiştir.

25 adet çalışmadan;

- 7 adet çalışma ılımlı-nemli iklimde
- 2 adet çalışma nemli-subtropikal iklimde
- 10 adet çalışma sıcak-kuru iklimde
- 6 adet çalışma sıcak-nemli iklimde yapılmıştır.



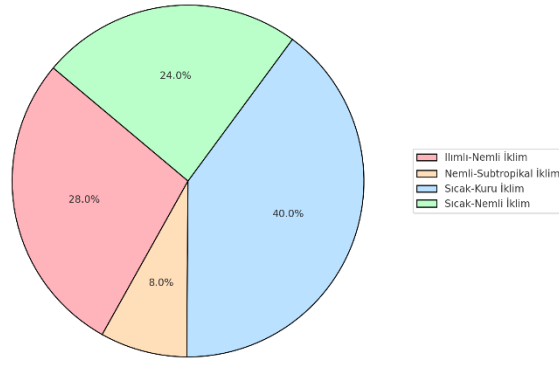
Şekil 4.2: Referans çalışmalarda incelenen yapıların işlevlerine göre dağılımı.

Tüm çalışmalar kuzey yarımküre ülkelerinde gerçekleştirilmiştir.

Toplam 25 çalışmanın,

- 7'si varsayımsal ofis modülü
- 1'i varsayımsal oda modülü
- 2'si varsayımsal konut yapısı
- 1'i varsayımsal ofis yapısı
- 4'ü mevcut ofis yapısı
- 5'i mevcut eğitim yapısı
- 1'i mevcut kamu yapısı
- 5'i mevcut konut yapısı

Üzerinde gerçekleştirilmiştir.



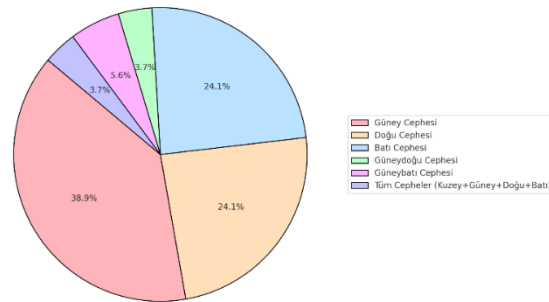
Şekil 4.3: Referans çalışmaların yapıldığı iklim özelliklerine göre dağılımı.

İncelenen 25 adet referans çalışma içinde enerji tüketimini azaltan en etkili sonucu veren senaryolar için tüm çalışmaların toplamında 54 adet senaryo incelenmiştir.

54 adet senaryonun,

- 21'i Güney cephesinde
- 13'ü Doğu cephesinde
- 13'ü Batı cephesinde
- 2'si Güneydoğu cephesinde
- 3'ü Güneybatı cephesinde
- 2'si tüm cepheleri (kuzey+güney+doğu+batı)

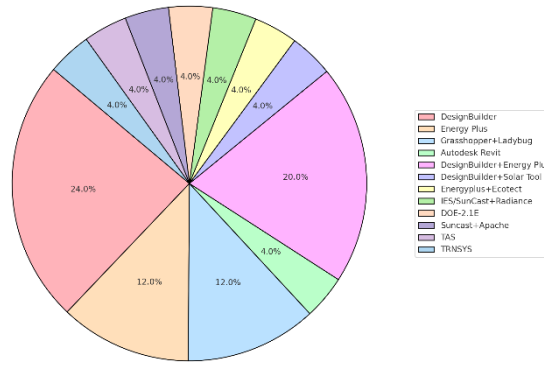
kapsayacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 4.4: Referans çalışmalarda gerçekleştirilen senaryoların cephe yönlerine göre dağılımı.

Bu tez çalışmasında yapıların soğutma talebinin en az olduğu ve güneş ışıınım kazanımı açısından etkisiz kalan kuzey cephesi, güneş kontrol elemanı kullanımında yapının soğutma yükünü azaltması açısından en az etkiye sahip olan cephe olduğu için [İzmir,2017], [Idchabani vd. , 2015], [Soysal, 2008] kapsam dışı bırakılmıştır. İncelenen çalışmalarda güneydoğu ve güneybatı cephelerine ait çalışma sayısı az olduğundan aynı şekilde değerlendirmelerin dışında bırakılmıştır.

Çalışmaların 6'sında DesignBuilder (%16.6), 3'ünde Energy Plus (%8.33), 3'ünde Grasshopper+Ladybug (%8.33), 1'inde Autodesk Revit (%2.77), 5'inde DesignBuilder+Energy Plus (%13.88), 1'inde DesignBuilder+Solar Tool (%2.77), 1'inde Energyplus+Ecotect (%2.77), 1'inde IES/SunCast+Radiance (%2.77), 1'inde DOE-2.1E (%2.77), 1'inde Suncast+Apache (%2.77), 1'inde TAS (%2.77) ve 1'inde TRNSYS (%2.77) simülasyon yazılımları kullanılmıştır.



Şekil 4.5: Referans çalışmalarda kullanılan simülasyon araçlarının dağılımı.

Bu çalışma yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi açısından incelenerek aydınlatma ve havalandırma enerji tüketimleri kapsam dışında bırakılmıştır.

Literatür taramasından elde edilen çalışmalar, çalışmalara ait genel özellikler ve analiz edilen değişkenler kapsamında **Tablo 4.1**'de ele alınmıştır. Yapının bulunduğu iklim koşulları, mimari özellikleri ve cephesinde kullanılan güneş kontrol elemanlarının çeşitli özelliklerine göre farklı koşullar altında farklı sonuçlar elde edildiği ve tek bir seçeneğe indirgemenin zorlaştığı görülmüştür. Dolayısıyla iklime, cephe yönüne ve yapının işlevi gibi özelliklere göre birden fazla seçenek/senaryo ile optimum tasarım alternatiflerine ulaşılabileceği görülmektedir. **Tablo 4.1**'de listelenen çalışmalara ait

en önemli sonuçlar çalışmaya ait tartışmalar bağlamında değerlendirilerek genel sonuçlar aşağıda listelenmiştir:

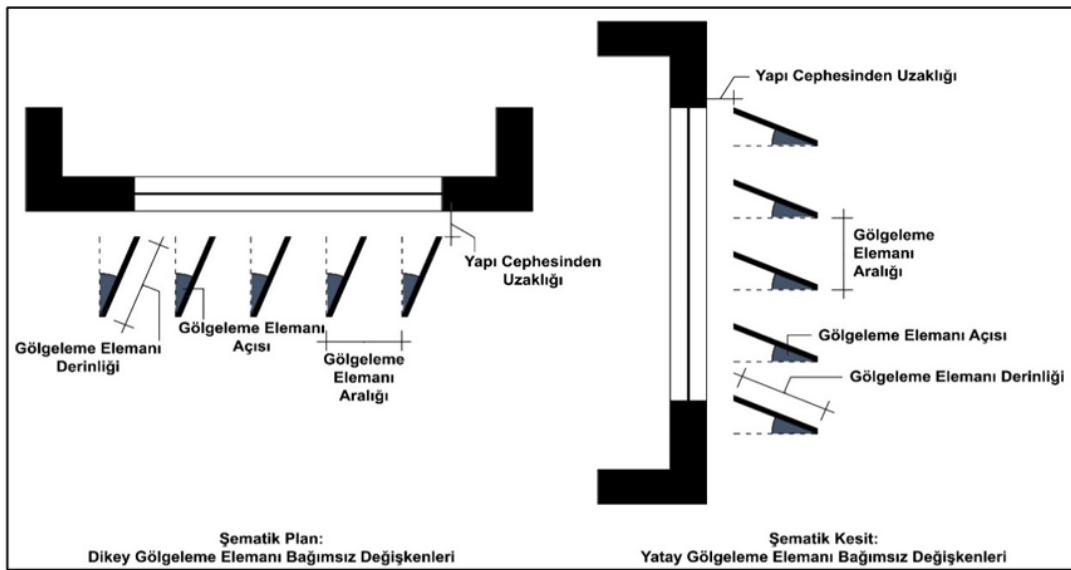
- Tüm güneş kontrol elemanı senaryolarının soğutma yükü tüketiminde azaltıcı etkisi olduğu görülmüştür.
- Ilımlı-nemli iklim bölgelerinde güney cephelerde yatay güneş kontrol elemanı kullanımı soğutma enerjisi yüklerinde azaltma sağlamıştır.
- Derinliği arttıkça yatay güneş kontrol elemanlarının sıcak hava dönemlerinde daha düşük soğutma yükü sağlayarak, soğuk hava dönemlerinde ise güneş radyasyonunun emilimini arttırarak her iki durumda da dikey güneş kontrol elemanlarına kıyasla daha iyi enerji performansı gösterdiği görülmüştür.
- Soğutma enerjisi tüketimi ile aydınlatma enerjisi tüketimi arasında kısıtlayıcı bir ilişki olduğu görülmüştür.
- Genel literatürün aksine farklı iklim tiplerinde ve sıcaklık dönemlerinde bazı güney cephelerde dikey elemanların daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.
- Diğer tüm optimizasyon parametreleri ile kıyaslandığında, güneş kontrol elemanı kullanımının en verimli ve etkili yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.
- Yapıların enerji tüketimleri üzerinde çok düşük etkiye sahip olduğu tespit edildiği için elemanların yapı cephesinden uzaklığı değişkeninin ele alınan değerler arasında kapsam dışı bırakılmıştır.
- Yapı cephelerinde fenestrasyon alanlarının oranı yapının ısı kazanımlarını etkileyerek yapının enerji gereksinimleri üzerinde etkili olmaktadır.
- Yatay güneş kontrol elemanlarının sabahları ve akşamları düşük açılarla gelen güneş ışıınımlarını, yapıların doğu ve batı cephelerinde etkili bir şekilde engelleyemediği değerlendirilmiştir. Ancak güneş radyasyonunun azaltılması amacıyla doğu cephesinde yatay eleman önerilmiştir.

Tablo 4.1'den elde edilen genel çıkarımlara göre, yapı cephelerinde güneş kontrol elemanı kullanımı ile yapıya ait soğutma yüklerini düşürmenin yanı sıra genel enerji tüketimlerine ait optimizasyon çalışmaları simülasyon yazılımları aracılığı ile analiz edilerek yapının enerji etkinliği arttırabilir. Yapının içinde bulunduğu şartlar ve özellikler kapsamında yere özgü deneylerin ve önerilerin yapılması, yapılan çalışmanın verimliliğini ve çalışabilirliğini sağlayabilecektir. Bu çalışma, mevcut

yapıların enerji etkinliklerinin iyileştirilme sürecinde kullanılacak olan güneş kontrol elemanlarının genel özelliklerinin ve konfigürasyonlarının belirlenmesi açısından yapılacak simülasyon çalışmalarına ışık tutmak ve yere özgü en doğru ve etkin sonuçların elde edilmesini sağlamaya çalışmak enerji-etkin yapı kullanımı açısından etkili olacaktır.

4.1.2. Güneş Kontrol Elemanlarına Ait Parametrelerin Belirlenmesi

İncelenen çalışmalar, yapıldığı yıl, araştırmanın yapıldığı yerin iklim ve yarımküre bilgileri, ilgili yapının fonksiyon bilgisi, kullanılan simülasyon programı, simülasyonların uygulandığı cephe, en verimli senaryo için kullanılan güneş kontrol elemanının özellikleri ve çalışmadan elde edilen önemli sonuçlar açısından incelenmiştir. Güneş kontrol elemanlarına ait tasarım parametreleri, eleman pozisyonu, eleman derinliği, eleman açısı, eleman sayısı, eleman aralığı ve yapı cephesinden uzaklık parametreleri olarak belirlenmiştir. Çalışmalar kapsamında güneş kontrol elemanlarına ait incelenen bağımsız değişkenler **Şekil 4.6**'te gösterilmiştir. Çalışmanın kontrol değişkenleri olarak belirlenen parametreler, elemanın malzeme ve yapı özellikleri, yapının duvar-pencere oranı ve saydam yüzeyin türü olarak belirlenmiştir. Senaryolar dahilinde incelenecek olan parametrelerin etkileri sonucu değişim gösterecek olan enerji tüketim türü ve miktarı ise çalışmanın bağımsız değişkenidir.



Şekil 4.6: Güneş kontrol elemanlarında incelenen bağımsız değişkenler. [Erkan, 2024]

Şekil 4.6'ya göre, incelenen literatür çalışmaları ve bu çalışma kapsamında, yatay güneş kontrol elemanı açısı değeri saydam yüzey normaline göre belirlenmiştir. Sırdam yüzey normali açısı, sırdam yüzey düzlemine göre referans bir eksendir. Sırdam yüzey normali açısına ait dereceler, sırdam yüzeye dik (normal) olan hayali çizgiyle diğer elemanların konumları arasındaki ilişkiyi ifade eder. Bu durumda, 0° açı değeri yatay eleman konumu açısından sırdam yüzey normaliyle aynı doğrultuda, yani pencereye tam dik konumlanmış olan durumu ifade eder. 0° ve 90° arasındaki değişen açılarda elemanın eğimli bir şekilde cephede konumlandığı ifade edilmiştir olur.

Dikey güneş kontrol elemanları için belirlenen eleman açısı değerleri ise sırdam yüzey normal açısının plan düzlemi üzerinde cepheye dik olacak şekilde geldiği referans alınarak belirlenir. 0° açı ile yerleştirilen dikey elemanların sırdam yüzey normaline tamamen paralel ve cephe düzlemine dik konumdadır. 0° ve 90° arasındaki değişen değerlerde, eleman sırdam yüzeye doğru eğimli hale gelmektedir. Normaliyle 90° açı yapan eleman, sırdam yüzey düzlemine paralel şekilde yer almaktadır.

4.1.3. Soğutma Enerjisi Tüketimi Açısından Referans Çalışmalarda En Etkin Sonucu Veren Senaryoların Değerlendirilmesi

Günümüzde yapı tasarımında enerji verimliliğini artırmaya yönelik pasif stratejiler, sürdürülebilir yapı teknolojilerinin temel unsurlarından biri olarak değerlendirilmektedir. Bu açıdan güneş kontrol elemanları, gün ışığını yönlendirerek ısı kazançlarını düzenleme, aşırı ısınmayı önleme ve iç mekân termal konforunu artırma gibi işlevleriyle öne çıkmaktadır. Bu elemanların cephedeki konumu, derinliği ve açısı, yapı enerji performansı açısından önemli parametreler olup, bu değişkenlerin analiz edilmesi tasarım sürecinde optimal kararların alınmasını sağlamaktadır.

Sıklık faktörü analizi, çok sayıda değişkeni daha küçük bir faktör kümesine indirgemeyi amaçlayan istatistiksel bir yöntemdir. Bu teknik, tüm değişkenlerden maksimum ortak değişken değerini çıkararak bunları daha ileri analizler için tek bir veriye dönüştürür [Braeken & Van Assen, 2017]. Bunun yanı sıra farklı gruplarda aynı yapısal boyutların korunup korunmadığının değerlendirilmesini sağlayarak verilerin yapısal güvenilirliğinin test edilmesine olanak sağlar [Henrica, Vet, Adèr, Terwee & Pouwer, 2005]. Özellikle kalite yönetimi, anket çalışmaları ve problem çözme gibi alanlarda, belirli olayların veya durumların ne kadar sık meydana geldiğini

tespit etmek için kullanılan bir analiz yöntemidir **[Montgomery, 2013]**. Bu yöntem, verilerde en sık karşılaşılan olayları veya sorunları belirlemeye yardımcı olarak, bu alanlara odaklanmayı sağlar. Böylece, kaynaklar daha verimli bir şekilde kullanılabilmekte ve iyileştirilmesi gereken alanlar önceliklendirilebilmektedir **[Juran & Gryna, 1993]**. Sıklık faktörü formülü aşağıdaki gibidir:

$$\text{Sıklık Faktörü} = \frac{\text{Frekans}}{\text{Toplam Veri Sayısı}}$$

Bunun yanı sıra sıklık faktörü analizi ile kullanım sıklıkları belirlenen verilerin yüzdelik oranlarla ifade edilmesi için kullanılan bir diğer yöntemdir. Yüzde frekansı hesaplama, bir veri setindeki belirli bir olayın veya değerin toplam veri içerisindeki oranını yüzdelik olarak ifade etmek için kullanılan bir yöntemdir. Anketler, kalite kontrol çalışmaları ve istatistiksel analizlerde sıkça tercih edilen bu yöntem, verilerin dağılımını daha anlaşılır hale getirir ve önemli eğilimleri görmeyi kolaylaştırır **[Montgomery, 2013]**.

Yüzde frekansı hesaplamak için, her bir kategori ya da değerin gözlem sayısı, toplam veri sayısına bölünür ve sonuç 100 ile çarpılır.

$$\text{Yüzde Frekansı} = \left(\frac{\text{Frekans (Olay Sayısı)}}{\text{Toplam Veri Sayısı}} \right) \times 100$$

Güneş kontrol elemanlarının eleman pozisyonu, eleman derinliği ve açısı parametreleri literatür taramasından elde edilen çalışmalar kapsamında sıklık faktörü yöntemi ile analiz edilerek bağımsız değişken parametrelerinde kullanılan verilerin sıklıkları belirlenmiştir. Sıklıkların belirlenmesiyle, yapının farklı cephelerinde enerji tüketimi açısından daha önce denenerek en iyi sonucu veren değerler tespit edilmiştir ve bu çalışma için gerçekleştirilecek senaryolara kaynak veri oluşturulması sağlanmıştır. Sıklık faktörünün 0 ile 1 arasında olması durumunda, değerin 1'e daha yakın olması olayın daha sık meydana geldiğini, 0'a yakın olması ise nadiren gerçekleştiğini ifade eder. Bu durumda parametrelerin değerlendirilmesi sürecinde bulunan sayısal verilerde 1'e daha yakın çıkan veri sonuçları daha çok tercih edilen seçenekler arasında olacağından, senaryoların belirlenmesinde etkili olan değerler olarak alınmıştır.

4.1.4. Simülasyon Senaryolarının Oluşturulması

Bu çalışmada, güneş kontrol elemanlarının cephe bazlı performansını değerlendirmek amacıyla oluşturulan simülasyon senaryoları, literatürde mevcut çalışmaların sistematik analizine dayandırılmıştır. Farklı cephe yönelimleri için güneş kontrol elemanlarının pozisyon, açı ve derinlik gibi temel parametreleri, sıklık faktörü analizi yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Öncelikle, güney, doğu ve batı cephelerine yönelik literatür taraması tablosunda yer alan çalışmalar detaylı bir şekilde incelenerek bu çalışmalarda kullanılan parametreler belirlenmiştir ve en sık tercih edilen değerler tespit edilmiştir. Daha sonra, elde edilen veriler doğrultusunda her cephe için belirlenen değişkenler temelinde simülasyon senaryoları oluşturulmuştur. Böylece, farklı yönelimlerde güneş kontrol elemanlarının performansının parametrik olarak karşılaştırılması ve optimum tasarım stratejilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

GÜNEY CEPHESİ

Tablo 4.1'de literatür taraması kapsamında incelenen toplam 25 çalışma içerisinde 23 adet çalışmada güney cephesi için güneş kontrol elemanı analizi gerçekleştirilmiştir. Güney cephesinde gerçekleştirilen bu çalışmalarda elemanların pozisyon, açı ve derinlik parametreleri sıklık faktörü analiz yöntemi ile hesaplanarak, güney cephesinde hangi özelliklerdeki elemanların kullanımının en çok tercih edildiği tespit edilmiştir.

Pozisyon

Tablo 4.1'de incelenen çalışmalar kapsamında güney cephesinde gerçekleştirilen senaryolarda güneş kontrol elemanı pozisyonu olarak tercih edilen eleman pozisyonları sıklık faktörü analizi hesaplanmıştır. Bu durumda güney cephesinde 1 çalışma haricinde diğer tüm çalışmalarda yatay eleman tercih edildiği görülmüştür. Dikey eleman kullanımının görüldüğü çalışma yalnızca dikey elemanlarla senaryoyu gerçekleştirdiği için bu senaryo güney cephesi pozisyon belirlemede dışarıda bırakılmıştır. Buna göre tüm senaryolarda güney cephesinde yatay güneş kontrol elemanı kullanımının tercih edildiği tespit edilmiştir.

Derinlik

Güney cephesinde gerçekleştirilen çalışmalarda, yatay pozisyonunda kullanılan güneş kontrol elemanları için kullanılan derinlik (cm) değerleri sıklık faktörü yöntemine göre

analiz edilmiştir. Değerler en sık kullanılanı en aza doğru, $60\text{cm} > 100\text{cm} > 30 = 40\text{ cm}$ şeklinde sıralanmıştır.

Açı

Güney cephesinde gerçekleştirilen çalışmalarda güneş kontrol elemanları için kullanılan açı değerleri sıklık faktörü yöntemine göre analiz edilmiştir. Güney cephesinde yatay güneş kontrol elemanları için kullanılan açı değerlerinden en sık kullanılanı en az kullanıana göre $0^\circ > 45^\circ > 60^\circ$ şeklinde sıralanmıştır.

DOĞU CEPHESİ

Literatür taraması kapsamında incelenen toplam 25 çalışma içerisinde 16 adet çalışmada doğu cephesi için güneş kontrol elemanı analizi gerçekleştirilmiştir. Doğü cephesinde gerçekleştirilen bu çalışmalarda elemanların pozisyon, açı ve derinlik parametreleri sıklık faktörü analiz yöntemi ile hesaplanarak, bu cephede hangi özelliklerdeki elemanların kullanımının en çok tercih edildiği tespit edilmiştir.

Pozisyon

Literatür taraması kapsamında doğu cephesi için incelenen 16 çalışmada güneş kontrol elemanı pozisyonu olarak tercih edilen elemanlar değerlendirilmiştir. Kullanılan güneş kontrol elemanlarının pozisyonları sıklık faktörü analizi ile hesaplanmıştır. Buna göre doğu cephesinde kullanılan eleman pozisyonları en sıklıktan en aza olacak şekilde yatay eleman > dikey eleman eleman şeklinde sıralandığında doğu cephesinde yatay elemanların daha çok tercih edildiği tespit edilmiştir.

Derinlik

Doğü cephesinde gerçekleştirilen çalışmalarda, kullanılan derinlik (cm) değerleri yatay elemanlar ve dikey elemanlar için ayrı ayrı sıklık faktörü yöntemine göre analiz edilmiştir. Doğü cephesinde yatay eleman kullanımının tercih edildiği senaryolarda derinlik değerleri eşit olacak şekilde $30=60=150\text{ cm}$ şeklinde sıralanmıştır. Doğü cephesinde dikey eleman kullanımının tercih edildiği senaryolarda derinlik değerleri en sık kullanılanı en az kullanıana göre $100>40=20\text{ cm}$ şeklinde sıralanmıştır. Doğü cephesinde yatay eleman kullanıldığı durumlarda 30, 60 ve 150 cm değerindeki derinlik ölçülerinin eşit oranda tercih edildiğini, dikey eleman kullanımında ise en çok 100 cm derinlikte eleman kullanıldığı analiz edilmiştir.

Açı

Doğu cephesinde gerçekleştirilen çalışmalarda, kullanılan açı değerleri yatay elemanlar ve dikey elemanlar için sıklık faktörü yöntemine göre analiz edilmiştir. Doğu cephesinde yatay eleman kullanımının tercih edildiği senaryolarda açı değerleri en sık kullanılanı en az kullanılanı göre; $0^\circ > 30^\circ > 45^\circ$ şeklinde sıralanmıştır. Doğu cephesinde dikey eleman kullanımının tercih edildiği senaryolarda açı değerlerinde eşitlik söz konusu olduğundan $0^\circ=15^\circ=30^\circ$ şeklinde sıralama yapılmıştır. Buna göre doğu cephesinde hem yatay hem dikey elemanlarda 30° lik açının ortak olarak tercih edilen değeri olduğu belirtilebilir.

BATI CEPHESİ

Literatür taraması kapsamında incelenen toplam 25 çalışma içerisinde 17 adet çalışmada batı cephesi için güneş kontrol elemanı analizi gerçekleştirilmiştir. Batı cephesinde gerçekleştirilen bu çalışmalarda elemanların pozisyon, açı ve derinlik parametreleri sıklık faktörü analiz yöntemi ile hesaplanarak, bu cephede kullanımı en çok tercih edilen eleman özellikleri belirlenmiştir.

Pozisyon

Literatür taraması kapsamında batı cephesi için incelenen 17 çalışmada güneş kontrol elemanı pozisyonu olarak tercih edilen elemanlar değerlendirilmiştir. Kullanılan güneş kontrol elemanlarının pozisyonları sıklık faktörü analizi ile hesaplanmıştır. Buna göre doğu cephesinde kullanılan eleman pozisyonları en sıklıkla yatay eleman > dikey eleman şeklinde sıralanmıştır. Batı cephesinde yatay elemanların daha çok tercih edildiği tespit edilmiştir.

Derinlik

Batı cephesinde gerçekleştirilen çalışmalarda, yatay ve dikey elemanlar için kullanılan derinlik (cm) değerleri sıklık faktörü yöntemine göre analiz edilmiştir. Batı cephesinde yatay eleman kullanımının tercih edildiği senaryolarda derinlik değerleri tercih edilme oranına göre $150 > 60 > 30$ cm şeklinde sıralanmıştır. Dikey elemanların kullanıldığı senaryolarda ise 20 cm, 40 cm ve 100 cm değerindeki derinlik ölçülerinin eşit şekilde kullanıldığı görülmüştür.

Açı

Batı cephesinde gerçekleştirilen çalışmalarda, kullanılan açı değerleri sıklık faktörü yöntemine göre analiz edilmiştir. Batı cephesinde yatay güneş kontrol elemanları için kullanılan açı değerleri en sık kullanılanı en az kullanılanı göre $0^\circ > 45^\circ > 30^\circ$ şeklinde sıralanırken, dikey güneş kontrol elemanları için $0^\circ > 30^\circ > 15^\circ$ olarak

sıralanmıştır. Batı cephesinde 30° lik açının hem yatay hem de dikey elemanların olduğu senaryolarda ortak olarak tercih edildiği görülmüştür.

Eleman Aralığı ve Eleman Sayısı

Bu çalışmada, tablodaki literatür çalışmalarında yer alan senaryo parametreleri referans alınarak cephe yönlerine bağlı olarak güneş kontrol elemanlarının tasarım parametreleri farklılaştırılmış ve her bir cephe için en uygun fiziksel değişkenler üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir. Doğu ve batı cephelerinde sabah ve akşam saatlerinde düşük açılı ve kısa süreli ancak yüksek yoğunluklu güneş ışıınımı etkili olduğundan, bu cephelerde gölgeleme performansını belirleyen temel unsur elemanların aralık değerleri enerji tüketim değerlerini azaltmada önemli bir unsur olmaktadır. **Tablo 4.1**'de yer alan senaryolarda da görüldüğü üzere, doğu ve batı cephelerinde güneş kontrol elemanlarının sayısı genellikle sabit tutulmuş, buna karşın aralık parametre değeri değiştirilerek enerji tüketim yüklerine etkisi analiz edilmiştir. Cirit (2009), doğu ve batı cephelerine yerleştirilen düşey güneş kontrol elemanlarında aralık değerlerinin azaltılmasının soğutma yüklerinde %28–42'ye varan düşüş sağladığını ortaya koymuştur. Öte yandan güney cephesi yıl boyunca daha düzenli ve düşük açılı güneş ışıınımı aldığı için, bu yönde yerleştirilen yatay güneş kontrol elemanlarının sayısı, pasif güneş kazanımlarının kış aylarında engellenmeden yaz aylarında etkili bir gölge sağlanabilmesi açısından belirleyici bir parametre hâline gelmektedir. Gürsel Dino (2017) tarafından yapılan çalışmada da güney cephesine yerleştirilen yatay elemanlarda eleman sıklığı enerji tüketimi üzerinde etkili bir değişken olarak modellenmiş, ışık geçirgenliğinin azaltılmasının ısıtma yüklerini artırabileceği vurgulanmıştır. Tabledaki çalışmalara bakıldığında da güney cephesinde eleman sayısının en yüksek oranda 1 adet yatay eleman olacak şekilde tercih edildiği görülmüştür.

Bu çalışmada tablodaki senaryolarda tercih edilen parametre türüne ve değerleri temel alınarak güney cepheye yönelik değerlendirmelerde eleman aralığı parametresi yerine, eleman sayısı üzerinden senaryolar kurgulanmıştır. Sıklık faktörü analiz yöntemi ile yapılan hesaplama sonucunda belirlenen yatay eleman adetlerine (1, 3 ve 4 adet) göre saydam yüzey yüksekliği boyunca eşit aralıklarla yerleştirildikleri varsayılan senaryolar güney cephesi için oluşturularak simülasyonlar gerçekleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Bu şekilde güney cephesinde güneş kontrol elemanlarının eleman yoğunluğuna bağlı olarak pasif ısı kazançlarına olan etkileri analiz edilerek, yıllık enerji tüketim değerleri düşürülmeye çalışılmıştır.

Elemanın Cepheden Uzaklığı

İncelenen referans 25 çalışma arasında yalnızca 4’ünde elemanların cepheden uzaklığı parametresi değerlendirilmiştir. Bu çalışmalardan Salavatian (2022) ve Erkan (2024) gerçekleştirdikleri simülasyonlar sonucunda güneş kontrol elemanlarının cepheye olan uzaklıklarının enerji tüketimleri üzerinde çok düşük etkiye sahip olduğu tespitini yapmışlardır. Buna istinaden bu çalışma kapsamında elemanların cepheden uzaklığı parametresi kapsam dışı bırakılarak, bu parametreyi kullanan 4 çalışmada ortak olarak en sık kullanılan “30 cm” değeri sabit alınarak bu çalışmaya ait senaryolar tablosuna eklenmiştir.

Sonuç olarak **Tablo 4.1**’deki referans çalışmalarda gerçekleştirilen senaryolar temel alınarak, cephe yönelimleri kapsamında yapılan sıklık faktörü analizine göre, güneş kontrol elemanlarının cephe, pozisyon, derinlik, açı, eleman aralığı ve elemanın cepheden uzaklığı parametrelerinde en çok tercih edilen kullanım şekilleri belirlenmiştir. Belirlenen senaryo değerleri **Tablo 4.2**’de verilmiştir.

Tablo 4.2: Sıklık faktörü analizine göre belirlenen senaryo değerleri.

CEPHE	POZİSYON	DERİNLİK [cm]	AÇI [°]	ELEMAN SAYISI	ELEMAN ARALIĞI [cm]	CEPHEYE UZAKLIK [cm]
GÜNEY	YATAY	30, 40, 60, 100	0, 45, 60	1, 3, 4	x	30
DOĞU	YATAY	30, 60, 150	0, 30, 45	x	30, 40, 50	30
DOĞU	DİKEY	40, 100, 120	15, 30, 90	x	30, 40, 50	30
BATI	YATAY	30, 60, 150	0, 45, 30	x	30, 40, 50	30
BATI	DİKEY	40, 100, 120	15, 30, 90	x	30, 40, 50	30
TOPLAM SENARYO SAYISI: 144						

Tablo 4.2 incelendiğinde güney cephesinde yatay elemanların yüksek oranda tercih edildiği görülmüştür. Bu elemanlar için en sık kullanılan derinlik 60 cm olarak belirlenmiş, 100 cm, 30 cm ve 40 cm değerleri alternatif derinlikler olarak gözlemlenmiştir. Açı parametresinde ise 0°, 45° ve 60° değerleri yaygın olarak kullanılmıştır. Doğu cephesinde, yatay elemanların kullanımının öne çıkarak 30 cm, 60 cm ve 150 cm derinliklerin eşit sıklıkta tercih edildiği belirlenmiştir. Dikey elemanlar açısından 100 cm en yaygın derinlik iken, 120 cm ve 40 cm de seçenekler arasında yer almıştır. Açı kullanımında yatay elemanlar için 0°, 30° ve 45°, dikey elemanlar için ise 15°, 30° ve 0° değerleri öne çıkmıştır. Batı cephesinde yatay elemanlar için 150 cm derinlik ön planda olup, 60 cm ve 30 cm alternatif seçenekler

olarak belirlenmiştir. Yatay elemanların açıları genellikle 0° , 45° ve 30° iken dikey elemanlarda 40 cm, 100 cm ve 120 cm derinliklerin eşit sıklıkta tercih edildiği ve 0° , 30° ile 15° açı değerlerinin kullanıldığı tespit edilmiştir.

Oluşturulan her simülasyon senaryosu, parametrik çeşitliliği ifade eden sistematik bir adlandırma yöntemiyle isimlendirilmiştir. Senaryo isimleri, analiz edilen cephe yönü, güneş kontrol elemanının pozisyonu, eleman derinliği, açı değeri, gölgeleme yoğunluğunu belirleyen değişken (eleman sayısı veya aralığı) ve cepheye olan uzaklık bilgilerini alt tire ile ayrılmış şekilde içerecek biçimde yapılandırılmıştır. Güney cephesine ait bir senaryo "GÜNEY_YATAY_40cm_45°_3_30cm" şeklinde adlandırılmıştır; bu senaryoda yatay konumda yer alan üç adet, 40 cm derinliğe ve 45° açığa sahip elemanlar, cepheden 30 cm uzaklıkta konumlandırılmıştır. Doğu ve batı cephelerinde ise gölgeleme yoğunluğu eleman aralığı ile ifade edildiğinden, eleman sayısı yerine bu parametre senaryo adına dahil edilmiştir. "BATI_DİKEY_100cm_30°_40_30cm" şeklindeki senaryo, batı cephesinde dikey konumda yer alan, 100 cm derinliğinde ve 30° açılı elemanların, birbirinden 40 cm aralıklarla ve cepheden 30 cm uzaklıkta yerleştirildiğini göstermektedir. Bu şekilde geliştirilen sistematik adlandırma yöntemi, farklı parametrik senaryoların karşılaştırmalı analizinin tutarlı ve izlenebilir bir şekilde yürütülmesine olanak sağlamaktadır.

Genel literatürün aksine bu çalışma kapsamında incelenen 25 çalışmadan 22'sinde (%88) doğu ve batı cephelerinde birtakım optimizasyon çalışmaları gözetilerek dikey eleman kullanımı yerine yatay eleman kullanıldığı görülmüştür. **Erkan (2024)** tez çalışmasında yapılan simülasyonlar, doğu ve batı cephelerinde yatay elemanların bazı avantajlara sahip olabileceğini göstermekle birlikte, yıllık toplam enerji tüketimini optimize etmek amacıyla dikey elemanların daha uygun bir çözüm sunduğunu ortaya koymuştur. Bu bağlamda, çalışmada sunulan dikey güneş kontrol elemanlarının enerji performansına katkısı, doğu ve batı cephelerinin güneş ışıınımı özelliklerine göre şekillenmiştir. Bunun yanı sıra **Yi vd. (2024)** çalışmasında, simülasyon sonuçlarına göre doğu ve batı cephelerinde dikey elemanlar, özellikle sabah ve akşam saatlerinde aşırı ısınmayı kontrol altına alarak enerji tüketiminde daha iyi bir performans göstermiştir. Yatay elemanlar bazı mevsimlerde ve belirli saatlerde daha avantajlı olsa da, genel yıllık performans açısından dikey elemanlar daha dengeli bir çözüm sunmuştur. Buna ek olarak düşük açılı ışınlar, iç mekânlarda kamaşma problemlerine yol açabildiğinden dikey elemanlar, yatay elemanlara kıyasla bu kamaşma sorununu

daha iyi kontrol edebilmiş ve senaryonun optimizasyonu için dikey eleman tercih edilmiştir. **Nazari vd. (2023)** çalışmasında, doğu ve batı cepheleri için genellikle literatürde önerilen dikey elemanlardan farklı olarak yatay güneş kontrol elemanları tercih edilmiştir. Bunun temel nedeni, çalışmada kullanılan çok amaçlı optimizasyon yöntemi (NSGA-II) ile yapılan simülasyonlarda yatay elemanların enerji performansı ve kullanıcı konforu açısından daha uygun sonuçlar vermesidir. Literatürde dikey elemanlar, düşük açılı sabah ve akşam güneş ışınlarını engellemede genellikle daha etkili bulunurken, bu çalışmada yatay elemanların özellikle görsel konforu artırarak kamaşmayı azaltmada ve aydınlatma enerji tüketimini optimize etmede üstünlük sağladığı ortaya konmuştur. Yatay elemanların açısı, derinlik ve mesafelerinin optimize edilmesiyle, soğutma yüklerinin azaltılması ve iç mekânda homojen bir ışık dağılımı sağlanmıştır. Bu bulgular, doğu ve batı cephelerinde güneş kontrol elemanı seçiminde, enerji performansı ve kullanıcı konforu hedeflerine bağlı olarak farklı çözümler geliştirilebileceğini göstermiştir. **Mohammed vd. (2022)** çalışmasında, doğu ve batı cepheleri için yatay güneş kontrol elemanları önerilmiş olup, bu tercih, enerji performansı ve görsel konforun optimizasyonuna dayanmaktadır. Genel literatürün aksine bu çalışmada yatay elemanların simülasyon sonuçlarında enerji tasarrufu ve görsel konfor açısından daha etkili olduğu görülmüştür. Yatay elemanlar, güneş ışığını engelleyerek soğutma yüklerini önemli ölçüde azaltmış ve homojen bir aydınlatma sağlayarak iç mekânda kamaşmayı önlemiştir. Özellikle yatay elemanların açısı ve uzunluklarının optimize edilmesiyle, enerji tüketimi ve konfor arasında etkili bir denge sağlanmıştır. Bu bulgular, tasarım stratejilerinin bağlam ve performans hedeflerine göre değişebileceğini ortaya koymuştur. **Gnecco ve Pajek (2022)** çalışmalarında doğu ve batı cepheleri için yatay ve dikey güneş kontrol elemanları simüle edilerek enerji performansı ve görsel konfor üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Dikey elemanların, düşük açılı sabah ve akşam güneş ışınlarını engelleyerek soğutma enerji talebini azaltmada etkili olduğu ancak görsel konfor açısından iç mekânda fazla gölge oluşturarak gün ışığı erişimini (UDI) sınırladığı görülmüştür. Buna karşılık, yatay elemanlar hem enerji tüketimini azaltmada hem de gün ışığı erişimini optimize ederek görsel konforu artırmada üstün performans sergilemiştir. Çalışmanın optimizasyon odaklı yaklaşımı, yatay elemanların enerji verimliliği ve aydınlatma kalitesinde daha iyi sonuçlar sunduğunu ortaya koymuştur ve bu nedenle bu çalışmada yatay eleman tercih edilmiştir. Genel duruma bakıldığında birtakım optimizasyon çalışmaları dahilinde doğu ve batı cephelerinde genel kabul gören dikey eleman kullanımının aksine yatay elemanın tercih edildiği söylenebilir. Çalışmada doğu ve batı

cephelerinde yatay eleman kullanımının enerji tüketim değerlerini azaltma açısından genel literatürün aksine dikey elemanlardan iyi sonuç verdiği durumlar olup olmadığını da test edebilmek amacıyla doğu ve batı cepheleri için hem yatay hem de dikey elemanlardan oluşan ayrı senaryo parametreleri oluşturulmuştur. **Tablo 4.2**'de verilen bulgular, bu senaryolar kapsamında her cephe için farklılaşarak belirlenmiş optimum parametre tercihlerini ifade etmektedir. Bu bulgular, her cephe için farklılaşan parametre tercihlerini belirterek güneş kontrol elemanı tasarımının da bu çeşitliliğin dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır.

Bu çalışma kapsamında incelenen 25 adet çalışma, mevcut ve varsayımsal yapıların, cephelerinde farklı yönlerde sabit güneş kontrol elemanı kullanımının belirlenen referans ölçütleri ile kıyaslanarak, yapıya ait toplam soğutma enerjisi tüketim yükünü azaltmayı hedefleyen ve yapının enerji tüketim yüklerinin optimize edilmesine yönelik gerçekleştirilen çalışmalardır. Yapılan analizler sonucunda **Tablo 4.2**'de elden edilen senaryo verileri doğrultusunda mevcut GTÜ mimarlık fakültesi yapısı için gerçekleştirilecek simülasyon verileri belirlenmiştir. Optimizasyon koşulları gözetilerek, yapı için en uygun güneş kontrol elemanı senaryosu simülasyonlardan elde edilen sonuçlara göre değerlendirilmiştir.

4.2. N Blok Ofis Kullanıcı Görüşmelerine Dayalı Yarı Yapılandırılmış Görüşmelerin Değerlendirilmesi

Çalışma kapsamında, N Blok yapısındaki ofis odalarında kullanıcıların ısı konfor açısından sorunlar yaşadığı varsayılmıştır. Bu doğrultuda, ofislerinde geçirdikleri süre boyunca termal konfor memnuniyetlerini değerlendirmek ve olası konforsuzlukları belirlemek amacıyla 17 kullanıcıyla, bireysel gözlemlerine ve deneyimlerine dayalı 38 sorudan oluşan yarı-yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. 38 sorunun ilk 16 sorusu katılımcıların demografik özellikleriyle ilgili sorular sorulmuştur. Geri kalan sorular ise ofis içerisinde termal konforun kullanıcı üzerindeki etkilerini analiz etmek üzerine hazırlanmıştır. Sorular 5'li likert ölçeğine dayalı kapalı uçlu sorular, evet/hayır soruları ve açık uçlu sorular olacak şekilde 3 kategoride düzenlenmiştir. Bu çalışmada yer alan anket ve görüşme uygulamaları, Gebze Teknik Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu'nun 13.06.2024 tarih ve 2024/11-02 oturum sayılı toplantısında alınan onay ile gerçekleştirilmiştir.

4.2.1. Araştırma Bulguları

Bu çalışmada, yarı-yapılandırılmış görüşme yöntemi kullanılarak belirlenen sorular kapsamında katılımcılardan yanıtlar alınmıştır. Görüşme sorularına verilen cevaplar, aritmetik ortalama ve yüzdelik analiz teknikleri ile değerlendirilmiştir. Aritmetik ortalama, katılımcıların belirli bir soruya verdikleri yanıtların genel eğilimini belirlemek için kullanılmıştır. Yüzdelik analiz ise, her bir yanıt kategorisinin toplam yanıtlar içindeki oranını hesaplayarak dağılımı ortaya koymayı amaçlamıştır. Bu yöntem, katılımcıların görüşlerini hem nicel bir yaklaşımla özetlemek hem de yanıtlar arasındaki farklılıkları daha anlaşılır hale getirmek için tercih edilmiştir. Analiz sonuçları, verilerin daha sistematik ve karşılaştırılabilir bir şekilde sunulmasını sağlamıştır.

4.2.2. Demografik Özellikler

Katılımcıların %53'ü 35-44 yaş aralığında, %29'u 45-54 yaş aralığında, %12'si 25-34 yaş aralığında, %6'sı ise 55-64 yaş aralığındadır. 18-24 yaş ve 65 yaş üzeri gruplarında katılımcı bulunmamaktadır. Katılımcıların %70'i kadın, %30'u erkektir. Eğitim seviyeleri açısından, %71'i doktora, %17'si üniversite/lisans, %6'sı yüksek lisans ve %6'sı lise düzeyindedir. "Diğer" kategorisinde herhangi bir katılımcı bulunmamaktadır. Görev durumlarına göre, %76,5'i akademik personel, %23,5'i idari personel olup, "diğer" kategorisinde katılımcı bulunmamaktadır. Yüzdelik oranlar **Tablo 4.3**'te verilmiştir.

Tablo 4.3: Kullanıcı profili.

Kullanıcı Profili		
Yaş	Sayı	%
18-24	0	0
25-34	2	12
35-44	9	53
45-54	5	29
55-64	1	6
65+	0	0
Cinsiyet	Sayı	%
Kadın	12	71
Erkek	5	29
Eğitim Seviyesi	Sayı	%
Lise	1	6
Üniversite/Lisans	3	18
Yüksek Lisans	1	6
Doktora	12	71

Diğer	0	0
Görev Durumu	Sayı	%
İdari Personel	4	24
Akademik Personel	13	76
Diğer	0	0

4.2.3. Kullanım Durumu

Katılımcıların GTÜ'deki görev yıllarına ait verilerde, ortalama görev süresi 12 yıl olarak hesaplanmıştır. En kısa görev süresi 1 yıl, en uzun görev süresi ise 28 yıl olarak kaydedilmiştir. Ofis kullanım yıllarına bakıldığında, ortalama kullanım süresi 5 yıl olarak belirlenmiştir. Ofis kullanımında minimum süre 1 yıl, maksimum süre 9 yıldır. Bu veriler, katılımcıların genel olarak uzun süreli görev ve ofis kullanım deneyimine sahip olduğunu göstermektedir Değerler **Tablo 4.4**'de görülmektedir.

Tablo 4.4: Görev yılı ve ofislerin kullanım durumu.

Görev Yılı ve Ofislerin Kullanım Durumu	
Ortalama Görev Süresi	12 Yıl
En Kısa Görev Süresi	1 Yıl
En Uzun Görev Süresi	28 Yıl
Ortalama Ofis Kullanım Süresi	4 Yıl
Minimum Ofis Kullanım Süresi	1 Yıl
Maksimum Ofis Kullanım Süresi	9 Yıl

Analiz sonuçlarına göre, kat bazında katılımcıların %71'i 1. katta, %29'u ise 2. katta bulunmaktadır. Kullanıcı ofislerinin en çok yer aldığı cephe bazında ise, en yüksek oran %47 ile Batı cephesine aittir. Güney cephesi %30 ile ikinci sırada gelirken, Doğu cephesinde %12, Güneydoğu cephesinde %6 ve Güneybatı cephesinde %5 oranında katılımcı bulunmaktadır. Katılımcıların çoğunluğunun 1. katta ve Batı cephesinde bulunduğu **Tablo 4.5**'te verilmiştir.

Tablo 4.5: Ofislerin katlara göre cephe dağılımları.

Ofislerin Katlara Göre Cephe Dağılımları		
Cephe	1. Kat [%]	2. Kat [%]
Güney	0	100
Doğu	22	0,0
Batı	67	0,0
Güney + Doğu	11	0,0

Katılımcıların haftalık ofis kullanımına dair sonuçlar incelendiğinde, %47'sinin haftada 5 gün, %29'unun 4 gün ve %24'ünün 3 gün ofis kullandığı görülmüştür. Hafta sonu kullanım durumu değerlendirildiğinde, %88'i hafta sonu ofisi kullanmazken, %12'si hafta sonu kullanım yapmaktadır. Mesai saatleri açısından, en çok tercih edilen aralık %41 ile 08:00-17:00 olup, bunu %29 ile 09:00-17:00 saat aralığı takip etmektedir. Diğer mesai saatleri (%6 oranında 09:30-18:30, 09:00-18:00, 09:30-16:30, 10:00-16:00) ve %12 ile 10:00-17:00 daha düşük oranlarda tercih edilmiştir. Günlük kullanım süresinde, %47 oranında değişken süreler, %18 oranında 3 saat, %12 oranında 2 saat ve 8 saat kullanım bildirilmiştir. %6 oranında ise 1 saat, 4 saat ve 7 saat sürelerde kullanım gerçekleşmiştir. Yoğun kullanılan zaman dilimlerinde, sabah ve sabah/öğleden sonra %24 ile en çok tercih edilen dilimlerdir. Öğleden sonra %18, öğle/öğleden sonra %12, sabah/öğle/öğleden sonra ve öğle %6 oranında kullanılmıştır. Değişken zaman dilimi de %12 oranında tercih edilmiştir. Bu veriler, ofis kullanımının ağırlıklı olarak hafta içi, sabah ve değişken sürelerde gerçekleştiğini **Tablo 4.6'**da göstermektedir.

Tablo 4.6: Ofis kullanım alışkanlıkları ve zaman dilimleri analizi.

Haftalık Kullanılan Gün Sayısı [%]	3 Gün	24
	4 Gün	29
	5 Gün	47
Hafta Sonu Kullanımı [%]	Evet	12
	Hayır	88
Mesai Saati Aralığı [%]	08:00-17:00	41
	09:00-17:00	29
	09:30-18:30	6
	09:00-18:00	6
	09:30-16:30	6
	10:00-16:00	6
	10:00-17:00	12
Günlük Kullanım Süresi [%]	1 Saat	6
	2 Saat	12
	3 Saat	18
	4 Saat	6
	7 Saat	6
	8 Saat	12
	Değişken	47
Yoğun Kullanılan Zaman Dilimi [%]	Sabah	24
	Sabah/Öğleden Sonra	24
	Sabah/Öğle/Ö. Sonra	6
	Öğle	6
	Öğle/Öğleden Sonra	12
	Öğleden Sonra	18
	Değişken	12

Yapılan aktiviteler analiz edildiğinde, katılımcıların %47'sinin "Masa Başı Çalışma" yaptıkları görülmüştür. Bunun yanı sıra, "Masa Başı Çalışma + Görüşme" ve "Hepsi" aktiviteleri eşit oranlarla %23 oranında gerçekleştirilmiştir. "Masa Başı Çalışma +

Yemek" aktivitesi ise %6 ile en düşük oranda tercih edilmiştir. Bu veriler, katılımcıların ağırlıklı olarak bireysel masa başı çalışmalarına yöneldiğini, ancak önemli bir kısmının görüşmeler ve diğer kombinasyon aktiviteleri de gerçekleştirdiğini **Tablo 4.7'**de göstermektedir.

Tablo 4.7: Ofislerde yapılan aktivitelerin dağılımı.

Ofislerde Yapılan Aktivitelerin Dağılımı	
Aktivite	Yüzde [%]
Masa başı Çalışma	46
Masa başı Çalışma ve Yemek Yemek	6
Masa başı Çalışma ve Görüşme Yapmak	24
Hepsi	24

Yapılan analiz sonucunda, katılımcıların %47'sinin pencere yakınında herhangi bir unsur bulunmadığı görülmüştür. Bunun yanı sıra, %35 oranında pencere yakınında ağaç bulunduğu belirtilmiştir. %9 oranında ise pencere yakınında hem ağaç hem de aydınlatma direğinin bulunduğu, %9 oranında ise yapı bulunduğu ifade edilmiştir. Bu veriler, pencere çevresinde en yaygın unsurun ağaç olduğunu, ancak büyük çoğunlukla herhangi bir unsur bulundurmadığını **Tablo 4.8'**de göstermektedir.

Tablo 4.8: Pencere Yakını Unsur Türleri ve Oranları.

Pencere Yakını Unsur Türleri ve Oranları	
Unsur Bulundurma Durumu ve Unsur	Yüzde [%]
Hayır	48
Evet / Ağaç	36
Evet / Ağaç ve Direk	8
Evet / Yapı	8

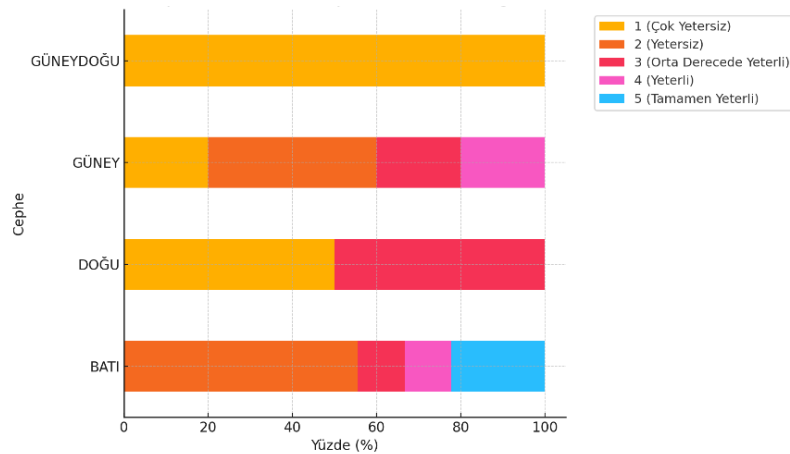
Bu çalışmada, yarı yapılandırılmış görüşme yöntemiyle elde edilen veriler aritmetik ortalama ve yüzdelik analiz teknikleriyle değerlendirilmiştir. Katılımcıların çoğunluğu %53'ü 35-44 yaş aralığında ve %71'i kadın, %77'si akademik personeldir. Katılımcıların ortalama görev süresi 11 yıl, ofis kullanım süresi ise 5 yıldır.

Değerlendirme yapılan kullanıcıların ofisleri büyük oranda 1. katta (%71) ve Batı cephesinde (%47) bulunmaktadır. Haftada 5 gün ofis kullananlar %47 oranındadır ve en çok tercih edilen mesai aralığı 08:00-17:00'dır. Çalışma aktiviteleri %47 oranı ile ağırlıklı olarak bireysel masa başı çalışma şeklinde gerçekleşmiştir. Pencere yakınında en çok ağaç bulunurken geri kalan çoğunlukta herhangi bir unsur bulunmamaktadır.

4.2.4. Ofis Odalarında İç Mekân Termal Konfor Memnuniyeti

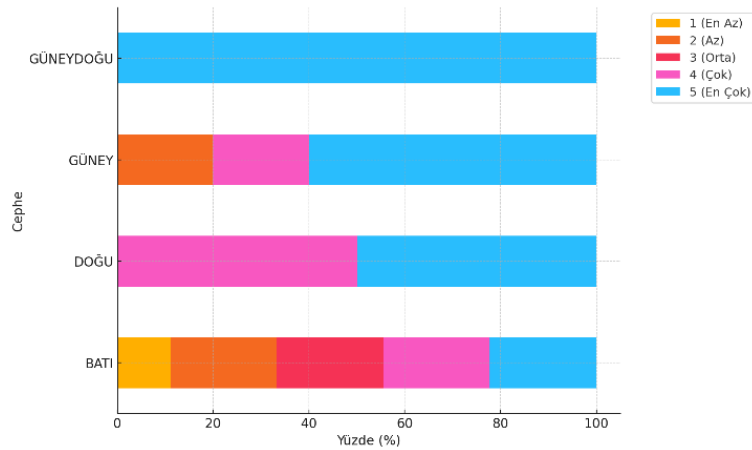
Ofis kullanıcılarının iç mekânda geçirdikleri süre boyunca termal konfora ilişkin memnuniyet düzeylerini değerlendirmek ve olası konforsuzluk durumlarını tespit edebilmek amacıyla demografi sorular dışında kalan sorulara yönelik anket ve yarı-yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Kullanıcılardan elde edilen cevaplar ve bunlara ait sayısal oranlar verilmiştir ve karşılaştırmalı analiz yapılmıştır.

SORU-17'ye verilen cevapların cephelere göre yüzdelik dağılımı incelendiğinde, güney cephesi için "Çok Yetersiz" yanıtı verenlerin oranı %20, "Yetersiz" yanıtı verenlerin oranı %40, "Orta Derecede Yeterli" yanıtı verenlerin oranı %20 ve "Yeterli" yanıtı verenlerin oranı %20'dir. Doğu cephesi, "Çok Yetersiz" ve "Orta Derecede Yeterli" yanıtıyla eşit dağılım (%50) dağılım göstermektedir. Batı cephesi, "Tamamen Yeterli" yanıtı verenlerin oranı %28,57, "Yetersiz" diyenlerin oranı %42,86, "Orta Derecede Yeterli" diyenlerin oranı %14,29 ve "Yeterli" diyenlerin oranı %14,29'dur. Güneydoğu cephesi ise yalnızca "Çok Yetersiz" yanıtı ile %100 oranında bir memnuniyetsizlik ortaya koymaktadır. Doğu ve Güney + Doğu cephelerinde termal konfor memnuniyetinin belirgin bir şekilde düşük olduğu görülmüştür [Şekil 4.7].



Şekil 4.7: Sıcak hava dönemlerinde termal konfor memnuniyeti puanlarının cephelere göre dağılımı (Soru-17).

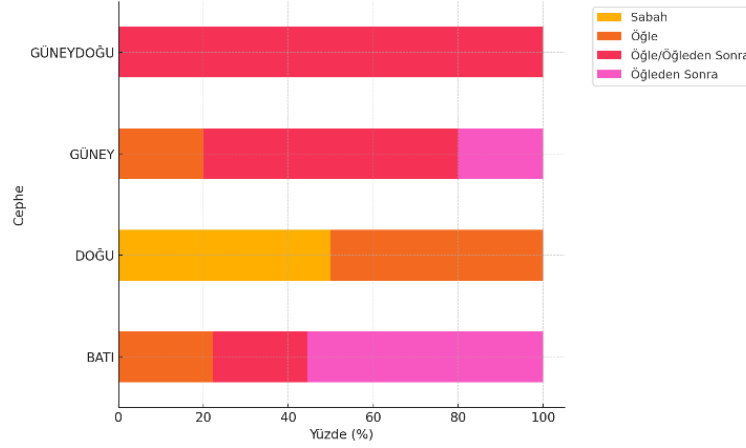
SORU-18’e verilen yanıtların cephe yönüne göre yüzdelik dağılımı incelendiğinde, güney cephesinde katılımcıların %60’ının 5 düzeyinde (en çok) aşırı ısınma problemi yaşadığı, %20’sinin 4 (çok) ve %20’sinin ise 2 (az) seviyesinde problem yaşadığı belirlenmiştir. Doğu cephesi, katılımcıların 4 ve 5 düzeyinde eşit oranda (%50) aşırı ısınma problemi yaşadığını ortaya koymaktadır. Batı cephesinde, yanıtlar daha çeşitlidir; katılımcıların %28,57’si “En çok-5”, %28,57’si “Çok-4” ve her ikisi de %14,29 oranında eşit olacak şekilde değerlendirme yapmıştır. Güneydoğu cephesi, %100 oranında "En Çok" yanıtıyla aşırı ısınma probleminin en yoğun hissedildiği cephe olarak öne çıkmaktadır. Elde edilen bulgular, sıcak hava dönemlerinde odaların aşırı ısınma probleminin doğu ile güneydoğu cephelerinde en belirgin olarak yaşandığını göstermektedir. Kullanıcıların hafta sonu ofis kullanım oranı çok az olduğundan bu değerlendirme kapsamının dışında bırakılmıştır [Şekil 4.8].



Şekil 4.8: Sıcak hava dönemlerinde aşırı ısınma düzeyinin cephelere göre dağılımı (Soru 18).

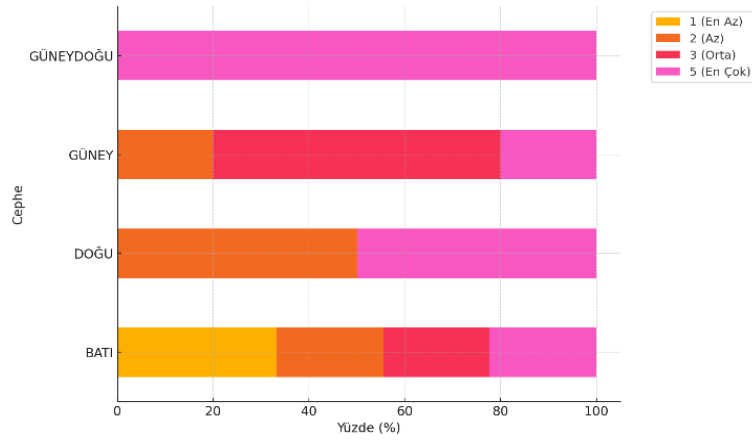
SORU-19’a verilen cevaplar analiz edildiğinde, güney cephesinde katılımcıların, "Öğleden Sonra" ve "Öğle/Öğleden Sonra" yanıtına eşit oranda (%40) ve "Öğle" yanıtına %20 oranında yanıt vermişlerdir. Doğu cephesi katılımcıları, "Sabah" (%50) ve "Öğle" (%50) yanıtlarını eşit oranlarda vermiştir. Batı cephesinde, katılımcıların %57,14’ü "Öğleden Sonra", %28,57’si "Öğle/Öğleden Sonra" ve %14,29’u "Öğle"

saatlerini belirtmiştir. Güneydoğu cephesi ise %100 oranında "Öğle/Öğleden Sonra" yanıtını vermiştir. Bu bulgular, sıcak hava dönemlerinde ofislerin özellikle güney, batı ve güneydoğu cephelerinde öğleden sonraki saatlerde daha sıcak hissedildiğini ortaya koymaktadır. Doğu cephesinde ise sabah saatlerinde sıcaklığın daha belirgin olduğu görülmektedir. Kullanıcıların hafta sonu ofis kullanım oranı çok az olduğundan bu değerlendirme kapsamının dışında bırakılmıştır [Şekil 4.9].



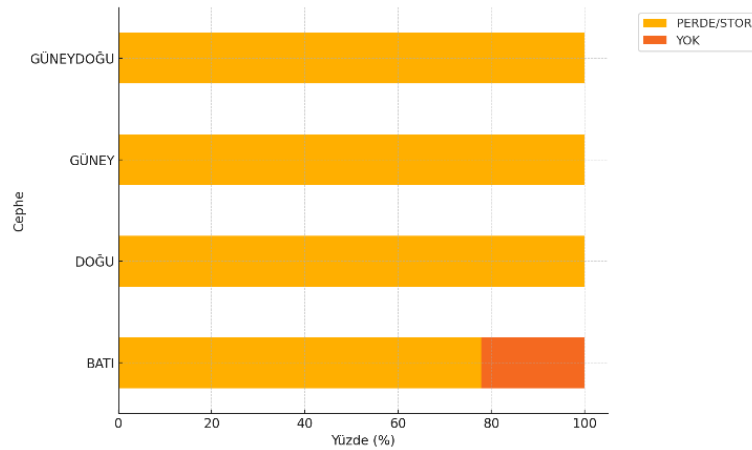
Şekil 4.9: Sıcak hava dönemlerinde ofisin en sıcak olduğu zaman diliminin cephelere göre dağılımı (Soru-19).

SORU-20'ye verilen yanıtlar incelendiğinde, güney cephesi için katılımcıların %60 oranında "Orta-3", "Az -2" ve "En Çok-5" yanıtını eşit olacak şekilde %20 oranında vermişlerdir. Doğu cephesi katılımcılarının yarısı "Az-2" diğer yarısı ise "En Çok-5" yanıtlarını vermiştir. Batı cephesi, yanıtların daha çeşitli olduğu bir dağılım sergilemektedir: katılımcıların %37,5'i "En Çok-5", %37,5'i "Orta-3" ve eşit oranda (%12.5) "Az-2" ve "En Az-1" yanıtlarını vermişlerdir. Güneydoğu cephesi, katılımcıların %100 oranında "En Çok" yanıtı verdiği tek cephe olarak öne çıkmaktadır. Bu sonuçlar özellikle güneydoğu ve batı cephelerinde daha yüksek bir korunma ihtiyacının hissedildiğini ortaya koymaktadır [Şekil 4.10].



Şekil 4.10: Kullanıcıların gün ışığından korunma ihtiyacının cephelere göre dağılımı (Soru 20).

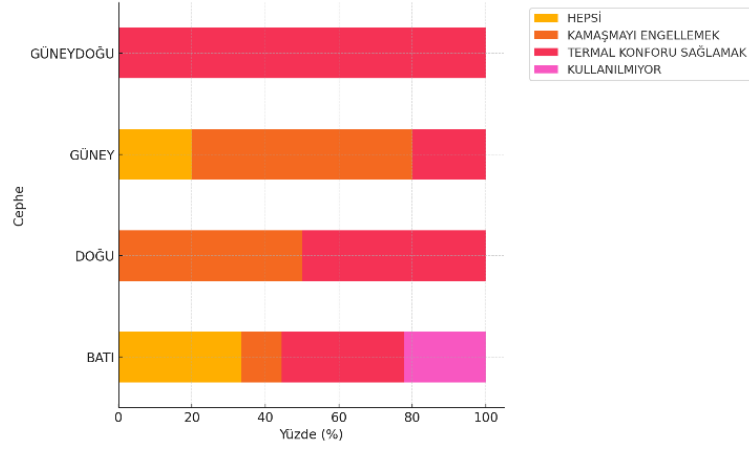
SORU-21'e verilen yanıtlara göre güney cephesi için katılımcıların tamamının perde veya stor kullandığı görülmüştür. Doğu cephesi katılımcıları da %100 oranında perde veya stor tercih ettiğini belirtmiştir. Batı cephesi için katılımcıların %77'si perde veya stor kullandığını ifade ederken, %23'ü herhangi bir güneş kontrol elemanı kullanmadığını belirtmiştir. Güneydoğu cephesi kullanıcılarının da tamamının perde veya stor kullanımını tercih ettiği görülmüştür. Bu sonuçlar, güneş kontrol elemanlarının özellikle güney, doğu ve güneydoğu cephelerinde yaygınlıkla kullanıldığını, batı cephesinde ise kullanım oranının biraz daha düşük olduğunu göstermektedir. Bu durum, cephe yönüne bağlı olarak gün ışığı kontrolüne yönelik farklı ihtiyaçları ortaya koymaktadır [Şekil 4.11].



Şekil 4.11: Gün ışığını azaltmaya yönelik güneş kontrol elemanı kullanımının cephelere göre dağılımı (Soru 21).

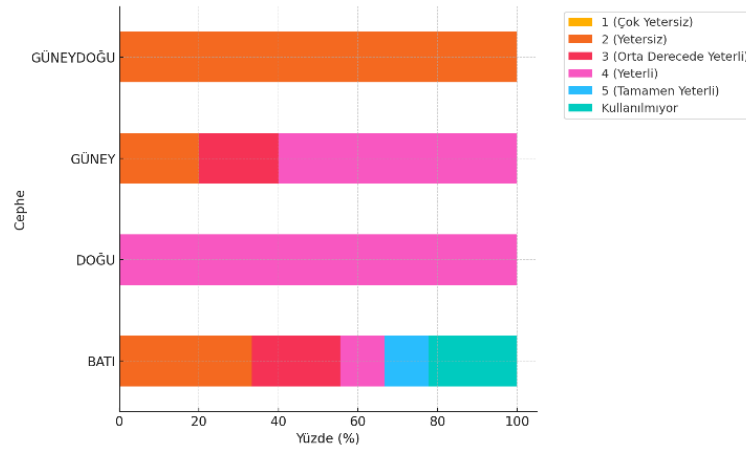
SORU-22'ye göre güney cephesi katılımcılarının %60'ı güneş kontrol elemanlarını "Kamaşmayı Engellemek" amacıyla, %20'si "Termal Konforu Sağlamak" amacıyla ve

%20'si "Hepsi" yanıtı ile her ikisini de amaçladığını belirtmiştir. Doğu cephesinde katılımcıların %50'si güneş kontrol elemanlarını "Kamaşmayı Engellemek" ve %50'si "Termal Konforu Sağlamak" amacıyla eşit oranlarda kullanmışlardır. Batı cephesi katılımcıları daha çeşitli bir dağılım göstererek eşit oranda (%37,5) "Hepsi ve "Termal Konforu Sağlamak" amacıyla, %12,5'i ise "Kamaşmayı Engellemek" amacıyla kullandığını belirtmiştir. Bunun yanı sıra %12,5'i herhangi bir eleman kullanmamaktadır. Güneydoğu cephesi kullanıcıları, %100 oranında "Termal Konforu Sağlamak" amacıyla kullanmışlardır. Bu bulgular, güney cephesinde kamaşmanın önlenmesinin öncelikli bir amaç olduğunu, doğu ve batı cephelerinde ise termal konfor sağlama ihtiyacının öne çıktığını ortaya koymuştur [Şekil 4.12].



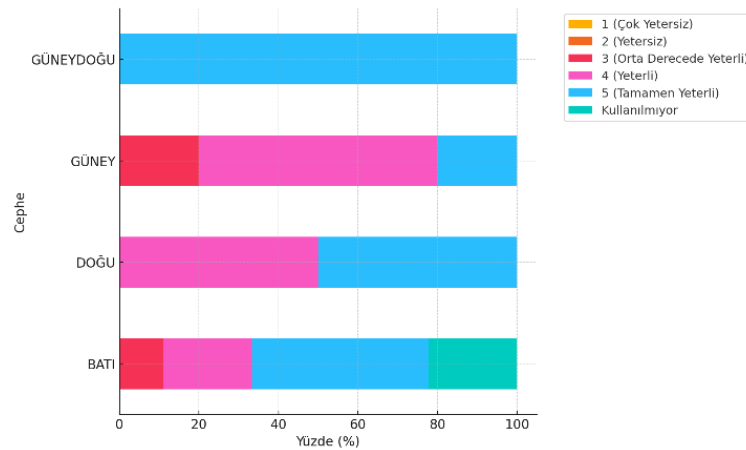
Şekil 4.12: Güneş kontrol elemanlarının kullanım amaçlarının cephelere göre dağılımı (Soru 22).

SORU-23'e verilen yanıtların cephelere göre yüzdelik dağılımı incelendiğinde, güney cephesi için katılımcıların %60'ı "Yeterli-4", %20'si "Orta Derecede Yeterli-3" ve %20'si "Yetersiz-2" yanıtlarını vermiştir. Doğu cephesi katılımcılarının tamamı "Yeterli-4" yanıtını vermişlerdir. Batı cephesinde kullanıcıların %14,29'u "Tamamen Yeterli-5" yanıtını verirken geri kalanlar eşit oranda (%28,57) "Orta Derecede Yeterli-3" ve "Yetersiz-2" yanıtını vermişlerdir. %28,57'si ise güneş kontrol elemanı kullanmadıklarını belirtmiştir. Güneydoğu cephesi, katılımcıların %100'ünün "Yetersiz-2" yanıtını verdiği bir cephe olarak öne çıkmıştır. Buna göre doğu cephesinde yüksek oranda yeterli bulunurken güneydoğu cephesinde memnuniyetin oldukça düşük olduğu ortaya konulmuştur [Şekil 4.13].



Şekil 4.13: Güneş kontrol elemanlarının termal konfor sağlamadaki yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerin cephelere göre dağılımı (Soru 23).

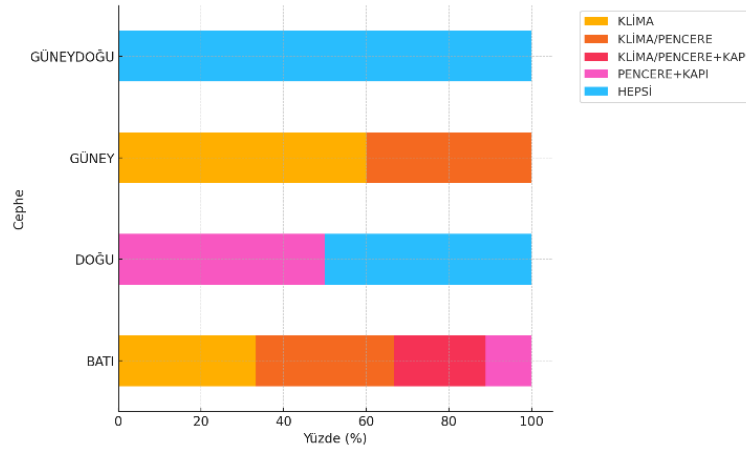
SORU-24'e verilen cevaplar incelendiğinde, güney cephesi için katılımcıların %60'ı "Yeterli-4", %20'si "Tamamen yeterli-5" ve %20'si "Orta Derecede Yeterli-3" yanıtlarını vermiştir. Doğu cephesi, %50 oranında "Yeterli-4" ve "Tamamen yeterli-5" yanıtları ile eşit bir dağılım göstermiştir. Batı cephesi, katılımcıların %57,14'ü "Tamamen yeterli-5", %28,57'si "Yeterli-4" ve %14,29'u "Orta Derecede Yeterli-3" yanıtını vermiştir; %14,29 oranında ise kullanılmadığı belirtilmiştir. Güneydoğu cephesi, katılımcıların tamamı "Tamamen yeterli-5" yanıtını vermiştir. Doğu ile batı cephelerinde elemanın kamaşmayı engelleme açısından yeterli olduğu görülmüştür [Şekil 4.14].



Şekil 4.14: Güneş kontrol elemanlarının kamaşmayı engellemedeki yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerin cephelere göre dağılımı (Soru 24).

SORU-25'e verilen cevaplarda güney cephesi için katılımcıların %60'ı yalnızca "Klima", %40'ı ise "Klima/Pencere" yöntemlerini tercih ettiğini belirtmiştir. Doğu

cephesi, katılımcıların "Pencere+Kapı" ve "Hepsi" (Klima/Pencere/Kapı) yanıtlarına eşit dağılımda (%50) yanıt vermişlerdir. Batı cephesinde katılımcıların %37,5'i "Klima", %25'i "Klima/Pencere", %25'i "Klima/Pencere+Kapı" ve %12,5'i "Pencere+Kapı" yöntemlerini tercih etmiştir. Güneydoğu cephesi, katılımcıların %100'ünün "Hepsi" (Klima/Pencere/Kapı) yanıtını verdiği bir cephe olarak öne çıkmıştır. Buna göre doğu ve güneydoğu cephelerinde çeşitli soğutma kombinasyonları ön plana çıkmıştır [Şekil 4.15].

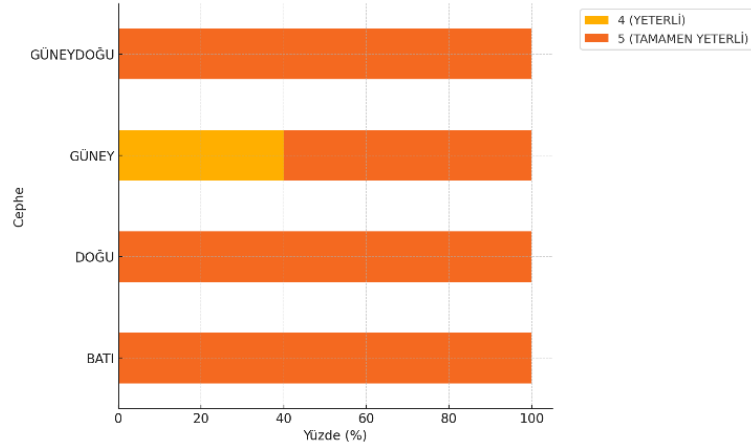


Şekil 4.15: Sıcak hava dönemlerinde soğutma ihtiyacını karşılama yöntemlerinin cephelere göre dağılımı (Soru 25).

Sıcak hava dönemlerinde soğutma cihazı kullanım zamanı ve sıklığının cephelere göre dağılımı sorusu (Soru 26) kapsamında verilen cevaplar analiz edildiğinde, güney cephesinde cihazların özellikle öğle ve öğleden sonra zaman dilimlerinde yoğun ve düzenli bir şekilde (Her saat başı 30 dakika) kullanımı en sık görülen kullanım şekli olarak belirlenmiştir. Doğu cephesinde ise cihazlar daha seyrek çalıştırılmıştır ve genellikle "Her saat başı 20 dakika" veya "3 saatte bir 10 dakika" gibi daha düşük sıklıklarla kullanılmıştır. Batı cephesinde ise cihaz kullanımının özellikle öğle ve öğleden sonra zaman dilimlerinde "her saat çalıştırma" ve "her saat başı 30 dakika" gibi düzenli çalışma süreleri öne çıkmıştır. Güneydoğu cephesinde ise cihazlar "her saat başı 30 dakika" olacak şekilde kullanılmaktadır.

SORU-27'ye verilen yanıtlar incelendiğinde güney cephesi için katılımcıların %60'ı "Çok Yeterli-5" ve %40'ı "Yeterli-4" yanıtlarını vermiştir. Doğu cephesi, katılımcıların %100'ünün "Çok Yeterli-5" olarak değerlendirdiği bir cephe olmuştur. Batı cephesi katılımcıların %100'ünün "Çok Yeterli-5" yanıtını verdiği ve tam memnuniyetin görüldüğü bir cephe olarak dikkat çekmektedir. Güneydoğu cephesinde katılımcıların

tamamının "Çok Yeterli-5" yanıtını verdiği bir diğer cephe olmuştur. Bu sonuçlar, kullanılan soğutma yöntemlerinin özellikle doğu, batı ve güneydoğu cephelerinde tam memnuniyet sağladığını, güney cephesinde ise büyük oranda yeterli bulunduğunu ortaya koymaktadır [Şekil 4.16].



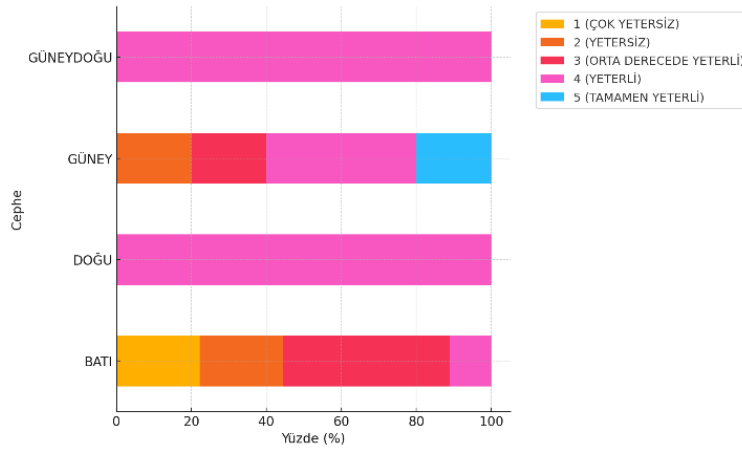
Şekil 4.16: Soğutma yöntemlerinin termal konfor sağlamadaki yeterliliğine ilişkin değerlendirmelerin cephelere göre dağılımı (Soru 27).

Sıcak hava dönemlerinde yaşanan fiziksel rahatsızlıkların sıklığı ve şiddetinin cephelere göre dağılımı sorusu (Soru 28) kapsamında verilen cevaplara göre, sıcak hava dönemlerinde, katılımcılar tarafından bildirilen fiziksel rahatsızlıklar arasında en yaygın olarak “terleme” öne çıkmaktadır. Katılımcıların %80’i, sıcaklık artışına bağlı olarak terleme problemi yaşadığını ifade etmiştir. Bunun yanı sıra, “kızarıklık” ve “nefes darlığı” gibi belirtiler ise daha az sıklıkla (%20 civarında) dile getirilmiştir. Rahatsızlıkların şiddet düzeyine ilişkin değerlendirmelerde, katılımcıların büyük bir kısmı bu belirtileri “orta düzeyde (3)” olarak derecelendirmiştir (%60). “Çok (4)” olarak belirlenen daha yüksek şiddet düzeyinde, rahatsızlıkların oranı daha düşüktür. Bazı katılımcılar ise yaşadıkları problemin şiddet düzeyini belirtmemiştir. Sonuç olarak, sıcak hava dönemlerinde en sık bildirilen problem terleme olurken, bu rahatsızlığın çoğunlukla orta düzeyde şiddetle hissedildiği gözlemlenmiştir. Daha az sıklıkla bildirilen kızarıklık ve nefes darlığı belirtileri, bazı katılımcılar için daha yüksek düzeyde rahatsızlık yaratabilmektedir.

Sıcak hava dönemlerinde yaşanan zihinsel ve psikolojik rahatsızlıkların cephelere göre dağılımı sorusuna (Soru 29) verilen cevaplar incelendiğinde, "Hayır" cevabını veren katılımcıların oranı oldukça yüksek olup, bu durum katılımcıların büyük bir kısmının bu tür rahatsızlıkları yaşamadığını göstermektedir. Bunun yanı sıra "Evet" diyen

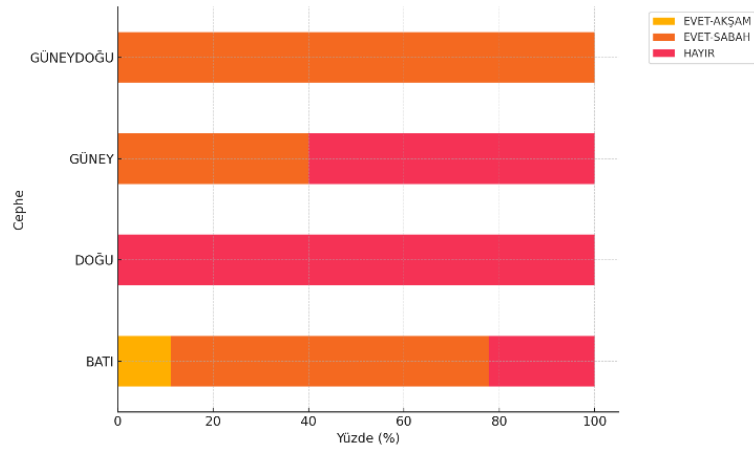
katılımcılar arasında, yaşanan problemler ve bunların şiddeti çeşitlilik göstermiştir. Güney cephesinde “Evet” yanıtını veren katılımcılar, genellikle haftada birkaç kez veya daha seyrek sıklıkta problemler yaşadıklarını belirtmişlerdir. Bildirilen problemler arasında en yaygın olanlar “iç bunalımı” ve “birden fazla rahatsızlık (hepsi)” olmuştur. Bu problemlerin şiddeti, genellikle orta düzeyde (3) veya yüksek düzeyde (4 ve 5) derecelendirilmiştir. Batı cephesinde “Hayır” cevabını veren kullanıcı sayısı ön plana çıkmaktadır bunun yanı sıra "Evet" cevabını verenler arasında “motivasyon eksikliği” ve “dikkat dağınıklığı” gibi problemler ön plana çıkarak genellikle en yüksek şiddet düzeyinde (5) değerlendirilmiştir. Doğu cephesinde tüm katılımcılar “Hayır” cevabı vermiştir. Bu durum, bu bölgede söz konusu rahatsızlıkların yaşanmadığını göstermektedir. Güneydoğu cephesinde "Evet" cevabını veren katılımcılar, birden fazla problem yaşadıklarını ve bu problemlerin en yüksek şiddet düzeyinde (5) olduğunu ifade etmişlerdir. Özellikle bildirilen problemler arasında “iç bunalımı” ve diğer rahatsızlıklar birlikte değerlendirilmiştir. Genel olarak, rahatsızlık yaşayan katılımcıların oranı düşük olmakla birlikte, bu tür problemleri bildirenlerin şiddet düzeyinin genellikle orta veya yüksek olduğu görülmektedir. Özellikle motivasyon eksikliği, dikkat dağınıklığı ve iç bunalımı gibi problemler, katılımcılar arasında belirli bir yoğunlukla öne çıkmaktadır.

SORU-30’a verilen yanıtlara göre, güney cephesi için katılımcıların %20’si "Çok Yetersiz-1" , "Yetersiz-2" ve "Orta Derecede Yeterli-3" yanıtını verirken %40’ı "Yeterli-4" ve %20’si "Tamamen Yeterli-5" yanıtlarını vermiştir. Doğu cephesi, katılımcılarının hepsinin "Yeterli-4" yanıtını verdiği bir cephe olarak öne çıkmıştır. Batı cephesi katılımcıları %25 oranında "Çok Yetersiz-1" ve "Yetersiz-2", %37,5 oranında "Orta Derecede Yeterli-3" ve %12,5 oranında "Yeterli-4" yanıtlarını vermişlerdir. Güneydoğu cephesi, katılımcıların %100’ünün "Yeterli-4" yanıtını verdiği bir diğer cephe olmuştur. Bu sonuçlar güneydoğu ile doğu cephelerinde memnuniyetin yüksek, batı cephesinde ise daha düşük olduğunu göstermiştir [Şekil 4.17].



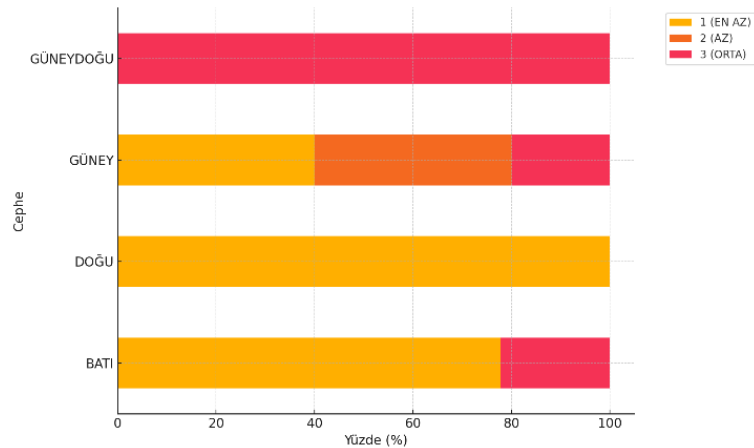
Şekil 4.17: Soğuk hava dönemlerinde ofis termal konforu memnuniyeti yüzdelik dağılımı (Soru 30).

Soru-31 kapsamında katılımcıların %59'u soğuk hava dönemlerinde odalarının yeteri kadar ısınmadığını belirtmiş, %41'i ise bu tür bir problem yaşamadıklarını ifade etmiştir. Problem yaşayan katılımcılar arasında, %70 oranında sabah saatleri en sık problem yaşanan zaman dilimi olduğu görülmektedir. Güney cephesindeki katılımcıların %40'ı bu problemle karşılaşmıştır ve şiddet düzeylerini genellikle “Orta-3” veya “Çok-4” olarak değerlendirmiştir. Doğu cephesindeki katılımcılar sorun bildirmemişlerdir. Batı cephesinde ise katılımcıların %60'ı problem yaşadığını belirtmiş ve bu durumun ağırlıklı olarak sabah saatlerinde şiddet düzeyleri "Az-2" ile "En çok-5" arasında değişiklik gösterecek şekilde ortaya çıktığını ifade etmişlerdir. Batı cephesinde katılımcıların %60'ı soğuk hava dönemlerinde odalarının yeterince ısınmadığını belirtmiş, bu problemin %83 oranında sabah saatlerinde yaşandığı ve şiddetinin "Az-2" ile "En çok-5" arasında değişiklik gösterdiğini ifade etmişlerdir. Güneydoğu cephesindeki katılımcıların tamamı sabah saatlerinde problem yaşadıklarını belirtmiş ve bu durumun “Orta-3” şiddetinde olduğunu belirtmişlerdir. Genel olarak, soğuk hava dönemlerinde ısınma problemi yaşayanların büyük bir kısmı sabah saatlerini en sık problem yaşanan zaman dilimi olarak tanımlamış ve şiddet düzeylerini ağırlıklı olarak “Orta-3” ve “Yüksek-4” ve “Çok yüksek-5” olarak ifade etmiştir. Bu bulgular, ısınma probleminin özellikle sabah saatlerinde ve belirli cephelerde daha belirgin olduğunu göstermektedir [Şekil 4.18].



Şekil 4.18: Soğuk hava döneminde odanın yeterince ısınmama sorunu ve zaman dilimine göre dağılımı (Soru 31).

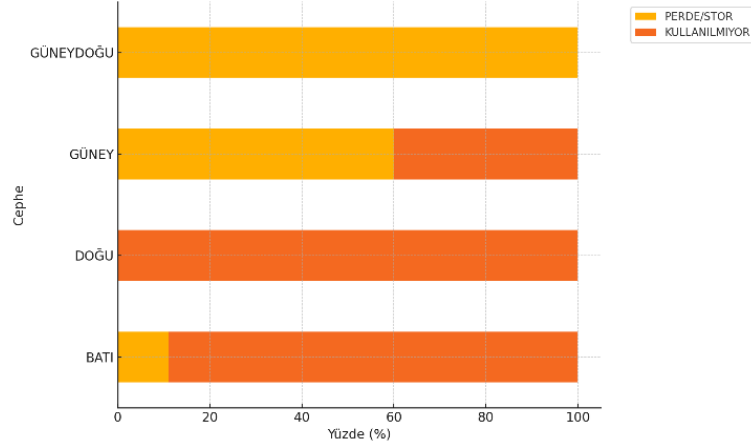
SORU-32 için yanıtlar incelendiğinde, güney cephesi için katılımcıların %40'ı "En Az-1", %40'ı "Az-2" ve %20'si "Orta-3" yanıtlarını vermiştir. Doğu cephesinde katılımcıların tamamı "En az-1" yanıtını vermişlerdir. Batı cephesinde katılımcıların %12,5'i "Orta-3", %87,5'i ise "En az-1" yanıtını vermiştir. Güneydoğu cephesi, katılımcıların %100'ünün "Orta-3" yanıtını verdiği tek cephe olmuştur. Buna göre doğu ile batı cephelerinde bu ihtiyacın çok düşük olduğunu, güneydoğu cephesinde ise nispeten daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur [Şekil 4.19].



Şekil 4.19: Soğuk havalarda gün ışığından korunma ihtiyacının cephelere göre dağılımı (Soru 32).

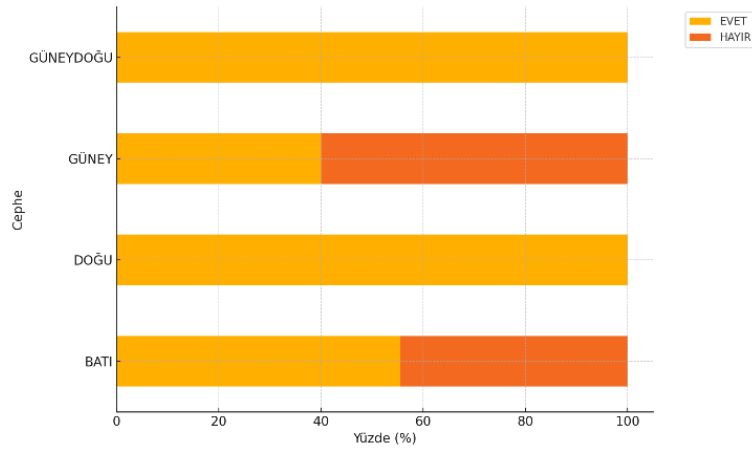
SORU-33'e verilen yanıtlara göre, güney cephesi için katılımcıların %60'ı "Perde/Stor" kullandığını belirtirken, %40'ı herhangi bir güneş kontrol elemanı kullanmadığını ifade etmiştir. Doğu cephesinde katılımcıların hiçbiri soğuk hava döneminde güneş kontrol elemanı kullanmamaktadır. Batı cephesi, katılımcıların

%87,5'i güneş kontrol elemanı kullanmadığını, yalnızca %12,5'inin "Perde/Stor" kullandığını ifade ettiği bir dağılım sergilemiştir. Güneydoğu cephesi katılımcılarının tamamı "Perde/Stor" kullandığını belirtmiştir. Sonuçta, soğuk hava dönemlerinde gün ışığını engellemek amacıyla güneydoğu ile güney cephelerinde kontrol elemanlarının daha sık kullanıldığı, doğu ve batı cephelerinde ise bu ihtiyacın düşük olduğu görülmüştür [Şekil 4.20].



Şekil 4.20: Soğuk havalarda güneş kontrol elemanı kullanımının cephelere göre dağılımı (Soru 33).

Soru-34'e göre soğuk hava dönemlerinde güneş kontrol elemanlarının pasif ısı kazancını artırmak amacıyla açık konuma getirilme oranları cephe yönlerine göre farklılık göstermektedir. Güneydoğu cephesinde katılımcıların tamamı (%100) bu elemanları açık konuma getirirken, doğu cephesinde de %100 oranında kullanım gözlemlenmiştir. Güney cephesinde ise katılımcıların %40'ı açık konumu tercih ederken, %60'ı bu uygulamayı gerçekleştirmemektedir. Batı cephesinde ise %55 oranında katılımcı güneş kontrol elemanlarını açık konuma getirmektedir [Şekil 4.21].



Şekil 4.21: Soğuk havalarda güneş kontrol elemanlarının pasif ısı kazancı için açılma sıklığı (Soru 34).

SORU-35 “Soğuk hava dönemlerinde odanızda ısınma ihtiyacını nasıl karşılıyorsunuz? (kalorifer, elektrikli ısıtıcı kullanmak vb.)” sorusu kapsamında verilen cevaplar odaların tamamında soğuk hava dönemlerinde ısınma amacıyla “Merkezi Kalorifer” kullanıldığı belirtilmiştir.

Soğuk hava dönemlerinde kullanılan ısıtma yönteminin odada uygun termal konfor sağlama durumu, katılımcılar tarafından 1 ile 5 arasında puanlanmıştır (1: çok yetersiz, 5: tamamen yeterli). Ek olarak, katılımcılara ek ısıtma cihazına ihtiyaç duyup duymadıkları ve ihtiyaç duyuyorlarsa bu cihazı hangi zaman diliminde ve ne sıklıkla kullandıkları sorulmuştur. Değerlendirmeler sonucunda, katılımcıların %76’sı mevcut ısıtma yöntemini “Tamamen Yeterli” (5), %18’i “Yeterli” (4) ve %6’sı “Orta Derecede Yeterli” (3) olarak değerlendirmiştir. Klima kullanımında %18 oranında katılımcı klima kullanıldığını belirtmiş ve bu durum özellikle güney ve batı cephelerinde gözlemlenmiştir. Zaman dilimlerine ilişkin değerlendirmelerde, klima kullanımının genellikle sabah saatlerinde belirli bir süre (4 saat boyunca) veya akşam saatlerinde düzenli aralıklarla (her saat başı 5 dakika) ya da sürekli olarak gerçekleştiği ifade edilmiştir. Batı cephesinde daha düşük oranda olacak şekilde klima kullanımına ihtiyaç duyulduğu gözlemlenmiştir bunun yanı sıra güney ve doğu cephelerinde genellikle mevcut koşulların yeterli olduğu belirtilmiştir. Bu durum mevcut ısıtma sistemlerinin genel olarak yeterli bulunduğunu ancak belirli cephelerde ve zaman dilimlerinde klima kullanımının destekleyici bir rol oynadığını göstermektedir.

Soğuk hava dönemlerinde ofiste yaşanan fiziksel rahatsızlıkların (terleme, mide bulantısı, baş ağrısı) sıklığı ve şiddeti (Soru 37) sorusu kapsamında yapılan değerlendirmede, batı cephesinde yer alan katılımcıların %30’u dışındaki

katılımcıların büyük bir kısmı (%82) soğuk hava dönemlerinde fiziksel rahatsızlıklar yaşamadıklarını ifade etmiştir. Belirtilen rahatsızlıklar arasında yalnızca “Terleme” öne çıkmış ve bu durum genellikle “Orta (3)” veya “Az (2)” şiddetle hissedilmiştir. Güney, Doğu ve Güneydoğu cephelerindeki katılımcıların tamamı bu tür rahatsızlıklarla karşılaşmadıklarını ifade etmiştir. Genel olarak, fiziksel rahatsızlıkların düşük bir oranla ifade edilmesi, soğuk hava koşullarında ofis ortamlarının büyük ölçüde uygun olduğunu göstermektedir.

Soğuk hava dönemlerinde ofiste yaşanan yorgunluk, dikkat dağınıklığı, motivasyon eksikliği ve benzeri problemlerin sıklığı ve şiddeti sorusu (Soru 38) için yapılan analizde katılımcıların büyük bir kısmı (%88) soğuk hava dönemlerinde yorgunluk, dikkat dağınıklığı, motivasyon eksikliği veya bıkkınlık hissi gibi problemler yaşamadıklarını belirtmiştir. Güney cephesinde, katılımcıların %20’si bu tür problemleri deneyimlediklerini ifade etmiş ve en yaygın sorun olarak konsantrasyon kaybı belirtilmiştir. Bu problemin sıklığı "Orta (3)" şiddetinde belirtilmiştir. Batı cephesinde, yalnızca %10'luk bir oran bu tür problemleri bildirmiş ve bu sorunlar arasında motivasyon eksikliği, dikkat dağınıklığı ve bıkkınlık hissi gibi tüm problemlerin (Hepsi) yaşandığı ifade edilmiştir. Bu durum "Az (2)" şiddet seviyesinde değerlendirilmiştir. Doğu ve Güneydoğu cephelerindeki katılımcılar ise bu tür problemler yaşamadıklarını ifade etmiştir. Genel olarak, fiziksel ve zihinsel rahatsızlıkların soğuk hava döneminde düşük bir oranda olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada Gebze Teknik Üniversitesi N Blok ofis kullanıcılarının termal konfor deneyimlerini analiz ederek cephe yönelimlerine bağlı sorunları detaylı bir şekilde ortaya koymuştur. Sıcak hava dönemlerinde güneydoğu ve doğu cepheleri, aşırı ısınma problemleriyle en çok dikkat çeken alanlar olurken, özellikle güneydoğu cephesinde gün ışığından korunma ihtiyacının ve buna bağlı olarak iç güneş kontrol elemanlarının kullanımının yoğun olduğu belirlenmiştir. Soğuk hava dönemlerinde ise batı ve güneydoğu cephelerinde yetersiz ısınma sorunlarının sık yaşandığı görülmüştür. Özellikle batı cephesinde sabah saatlerinde ısınma ihtiyacının daha belirgin olduğu analiz edilmiştir. Güneş kontrol elemanlarının kullanımına dair veriler, güney ve güneydoğu cephelerinde bu unsurların yoğun bir şekilde tercih edildiğini, ancak batı cephesinde kullanım oranının daha düşük olduğunu göstermiştir. Bu durumun yapının batı cephesinin önünde konumlanan yoğun ağaç dokusundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Dolayısıyla doğal çevre unsurlarının güneş kontrol elemanı gibi davranış göstererek özellikle sıcak hava dönemlerinde mekânın ısıl konfor açısından

iyileştirilmesine katkıda bulunduğu görülmektedir. Kullanıcıların iç güneş kontrol elemanlarını genellikle termal konfor sağlamak ve kamaşmayı engellemek amacıyla kullandıkları belirlenmiştir. Ancak, bazı cephelerde mevcut elemanların yetersiz bulunduğu ve termal konforu sağlama noktasında ek çözümlere ihtiyaç duyulduğu ifade edilmiştir. Bu durum, cephe yönelimine bağlı olarak gün ışığı ve ısı kontrolünde kullanılan sistemlerin etkinliğinin artırılması gerektiğini işaret etmektedir.

Sonuç olarak, cephe yönelimlerine bağlı termal konfor problemlerinin çeşitliliği, hem pasif tasarım stratejilerinin hem de kullanıcı ihtiyaçlarına yönelik özelleştirilmiş kontrol elemanlarının önemini vurgulamaktadır. Çalışma, ofislerdeki termal konfor koşullarını iyileştirmek ve çalışan memnuniyetini artırmak için mevcut çözümlerin geliştirilmesi gerektiğini ortaya koymuştur.

4.3. GTÜ Mimarlık Fakültesi N Blok Yapısının Mimari ve Yapısal Özellikleri

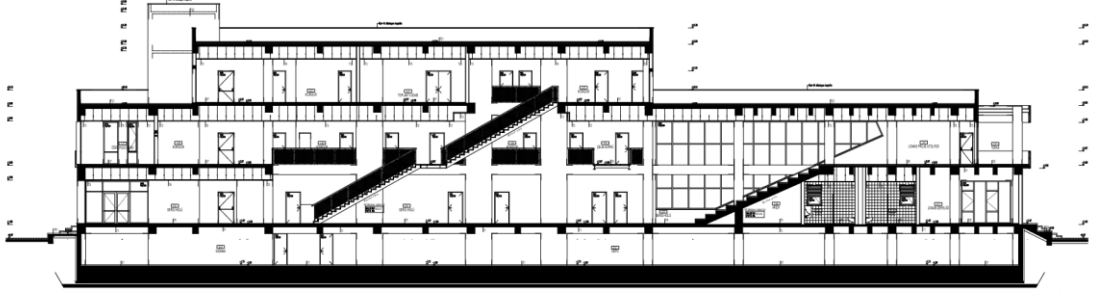
Bu tez çalışması kapsamında enerji simülasyonlarının gerçekleştirileceği yapı, Gebze Teknik Üniversitesi'nin N Blok Mimarlık Fakültesi yapısıdır. Yapı, 40.8025° kuzey enlemi ve 29.4398° doğu boylamında, Kocaeli'nin Gebze ilçesinde konumlanmaktadır [Şekil 4.22]. Gebze, Akdeniz ve Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş bölgesinde yer almakta olup, yaz ayları ılık, kurak ve genellikle açık, kış ayları ise uzun, oldukça soğuk ve parçalı bulutlu geçmektedir. Bölgedeki yıllık sıcaklık değerleri genellikle 2°C ile 29°C arasında değişmekte olup, nadiren -2°C'nin altına veya 33°C'nin üzerine çıkmaktadır [Web 25].



Şekil 4.22: GTÜ N Blok yapısı uydu görüntüsü.

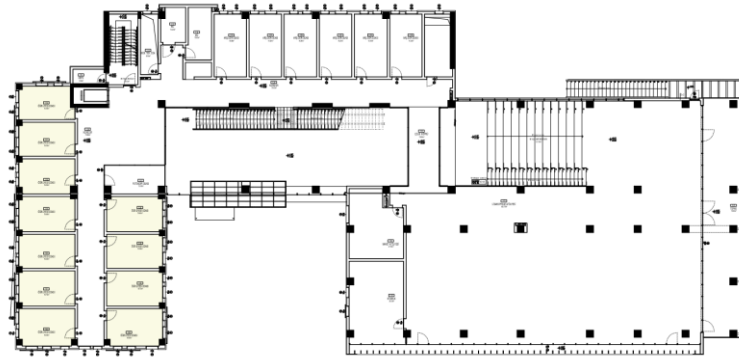
Yapı genel olarak dikdörtgen biçimindedir ve orta bölümünde yer alan sergi holüne açılan avlusu bulunmaktadır. Yapı birinci bodrum kat, zemin kat, 1. normal kat ve 2. kat olmak üzere toplamda 4929 m²'lik kapalı alana sahip 4 kattan oluşmaktadır. 1. Kat

galeri boşluğu ile zemin katla ilişkilendirilmiştir [Şekil 4.22]. Simülasyonların gerçekleştirileceği ofisler yapının 1535 m²'lik alana sahip 1. katında Doğu, Batı, Güney + Doğu cephelerinde ve 529 m²'lik alana sahip 2. katının Güney cephesinde yer almaktadır.



Şekil 4.23: GTÜ N Blok Mimarlık Fakültesi yapısı kesiti.

1. Kata galeri boşluğuna konumlanmış merdiven ile ulaşılmaktadır. 1. Kata ulaşıldığında yapının sol kanadında ofisler yer almaktadır. Yapının sağ kanadında ise mimarlık öğrencilerinin stüdyo derslerini yürüttüğü, büyük amfi merdivenleriyle bağlantılı açık bir atölye mekânının yanı sıra gezilebilir teras çatı, wc, mekanik teknik oda ve depo bulunmaktadır. Bu katta enerji simülasyonlarının gerçekleştirileceği ofis odaları plan üzerinde renklendirilmiştir [Şekil 4.24].



Şekil 4.24: GTÜ N Blok Mimarlık Fakültesi yapısı birinci kat planı.

Fakültenin 529 m²'lik bir alan kaplayan 2. Katı dekanlık ofisleri, toplantı odası, idari personel ofisleri ve yürünebilir teras çatıdan oluşmaktadır. Güney cephesine bakan odalara ait dış cephe giydirme cephedir. Bu katta simülasyon senaryolarının gerçekleştirileceği Güney cephesine bakan ofisler plan üzerinde renklendirilmiştir [Şekil 4.25].

iletileen ısı miktarını gösterir ve yapı elemanının ısı yalıtım performansını değerlendirmek için kritik bir göstergedir [ISO 6946, TS 825]. Genel formülü şu şekilde ifade edilir:

$$U = \frac{1}{\sum \left(\frac{d_i}{\lambda_i} \right) + R_s + R_i}$$

Burada dış ve iç yüzey ısı dirençleri (R_s ve R_i), TS 825 standardında belirlenen sabit değerler olarak alınır [Türk Standartları Enstitüsü (TSE), 2013]. ISO 13789 standardına göre, yapı kabuğunun ısı performansı hesaplanırken U-değeri, ısı kayıplarını ve enerji ihtiyacını azaltmak için optimize edilmesi gereken bir parametre olarak değerlendirilir [ISO, 1998]. Yapı kabuğunda gerçekleştirilen ısı yalıtımı iyileştirmeleri sonucunda düşürülen U değerleri, yıllık birincil enerji tüketimini azaltarak yapıların enerji performansını anlamlı biçimde artırmaktadır [Ganiç, Yılmaz & Corgnati, 2013]. Malzemenin ısı iletkenlik katsayısı (W/mK) ve malzemenin kalınlığı (m) kullanılarak hesaplanır.

GTÜ Mimarlık Fakültesi N Blok yapısının yapısal elemanlarının hesaplanan U değerleri Şekil 4.27’de verilmiştir.

Yapısal Eleman	Katmanlar	TS 825	
		U Değeri (W/m ² K)	Azami U Değeri
Dış Duvar	Polyester Esaslı Sıva Silikon Astar XPS Köpük Mantolama (5 cm) Gazbeton (20 cm) Kaba Sıva (2 cm) Saten Alçı Su Bazlı Plastik Boya	0,25	0,6
İç Duvar	Su Bazlı Plastik Boya Saten Alçı Kaba Sıva (2 cm) Gazbeton (20 cm) Kaba Sıva (2 cm) Saten Alçı Su Bazlı Plastik Boya	0,35	-
Tavan Döşemesi	Porselen Karo Yapıştırıcı Perdahlı Şap (3.5cm) Tesviye Betonu (6 cm) Betonarme Döşeme (15 cm)	2,00	0,4
Teras Çatı Döşemesi	Kumlanmış Taş Geotekstil Keçe XPS Köpük Poliüretan Esaslı Su Yalıtımı Perdahlı Şap (3.5 cm) Betonarme Döşeme	0,33	0,4
Taban Döşemesi	Porselen Karo Yapıştırıcı Perdahlı Şap (3.5cm) Tesviye Betonu (6 cm) Betonarme Döşeme (15 cm)	2,00	0,6
Pencere Camı	Renksiz Düz Cam (6 mm) Low-e Kaplama (#2) Argon Hava Boşluğu (12 mm) Renksiz Düz Cam (6 mm)	1,30	2,4
Pencere Doğraması	Natural-Mat Elokсалlı Isı Yalıtımlı Alüminyum Doğrama	-	-

Şekil 4.27: Yapı elemanlarının U değerleri.

Yapısal elemanların U-değerleri (W/m²K) incelendiğinde, en düşük ısı geçirgenlik katsayısının dış duvar (0,25 W/m²K) ve teras çatı döşemesinde (0,33 W/m²K) olduğu görülmektedir. Bu değerler, XPS köpük yalıtımı ve gazbeton kullanımı sayesinde yüksek yalıtım performansı sağlandığını göstermektedir. İç duvar (0,35 W/m²K) da benzer şekilde düşük bir U-değerine sahip olup, yapının iç mekanlar arasında ısı kayıplarını minimize ettiğini göstermektedir. Pencere camı (1,30 W/m²K), çift cam sistemi ve argon gaz dolgusu ile desteklenerek yalıtım performansını artırmaktadır. Tavan ve taban döşemeleri (2,00 W/m²K) ise görece yüksek U-değerine sahiptir. sahip olup, bu alanlarda ek yalıtım uygulanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Pencere doğramasının genel olarak değerlendirildiğinde, yapı elemanlarının U-değerleri, TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Standardı'na uygun olarak belirlenmiş olup, enerji verimliliği açısından optimum yalıtım sağlanmaktadır.

4.4. Designbuilder Simülasyon Aracı ve Genel Kabuller

DesignBuilder, yapı enerji performans simülasyonları için kapsamlı bir yazılım olup, EnergyPlus simülasyon motoruna entegre edilmiş kullanıcı dostu bir grafik arayüz sunmaktadır [DesignBuilder, 2024]. Yazılım, yapı tasarım sürecinde enerji tüketimi, termal konfor, aydınlatma ve HVAC sistemlerinin performans analizlerini gerçekleştirmek amacıyla mimarlar, mühendisler ve enerji danışmanları tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır [Crawley vd., 2001]. Bunun yanı sıra, güneş kontrol elemanlarının modellenmesi ve simülasyonu konusunda da kapsamlı özellikler sunarak, yapı enerji performansının değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır [DesignBuilder, 2024]. Bunun yanı sıra yazılımın Radiance tabanlı gün ışığı modülü sayesinde, iç mekân aydınlatma seviyeleri ile güneş kontrol elemanlarının gün ışığı dağılımına etkileri analiz edilebilmekte ve optimize edilmiş tasarım kararları alınabilmektedir [DesignBuilder, 2024]. Bu özellikler, enerji verimliliği yüksek ve sürdürülebilir yapı tasarımlarının geliştirilmesine olanak tanımaktadır.

4.4.1. Adiabatik Yüzeylerin Belirlenmesi

DesignBuilder simülasyon aracı ile mevcut yapıların modellenme sürecinde iç bölümler arasında ısı transferinin ihmal edildiği anlamına gelen adiabatik yüzeyler kullanılabilmektedir. Bu yaklaşım literatürde çeşitli çalışmalarda belirtilmiştir. **Hensen ve Lamberts (2019)**, yapı enerji simülasyonlarında adiabatik yüzeylerin, iç mekanlar arasında ısı transferinin ihmal edilebileceği durumlarda modelleme sürecini basitleştirmek ve simülasyon süresini optimize etmek için yaygın olarak kullanıldığını vurgulamaktadır. Bu yöntem, özellikle bitişik bağımsız birimler arasında sıcaklık farkının ihmal edilebilir düzeyde olduğu senaryolarda, enerji tüketimi tahminlerinin doğruluğunu koruyarak hesaplamaların daha verimli gerçekleştirilmesine olanak tanımaktadır [Hensen & Lamberts, 2019]. **Serag vd. (2024)** çalışmasında, DesignBuilder aracı ile yapılan yapı enerji simülasyonlarında adiabatik yüzeylerin kullanımı, model doğruluğunu koruyarak hesaplama sürecini optimize etmek amacıyla ele alınmıştır. Çalışmada, iç bölmelerin adiabatik olarak tanımlanmasıyla, bitişik konut birimleri arasındaki ısı transferinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu senaryolarda enerji tüketimi analizlerinin daha hızlı ve verimli gerçekleştirildiği vurgulanmaktadır. Bu yaklaşım, modelleme sürecini basitleştirirken, özellikle konut yapılarında iç hacimler arasındaki ısı alışverişinin minimal olduğu durumlarda, enerji performansı tahminlerinde güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır [Serag vd., 2024]. Benzer şekilde **Wen vd. (2024)** çalışmasında, yapı enerji simülasyonlarında adiabatik

yüzeylerin, ısı transferi hesaplamalarını sadeleştirmek ve simülasyon süresini optimize etmek amacıyla kullanıldığı belirtilmiştir. Çalışmada, DesignBuilder yazılımı kullanılarak yapılan analizlerde, belirli yüzeyler adiabatik olarak tanımlanmış ve böylece modelleme sürecinde iç bölümler arasındaki ısı akışının ihmal edilmesi sağlanmıştır. Bu yöntem, özellikle yer altı yapılarında enerji tüketimini tahmin etmede ve farklı havalandırma stratejilerini değerlendirmede hesaplamaların daha verimli hale getirilmesine yardımcı olmuştur [Wen vd., 2024]. Bu tez çalışmasında benzer bir yöntem izlenerek yapının birinci katının ve ikinci katının yalnızca belirli bölümlerinde yer alan ofis odalarının simülasyonu gerçekleştirilmiş ve bitişik hacimler adiabatik olarak tanımlanmıştır. Böylece, yalnızca incelenen hacimlerin enerji tüketimi ve iç çevresel koşulları değerlendirilmiş, çevreleyen alanlarla ısı geçişinin ihmal edilmesi sayesinde modelleme süreci sadeleştirilmiştir.

4.4.2. Taşıyıcı Sistem Elemanlarının Modelleme Sürecinde Kapsam Dışı Bırakılması

Yapı enerji simülasyonları için geliştirilen DesignBuilder yazılımı, temel olarak termal analiz ve enerji performansı değerlendirmelerine odaklanmaktadır [DesignBuilder, 2024]. Bu nedenle, kolon ve kiriş gibi yapısal elemanlar, doğrudan modellemeye dahil edilmemekte ve enerji hesaplamalarında genellikle ihmal edilmektedir. Bunun sebebi, bu elemanların yapı enerji tüketimi üzerindeki etkisinin sınırlı olmasıdır. Ancak, özellikle yüksek enerji verimliliği hedeflenen yapılarda, betonarme kolon ve kirişlerin oluşturduğu ısı köprüleri, ısı kayıplarına neden olarak toplam enerji performansını olumsuz etkileyebilmektedir [Yılmaz, 2015]. Bu bağlamda, enerji simülasyonlarında bu tür elemanların modelleme gerekliliği, analiz edilen yapı tipine ve detay seviyesine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Yapının içerisindeki ofis alanlarının modelleme sürecinde, analiz kapsamı yalnızca ofis alanları ile sınırlandırılmış olup, yapının diğer bölümleri değerlendirme dışı bırakılmıştır. Birinci kat modelleme aşamasında, galeri boşlukları ve açık alanlar simülasyon sonuçlarını doğrudan etkilemeyeceği için modele dahil edilmemiştir. Bunun yerine, ofis alanları adiabatik duvarlarla çevrelenerek analiz edilen kısımdan izole edilmiştir. İkinci kat ise, küçük ve tamamen kapalı hacimlerden oluştuğu için tüm zonlarıyla birlikte modellenmiş ve enerji simülasyonuna dahil edilmiştir. Bu yöntemle, yalnızca ofis alanlarının enerji tüketimine odaklanılarak daha doğru ve detaylı bir analiz gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Yapının tüm yapısal elemanlarına ait

katmanlar detay çizimlerindeki katmanların malzeme ve kalınlık ölçü bilgilerine göre DesignBuilder programında oluşturulmuştur.

4.4.3. Simülasyonlarda Çevresel Etmenlerin İhmal Edilmesi

Bu çalışmada, mevcut yapının enerji simülasyonlarında çevresel etkilerin ihmal edilmesi yaklaşımı benimsenmiştir. Benzer şekilde, **Özeren (2021)** tarafından gerçekleştirilen çalışmada, geleneksel konutların YBM (Yapı Bilgi Modellemesi) tabanlı ısı performans analizleri yapılırken komşu yapılar ve ağaçlar gibi gölgeleme etkisi yaratan unsurlar modele dahil edilmemiştir. Bu yöntem, analizlerin sadeleştirilmesi ve odaklanılan yapı bileşenlerinin performansının daha net değerlendirilmesi amacıyla tercih edilmiştir. Benzer bir yaklaşım, **Şenyurt ve Altın (2020)** tarafından yapılan çalışmada da benimsenmiş olup, ofis yapılarının enerji tüketimi üzerine yapılan simülasyonlarda çevresel gölgeleme faktörleri dikkate alınmamıştır. Bu tür uygulamalar, analiz edilen yapının enerji performansına odaklanmayı kolaylaştırmakta ve dış etmenlerin değişkenliğinden kaynaklanabilecek belirsizlikleri azaltmaktadır. Bu doğrultuda, mevcut çalışmada da yapı çevre ve batı cephesinde yer alan ağaçlar modele eklenmeyerek simülasyonlar gerçekleştirilmiştir.

4.4.4. Görsel Etkinlik Yüzdesi ve Değerlendirme Kriterleri

Görsel konfor, özellikle ofis yapıları gibi kullanıcı etkileşiminin yoğun olduğu iç mekânlarda, hem fiziksel hem de psikolojik konfor açısından önemli bir tasarım parametresidir. Gün ışığına erişimin yanı sıra dış çevreyle kurulan görsel bağlantı düzeyi, mekânsal algı ve kullanıcı memnuniyetini doğrudan etkilemektedir. Bu nedenle cephe tasarımında kullanılan sabit güneş kontrol elemanlarının yalnızca enerji performansları değil, aynı zamanda görsel açıklık algısı üzerindeki etkileri de dikkatle ele alınmalıdır. Güneş kontrol elemanları, güneş ısınımını dengeleyerek iç mekânda aşırı ısınmayı önlemekte; aynı zamanda doğal aydınlatma ile dış çevreyle kurulan görsel ilişkiyi optimize etmektedir. **Uslusoy Şenyurt'un (2018)** çalışmasında, bu elemanların cam türü, cam-duvar oranı ve pencere yönelimi gibi parametrelerle birlikte değerlendirilerek hem enerji tüketimi hem de görsel konfor üzerindeki etkileri ortaya konmuştur. Aynı çalışmada, güneş kontrol elemanlarının cam yüzey üzerinde oluşturduğu açıklık oranı, “görsel etkinlik yüzdesi” (Eh) olarak tanımlanmış ve kullanıcının dış çevreyle kurduğu görsel ilişkinin değerlendirilmesinde temel ölçüt olarak ele alınmıştır.

Bu tez çalışmasında görsel etkinlik yüzdesi hesaplamalarında, **Zorer (1992)** tarafından geliştirilen geometrik yöntem esas alınmıştır. Buna göre, pencere düzleminde güneş kontrol elemanlarının oluşturduğu izdüşüm uzunluğu “a”, eleman derinliği (kd) ve yerleştirme açısı (α) kullanılarak şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$a = kd \cdot \sin(\alpha)$$

İki eleman arasındaki toplam açıklık uzunluğu “b”, bu izdüşüm uzunluğu ile eleman kalınlığının (kk) toplamının, elemanlar arası merkezden merkeze mesafeden (kam) çıkarılmasıyla elde edilir:

$$b = kam - a - kk$$

Son olarak, açıklık oranı tüm modüle oranlanarak görsel etkinlik yüzdesi (Eh) şu şekilde hesaplanır:

$$Eh = \left(\frac{b}{kam} \right) \cdot 100$$

Görsel etkinlik yüzdesi hesaplamalarında, açıklık alanı her bir modül üzerinden değerlendirilmiş ve pencere yüzeyi boyunca bu modül tekrarlanarak toplam açıklık alanının yüzey alanına oranı elde edilmiştir. Bu yöntemle elde edilen modül bazlı açıklık oranı, pencerenin tamamını temsil edecek biçimde genellenmiştir. Literatürde görsel etkinlik yüzdesi, güneş kontrol elemanlarının saydam yüzey üzerindeki açıklık oranına göre hesaplanmakta olup, bu oranın %40’ın altında olması durumunda görsel bağlantının zayıf olduğu kabul edilmektedir [**Uslusoy Şenyurt, 2018**]. Bu bağlamda, **Erkan (2024)** ve **Uslusoy Şenyurt’un (2018)** çalışmaları doğrultusunda görsel etkinlik yüzdesi aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır:

- **%0–19:** Kullanıcılarda kapalı alan hissi oluşturan, görsel bağlantının neredeyse tamamen kesildiği senaryolar
- **%20–39:** Zayıf düzeyde görsel ilişkinin sağlandığı durumlar
- **%40–59:** Görsel açıdan kabul edilebilir açıklık düzeyi
- **%60–79:** İyi düzeyde görsel açıklığın sağlandığı senaryolar

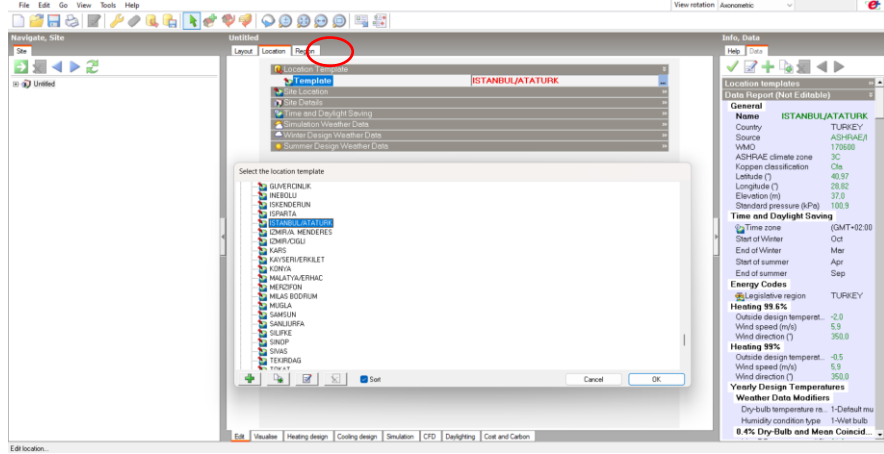
- **%80–100:** Yüksek kullanıcı memnuniyeti sağlayan, dış mekânla güçlü görsel ilişki kurulan senaryolar

Bu sınıflandırmaya paralel olarak, bu tez çalışmasında da %40 ve üzeri görsel etkinlik yüzdesine sahip senaryolar değerlendirme kapsamına alınmıştır. %40'ın altında kalan senaryolar, literatürde de belirtildiği üzere, kullanıcıların dış çevreyle olan görsel bağlantısını sınırlayarak konfor düzeyini olumsuz etkilediğinden analiz dışında bırakılmıştır. Böylece, yalnızca hem enerji verimliliği sağlayan hem de görsel konfor kriterlerini karşılayan optimum tasarım konfigürasyonları üzerinde karşılaştırmalı analizler gerçekleştirilmiştir.

4.5. 3B Modelin DesignBuilder Simülasyon Aracında Modellenmesi

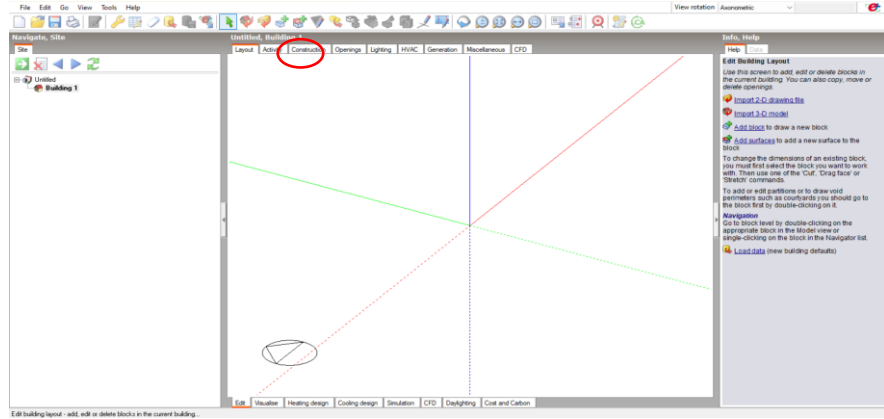
DesignBuilder yazılımı, enerji performansı simülasyonlarında sunduğu kapsamlı veri giriş seçenekleri ve kullanıcı dostu arayüzü sayesinde, yapı enerji modellemelerinin etkin bir şekilde yapılmasına imkân tanımaktadır. Katmanlı yapısıyla modelleme sürecini sistematik hale getiren yazılım, fiziksel modelleme, sistem tanımlamaları ve simülasyon girdilerinin bir bütün olarak ele alınabildiği entegre bir platform sunar.

Simülasyonların gerçekçi ve güvenilir sonuçlar verebilmesi için, modelde kullanılan iklim verilerinin doğru biçimde tanımlanması büyük önem taşımaktadır. DesignBuilder, farklı coğrafi konumlar için kullanılabilecek kapsamlı iklim veri kütüphanelerine sahiptir. Program içerisinde, EnergyPlus motoruyla uyumlu yıllık saatlik iklim verileri (EPW formatında) doğrudan içe aktarılabilir. Bu çalışmada, yapının bulunduğu coğrafi konuma en yakın meteoroloji istasyonuna ait veri dosyası programa yüklenmiş ve analizlerde bu iklim verisi referans alınmıştır. İklim dosyasının tanımlanması, Location sekmesi altından gerçekleştirilmekte olup, bu sekmede aynı zamanda dış ortam sıcaklığı, bağıl nem, rüzgâr hızı, güneşlenme süresi gibi birçok meteorolojik parametre simülasyon sürecine entegre edilmektedir. Bu tanımlamalar, yıl boyunca yapı kabuğu ve iç ortam arasındaki ısı alışverişini etkileyen dış etkenlerin modele doğru biçimde yansıtılmasını sağlamaktadır [Şekil 4.27].



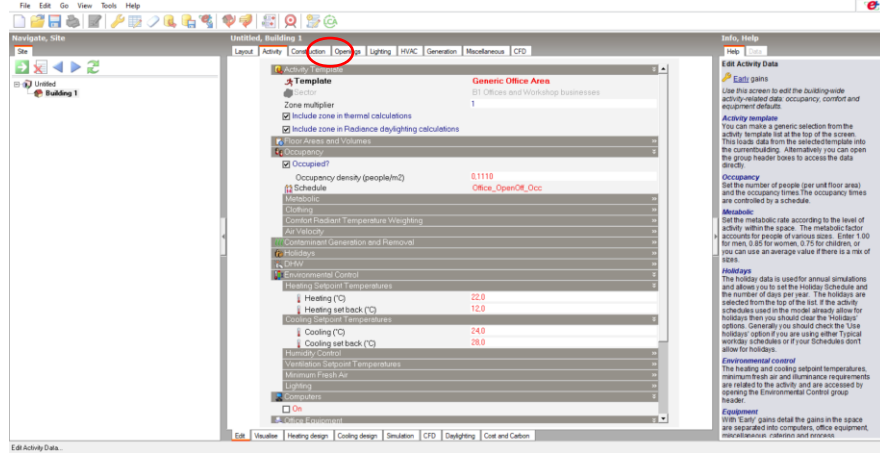
Şekil 4.28: Location sekmesi üzerinden iklim verilerinin girilmesi.

Yazılımın arayüzü, üst menüde yer alan sekmeler aracılığıyla farklı modüllere ayrılmış durumdadır. Bu modüller; Model, Construction, Activity, HVAC, Schedules ve Simulation gibi başlıklar altında gruplanmıştır. Model sekmesi, yapı geometrisinin oluşturulduğu temel bölümdür. Bu bölümde kat planları çizilir, zonlar tanımlanır ve yapı kabuğu elemanları (duvarlar, pencereler, çatı ve döşeme) üç boyutlu ortamda modellenir [Şekil 4.29].



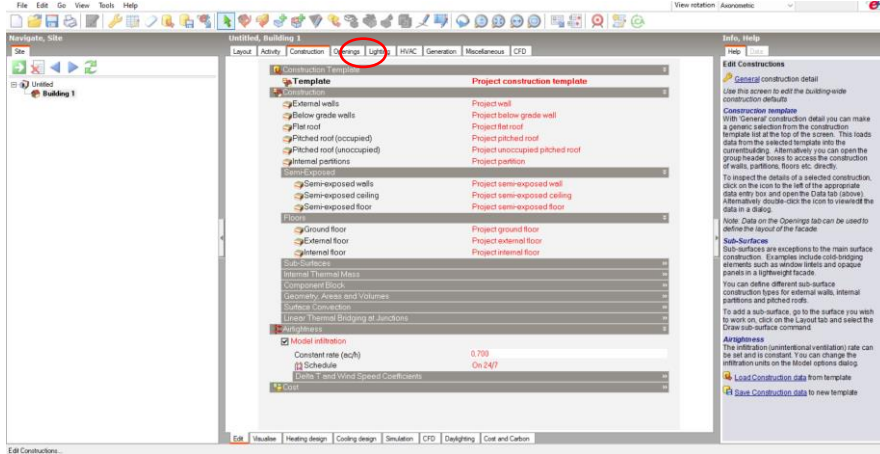
Şekil 4.29: Model sekmesinde yapı geometrisinin tanımlanması.

Activity sekmesi, iç mekânların kullanım türlerine göre iç kazançların tanımlandığı kısımdır. Zonlara ofis, konut ya da eğitim mekânı gibi farklı kullanım tipleri atanarak kişi sayısı, aydınlatma gücü ve ekipman yükü gibi değişkenler belirlenir. Bu veriler, yapıdaki ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanmasında belirleyici rol oynar [Şekil 4.30].



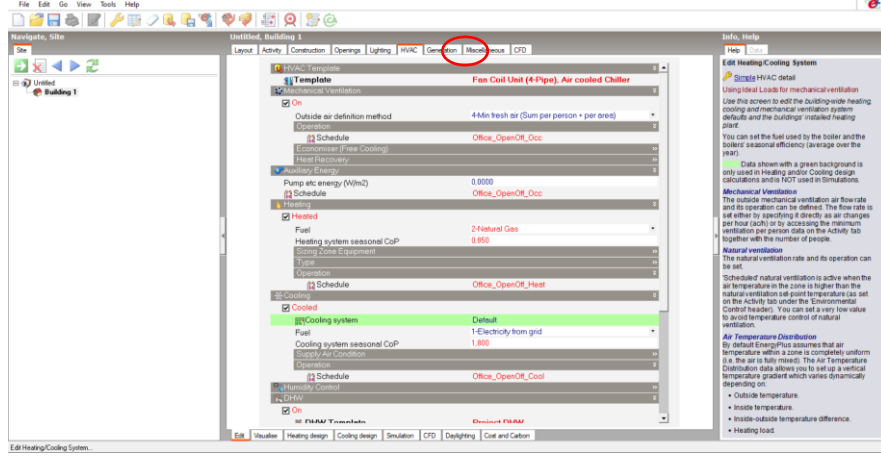
Şekil 4.30: Activity sekmesinde kullanım türünün belirlenmesi ve iç kazançların ayarlanması.

Yapı elemanlarının fiziksel ve termal özellikleri ise Construction sekmesi altında tanımlanmaktadır. Bu bölümde, duvar, pencere, tavan ve zemin gibi yapı bileşenlerine ait malzeme katmanları ayrı ayrı seçilebilir ve her birine U-değeri, güneş geçirgenliği, termal kütle gibi performans kriterleri atanabilir. Böylece yapı kabuğunun enerji verimliliğine etkisi ayrıntılı olarak değerlendirilebilir [Şekil 4.31].



Şekil 4.31: Construction sekmesinde yapı bileşenlerinin tanımlanması.

HVAC sekmesi, yapıda kullanılacak ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemlerinin tanımlandığı alandır. Bu çalışmada, mevcut yapıda yer alan merkezî ısıtma sistemi ile kaset tipi split klima cihazları modele dâhil edilmiştir. HVAC sistemlerine ait verimlilik değerleri (COP, EER), kontrol stratejileri ve çalışma saatleri gibi bilgiler bu bölümde ayrıntılı şekilde girilmektedir [Şekil 4.32].



Şekil 4.32: HVAC sekmesinde sistem bileşenlerinin atanması.

Tanımlamalar tamamlandıktan sonra, Simulation sekmesi üzerinden yıllık, aylık ya da saatlik bazda enerji simülasyonları gerçekleştirilebilir. Bu simülasyonlar, yapı üzerinde uygulanan farklı güneş kırıcı senaryoların ısıtma ve soğutma yüklerine etkisinin karşılaştırılmasında kullanılmıştır. Çalışmada DesignBuilder yazılımı aracılığıyla mevcut yapıya ait tüm veriler eksiksiz bir şekilde modellenmiş; yapı kabuğuna ait fiziksel özellikler, iç mekân kullanım senaryoları ve mekanik sistem bileşenleri göz önünde bulundurularak performans değerlendirme senaryoları oluşturulmuştur.

4.5.1. Yapıya Ait Verilerin DesignBuilder’da Tanımlanması

Tablo 4.9’daki bilgiler, GTÜ Mimarlık fakültesi N Blok yapısının içerisinde modellenmesi yapılan ofis zonlarına ait iç mekân aktivite tanımlamaları mimari ve mekanik-elektrik proje bilgilerine ve kullanıcı durumlarına göre programda veri olarak girilmiştir. İlk olarak, DesignBuilder yazılımının Activity sekmesi üzerinden, zon kullanım tipi olarak "Ofis Alanı" seçilmiş; kullanıcı yoğunluğu, ekipman yükleri, aydınlatma düzeyi ve sıcaklık ayarları ilgili zonun kullanım amacına uygun olarak belirlenmiştir. Isıtma ve soğutma konfor sıcaklıkları kullanılan cihazların yapılan ayarlarına göre sırasıyla 21 °C ve 24 °C olarak atanmış, kullanılmayan durumlar için sıcaklıklar ise kullanılan sistemin ayar sıcaklıklarına göre belirlenmiştir. Ayrıca bilgisayar ve ofis ekipmanlarına ait iç kazançlar ayrı ayrı tanımlanarak modelin detay seviyesi artırılmıştır. Kullanım Tablosu olarak ise GTU_D1_Edu_CellOff_Occ adlı ofis alanlarının kullanım saatleri göz önünde bulundurularak oluşturulmuş program

entegre edilmiştir. Bu detaylandırma sayesinde zonun yıl boyunca enerji tüketimi ve konfor performansının gerçekçi biçimde simüle edilmesi hedeflenmiştir.

Tablo 4.9: Mekan aktivelerinin ve sıcaklık bilgilerinin tanımlanması.

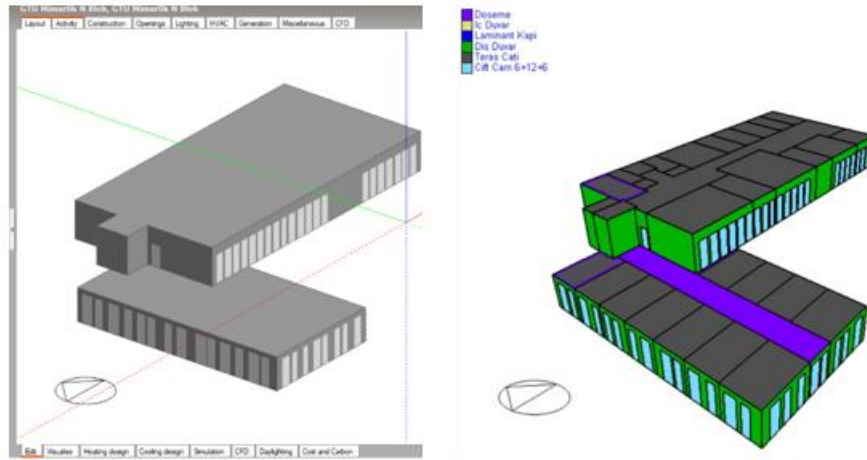
Yapı Aktivite Türü	Ofis Alanı
Kullanıcı Sayısı	(Yoğunluk: 0.103 kişi/m ² – kişi sayısı zon alanına göre değişmektedir)
Kullanıcı Yoğunluğu (kişi/m²)	0.103
Metabolik Aktivite	Hafif Ofis İşi (Çalışma/Bekleme/Hafif yürüme)
Metabolik Faktör	1.20
Tatil Günleri	Cumartesi – Pazar
Aydınlatma Seviyesi	300 lux
Bilgisayar Ekipmanı	1.00 W/m ²
Ofis Ekipmanları	11.99 W/m ²
Kullanım Zamanı Çizelgesi	GTU_D1_Edu_CellOff_Occ

Modellemesi yapılan yapıya ait mekanik sistemler **Tablo 4.10**'da özetlenmiştir. Isıtma sistemi doğalgaz yakıtlı olarak tanımlanmış, iç mekân sıcaklıkları kullanılan ve kullanılmayan durumlar için sırasıyla 21 °C ve 12 °C olarak belirlenmiştir. Soğutma sistemi elektrikle çalışan kaset tipi klima olup, 22 °C ve 24 °C sıcaklık değerleriyle modellenmiştir. Aydınlatma sistemi sıva üstü flüoresan armatürlerden oluşmakta ve güç yoğunluğu 4 W/m² olarak hesaplanmıştır. Havalandırmada, enerji verimliliği sağlayan VAM sistemi kullanılmıştır. Sıcak su ihtiyacı, doğalgazlı bağımsız bir kazan ile sağlanmakta, kullanım sıcaklığı 65 °C olarak girilmiştir. Yapının kullanım tablosu hafta içi 09.00–17.00 saatleri arasında tanımlanmış, hafta sonları kullanım dışı kabul edilmiştir.

Tablo 4.10: İklimlendirme sistem bilgilerinin tanımlanması.

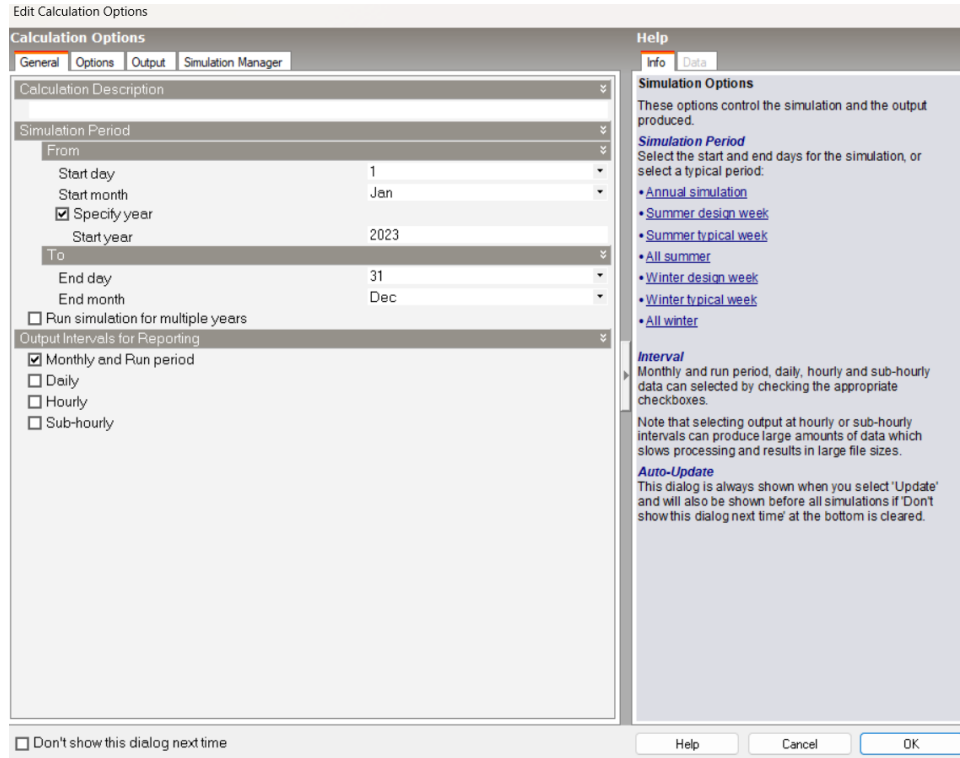
Isıtma Sistemi	Yakıt	Doğalgaz
	Kullanılan durumda ayar sıcaklığı (°C)	21 °C
	Kullanılmayan durumda ayar sıcaklığı (°C)	12 °C
	Mevsimsel sistem COP değeri	0.85
Soğutma Sistemi	Tip	Kaset Tipi Klima
	Yakıt	Elektrik
	Kullanılan durumda ayar sıcaklığı (°C)	22 °C
	Kullanılmayan durumda ayar sıcaklığı (°C)	24 °C
Aydınlatma Sistemi	Aydınlatma tipi	Sıva Üstü Floresan Aydınlatma
	Aydınlatma güç yoğunluğu (W/m ²)	4 W/m ²
Havalandırma Sistemi	Tip	VAM Sistem
Sıcak Su Sistemi	Tip	Bağımsız sıcak su kazanı
	Yakıt	Doğalgaz
	Kullanım Sıcaklığı (°C)	65.0
	Ana hat sıcaklığı (°C)	10.0
	Sistem COP değeri	1.20
Çalışma Aralığı	Hafta içi	GTU_D1_Edu_CellOff_Occ (09.00 – 17.00)
	Hafta sonu	Kapalı

Modelleme sürecinde yapının fiziksel özellikleri detaylı biçimde tanımlanmıştır. Bu kapsamda, yapıyı oluşturan yapı elemanları olan dış duvarlar, iç bölme duvarları, çatı, döşeme ve pencereler için malzeme katmanları ve bu katmanlara ait ısı iletim katsayısı (U-değeri), özgül ısı kapasitesi ve yoğunluk gibi termofiziksel özellikler Construction sekmesi aracılığıyla programa girilmiştir [Şekil 4.33].



Şekil 4.33: Yapının modelinin veriler doğrultusunda oluşturulması.

Yapının mimari ve iklimlendirme sistemlerine ait veri girdilerinin yapılmasının ardından yapının yıllık ısıtma ve soğutma yüklerinin hesaplanması için simülasyon ayarları yapılmıştır [Şekil 4.34].



Şekil 4.34: Simülasyon ayarlarının yapılması.

Gerçek yapı koşullarını yansıtacak şekilde yapılan detaylı veri girişleri, modelin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmıştır. Zonlara özel olarak tanımlanan kullanım profilleri, iç kazançlar ve iklimlendirme sistem bilgileri, enerji tüketimi ve konfor koşullarına ilişkin simülasyonların daha gerçekçi sonuçlar üretmesini sağlamıştır. Ayrıca, yapı bileşenlerine ait termofiziksel özelliklerin dikkatle modellenmesi, ısıtma ve soğutma yüklerinin hassas biçimde hesaplanmasına imkân tanımıştır. Bu kapsamda oluşturulan fiziksel model, enerji performans analizleri ve pasif strateji senaryolarının değerlendirilmesi açısından önemli bir referans niteliğindedir.

4.5.2. Simülasyon Zonlarının Cephelere Göre Belirlenmesi

Bu çalışmada simülasyon analizleri yapıdaki ofis alanları cephe yönelimlerine göre ayrı zonlar belirlenerek gerçekleştirilmiştir. Kat planları üzerinde yapılan renkli şematik gösterimler aracılığıyla, her bir zonun ait olduğu cephe bilgisi tanımlanmıştır [Şekil 4.35]. Zonlar belirlenirken temel kriter, ofis alanlarının cepheye bakan yönü olmakla birlikte, mekânların benzer fonksiyonlara ve benzer iç hacim özelliklerine sahip olması da dikkate alınmıştır. Bu kapsamda, çalışma alanı doğu, batı, güney, doğu+güney ve batı+güney zonları olmak üzere beş ayrı cephe zonuna ayrılarak

sınıflandırılmıştır. Batı yönüne bakan ve birinci katta konumlanan zon, 1-16,1-17, 1-18, 1-19, 1-20 ve 1-21 numaralı öğretim üyesi odalarını kapsamaktadır; bu zonun toplam net kullanım alanı 91,20 m² olarak hesaplanmıştır. Aynı katta doğu cephesi zonunu ise, 1-24, 1-25 ve 1-26 kodlu öğretim üyesi ofis odalarından oluşmaktadır ve toplam net alanı 46,55 m²'dir. İkinci katta güney cephesi zonunu oluşturan alan 172,90 m² olup 2-14 ila 2-19 numaraları dekan, toplantı ve memur çalışma odalarından oluşmaktadır.



Şekil 4.35: Zonların Cephe Yönelimlerine Göre Tanımlanması.

Doğu+güney ve batı+güney zonlarında simülasyonlar gerçekleştirilirken, her iki cephe için ayrı ayrı analiz yapılmıştır. Bu durumda, 1-22 numaralı batı+güney cephesi zonuna ilişkin senaryolarda, batı cephesi için yapılan simülasyonlarda güney cephesine bakan yüzeyde güneş kontrol elemanı bulunmadığı varsayılmış ve enerji tüketimi bu koşul altında hesaplanarak batı zonuna ait sonuçlara entegre edilmiştir. Aynı yöntem, hem batı hem güney cephelerine yönelen 1-22 ve 1-23 numaralı köşe ofisler için de uygulanmıştır. Bu yaklaşım sayesinde, cephe bazlı değerlendirme

yapılabilmiş ve yönelime göre değişen enerji performansları ayrıştırılabilir hâle getirilmiştir.

4.5.3. Simülasyon Özellikleri ve Hesaplama Parametreleri

Bu çalışmada yapılan enerji simülasyonları, yapı kullanım senaryolarını yıllık düzeyde değerlendirebilmek amacıyla 1 Ocak – 31 Aralık 2023 tarihleri arasında olacak şekilde tanımlanmıştır. Simülasyon dönemi olarak tek bir yıl belirlenerek çok yıllı analizler gerçekleştirilmemiştir. Böylelikle cephe bazlı güneş kontrol elemanı senaryolarının yıllık toplam enerji tüketimi üzerindeki etkileri, sabit iklimsel koşullar altında karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Simülasyonların çıktı çözünürlüğü, veri yoğunluğunu ve karşılaştırma kolaylığını dengelemek adına aylık ve toplam çalışma periyodu (Monthly and Run Period) aralıklarında alınmıştır. Saatlik veya alt saatlik veri üretimine gidilmemiştir; böylece modelleme sürecinin bütününde veri yönetimi kolaylığı sağlanmıştır.

Simülasyonlara ait çıktı ayarları, enerji tüketimlerinin yanı sıra iç çevre koşullarını da değerlendirmeye olanak tanıyacak şekilde yapılandırılmıştır [Tablo 4.11]. Zon bazında detaylı veri üretimini mümkün kılmak için blok, yapı ve zon seviyesinde raporlama etkinleştirilmiş, kullanılmayan alanlar analiz kapsamı dışında bırakılmıştır. HVAC sistemlerine dair enerji tüketim değerleri ve gizli ısı yükleri (latent loads) ile birlikte, iç ortam sıcaklığı, bağıl nem ve taze hava temini gibi parametreleri içeren çevresel veriler de raporlanmıştır. Bu sayede yalnızca enerji tüketimi değil, aynı zamanda iç mekân kalitesine ilişkin göstergeler de senaryo bazlı olarak analiz edilebilmiştir.

Konfor değerlendirmelerinde gelişmiş konfor algoritmaları (ASHRAE veya CEN temelli modeller) kullanılmamış; bunun yerine temel çevresel verilerle görsel ve termal koşullar dolaylı olarak yorumlanmıştır. Simülasyon süreci başlamadan önce, yapı modeline ait adiabatik yüzeylerin konumu, yapı bileşenlerinin bütünlüğü, zonlar arası yüzey ilişkileri ve tanımlı olmayan enerji geçişleri gibi olası modelleme hataları kontrol edilmiştir. Güneş kontrol elemanı senaryoları manuel olarak modele entegre edilmiş ve her senaryo öncesinde model güncellenerek tutarlı bir analiz altyapısı oluşturulmuştur.

Tablo 4.11: Simülasyon ayarları.

Simülasyon Dönemi	1 Ocak – 31 Aralık 2023
Simülasyon Süresi	1 yıl (çok yıllık analiz yapılmadı)
Çıktı Aralıkları	Aylık ve Çalışma Periyodu (Monthly and Run Period)
Saatlik/Alt Saatlik Veri	Kullanılmadı (veri yönetimi ve dosya boyutu açısından tercih edilmedi)
Raporlama Seviyesi	Blok, yapı ve zon bazında çıktı alındı
Dahil Edilen Enerji Verileri	HVAC tüketimi, gizli ısı yükleri (latent loads)
Dahil Edilen Çevresel Veriler	İç sıcaklık, bağıl nem, taze hava temini
Konfor Modeli	Gelişmiş konfor modelleri kullanılmadı (ASHRAE/CEN vb.)
Kullanılmayan Alanlar	Analiz dışında bırakıldı
Senaryo Entegrasyonu	Gölgeleme senaryoları manuel olarak entegre edildi
Model Doğrulama Adımları	Yüzey ilişkileri, yapı bileşenleri, adiabatik tanımlar kontrol edildi

5. BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

Bu çalışmada, cepheye entegre edilen güneş kontrol elemanlarının enerji performansına etkilerini değerlendirmek amacıyla senaryo tabanlı karşılaştırmalı analiz (scenario-based comparative analysis) yöntemi kullanılmıştır. Bu yaklaşım, özellikle çok sayıda tasarım parametresinin bir arada ele alındığı yapı performansı çalışmalarında tercih edilen, analitik gücü yüksek bir yöntemdir. Yöntemin temel prensibi, her biri belirli parametre kombinasyonlarından oluşan senaryo paketlerinin referans senaryo ile karşılaştırılarak değerlendirilmesidir [Tzempelikos & Athienitis, 2007].

Senaryo tabanlı analizlerde, her bir senaryo bağımsız bir tasarım konfigürasyonu olarak ele alınır. Bu senaryolar farklı cephe yönelimi, derinlik, açı, eleman aralığı-eleman sayısı ve cepheden uzaklık gibi parametrelerin birlikte tanımlandığı kombinasyonları ifade eder. Değerlendirmeler, bu parametrelerin tekil etkilerinden ziyade, oluşturdukları bütünsel yapı üzerinden gerçekleştirilir [Kim & Moon, 2009]. Bu sayede, enerji tüketiminde meydana gelen değişimlerin yalnızca bir değişkene değil, parametrik senaryo bütününe bağlı olarak oluştuğu daha gerçekçi biçimde ortaya konulabilir [Şekil 5.1].



Şekil 5.1: Senaryo bazlı karşılaştırmalı analiz.

Bu çalışmada senaryo bazlı analiz yaklaşımı, yapı kabuğuna uygulanan farklı güneş kontrol elemanı tasarımlarının ısıtma, soğutma ve toplam yıllık enerji tüketimleri üzerindeki etkilerini incelemek üzere yapılandırılmıştır. Her cephe ayrıştıkları zonlara göre kendi içinde ele alınmıştır ve referans senaryo ile kıyaslamalar yalnızca o cepheye özgü senaryo paketleri üzerinden yürütülmüştür. Böylelikle her senaryo, uygulama

gerçekliği yüksek bir çözüm alternatifi olarak değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım hem tasarım kararları açısından hem de enerji performansı analizlerinde metodolojik bütünlük sağlamıştır.

5.1. Güneş Kontrol Elemanı Senaryolarının Görsel Etkinlik Yüzdelerinin Değerlendirilmesi

Bu bölümde, geliştirilen güneş kontrol elemanı senaryolarının görsel konfor üzerindeki etkileri, görsel etkinlik yüzdesi (Eh) üzerinden analiz edilmiştir. Hesaplamalarda, **Zorer (1992)** tarafından önerilen geometrik yöntem temel alınmış; eleman derinliği, yerleşim açısı, kalınlık ve elemanlar arası mesafe parametreleri dikkate alınarak açıklık oranları belirlenmiştir. Her cephe yönü için farklı tasarım konfigürasyonlarına ait görsel etkinlik yüzdeleri hesaplanmış ve elde edilen değerler, **Uslusoy Şenyurt'un (2018)** çalışmasındaki sınıflandırmalar doğrultusunda değerlendirilmiştir. Bu analizler ile hem dış çevreyle kurulan görsel ilişkinin düzeyi hem de görsel konfor kriterlerini sağlayan senaryoların belirlenmesi amaçlanmıştır.

5.1.1. Batı Zonuna Ait Senaryoların Görsel Etkinlik Yüzdelerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde, batı cephesine ait yatay ve dikey yönelimli sabit güneş kontrol elemanlarının görsel etkinlik yüzdesi (GEY) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Her bir senaryo; eleman derinliği (kd), yerleşim açısı (α), elemanlar arası mesafe (kam) ve sabit kalınlık değeri (kk = 3 cm) parametreleri doğrultusunda değerlendirilmiştir. Açıklık oranlarının hesaplamasında, **Zorer (1992)** tarafından önerilen ve eleman geometrisinin açıklık alanı üzerindeki etkisini matematiksel olarak tanımlayan izdüşüm temelli formülasyon kullanılmıştır. GEY değeri, birim modül açıklığının pencere yüksekliği boyunca tekrarlanması yoluyla hesaplanmış ve her senaryo için genel görsel geçirgenlik seviyesi ortaya konmuştur. Pencere yüksekliği tüm analizlerde sabit olarak 300 cm alınmıştır. Senaryolar ve görsel etkinlik yüzdelere göre uygunluk durumları **Tablo 5.1**'de verilmiştir.

Tablo 5.1: Batı zonlu yatay eleman senaryolarının görsel etkinlik yüzdeleri.

Senaryo	GEY (%)	Uygunluk Durumu
BATI_YATAY_30_0°_30_30	90,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_YATAY_30_0°_40_30	92,50	≥ %40 (Uygun)
BATI_YATAY_30_0°_50_30	94,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_YATAY_30_30°_30_30	40,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_YATAY_30_30°_40_30	55,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_YATAY_30_30°_50_30	64,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_YATAY_30_45°_30_30	19,29	<%40 (Yetersiz)
BATI_YATAY_30_45°_40_30	39,47	≤%40 (Yetersiz)
BATI_YATAY_30_45°_50_30	51,57	≥ %40 (Uygun)
BATI_YATAY_60_0°_30_30	90,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_YATAY_60_0°_40_30	92,50	≥ %40 (Uygun)
BATI_YATAY_60_0°_50_30	94,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_YATAY_60_45°_30_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
BATI_YATAY_60_45°_40_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
BATI_YATAY_60_45°_50_30	9,15	≤%40 (Yetersiz)
BATI_YATAY_60_30°_30_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
BATI_YATAY_60_30°_40_30	17,50	≤%40 (Yetersiz)
BATI_YATAY_60_30°_50_30	34,00	≤%40 (Yetersiz)
BATI_YATAY_150_0°_30_30	90,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_YATAY_150_0°_40_30	92,50	≥ %40 (Uygun)
BATI_YATAY_150_0°_50_30	94,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_YATAY_150_45°_30_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
BATI_YATAY_150_45°_40_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
BATI_YATAY_150_45°_50_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
BATI_YATAY_150_30°_30_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
BATI_YATAY_150_30°_40_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
BATI_YATAY_150_30°_50_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)

Yatay yönelimli elemanlara ait analizlerde, bazı senaryolarda hesaplanan izdüşüm uzunluğu (a) ile eleman kalınlığı toplamı, elemanlar arası mesafeden büyük çıkmıştır. Bu durum açıklık oranının negatif değerlere inmesine ve pencere yüzeyinde fiziksel olarak açıklık kalmamasına neden olmuştur. Görsel ilişkinin sağlanamadığı bu konfigürasyonlar “geçersiz (tamamen kapalı)” olarak sınıflandırılmış ve analiz dışı bırakılmıştır. Kapsam dışı bırakılan senaryolar şu şekildedir:

- BATI_YATAY_60_45°_30_30
- BATI_YATAY_60_45°_40_30
- BATI_YATAY_60_45°_50_30
- BATI_YATAY_150_30°_30_30
- BATI_YATAY_150_30°_40_30
- BATI_YATAY_150_30°_50_30
- BATI_YATAY_150_45°_30_30
- BATI_YATAY_150_45°_40_30

- BATI_YATAY_150_45°_50_30

Bu senaryolarda, eleman derinliği ile yerleşim açısının birlikte artmasının açıklık yüzeyini tamamen kapattığı ve dış çevreyle görsel temasın ortadan kalktığı görülmektedir.

Görsel etkinlik yüzdesi değeri %40 ve üzerinde olan senaryolar, Uslusoy Şenyurt (2018) tarafından önerilen eşik değer temel alınarak görsel konfor açısından "uygun" olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, en yüksek görsel açıklık oranı %95,00 ile BATI_YATAY_30_0°_50_30 senaryosunda elde edilmiştir. Bu senaryoyu sırasıyla %92,50 ile BATI_YATAY_30_0°_40_30 ve %90,00 ile BATI_YATAY_30_0°_30_30 takip etmektedir. Bu üç konfigürasyon, düşük derinlikli ve sıfır açılı yatay elemanların görsel geçirgenlik açısından en etkili seçenekler olduğunu ortaya koymaktadır. Bu senaryolar, hem yapıların enerji verimliliği açısından potansiyel katkı sunmakta hem de kullanıcıların dış mekânla olan görsel ilişkisini güçlü biçimde sürdürebilmelerine olanak sağlamaktadır. Buna karşılık, analiz kapsamına alınmakla birlikte görsel etkinlik yüzdesi %40'ın altında kalan ve yetersiz olarak değerlendirilen bazı senaryolar da öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, görsel geçirgenliği en düşük üç senaryo aşağıda verilmiştir:

- BATI_YATAY_60_30°_30_30
- BATI_YATAY_60_30°_40_30
- BATI_YATAY_60_30°_50_30

Bu senaryolar, artan derinlik ve eğimli yerleşim açısının açıklık oranını kayda değer ölçüde azalttığını göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, batı cephesinde görsel konforun sürdürülebilirliği açısından %40'ın üzerinde açıklık sağlayan, düşük açılı ve kompakt boyutlu güneş kontrol elemanlarının tercih edilmesinin daha etkili sonuçlar sunduğu görülmektedir. Aynı şekilde batı cephesine dik olarak yerleştirilmiş sabit güneş kontrol elemanlarının görsel etkinlik yüzdesi (GEY) üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Yapılan hesaplamalarda pencere genişliği sabit olarak 110 cm alınmıştır. Her bir senaryoda elemanlar eleman aralığı değerlerine göre pencere boyunca eşit aralıklarla konumlandırılmış ve açıklık yüzdesi bu geometri üzerinden hesaplanarak **Tablo 5.2**'de verilmiştir.

Tablo 5.2: Batı zonu dikey eleman senaryolarının görsel etkinlik yüzdeleri.

Senaryo	GEY (%)	Uygunluk Durumu
BATI_DİKEY_20_15°_30_30	72,75	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_20_15°_40_30	79,56	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_20_15°_50_30	83,65	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_20_30°_30_30	56,67	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_20_30°_40_30	67,50	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_20_30°_50_30	74,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_20_0°_30_30	90,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_20_0°_40_30	92,50	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_20_0°_50_30	94,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_40_15°_30_30	55,49	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_40_15°_40_30	66,62	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_40_15°_50_30	73,29	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_40_30°_30_30	23,33	≤ %40 (Yetersiz)
BATI_DİKEY_40_30°_40_30	42,50	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_40_30°_50_30	54,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_40_0°_30_30	90,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_40_0°_40_30	92,50	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_40_0°_50_30	94,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_100_15°_30_30	3,73	≤ %40 (Yetersiz)
BATI_DİKEY_100_15°_40_30	27,80	≤ %40 (Yetersiz)
BATI_DİKEY_100_15°_50_30	42,24	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_100_30°_30_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
BATI_DİKEY_100_30°_40_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
BATI_DİKEY_100_30°_50_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
BATI_DİKEY_100_0°_30_30	90,00	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_100_0°_40_30	92,50	≥ %40 (Uygun)
BATI_DİKEY_100_0°_50_30	94,00	≥ %40 (Uygun)

Analiz sonuçlarına göre bazı konfigürasyonlarda, eleman izdüşümünün ve kalınlığının toplamı elemanlar arası mesafeyi aşmış ve açıklık oranı negatif çıkmıştır. Bu durum, pencere yüzeyinin tamamen kapanmasına ve dış mekânla kurulan görsel ilişkinin fiziksel olarak imkânsız hale gelmesine yol açmıştır. Görsel geçirgenliğin sağlanamadığı bu senaryolar "geçersiz (tamamen kapalı)" olarak sınıflandırılmış ve analiz kapsamı dışında bırakılmıştır. Geçersiz olarak değerlendirilen senaryolar aşağıda listelenmiştir:

- BATI_DİKEY_100_15°_30_30
- BATI_DİKEY_100_15°_40_30
- BATI_DİKEY_100_15°_50_30
- BATI_DİKEY_100_30°_30_30
- BATI_DİKEY_100_30°_40_30
- BATI_DİKEY_100_30°_50_30

Bu senaryolarda, özellikle yüksek derinlik (100 cm) ve eğimli açı parametrelerinin birlikte etkisiyle açıklık oranının tamamen ortadan kalktığı gözlemlenmiştir.

Görsel etkinlik değerlendirmesinde Uslusoy Şenyurt (2018) tarafından önerilen %40'lık eşik değeri referans alınmış ve bu değerin üzerindeki senaryolar görsel konfor açısından "uygun" kabul edilmiştir. Bu çerçevede en yüksek GEY değeri %95,00 ile BATI_DİKEY_20_0°_50_30 senaryosunda elde edilmiştir. Bunu sırasıyla %92,50 ile BATI_DİKEY_20_0°_40_30 ve %90,00 ile BATI_DİKEY_20_0°_30_30 senaryoları takip etmektedir. Bu konfigürasyonların ortak özelliği; düşük derinlik, 0° yerleşim açısı ve geniş aralıklı eleman tasarımıdır. Elde edilen bulgular, dikey yerleşimli güneş kontrol elemanlarında da görsel geçirgenliğin korunabilmesi için düşük açı ve sınırlı derinlik değerlerinin tercih edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, analiz kapsamında yer almasına rağmen görsel etkinlik değeri bakımından sınır değerlere yakın veya altında kalan bazı senaryolar da dikkat çekmektedir. Özellikle aşağıda belirtilen senaryolar, görsel açıklığın belirgin biçimde azaldığı örnekler arasında yer almaktadır:

- BATI_DİKEY_40_30°_30_30
- BATI_DİKEY_40_30°_40_30
- BATI_DİKEY_40_30°_50_30

Bu senaryolarda, orta düzey derinlik ve 30° yerleşim açısının birlikte etkisiyle açıklık oranının önemli ölçüde sınırlandığı gözlemlenmiştir.

Genel değerlendirme sonucunda, batı cephesine dik konumlandırılan sabit elemanlarda da görsel konforun sürdürülebilmesi açısından, düşük açılı ve sığ derinlikli tasarımların geniş aralıklarla birlikte kullanılması önerilmektedir. Aksi durumda, açıklık alanının daralmasıyla birlikte dış çevreyle olan görsel bağ zayıflamakta ve kullanıcı konforu olumsuz yönde etkilenmektedir.

5.1.2. Doğu Zonuna Ait Senaryoların Görsel Etkinlik Yüzdelerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde, doğu cephesine yerleştirilen yatay yönelimli sabit güneş kontrol elemanlarının görsel etkinlik yüzdesi (GEY) üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir ve **Tablo 5.3**'te verilmiştir.

Tablo 5.3: Doğu zonu yatay eleman senaryolarının görsel etkinlik yüzdeleri.

Senaryo	GEY (%)	Uygunluk Durumu
DOĞU_YATAY_30_0°_30_30	90,00	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_YATAY_30_0°_40_30	92,50	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_YATAY_30_0°_50_30	94,00	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_YATAY_30_30°_30_30	40,00	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_YATAY_30_30°_40_30	55,00	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_YATAY_30_30°_50_30	64,00	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_YATAY_30_45°_30_30	19,29	<%40 (Yetersiz)
DOĞU_YATAY_30_45°_40_30	39,47	<%40 (Yetersiz)
DOĞU_YATAY_30_45°_50_30	51,57	Uygun (%40 ve Üzeri)
DOĞU_YATAY_60_0°_30_30	90,00	Uygun (%40 ve Üzeri)
DOĞU_YATAY_60_0°_40_30	92,50	Uygun (%40 ve Üzeri)
DOĞU_YATAY_60_0°_50_30	94,00	Uygun (%40 ve Üzeri)
DOĞU_YATAY_60_30°_30_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
DOĞU_YATAY_60_30°_40_30	17,50	<%40 (Yetersiz)
DOĞU_YATAY_60_30°_50_30	34,00	<%40 (Yetersiz)
DOĞU_YATAY_60_45°_30_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
DOĞU_YATAY_60_45°_40_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
DOĞU_YATAY_60_45°_50_30	9,15	<%40 (Yetersiz)
DOĞU_YATAY_150_0°_30_30	90,00	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_YATAY_150_0°_40_30	92,50	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_YATAY_150_0°_50_30	94,00	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_YATAY_150_30°_30_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
DOĞU_YATAY_150_30°_40_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
DOĞU_YATAY_150_30°_50_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
DOĞU_YATAY_150_45°_30_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
DOĞU_YATAY_150_45°_40_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
DOĞU_YATAY_150_45°_50_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)

Yapılan hesaplamalar sonucunda bazı senaryolarda, eleman izdüşümünün ve kalınlığının toplamı, elemanlar arası mesafeden büyük çıkmış; bu durum açıklık alanının negatif değerlere inmesine yol açmıştır. Fiziksel olarak dış mekânla görsel temasın mümkün olmadığı bu konfigürasyonlar "geçersiz (tamamen kapalı)" olarak değerlendirilmiş ve analiz dışında tutulmuştur. Bu kapsam dışı senaryolar şunlardır:

- DOĞU_YATAY_60_45°_30_30,
- DOĞU_YATAY_60_45°_40_30
- DOĞU_YATAY_60_45°_50_30
- DOĞU_YATAY_150_30°_30_30
- DOĞU_YATAY_150_30°_40_30
- DOĞU_YATAY_150_30°_50_30
- DOĞU_YATAY_150_45°_30_30
- DOĞU_YATAY_150_45°_40_30
- DOĞU_YATAY_150_45°_50_30

Bu senaryolarda eleman derinliğinin oldukça yüksek ve açının eğimli olması, pencere yüzeyinin büyük ölçüde kapatılmasına ve görsel ilişkinin tamamen ortadan kalkmasına neden olmuştur.

Analiz kapsamındaki geçerli senaryolar incelendiğinde, en yüksek görsel etkinlik yüzdesi %95,00 ile DOĞU_YATAY_30_0°_50_30 senaryosunda elde edilmiştir. Bunu sırasıyla %92,50 ile DOĞU_YATAY_30_0°_40_30 ve %90,00 ile DOĞU_YATAY_30_0°_30_30 takip etmektedir. Bu üç senaryo, 30 cm derinlikte, 0° açılı ve geniş aralıklı yatay elemanların, görsel geçirgenlik açısından en başarılı çözüm alternatiflerini oluşturduğunu göstermektedir. Dış çevreyle kurulan görsel ilişkinin sürdürülebilirliği açısından bu tür geometrilerin doğu cephe tasarımlarında öncelikli olarak değerlendirilmesi önerilmektedir. Bununla birlikte, analiz dahilindeki bazı senaryolar %40'lık eşik değerinin altında kalarak görsel etkinlik bakımından "yetersiz" olarak sınıflandırılmıştır. Görsel geçirgenliği en düşük olan üç senaryo şu şekildedir:

- DOĞU_YATAY_60_30°_30_30 (%10,32)
- DOĞU_YATAY_60_30°_40_30 (%24,44)
- DOĞU_YATAY_60_30°_50_30 (%38,57)

Bu konfigürasyonlarda, orta seviyede derinlik ve 30° eğimli yerleşim açısı kombinasyonu, açıklık oranını kayda değer ölçüde azaltmıştır. Sonuçlar, eleman geometrisinin ve diziliminin görsel geçirgenlik üzerinde belirleyici olduğunu; özellikle yüksek derinlik ve eğimli açının bu geçirgenliği olumsuz etkilediğini ortaya koymaktadır. Daha sonra aynı şekilde doğu cephesine dik olarak yerleştirilen sabit güneş kontrol elemanlarının görsel açıklık üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Hesaplamalarda pencere genişliği sabit 110 cm olarak alınmış, açıklık alanı ise izdüşüm-temelli yöntemle belirlenmiştir ve **Tablo 5.4**'te verilmiştir.

Tablo 5.4: Doğu zonu dikey eleman senaryolarının görsel etkinlik yüzdeleri.

Senaryo	GEY (%)	Uygunluk Durumu
DOĞU_DİKEY_20_15°_30_30	72,75	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_20_15°_40_30	79,56	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_20_15°_50_30	83,65	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_20_30°_30_30	56,67	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_20_30°_40_30	67,50	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_20_30°_50_30	74,00	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_20_0°_30_30	90,00	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_20_0°_40_30	92,50	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_20_0°_50_30	94,00	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_40_15°_30_30	55,49	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_40_15°_40_30	66,62	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_40_15°_50_30	73,29	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_40_30°_30_30	23,33	<%40 (Yetersiz)
DOĞU_DİKEY_40_30°_40_30	42,50	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_40_30°_50_30	54,00	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_40_0°_30_30	90,00	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_40_0°_40_30	92,50	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_40_0°_50_30	94,00	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_100_15°_30_30	3,73	<%40 (Yetersiz)
DOĞU_DİKEY_100_15°_40_30	27,80	<%40 (Yetersiz)
DOĞU_DİKEY_100_15°_50_30	42,24	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_100_30°_30_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
DOĞU_DİKEY_100_30°_40_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
DOĞU_DİKEY_100_30°_50_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)
DOĞU_DİKEY_100_0°_30_30	90,00	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_100_0°_40_30	92,50	≥ %40 (Uygun)
DOĞU_DİKEY_100_0°_50_30	94,00	≥ %40 (Uygun)

Bazı konfigürasyonlarda, elemanın oluşturduğu yatay izdüşüm ve kalınlığının toplamı, elemanlar arası mesafeden büyük çıkmış; bu durum açıklık oranının negatif değerlere düşmesine neden olmuştur. Görsel geçirgenliğin fiziksel olarak mümkün olmadığı bu senaryolar, “geçersiz (tamamen kapalı)” olarak sınıflandırılmış ve analiz dışında tutulmuştur. Bu kapsam dışı bırakılan senaryolar aşağıda verilmiştir:

- DOĞU_DİKEY_100_15°_30_30
- DOĞU_DİKEY_100_15°_40_30
- DOĞU_DİKEY_100_15°_50_30
- DOĞU_DİKEY_100_30°_30_30
- DOĞU_DİKEY_100_30°_40_30
- DOĞU_DİKEY_100_30°_50_30

Bu senaryolarda hem eleman derinliğinin yüksekliği hem de yerleştirme açısının eğimli oluşu, pencere yüzeyinde hiçbir açıklık bırakmayarak dış mekânla kurulan görsel ilişkinin tamamen ortadan kalkmasına neden olmuştur.

Analiz kapsamında değerlendirilen geçerli senaryolar incelendiğinde, en yüksek görsel açıklık oranı %95,00 ile DOĞU_DİKEY_20_0°_50_30 senaryosunda elde edilmiştir. Bu senaryoyu, %92,50 ile DOĞU_DİKEY_20_0°_40_30 ve %90,00 ile DOĞU_DİKEY_20_0°_30_30 takip etmektedir. Bu konfigürasyonlar, düşük derinlikli, 0° açılı ve geniş aralıklı eleman yapılarıyla dış mekânla görsel ilişkinin güçlü bir şekilde sürdürülebildiğini göstermektedir. Bu sonuçlara göre, doğu cephesinde görsel konforun korunması adına benzer tasarım senaryolarının tercih edilmesi önerilmektedir.

Bununla birlikte, analizde geçerli kabul edilmekle birlikte görsel etkinlik yüzdesi %40 eşiğinin altında kalan bazı senaryolar da dikkat çekicidir. Özellikle:

- DOĞU_DİKEY_40_30°_30_30 (%24,44)
- DOĞU_DİKEY_40_30°_40_30 (%38,57)
- DOĞU_DİKEY_40_30°_50_30 (%52,70)

şeklindeki konfigürasyonlar, sınır değerlere yakın görsel açıklık oranları sunmaktadır. Bu senaryolarda, eleman derinliği ve açısının birlikte artmasının, açıklık alanını kayda değer biçimde daralttığı açıkça gözlemlenmektedir. Bu doğrultuda, doğu cephelerinde kullanıcıların dış çevreyle görsel bağını sürdürebilmesi açısından, düşük derinlikli ve düşük açılı eleman tasarımlarının öncelikli olarak değerlendirilmesi önerilmektedir.

5.1.3. Güney Zonuna Ait Senaryoların Görsel Etkinlik Yüzdelerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde, güney cephesine yerleştirilen sabit, yatay yönelimli güneş kırıcıların görsel etkinlik yüzdesi üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Elde edilen açıklık oranları, 300 cm yüksekliğindeki pencere boyutuna göre normalize edilerek görsel etkinlik yüzdesi hesaplanarak **Tablo 5.5**'te gösterilmiştir.

Tablo 5.5: Güney zonu yatay eleman senaryolarının görsel etkinlik yüzdeleri.

Senaryo	GEY (%)	Uygunluk Durumu
GÜNEY_YATAY_30_0°_1_30	99,00	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_30_0°_3_30	97,00	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_30_0°_4_30	96,00	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_30_45°_1_30	91,93	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_30_45°_3_30	75,79	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_30_45°_4_30	67,72	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_30_60°_1_30	90,34	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_30_60°_3_30	71,02	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_30_60°_4_30	61,36	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_40_0°_1_30	99,00	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_40_0°_3_30	97,00	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_40_0°_4_30	96,00	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_40_45°_1_30	89,57	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_40_45°_3_30	68,72	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_40_45°_4_30	58,29	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_40_60°_1_30	87,45	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_40_60°_3_30	62,36	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_40_60°_4_30	49,81	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_60_0°_1_30	99,00	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_60_0°_3_30	97,00	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_60_0°_4_30	96,00	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_60_45°_1_30	84,86	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_60_45°_3_30	54,57	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_60_45°_4_30	39,43	<%40 (Yetersiz)
GÜNEY_YATAY_60_60°_1_30	81,68	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_60_60°_3_30	45,04	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_60_60°_4_30	26,72	<%40 (Yetersiz)
GÜNEY_YATAY_100_0°_1_30	99,00	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_100_0°_3_30	97,00	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_100_0°_4_30	96,00	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_100_45°_1_30	75,43	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_100_45°_3_30	26,29	<%40 (Yetersiz)
GÜNEY_YATAY_100_45°_4_30	1,72	<%40 (Yetersiz)
GÜNEY_YATAY_100_60°_1_30	70,13	≥ %40 (Uygun)
GÜNEY_YATAY_100_60°_3_30	10,40	<%40 (Yetersiz)
GÜNEY_YATAY_100_60°_4_30	0,00	Geçersiz (Tamamen Kapalı)

Analiz bulgularına göre, değerlendirilen 36 senaryodan yalnızca 6'sı %40'lık eşik değerini aşarak görsel etkinlik açısından "uygun" kabul edilmiştir. Bu senaryolar, genellikle düşük derinliğe (30 cm), düşük yerleştirme açısına (0° veya 45°) ve sınırlı sayıda eleman kullanımına sahip konfigürasyonlardır. Görsel geçirgenlik bakımından en yüksek performans gösteren üç senaryo aşağıdaki gibidir:

- GÜNEY_YATAY_30_0°_1_30 (%89,00)
- GÜNEY_YATAY_30_45°_1_30 (%86,88)
- GÜNEY_YATAY_30_0°_3_30 (%86,00)

Bu üç senaryo, dış mekânla kurulan görsel ilişkiyi en fazla destekleyen alternatifler olarak öne çıkmaktadır. Buna karşılık, 30 senaryo %40'ın altında kalarak "yetersiz" olarak değerlendirilmiştir. Bu konfigürasyonların büyük kısmı, eleman derinliğinin ve yerleştirme açısının artmasıyla birlikte açıklık oranının düştüğü, dolayısıyla dış mekânla görsel ilişkinin azaldığı örneklerden oluşmaktadır. Görsel geçirgenliğin en düşük olduğu üç senaryo ise şu şekildedir:

- GÜNEY_YATAY_100_60°_4_30 (%22,00)

- GÜNEY_YATAY_100_45°_4_30 (%26,00)
- GÜNEY_YATAY_100_60°_3_30 (%26,00)

Bu sonuçlar, söz konusu konfigürasyonların pencere yüzeyini önemli ölçüde örttüğünü ve görsel geçirgenliği sınırladığını göstermektedir.

Genel olarak, eleman sayısı, derinliği ve yerleştirme açısı parametrelerinin GEY üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Kullanıcı konforu ve dış çevreyle sürdürülebilir görsel temas açısından %40 ve üzeri açıklık sağlayan senaryoların öncelikli olarak değerlendirilmesi önerilmektedir. Bununla birlikte, düşük GEY değerlerine sahip bazı senaryoların enerji performansı bakımından avantaj sunabileceği göz önünde bulundurularak, görsel konfor ve enerji verimliliği arasındaki ilişkinin bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerektiği düşünülmektedir.

5.2. Güneş Kontrol Elemanlarına Ait Simülasyon Senaryolarının Enerji Tüketimleri Değerlerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde, GTÜ Mimarlık Fakültesi N Blok yapısının doğu, batı ve güney yönlerine bakan ofis alanları üzerinde kurgulanan farklı sabit güneş kontrol elemanı senaryolarının yıllık enerji tüketimi üzerindeki etkileri simülasyon analizleri yöntemiyle kapsamlı bir biçimde değerlendirilmiştir. Çalışmada soğutma döneminde ofis kullanıcılarının maruz kaldığı aşırı ısınma kaynaklı termal konforsuzluk durumlarının giderilmesine yönelik enerji-etkin çözümler amaçlanmıştır. Bu doğrultuda cephelerin saydam yüzeylerinde uygulanabilecek pasif kontrol stratejilerinden olay güneş kontrol elemanlarının enerji verimliliğine katkısını ortaya koymak üzere, DesignBuilder simülasyon yazılımı aracılığıyla cephe yönü, derinlik, açı, eleman aralığı/ eleman sayısı ve cepheye olan uzaklık değişkenlerinin kombinasyonlarından oluşan toplam 144 farklı senaryo modellenmiştir. Senaryoların oluşturulması süreci literatürde benzer iklim koşullarında ve farklı işlevlerdeki yapılarda gerçekleştirilmiş enerji simülasyon çalışmalarından elde edilen veriler ışığında geliştirilmiştir. Literatür taraması kapsamında incelenen ve soğutma enerjisi tüketimi açısından en yüksek verimliliği sağladığı belirlenen sabit güneş kontrol elemanı konfigürasyonları analiz edilerek, bu tez çalışmasında uygulanacak senaryo paketleri sistematik biçimde geliştirilmiştir. Bu şekilde önerilen çözümler yalnızca vaka yapısına özgü olmakla kalmayıp, aynı zamanda ulusal ve uluslararası literatürde etkinliği gösterilmiş tasarım kararlarına da dayandırılmıştır. Simülasyon verileri, yıllık

ısıtma enerjisi tüketimi, yıllık soğutma enerjisi tüketimi ve toplam yıllık enerji tüketimi kapsamında analiz edilmiştir. Bununla birlikte, saha gözlemleri ve kullanıcı anketlerinden elde edilen nitel veriler doğrultusunda, özellikle yaz dönemlerinde hissedilen aşırı ısınma problemleri, soğutma enerjisi tüketimini bu değerlendirme sürecinde öncelikli bir kriter haline getirmiştir. Bu nedenle, senaryolar arası kıyaslamalarda soğutma yüklerindeki değişim temel alınmış bunun yanı sıra ısıtma ve toplam enerji tüketimi değerleri ise destekleyici değerlendirme unsurları olarak analiz sürecine dahil edilmiştir. Analiz kapsamına yalnızca görsel etkinlik yüzdesi (GEY) %40 ve üzerinde olan senaryolar dâhil edilmiştir. Görsel konforun iç mekân kalitesi ve kullanıcı memnuniyeti üzerindeki belirleyici etkisi göz önünde bulundurularak, bu eşik değerin altında kalan senaryolar değerlendirme dışı bırakılmıştır. Görsel etkinlik yüzdesi, sabit elemanların saydam yüzey üzerindeki izdüşüm etkilerini temel alan **Zorer (1992)** formülasyonuna göre hesaplanarak açıklık oranları pencere yüksekliği ile normalize edilerek değerlendirme kriterlerine uygunlukları belirlenmiştir. Bu çerçevede %40'ın altındaki oranlar, dış mekânla kurulan görsel bağlantının zayıf olduğu senaryolar olarak kabul edilmiştir. Bu duruma bakılarak her cepheye özgü oluşturulan senaryo grupları, sahip oldukları farklı parametre değerlerine göre referans senaryo ile karşılaştırmalı biçimde değerlendirilerek enerji verimliliği ve görsel konfor arasında optimum dengeyi sağlayan senaryolar belirlenmiştir. Her bir cephe için oluşturulan senaryon tablolarında senaryo paketlerinin yıllık enerji tüketimi performanslarına ilişkin simülasyon sonuçlarının kesiti **Tablo 5.6**'da yer almaktadır. Her satırda, bir senaryo paketine ait isimlendirme, ilgili senaryonun yıllık ısıtma enerjisi tüketimi (kWh), soğutma enerjisi tüketimi (kWh) ve toplam enerji tüketimi (kWh) değerleri ile birlikte, referans senaryoya kıyasla elde edilen yüzdesel enerji kazancı (%) bilgisi yer almaktadır.

Tablo 5.6: Simülasyon sonuçları (kısa kesit).

ZON-BATI			
00 BATI REFERANS SENARYO			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.812,34	6.810,50	8.622,84	0,00
BATI YATAY 30 0° 30 30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.907,31	6.500,33	8.407,64	2,50%
BATI DİKEY 20 15° 30 30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.834,80	6.295,27	8.130,07	5,72%
ZON-DOĞU			
00 DOĞU REFERANS SENARYO			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.055,49	5.173,91	6.229,40	0,00
DOĞU YATAY 30 0° 30 30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.129,62	4.439,12	5.568,74	10,61%
DOĞU DİKEY 20 15° 30 30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.326,32	3.762,41	5.088,73	18,30%
ZON-GÜNEY			
00 GÜNEY REFERANS SENARYO			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
2.684,63	9.380,64	12.065,27	0,00
GÜNEY YATAY 30 0° 1 30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
2.773,62	9.255,69	12.029,31	0,30%
GÜNEY YATAY 30 0° 3 30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
2.973,74	9.119,30	12.093,04	-0,23%

Senaryo isimleri; güneş kontrol elemanının yönelimi, derinliği, açısı değeri, elemanlar arası mesafe ve cepheye uzaklık parametrelerini içerecek şekilde tanımlanmıştır. Isıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi tabloları değerlendirmelerde yan yana verilere her bir senaryoya tablo okuma kolaylığı açısından kod verilmiştir ve aynı isimli senaryolar aynı renkte boyanmıştır. Senaryoların kod isimlendirme sistemi **Şekil 5.2**'de verilmiştir. İsimlendirmeler zon, eleman yönelimi ve sıra numarası şeklinde yapılmıştır. Grafiklerde anlaşılabilirlik açısından kod isimleri kullanılmıştır.

Senaryo	Zon	Eleman Yönelimi
S		

	Batı (B)	Yatay (y)
	Doğu (D)	Dikey (d)
	Güney (G)	

Şekil 5.2: Senaryoların kod isimlendirme sistemi.

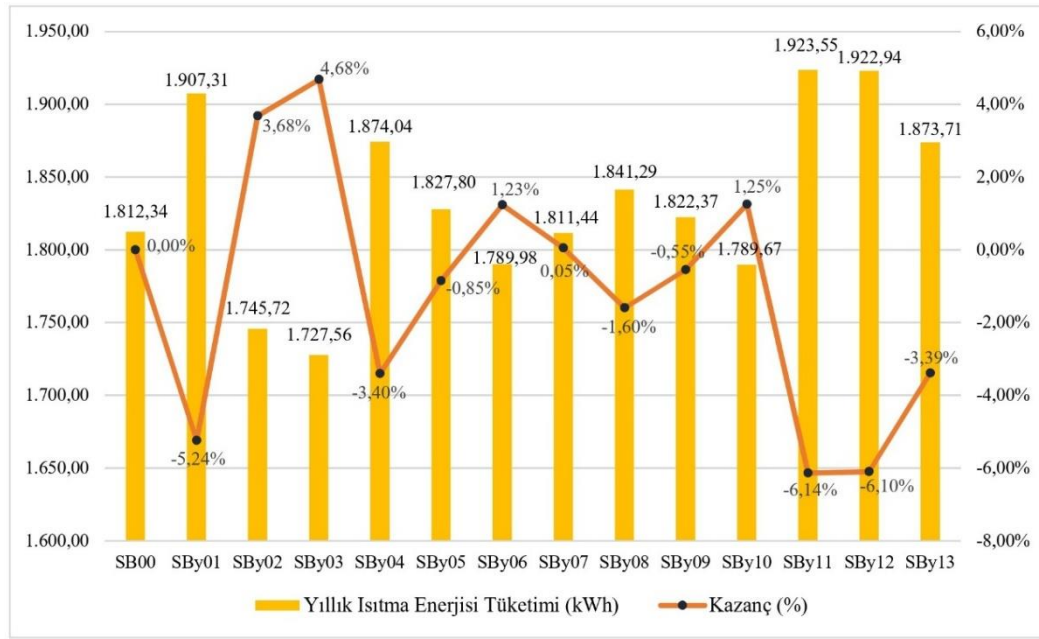
Bu yapı sayesinde, her bir parametre değişiminin enerji performansı üzerindeki etkisi ayrıştırılabilir şekilde değerlendirilebilmektedir. Tablonun dördüncü sütununda yer alan Kazanç (%) değeri, toplam enerji tüketimi bakımından ilgili senaryonun referans senaryoya göre ne oranda tasarruf sağladığını göstermektedir. Pozitif değerler enerji kazanımını, negatif değerler ise enerji tüketiminde artışı ifade etmektedir. Bu şekilde hem sayısal hem oransal düzeyde karşılaştırmalı analiz yapılmasına olanak tanınmaktadır.

5.2.1. Batı Zonuna Ait Senaryoların Enerji Tüketim Değerlerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde, GTÜ Mimarlık Fakültesi N Blok yapısının batı zonunda konumlanan ofis odaları için oluşturulan yatay ve dikey elemanlardan oluşan güneş kontrol elemanı senaryo paketlerine ait yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim değerleri referans senaryo ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Analiz sürecinde, senaryo paketleri eleman yönelimine göre yatay yönelimli senaryolar ve dikey yönelimli senaryolar olmak üzere iki alt gruba ayrılarak incelenmiştir. Yatay elemanlara ve dikey elemanlara ait senaryolar ayrı tablolar halinde sıralanmıştır. Yapılan analizlerde, öncelikli hedefin soğutma enerjisi tüketimini azaltmak olması sebebiyle değerlendirme sürecinde soğutma enerjisi kazanç oranları ve bununla birlikte toplam enerji tüketimindeki kazanç oranı öncelikli kriterler olarak ele alınmıştır. Isıtma enerjisi tüketimindeki oranlar ise daha düşük öncelikte tutulmakla birlikte göz ardı edilmemiştir. Enerji etkinliğinin sağlanmasının yanı sıra görsel konforun da sağlanarak optimum senaryonun belirlenebilmesi için görsel etkinlik yüzdesi %40 ve üzerinde olan konfigürasyonlar değerlendirme kapsamına alınmıştır. Elde edilen bulgular ışığında yatay ve dikey yönelimli senaryoların birbiriyle karşılaştırıldığı genel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu sayede hem elemanın yönelimine bağlı olarak enerji etkinliğinin daha anlaşılır bir şekilde ortaya konulması, hem de batı cephesi için en uygun güneş kontrol elemanı tasarım önerisinin belirlenmesi sağlanmıştır.

Yatay Yönelimli Elemanlardan Oluşan Senaryoların Değerlendirilmesi

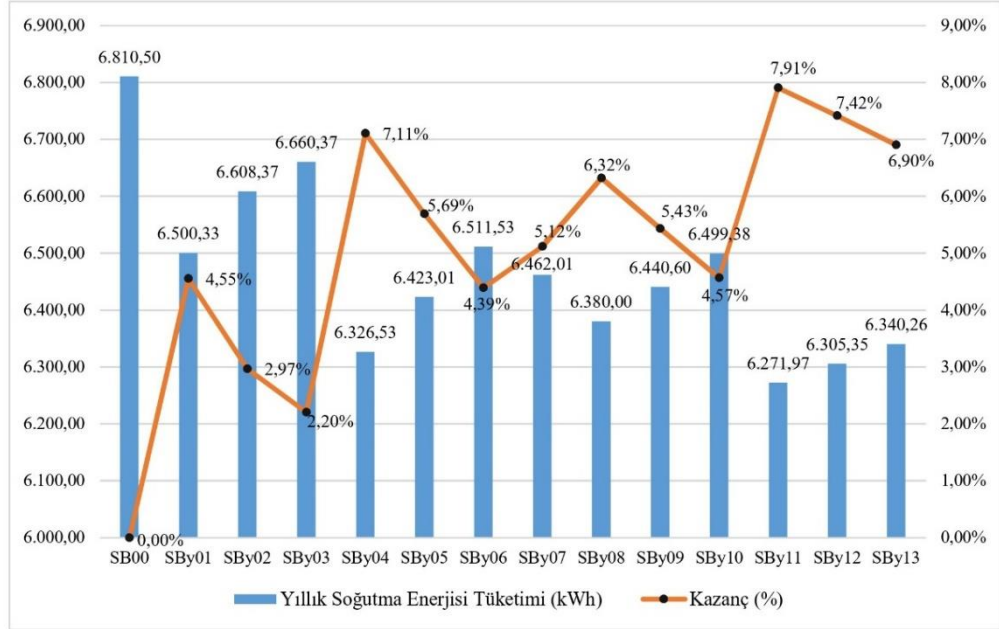
Batı cephesinde farklı yatay güneş kırıcı tasarımlarının yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. İnceleme kapsamında toplam 13 farklı senaryo oluşturulmuş ve her biri mevcut yapının referans senaryosu ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar, yüzde cinsinden ifade edilen kazanç oranları üzerinden yapılmıştır. Isıtma enerjisi tüketimi incelendiğinde, çalışmaya dâhil edilen 13 senaryodan 6'sının (%46,15) referans senaryoya kıyasla enerji tüketiminde azalma sağladığı, geri kalan 7 senaryoda (%53,85) ise artış yaşandığı görülmüştür [Şekil 5.3].



Şekil 5.3: Batı zonu yatay eleman senaryolarının yıllık ısıtma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.

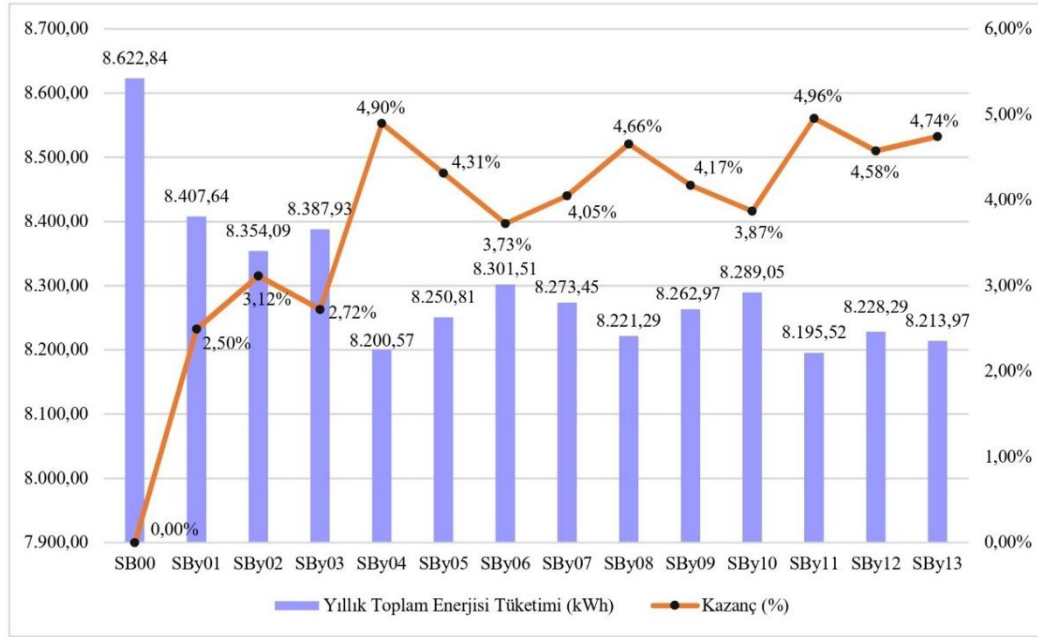
Isıtma enerjisinde en yüksek tasarruf %4,68 ile SB03_BATI_YATAY_30_0°_50_30 senaryosunda elde edilmiştir ve en fazla tüketim artışı %6,14 oranı ile SB11_BATI_YATAY_150_0°_30_30 senaryosunda gözlemlenmiştir. Bu durum, derinlik değerinin artmasının soğuk hava dönemlerinde güneş kazançlarını azaltarak ısıtma yükünü artırabileceğini göstermektedir. Soğutma enerjisi tüketimi açısından ise tüm senaryoların referans senaryoya göre iyileşme sağladığı görülmüştür. Soğutma enerjisindeki kazanç oranları %2,20 ile %7,91 arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek verim %7,91 ile SB11_BATI_YATAY_150_0°_30_30 senaryosunda elde edilmiştir. En düşük kazanç ise %2,20 ile SB03_BATI_YATAY_30_0°_50_30 senaryosundan elde edilmiştir [Şekil 5.4]. Bu durum ısıtma enerjisindeki durumu

destekleyecek şekilde, derinlik değerinin artmasının ısı kazançlarını azaltarak soğutma enerjisi tüketimini azalttığını göstermektedir.



Şekil 5.4: Batı zonlu yatay eleman senaryolarının yıllık soğutma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.

Toplam enerji tüketimi değerlendirildiğinde ise, incelenen tüm senaryoların referans senaryoya göre toplamda daha düşük enerji tüketimi sağladığı görülmüştür. Toplam enerji tüketiminde sağlanan iyileşme oranları %2,50 ile %4,96 arasında değişmektedir. En yüksek toplam enerji tasarrufu %4,96 ile SBY11_BATI_YATAY_150_0°_30_30 senaryosunda gerçekleşmiştir. En düşük toplam enerji kazancı ise %2,50 ile SBY01_BATI_YATAY_30_0°_30_30 senaryosunda kaydedilmiştir [Şekil 5.5].



Şekil 5.5: Batı zona yatay eleman senaryolarının yıllık toplam enerji tüketimleri ve kazanç değerleri.

Bu durumda, çalışmada ele alınan tüm senaryoların soğutma yükü üzerinde olumlu etkiler yarattığı, toplam enerji tüketimini ise anlamlı oranlarda düşürdüğü söylenebilir. Isıtma yükü açısından bazı senaryolarda tüketim artışı yaşanmasına rağmen bu artışların büyük kısmı %5'in altında kalmış ve toplam enerji dengesi içinde tolere edilebilir seviyelerde olmuştur. Her bir senaryo, mevcut yapının referans durumu (SB00_BATI_REFERANS SENARYO) ile karşılaştırılarak, yıllık bazda enerji tüketimindeki yüzdesel değişim oranları üzerinden karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Senaryolar yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim değerlerinin ve kazanç oranlarının olduğu **Tablo 5.7**'de aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

Tablo 5.7. Batı zonu yatay elemanlardan oluşan senaryoların yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri tabloları.

ZON-BATI	Yıllık Isıtma E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	ZON-BATI	Yıllık Soğutma E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	ZON-BATI	Yıllık Toplam E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
SB00_BATI_REFERANS_SENARYO	1.812,34	0,00%	SB00_BATI_REFERANS_SENARYO	6.810,50	0,00%	SB00_BATI_REFERANS_SENARYO	8.622,84	0,00%
SBy03_BATI_YATAY_30_0°_50_30	1.727,56	4,68%	SBy11_BATI_YATAY_150_0°_30_30	6.271,97	7,91%	SBy11_BATI_YATAY_150_0°_30_30	8.195,52	4,96%
SBy02_BATI_YATAY_30_0°_40_30	1.745,72	3,68%	SBy12_BATI_YATAY_150_0°_40_30	6.305,35	7,42%	SBy04_BATI_YATAY_30_30°_30_30	8.200,57	4,90%
SBy10_BATI_YATAY_60_0°_50_30	1.789,67	1,25%	SBy04_BATI_YATAY_30_30°_30_30	6.326,53	7,11%	SBy13_BATI_YATAY_150_0°_50_30	8.213,97	4,74%
SBy06_BATI_YATAY_30_30°_50_30	1.789,98	1,23%	SBy13_BATI_YATAY_150_0°_50_30	6.340,26	6,90%	SBy08_BATI_YATAY_60_0°_30_30	8.221,29	4,66%
SBy07_BATI_YATAY_30_45°_50_30	1.811,44	0,05%	SBy08_BATI_YATAY_60_0°_30_30	6.380,00	6,32%	SBy12_BATI_YATAY_150_0°_40_30	8.228,29	4,58%
SBy09_BATI_YATAY_60_0°_40_30	1.822,37	-0,55%	SBy05_BATI_YATAY_30_30°_40_30	6.423,01	5,69%	SBy05_BATI_YATAY_30_30°_40_30	8.250,81	4,31%
SBy05_BATI_YATAY_30_30°_40_30	1.827,80	-0,85%	SBy09_BATI_YATAY_60_0°_40_30	6.440,60	5,43%	SBy09_BATI_YATAY_60_0°_40_30	8.262,97	4,17%
SBy08_BATI_YATAY_60_0°_30_30	1.841,29	-1,60%	SBy07_BATI_YATAY_30_45°_50_30	6.462,01	5,12%	SBy07_BATI_YATAY_30_45°_50_30	8.273,45	4,05%
SBy13_BATI_YATAY_150_0°_50_30	1.873,71	-3,39%	SBy10_BATI_YATAY_60_0°_50_30	6.499,38	4,57%	SBy10_BATI_YATAY_60_0°_50_30	8.289,05	3,87%
SBy04_BATI_YATAY_30_30°_30_30	1.874,04	-3,40%	SBy01_BATI_YATAY_30_0°_30_30	6.500,33	4,55%	SBy06_BATI_YATAY_30_30°_50_30	8.301,51	3,73%
SBy01_BATI_YATAY_30_0°_30_30	1.907,31	-5,24%	SBy06_BATI_YATAY_30_30°_50_30	6.511,53	4,39%	SBy02_BATI_YATAY_30_0°_40_30	8.354,09	3,12%
SBy12_BATI_YATAY_150_0°_40_30	1.922,94	-6,10%	SBy02_BATI_YATAY_30_0°_40_30	6.608,37	2,97%	SBy03_BATI_YATAY_30_0°_50_30	8.387,93	2,72%
SBy11_BATI_YATAY_150_0°_30_30	1.923,55	-6,14%	SBy03_BATI_YATAY_30_0°_50_30	6.660,37	2,20%	SBy01_BATI_YATAY_30_0°_30_30	8.407,64	2,50%

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, en optimum performansı gösteren ilk üç senaryo belirlenmiştir.

- **SBy04_BATI_YATAY_30_30°_30_30**

SBy04_BATI_YATAY_30_30°_30_30 senaryosu, %7,11 oranında yıllık soğutma enerjisi tüketiminde ve %4,90 oranında yıllık toplam enerji tüketiminde azalma sağlamıştır. Buna karşılık yıllık ısıtma enerjisi tüketiminde referans senaryoya kıyasla %3,40 oranında bir artış gözlemlenmiştir. Isıtma enerjisindeki bu artış makul düzeyde kabul edilebilecek bir kayıp olarak değerlendirilmiş ve genel enerji dengesi açısından bu senaryonun diğer senaryolara kıyasla optimum performans sergilediği belirlenmiştir.

- **SBy11_BATI_YATAY_150_0°_30_30**

SBy11_BATI_YATAY_150_0°_30_30 senaryosu, yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %7,91 oranında ve toplam yıllık enerji tüketiminde %4,96 oranında azalma sağlamıştır. Isıtma enerjisi tüketiminde 1923,55 kWh değeri ile -%6,14 oranında verimsizlik oluşturmalarına rağmen soğutma enerjisi tüketiminde ve toplam enerji tüketiminde ön plana çıkması nedeniyle öne çıkmıştır.

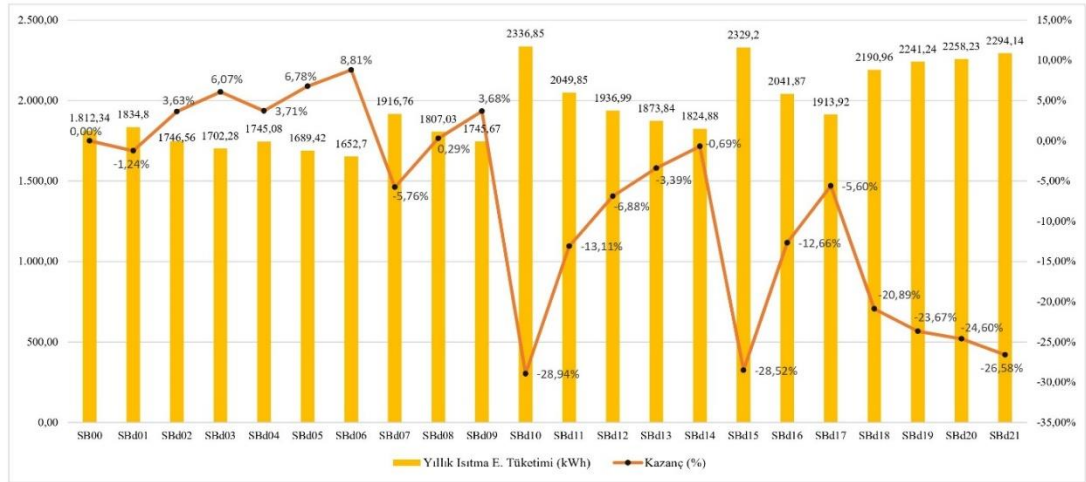
- **SBy13_BATI_YATAY_150_0°_50_30**

SBy13_BATI_YATAY_150_0°_50_30 senaryosu, %6,90 oranında yıllık soğutma enerjisi kazancı sağlamış ve toplam enerji tüketiminde %4,74 oranında azalma elde etmiştir. Bu senaryoda yıllık ısıtma enerjisi tüketiminde %3,39 oranında bir artış gözlemlenmiştir. Isıtma tüketimindeki bu artış, özellikle soğutma ve toplam enerji kazanç oranlarının yüksekliği dikkate alındığında kabul edilebilir düzeyde bulunmuştur.

Yapılan analizler sonucunda tüm senaryolar arasında SBy04_BATI_YATAY_30_30°_30_30, SBy11_BATI_YATAY_150_0°_30_30 ve SBy13_BATI_YATAY_150_0°_50_30 senaryoları, batı cephesinde yatay güneş kontrol elemanı uygulanması durumunda hem soğutma enerjisi tüketimini azaltma hem de toplam enerji tüketimini düşürme açısından en verimli seçenekler olarak belirlenmiştir. Isıtma enerjisi tüketiminde meydana gelen sınırlı artışlar, çalışmanın öncelikleri doğrultusunda diğer senaryolara göre tolere edilebilir bulunmuştur.

Dikey Yönelimli Elemanlardan Oluşan Senaryoların Değerlendirilmesi

Batı cephesine yerleştirilen dikey güneş kontrol elemanlarının yıllık ısıtma enerjisi tüketimine etkisini ortaya koymak amacıyla oluşturulan 21 farklı senaryo, SB00_BATI_REFERANS SENARYO kodlu referans senaryo ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlardan 21 senaryonun yalnızca 7'si referans senaryoya kıyasla yıllık ısıtma enerjisi tüketiminde kazanç sağlamıştır [Şekil 5.6].

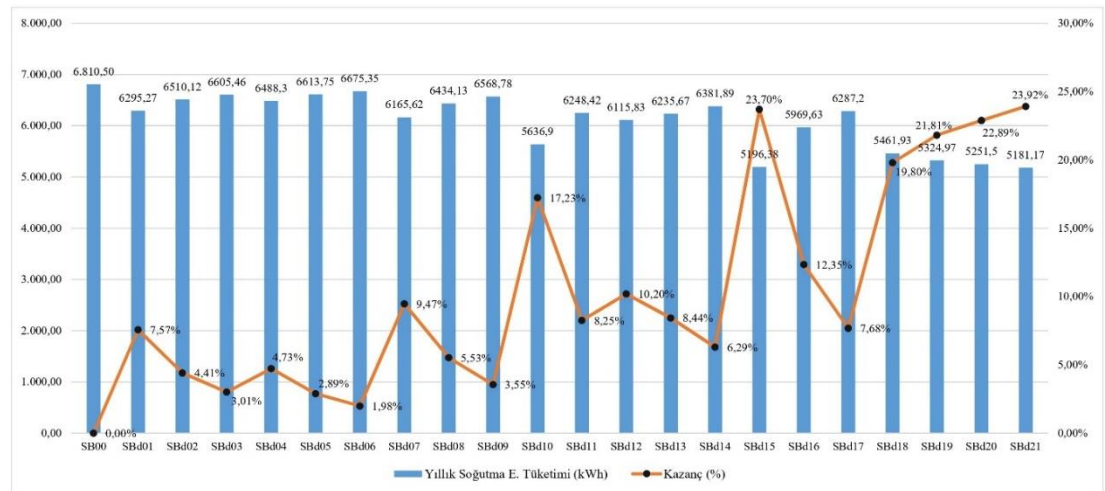


Şekil 5.6: Batı zonu dikey eleman senaryolarının yıllık ısıtma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.

Bu senaryolar arasında en yüksek performansı gösteren SBd06_BATI_DİKEY_20_30°_50_30 senaryosu, %8,81 oranında bir iyileşme ile öne çıkmaktadır. Bu senaryoyu %6,78 kazançla SBd05_BATI_DİKEY_20_30°_40_30 senaryosu ve %6,07 kazançla SBd03_BATI_DİKEY_20_15°_50_30 senaryosu takip etmektedir. Bu üç senaryoda, eleman derinliği parametresi için 20 cm değerinin öne çıktığı görülmektedir. Buna karşılık, senaryoların %66,7'si (14 senaryo) referans senaryoya kıyasla daha yüksek ısıtma enerjisi tüketimi ortaya koymuş ve negatif yönde

değerler ile sonuçlanmıştır. En yüksek enerji kaybı ise %28,94 ile SBd10_BATI_DİKEY_40_15°_30_30 senaryosunda gözlemlenmiştir. Aynı şekilde 100 cm derinliğe sahip SBd21_BATI_DİKEY_100_0°_50_30 senaryosu da %26,58 oranında bir artışla olumsuz etki göstermiştir. Bu durum, yüksek derinlik değerlerinin güneş kazançlarını azaltarak ısıtma yüklerini artırdığını göstermektedir. Genel olarak, ısıtma yükü açısından en verimli sonuçlar, 20 cm derinliğe sahip dikey elemanlarla elde edilmiştir.

Dikey güneş kontrol elemanlarının batı cephesi üzerindeki yıllık soğutma enerjisi tüketimine etkileri SB00_BATI_REFERANS SENARYO kodlu referans senaryonun 6.810,50 kWh'lık soğutma enerjisi tüketimiyle karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Tüm senaryoların referans senaryoya kıyasla daha düşük soğutma enerjisi tüketimi sağlayarak enerji kazancı ortaya koyduğu görülmektedir [Şekil 5.7].

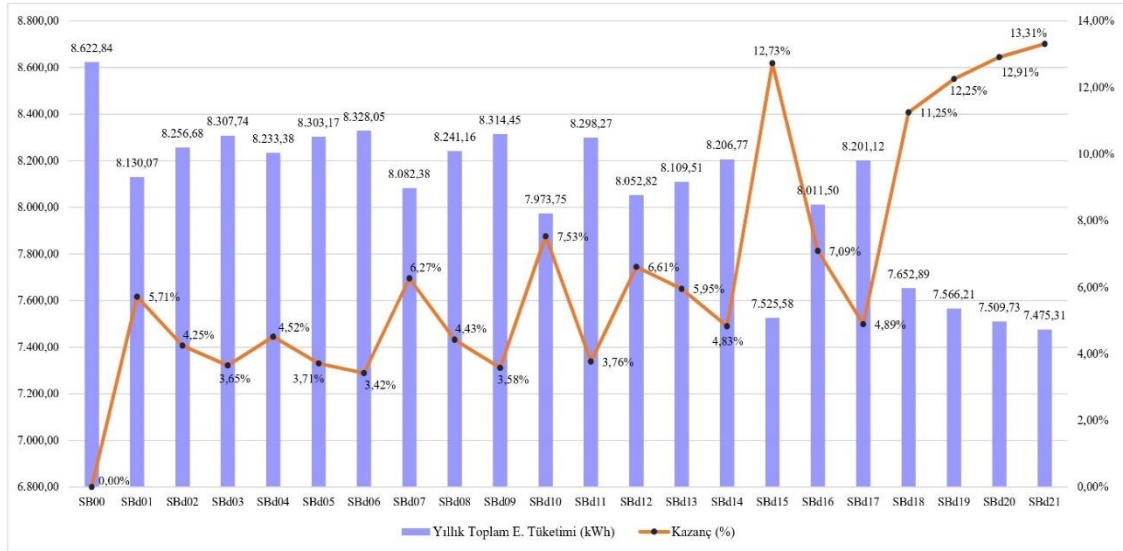


Şekil 5.7: Batı zonu dikey eleman senaryolarının yıllık soğutma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.

Bu durum, batı cephesinde uygulanan dikey güneş kontrol elemanlarının soğutma yüklerinin azaltılmasında etkili olduğunu ortaya koymaktadır. En yüksek kazanç oranı %23,92 ile SBd21_BATI_DİKEY_100_0°_50_30 senaryosunda elde edilmiştir. Bunu sırasıyla %23,70 ile SBd15_BATI_DİKEY_40_0°_30_30 ve %22,89 ile SBd20_BATI_DİKEY_100_0°_40_30 senaryoları takip etmektedir. Özellikle 0° açılı cepheye dik olarak yerleştirilen elemanların, düşük güneş açılarına karşı etkin bir koruma sağladığı anlaşılmaktadır. İlk on senaryo %7,5 ile %23,9 arasında değişen oranlarda enerji kazancı sağlamıştır. En düşük kazanç oranı ise %1,98 ile SBd06_BATI_DİKEY_20_30°_50_30 senaryosunda gözlemlenmiştir. Bu senaryoda,

güneş kontrol elemanının düşük derinlik değerinde ve eğimli bir şekilde yerleştirilmiş olması, batı cephesinden gelen düşük açılı ışınlar karşısında yetersiz kalmasına neden olmuştur. Bu durumda, batı cephesine yerleştirilen dikey elemanların soğutma yüklerini düşürme potansiyelinin yüksek olmasının eleman derinliği ve eğim açısı ile doğrudan ilişkili olduğu anlaşılmaktadır.

Dikey güneş kontrol elemanların yıllık toplam enerji tüketimi üzerindeki etkileri her bir senaryonun yıllık ısıtma ve soğutma enerji tüketim değerleri toplamı, yıllık toplam enerji performansı kazanç (%) değerleri üzerinden karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Referans senaryonun yıllık toplam enerji tüketim değeri (8.622,84 kWh) baz alınarak diğer tüm senaryoların performansları değerlendirilmiştir. İnceleme sonucunda, tüm senaryolarda referans durumuna kıyasla enerji kazancı elde edildiği gözlemlenmiştir [Şekil 5.8]. Bu durum, batı cephesine uygulanan dikey güneş kontrol elemanlarının yapı enerji performansına olumlu katkı sağladığını göstermektedir.



Şekil 5.8: Batı zonu dikey eleman senaryolarının yıllık toplam enerji tüketimleri ve kazanç değerleri.

En yüksek enerji kazancı %13,31 oranı ile SBd21_BATI_DİKEY_100_0°_50_30 senaryosunda elde edilmiştir. Bunu %12,91 ile SBd20_BATI_DİKEY_100_0°_40_30 ve %12,73 ile SBd15_BATI_DİKEY_40_0°_30_30 senaryoları takip etmektedir. Bu senaryolarda, eleman derinliğinin diğer senaryolara göre daha büyük değerde olduğu ve elemanların cepheye dik olacak şekilde konumlandırılmış olduğu görülmektedir. Bu konfigürasyonların düşük açılı gelen güneş ışınımına karşı etkili bir koruma

sağlayarak, hem soğutma yüklerini azaltmada hem de ısıtma döneminde olumsuz bir etki yaratmadan dengeli bir performans ortaya koymada etkin sonuçlar ortaya koyduğu görülmüştür. İlk beş senaryo, %11 - %13 arasında değişen enerji kazancı sağlayarak daha derin (40 cm -100 cm) ve çoğunlukla 0° açılı yerleşimlere sahip elemanların etkili olduğunu göstermektedir. İncelenen 21 senaryodan yalnızca biri %5'in altında enerji kazancı sağlamış olup, en düşük kazanç oranı %3,42 ile SBd06_BATI_DİKEY_20_30°_50_30 senaryosunda gözlemlenmiştir. Bu senaryoda, güneş kontrol elemanının küçük derinlik (20 cm) değerinde olması ve açılı (30°) yerleştirilmesi nedeniyle batı cephesinden gelen doğrudan güneş ışınımına karşı yeterli koruma sağlayamamıştır. Batı zonunda dikey elemanlara ait senaryolar yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim değerlerinin ve kazanç oranları **Tablo 5.8'**de aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

Tablo 5.8. Batı zonu dikey elemanlardan oluşan senaryoların yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri tabloları.

ZON-BATI	Yıllık Isıtma E. Tüketimi (kWh)	Kazanc (%)	ZON-BATI	Yıllık Soğutma E. Tüketimi (kWh)	Kazanc (%)	ZON-BATI	Yıllık Toplam E. Tüketimi (kWh)	Kazanc (%)
SB00_BATI_REFERANS SENARYO	1.812,34	0,00%	SB00_BATI_REFERANS SENARYO	6.810,50	0,00%	SB00_BATI_REFERANS SENARYO	8.622,84	0,00%
SBd06_BATI_DİKEY_20_30°_50_30	1652,7	8,81%	SBd21_BATI_DİKEY_100_0°_50_30	5181,17	23,92%	SBd21_BATI_DİKEY_100_0°_50_30	7.475,31	13,31%
SBd05_BATI_DİKEY_20_30°_40_30	1689,42	6,78%	SBd15_BATI_DİKEY_40_0°_30_30	5196,38	23,70%	SBd20_BATI_DİKEY_100_0°_40_30	7.509,73	12,91%
SBd03_BATI_DİKEY_20_15°_50_30	1702,28	6,07%	SBd20_BATI_DİKEY_100_0°_40_30	5251,5	22,89%	SBd15_BATI_DİKEY_40_0°_30_30	7.525,58	12,73%
SBd04_BATI_DİKEY_20_30°_30_30	1745,08	3,71%	SBd19_BATI_DİKEY_100_0°_30_30	5324,97	21,81%	SBd19_BATI_DİKEY_100_0°_30_30	7.566,21	12,29%
SBd09_BATI_DİKEY_20_0°_50_30	1745,67	3,68%	SBd18_BATI_DİKEY_100_15°_50_30	5461,93	19,80%	SBd18_BATI_DİKEY_100_15°_50_30	7.652,89	11,25%
SBd02_BATI_DİKEY_20_15°_40_30	1746,56	3,63%	SBd10_BATI_DİKEY_40_15°_30_30	5636,9	17,23%	SBd10_BATI_DİKEY_40_15°_30_30	7.973,75	7,53%
SBd08_BATI_DİKEY_20_0°_40_30	1807,03	0,29%	SBd16_BATI_DİKEY_40_0°_40_30	5969,63	12,35%	SBd16_BATI_DİKEY_40_0°_40_30	8.011,50	7,09%
SBd14_BATI_DİKEY_40_30°_50_30	1824,88	-0,69%	SBd12_BATI_DİKEY_40_15°_50_30	6115,83	10,20%	SBd12_BATI_DİKEY_40_15°_50_30	8.052,82	6,61%
SBd01_BATI_DİKEY_20_15°_30_30	1834,8	-1,24%	SBd07_BATI_DİKEY_20_0°_30_30	6165,62	9,47%	SBd07_BATI_DİKEY_20_0°_30_30	8.082,38	6,27%
SBd13_BATI_DİKEY_40_30°_40_30	1873,84	-3,39%	SBd13_BATI_DİKEY_40_30°_40_30	6235,67	8,44%	SBd13_BATI_DİKEY_40_30°_40_30	8.109,51	5,95%
SBd17_BATI_DİKEY_40_0°_50_30	1913,92	-5,60%	SBd11_BATI_DİKEY_20_15°_40_30	6248,42	8,25%	SBd01_BATI_DİKEY_20_15°_30_30	8.130,07	5,71%
SBd07_BATI_DİKEY_20_0°_30_30	1916,76	-5,76%	SBd17_BATI_DİKEY_40_0°_50_30	6287,2	7,68%	SBd17_BATI_DİKEY_40_0°_50_30	8.201,12	4,89%
SBd12_BATI_DİKEY_40_15°_50_30	1936,99	-6,88%	SBd01_BATI_DİKEY_20_15°_30_30	6295,27	7,57%	SBd14_BATI_DİKEY_40_30°_50_30	8.206,77	4,83%
SBd16_BATI_DİKEY_40_0°_40_30	2041,87	-12,66%	SBd14_BATI_DİKEY_40_30°_50_30	6381,89	6,29%	SBd04_BATI_DİKEY_20_30°_30_30	8.233,38	4,52%
SBd11_BATI_DİKEY_40_15°_40_30	2049,85	-13,11%	SBd08_BATI_DİKEY_20_0°_40_30	6434,13	5,53%	SBd08_BATI_DİKEY_20_0°_40_30	8.241,16	4,43%
SBd18_BATI_DİKEY_100_15°_50_30	2190,96	-20,89%	SBd04_BATI_DİKEY_20_30°_30_30	6488,3	4,73%	SBd02_BATI_DİKEY_20_15°_40_30	8.256,68	4,25%
SBd19_BATI_DİKEY_100_0°_30_30	2241,24	-23,67%	SBd02_BATI_DİKEY_20_15°_40_30	6510,12	4,41%	SBd11_BATI_DİKEY_40_15°_40_30	8.298,27	3,76%
SBd20_BATI_DİKEY_100_0°_40_30	2258,23	-24,60%	SBd09_BATI_DİKEY_20_0°_50_30	6568,78	3,55%	SBd05_BATI_DİKEY_20_30°_40_30	8.303,17	3,71%
SBd21_BATI_DİKEY_100_0°_50_30	2294,14	-26,58%	SBd03_BATI_DİKEY_20_15°_50_30	6605,46	3,01%	SBd03_BATI_DİKEY_20_15°_50_30	8.307,74	3,65%
SBd15_BATI_DİKEY_40_0°_30_30	2329,2	-28,52%	SBd05_BATI_DİKEY_20_30°_40_30	6613,75	2,89%	SBd09_BATI_DİKEY_20_0°_50_30	8.314,45	3,58%
SBd10_BATI_DİKEY_40_15°_30_30	2336,85	-28,94%	SBd06_BATI_DİKEY_20_30°_50_30	6675,35	1,98%	SBd06_BATI_DİKEY_20_30°_50_30	8.328,05	3,42%

Toplam yıllık enerji tüketim verileri dikkate alındığında, referans senaryo olan SB00_BATI_REFERANS SENARYO'ya göre enerji verimliliği açısından en yüksek başarıyı gösteren üç alternatif senaryo belirlenmiştir. Bu senaryolar, hem ısıtma hem de soğutma enerji tüketimlerinde sağladıkları kazançlar sonucunda toplam enerji tüketim değerlerinde anlamlı düşüşler ortaya koyarak ön plana çıkmıştır. Aşağıda, en verimli ilk üç senaryo detaylı olarak açıklanmıştır:

- SBd21_BATI_DİKEY_100_0°_50_30

Bu senaryoda yıllık toplam enerji tüketimi 7.475,31 kWh olarak gerçekleşmiştir. Referans senaryonun 8.622,84 kWh olan enerji tüketimine kıyasla %13,31 oranında bir kazanç sağlanmıştır. Isıtma enerji tüketim değeri 2.294,14 kWh ve soğutma enerji tüketimi: 5.181,17 kWh değeri ile özellikle soğutma yüklerinde gösterdiği yüksek performansla dikkat çekmektedir. Bu değer ile soğutma tüketiminde %23,92 oranında bir kazanç elde ederek tüm senaryolar arasında en yüksek verim bu senaryo elde edilmiştir.

- **SBd20_BATI_DİKEY_100_0°_40_30**

Bu senaryonun toplam yıllık enerji tüketimi 7.509,73 kWh olup, referans senaryoya göre %12,91 oranında enerji tasarrufu sağlamıştır. 2.258,23 kWh ısıtma enerjisi tüketimi ve 5.251,50 kWh soğutma enerjisi tüketimi ile hem ısıtma hem de soğutma yüklerinde referans senaryodan daha az enerji tüketerek dengeli bir performans göstermiştir.

- **SBd15_BATI_DİKEY_40_0°_30_30**

Üçüncü sırada yer alan bu senaryoda yıllık toplam enerji tüketimi 7.525,58 kWh olup, referans senaryoya kıyasla %12,73 oranında enerji kazancı elde edilmiştir. Bu senaryo da aynı şekilde özellikle soğutma yüklerinde (5.196,38 kWh) %23,70 oranında bir iyileşme ile yüksek performans göstermektedir. Isıtma tüketiminde (2.329,20 kWh) ise referans değere göre yüksek bir kazanç sağlamamasına rağmen toplam enerji tüketimi bazında önemli ölçüde avantaj sunmuştur. Sonuç olarak, yukarıda açıklanan üç senaryo, batı cephesi için önerilen dikey eleman senaryoları arasında en yüksek toplam enerji tasarrufunu sağlamış ve bu yönleriyle tasarım açısından optimum seçenekler olarak değerlendirilmişlerdir. Özellikle yüksek soğutma kazançlarının toplam tüketim üzerindeki etkisi belirleyici olmuştur.

Çalışmanın bu kısmında, batı zonu için yatay ve dikey elemanlardan oluşan senaryolar için ayrı ayrı belirlenmiş olan optimum ilk 3 senaryo arasından toplamda altı farklı güneş kontrol elemanı senaryosu yıllık soğutma, ısıtma ve toplam enerji tüketimleri üzerinden değerlendirilmiştir. Batı cephesi için sıcak hava dönemlerinde termal konforsuzluğu azaltarak soğutma enerjisi tüketimini azaltan en verimli çözümleri sağlayan senaryoları belirlemek amacıyla toplamda 6 adet senaryo aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- **SBy04_BATI_YATAY_30_30°_30_30**

(Soğutma: %7,11 azalma, Toplam enerji: %4,90 azalma, Isıtma: %3,40 artış)

- SBy11_BATI_YATAY_150_0°_30_30

(Soğutma: %7,91 azalma, Toplam enerji: %4,96 azalma, Isıtma: %6,14 artış)

- SBy13_BATI_YATAY_150_0°_50_30

(Soğutma: %6,90 azalma, Toplam enerji: %4,74 azalma, Isıtma: %3,39 artış)

- SBd21_BATI_DİKEY_100_0°_50_30

(Soğutma: %23,92 azalma, Toplam enerji: %13,31 azalma, Isıtma: 2.294,14 kWh)

- SBd20_BATI_DİKEY_100_0°_40_30

(Soğutma: %22,35 azalma, Toplam enerji: %12,91 azalma, Isıtma: 2.258,23 kWh)

- SBd15_BATI_DİKEY_40_0°_30_30

(Soğutma: %23,70 azalma, Toplam enerji: %12,73 azalma, Isıtma: 2.329,20 kWh)

Bu senaryolar arasında yapılan karşılaştırmalı analiz sonucunda, soğutma yükü açısından en yüksek performans gösteren ilk 3 senaryoya bakıldığında, %22–%24 arasında değişen yüksek oranlı soğutma enerjisi kazançları ve %12,7–%13,3 aralığındaki toplam enerji tasarrufları ile öne çıkmaktadır. Senaryoların parametre özellikleri incelendiğinde ortak olarak dikey yönelimli elemanlardan oluştuğu ancak parametre düzeyinde karşılaştırıldığında eleman derinliği, eleman açısı ve eleman aralığı değişkenlerinin farklı kombinasyonlarla kullanıldığı görülmektedir. Bu durum, optimum sonuçların tekil bir parametreye indirgenerek açıklanamayacağını, performansın ancak parametrelerin birbirleri ile entegre olarak senaryo paketleri açısından değerlendirilmesiyle açıklanabileceğini göstermektedir. Diğer yandan, yatay yönelimli elemanlara sahip senaryolar (SBy04, SBy11, SBy13) daha sınırlı iyileştirmeler sunmuştur bu durum da bazı senaryolarda ısıtma enerjisi tüketiminde artışa sebep olmuştur. Bunun yanı sıra, yatay eleman senaryo sonuçlarının da belirli oranlarda enerji kazancı sağlayabildiği görülmüştür.

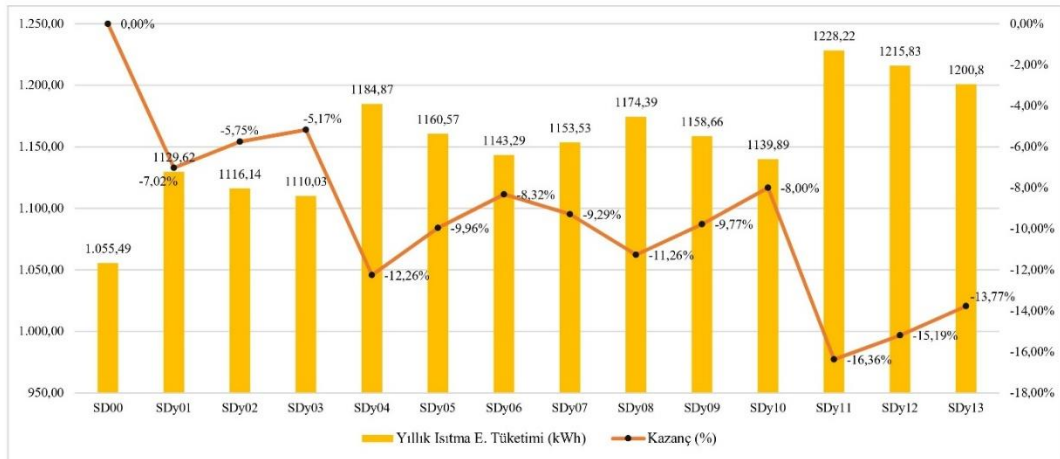
Sonuç olarak, batı cephesi özelinde yapılan bu karşılaştırmalı analiz, enerji verimliliği açısından en yüksek performansı sağlayan senaryonun belirlenmesini sağlamıştır. SBd21_BATI_DİKEY_100_0°_50_30 senaryosu toplam enerji tüketiminde sağladığı belirgin iyileşmelerle öne çıkarak, genel literatürde batı cephesinde dikey yönelimli eleman kullanımının yatay elemanlara göre daha etkin sonuçlar verdiği görüşünü desteklemiştir.

5.2.2. Doğu Zonuna Ait Senaryoların Enerji Tüketim Değerlerinin Karşılaştırılması

GTÜ Mimarlık Fakültesi N Blok yapısının doğu zonunda bulunan ofis odaları için yatay ve dikey elemanlardan oluşan güneş kontrol elemanı senaryo paketlerine ait yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim değerleri referans senaryo ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Yatay elemanlara ve dikey elemanlara ait senaryolar ayrı tablolar halinde sıralanmıştır. Aynı şekilde değerlendirme sürecinde ana hedef olan soğutma enerjisi tüketiminin azaltılmasına odaklanılarak soğutma enerjisi kazanç oranları ve bununla birlikte toplam enerji tüketimleri analiz edilmiştir. Isıtma enerjisi tüketimindeki oranlar ise daha düşük öncelikte tutulmakla birlikte göz ardı edilmemiştir. Enerji etkinliğinin sağlanmasının yanı sıra görsel konforun da sağlanarak optimum senaryonun belirlenebilmesi için görsel etkinlik yüzdesi %40 ve üzerinde olan konfigürasyonlar değerlendirme kapsamına alınmıştır. Elde edilen bulgular ışığında yatay ve dikey yönelimli senaryoların birbiriyle karşılaştırıldığı genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Yatay Yönelimli Elemanlardan Oluşan Senaryoların Değerlendirilmesi

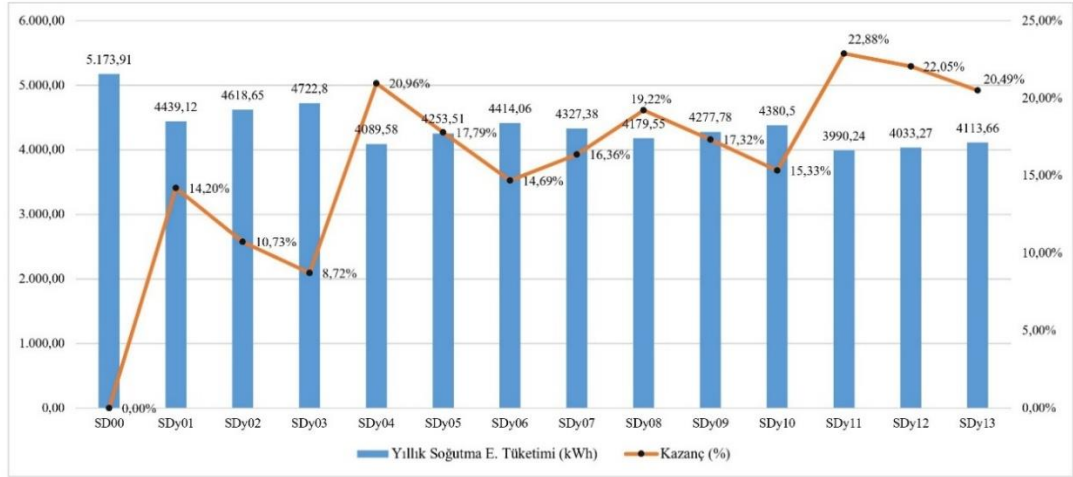
Doğu cephesine yerleştirilen yatay güneş kontrol elemanlarına ait yıllık enerji tüketimi verileri, ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimleri açısından analiz edilmiştir. Toplamda 13 farklı alternatif senaryonun değerlendirildiği tabloda senaryoların enerji tüketim değerleri referans durum olan SD00_DOĞU_REFERANS SENARYO ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, senaryoların %92,3'ünü oluşturan 12 alternatifin yıllık toplam enerji tüketimi, referans senaryonun tüketim değeri olan 6.229,40 kWh'nin altında kalmıştır. Bu durum, yatay elemanların doğru konfigürasyonları ile doğu cephesinde enerji verimliliğinin büyük ölçüde artırılabilceğini ortaya koymaktadır. Toplam 12 senaryonun ısıtma enerjisi tüketimleri SD00_DOĞU_REFERANS SENARYO kodlu referans senaryo ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, 12 senaryonun tamamının referans senaryoya kıyasla daha yüksek ısıtma enerjisi tüketimi gösterdiğini ortaya koymaktadır [Şekil 5.9].



Şekil 5.9: Doğu zonu yatay eleman senaryolarının yıllık ısıtma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.

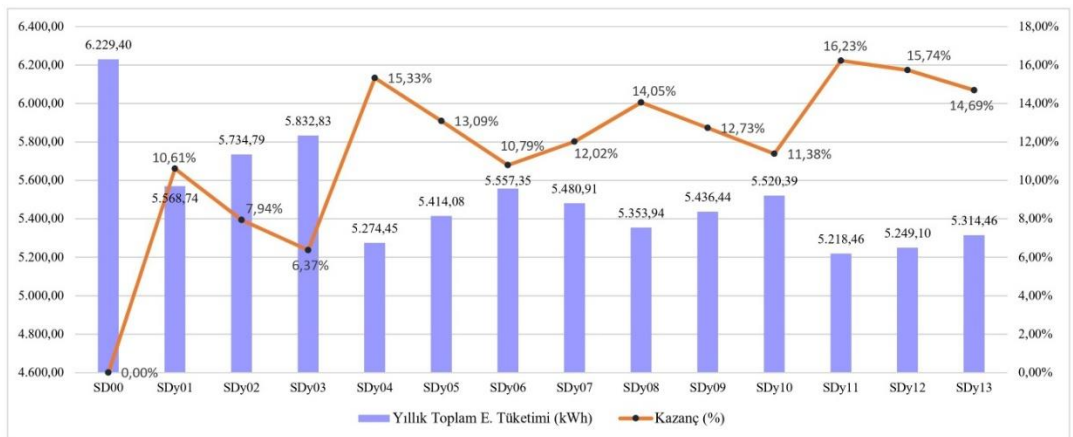
SDy12_DOĞU_YATAY_150_0°_40_30 senaryosu, yıllık ısıtma enerji tüketiminde %15,19'luk bir artışa yol açarak 1215,83 kWh'ye ulaşmıştır. Diğer senaryolar da benzer şekilde, enerji tüketiminde yükselme göstermektedir. SDy03_DOĞU_YATAY_30_0°_50_30 senaryosu %5,17 artış sağlarken, SDy11_DOĞU_YATAY_150_0°_30_30 senaryosu %16,36'lık bir artışla enerji tüketiminde en yüksek değeri göstermektedir. SDy11_DOĞU_YATAY_150_0°_30_30 senaryosuna bakıldığında eleman derinliğinin yüksek değerde ve elemanların sık yerleştirilmesinin mekana giren güneş ışığını engelleyerek ısıtma enerjisi tüketimini arttırdığı anlaşılmaktadır. Bunun aksine SBy03_BATI_YATAY_30_0°_50_30 senaryosunda eleman derinliğinin küçük değerde olması ve eleman aralıklarının yüksek olması mekana giren güneş ışığını arttırarak soğuk hava dönemlerinde ısıtma enerjisi tüketimini azaltarak %4,68 oranında kazanç sağlamıştır.

Doğu cephesindeki yatay güneş kontrol elemanları, soğutma enerjisi tüketim değerlerine bakıldığında tüm senaryolarda referans senaryoya kıyasla enerji kazancı sağlamıştır. SDy11_DOĞU_YATAY_150_0°_30_30 senaryosunda %22,88'lik bir soğutma kazancı elde edilmiştir. Bunu sırasıyla %22,05 ile SDy12_DOĞU_YATAY_150_0°_40_30 ve %20,96 ile SDy04_DOĞU_YATAY_30_30_30_30 senaryoları takip etmektedir. Özellikle yatay elemanların derinlik değerlerinin artırılması, güneş ışığını daha etkin bir şekilde engelleyerek soğutma yüklerinin yüksek oranda azaltılmasına katkı sağlamıştır [Şekil 5.10].



Şekil 5.10: Doğru zonu yatay eleman senaryolarının yıllık soğutma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.

SDy11_DOĞU_YATAY_150_0°_30_30 senaryosu %22,88 lik oranla enerji kazancı bakımından en yüksek sonucu sağlarken SDy03_DOĞU_YATAY_30_0°_50_30 senaryosu %8,72 lik oran ile senaryolar arasında en düşük kazancı vermiştir. Bu senaryoların birbirleri ile olan ilişkisine bakıldığında eleman derinliği arttıkça ve eleman aralığı mesafesi azaldıkça soğutma enerjisi tüketimindeki kazanç değerinin, arttığı görülmüştür. Toplam enerji tüketimi açısından yapılan değerlendirmede, yıllık toplam enerji tüketimi 6.229,40 kWh olan referans senaryoya göre yatay güneş kontrol elemanları ile yapılan tüm senaryolarda enerji kazancı gözlemlenmiştir [Şekil 5.11].



Şekil 5.11: Doğru zonu yatay eleman senaryolarının yıllık toplam enerji tüketimleri ve kazanç değerleri.

Toplam enerji kazancı bakımından SDy11_DOĞU_YATAY_150_0°_30_30 ve SDy03_DOĞU_YATAY_30_0°_50_30 senaryolarının soğutma enerjisi tüketim

grafisinde olduğu gibi en yüksek ve en düşük enerji tüketim değerlerini vermişlerdir. Bu durumun soğutma enerjisi tüketimindeki enerji kazançları ve enerji kayıplarının ısıtma enerjisi tüketim değerlerini dengeleyerek yıllık toplam enerji tüketim değerleri sıralamasına doğrudan etki ettiğini göstermektedir. Doğu zonunda kullanılan yatay elemanlara ait senaryolar yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim değerlerinin ve kazanç oranları **Tablo 5.9**'da aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

Tablo 5.9: Doğu zonu yatay elemanlardan oluşan senaryoların yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri tabloları.

ZON-DOĞU	Yıllık Isıtma E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	ZON-DOĞU	Yıllık Soğutma E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	ZON-DOĞU	Yıllık Toplam E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
SD00_DOĞU_REFERANS SENARYO	1.055,49	0,00%	SD00_DOĞU_REFERANS SENARYO	5.173,91	0,00%	SD00_DOĞU_REFERANS SENARYO	6.229,40	0,00%
SDy03_DOĞU_YATAY_30_0°_50_30	1110,03	-5,17%	SDy11_DOĞU_YATAY_150_0°_30_30	3990,24	22,88%	SDy11_DOĞU_YATAY_150_0°_30_30	5.218,46	16,23%
SDy02_DOĞU_YATAY_30_0°_40_30	1116,14	-5,75%	SDy12_DOĞU_YATAY_150_0°_40_30	4033,27	22,05%	SDy12_DOĞU_YATAY_150_0°_40_30	5.249,10	15,74%
SDy01_DOĞU_YATAY_30_0°_30_30	1129,62	-7,02%	SDy04_DOĞU_YATAY_30_30°_30_30	4089,58	20,96%	SDy04_DOĞU_YATAY_30_30°_30_30	5.274,45	15,33%
SDy10_DOĞU_YATAY_60_0°_50_30	1139,89	-8,00%	SDy13_DOĞU_YATAY_150_0°_50_30	4113,66	20,49%	SDy13_DOĞU_YATAY_150_0°_50_30	5.314,46	14,69%
SDy06_DOĞU_YATAY_30_30°_50_30	1143,29	-8,32%	SDy08_DOĞU_YATAY_60_0°_30_30	4179,55	19,22%	SDy08_DOĞU_YATAY_60_0°_30_30	5.353,94	14,05%
SDy07_DOĞU_YATAY_30_45°_50_30	1153,53	-9,29%	SDy05_DOĞU_YATAY_30_30°_40_30	4253,51	17,79%	SDy05_DOĞU_YATAY_30_30°_40_30	5.414,08	13,09%
SDy09_DOĞU_YATAY_60_0°_40_30	1158,66	-9,77%	SDy09_DOĞU_YATAY_60_0°_40_30	4277,78	17,32%	SDy09_DOĞU_YATAY_60_0°_40_30	5.436,44	12,73%
SDy05_DOĞU_YATAY_30_30°_40_30	1160,57	-9,96%	SDy07_DOĞU_YATAY_30_45°_50_30	4327,38	16,36%	SDy07_DOĞU_YATAY_30_45°_50_30	5.480,91	12,02%
SDy08_DOĞU_YATAY_60_0°_30_30	1174,39	-11,26%	SDy10_DOĞU_YATAY_60_0°_50_30	4380,5	15,33%	SDy10_DOĞU_YATAY_60_0°_50_30	5.520,39	11,38%
SDy04_DOĞU_YATAY_30_30°_30_30	1184,87	-12,26%	SDy06_DOĞU_YATAY_30_30°_50_30	4414,06	14,69%	SDy06_DOĞU_YATAY_30_30°_50_30	5.557,35	10,79%
SDy13_DOĞU_YATAY_150_0°_50_30	1200,8	-13,77%	SDy01_DOĞU_YATAY_30_0°_30_30	4439,12	14,20%	SDy01_DOĞU_YATAY_30_0°_30_30	5.568,74	10,61%
SDy12_DOĞU_YATAY_150_0°_40_30	1215,83	-15,19%	SDy02_DOĞU_YATAY_30_0°_40_30	4618,65	10,73%	SDy02_DOĞU_YATAY_30_0°_40_30	5.734,79	7,94%
SDy11_DOĞU_YATAY_150_0°_30_30	1228,22	-16,36%	SDy03_DOĞU_YATAY_30_0°_50_30	4722,8	8,72%	SDy03_DOĞU_YATAY_30_0°_50_30	5.832,83	6,37%

Toplam yıllık enerji tüketim değerlerine göre referans senaryo olan SD00_DOĞU_REFERANS SENARYO'ya göre en yüksek enerji verimliliği gösteren üç alternatif senaryo belirlenmiştir. En verimli ilk üç senaryo aşağıda detaylı olarak açıklanmıştır:

- **SDy11_DOĞU_YATAY_150_0°_30_30**

Bu senaryo, ısıtma tüketimini orta seviyelerde kalmasını sağlayarak soğutma enerjisi tüketimini %22,88 oranında azaltarak toplam enerji tüketimini 5.218,46 kWh'ye düşürmüştür. Bu da %16,23 oranında bir enerji kazancı sağlamaktadır.

- **SDy12_DOĞU_YATAY_150_0°_40_30**

Elemanların ilk senaryoyla aynı olacak şekilde 150 cm derinliğinde ancak eleman aralığının 40 cm genişliğinde kullanılması ile soğutma enerjisi tüketiminde %22,05 oranında bir kazanç sağlanmıştır. Bu sayede toplam enerji tüketiminde kazanç oranı %15,74 olmuştur.

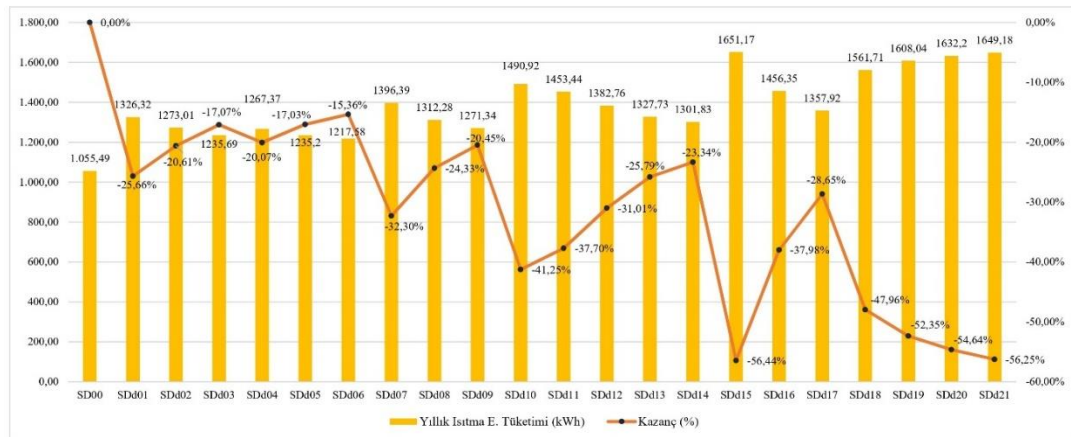
- **SDy04_DOĞU_YATAY_30_30°_30_30**

Elemanların 30° açıyla ve 30 cm eleman aralığı hem soğutma hem de ısıtma enerjisi tüketimleri belirli bir dengeye oturtulmuş ve soğutma enerjisi %20,96 oranında

azalırken, toplam enerji tüketimi 5.274,45 kWh'ye düşürülmüştür bu durum %15,33 oranında bir enerji kazancı sağlamıştır. Sonuç olarak bu senaryolar, soğutma enerjisi tüketiminde ciddi azalmalar sağlarken, ısıtma tüketimi de kontrol altına alınarak toplam enerji tüketimi en uygun seviyeye çekilmiştir. Bu denge, enerji verimliliği açısından önemli kazançlar sunarak tasarım sürecinde tercih edilmesi gereken çözümler olarak öne çıkmışlardır.

Dikey Yönelimli Elemanlardan Oluşan Senaryoların Değerlendirilmesi

Doğu cephesine yerleştirilen dikey güneş kontrol elemanlarına ait yıllık enerji tüketimi verileri, ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimleri açısından analiz edilmiştir. Doğu cephesinde konumlandırılan dikey yönelimli elemanlara ait senaryolar, referans duruma kıyasla yıllık ısıtma enerji tüketiminde belirgin artışlar göstermektedir [Şekil 5.12]. Bu artış, doğu yönünden gelen düşük açılı sabah güneşinin iç mekâna girişinin dikey yüzeyler tarafından büyük oranda engellenmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.12: Doğu zonu dikey eleman senaryolarının yıllık ısıtma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.

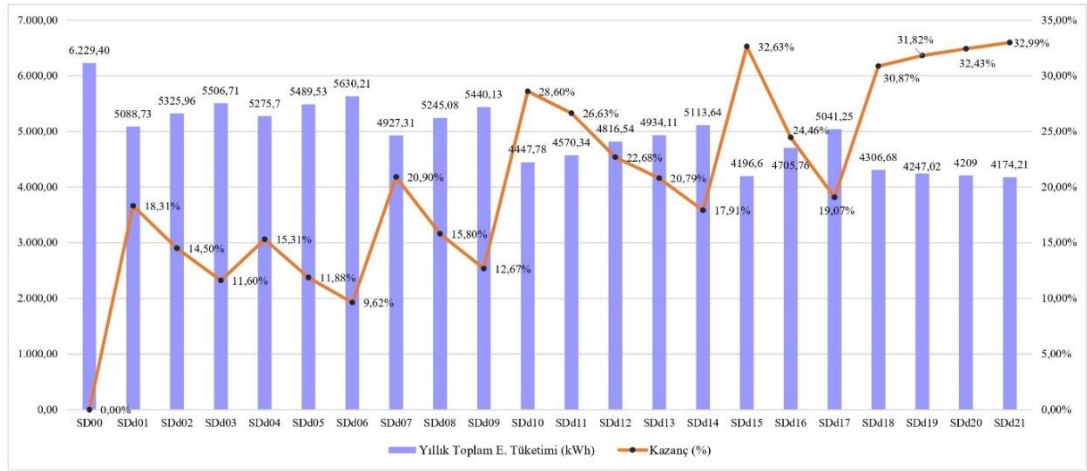
Sonuçlara göre, SDd06_DOĞU_DİKEY_20_30°_50_30 senaryosu, yıllık 1.217,58 kWh'lik tüketim değeriyle %15,36 oranında en az enerji kaybı oluşturan konfigürasyon olarak öne çıkmaktadır. SDd15_DOĞU_DİKEY_40_0°_30_30 senaryosu ise -%56,44 değeri ile en verimsiz sonuç olarak öne çıkmaktadır. Grafiğe bakıldığında SDd06_DOĞU_DİKEY_20_30°_50_30 senaryosu, yıllık 1.217,58 kWh'lik tüketim değeriyle %15,36 oranında en az enerji kaybı oluşturan senaryo olarak öne çıkmaktadır. Doğu cephesindeki dikey yönelimli elemanlarla yapılan senaryoların yıllık soğutma enerji tüketimi ve kazanç oranları değerlerine ait senaryolar incelendiğinde, SDd21_DOĞU_DİKEY_100_0°_50_30 senaryosu,

2.525,03 kWh yıllık soğutma enerji tüketimi ile %51,20'lik bir kazanç sağlamaktadır. Bu senaryo, dikey yönelimli elemanların enerji verimliliği açısından en yüksek tasarrufu sunduğu senaryo olarak öne çıkmaktadır. Benzer şekilde, SDd15_DOĞU_DİKEY_40_0°_30_30 ve SDd20_DOĞU_DİKEY_100_0°_40_30 senaryolarında sırasıyla %50,80 ve %50,20 oranında diğerlerine kıyasla yüksek kazançlar elde edilmesi eleman açış değerinin 0° olmasının kazanç sağlanmasında etkili olduğunu göstermiştir [Şekil 5.13].



Şekil 5.13: Doğu zonu dikey eleman senaryolarının yıllık soğutma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.

Bununla birlikte, SDd06_DOĞU_DİKEY_20_30°_50_30 senaryosu, 4.412,63 kWh'lik yıllık soğutma tüketimi ile yalnızca %14,71 kazanç sağlamaktadır. Benzer şekilde, SDd05_DOĞU_DİKEY_20_30°_40_30 ve SDd03_DOĞU_DİKEY_20_15°_50_30 senaryoları da daha düşük kazanç oranlarına sahip olup sırasıyla %17,77 ve %17,45 kazanç sağlamaktadır. Bu senaryolar, dikey elemanların daha yüksek değerlerde açılarla yerleştirilmesinin, enerji verimliliği üzerinde daha az etkili olduğunu göstermektedir. Yıllık toplam enerji tüketim değerleri referans senaryo ile karşılaştırıldığında en yüksek enerji kazancı sağlayan SDd21_DOĞU_DİKEY_100_0°_50_30 senaryosunun kazanç oranı %51,20 ve yıllık toplam enerji tüketimi 2.525,03 kWh olarak hesaplanmıştır. Diğer senaryoların çoğu da referans senaryoya göre önemli kazançlar sağlamaktadır [Şekil 5.14].



Şekil 5.14: Doğu zonu dikey eleman senaryolarının yıllık toplam enerji tüketimleri ve kazanç değerleri.

SDd15_DOĞU_DİKEY_40_0°_30_30 (yıllık 4.196,6 kWh tüketim, %32,63 kazanç) ve SDd20_DOĞU_DİKEY_100_0°_40_30 (yıllık 4.209 kWh tüketim, %32,43 kazanç) senaryoları da oldukça verimlidir, ancak SDd21 ile karşılaştırıldığında biraz daha yüksek enerji tüketimi ve düşük kazançlara sahiptirler. Bu senaryolara bakıldığında açısı değerinin ortak olarak 0° açısı değerinde belirlendiğini ve eleman derinliğinin diğerlerine kıyasla yüksek tutulduğu görülmüştür. Buna karşın, daha düşük kazançlar sağlayan ve daha yüksek enerji tüketen senaryolar da mevcuttur. SDd06_DOĞU_DİKEY_20_30°_50_30 senaryosu, yıllık 5.630,21 kWh enerji tüketimiyle %9,62 kazanç sağlayarak en düşük kazançlı senaryolar arasında yer almıştır. Bunun yanı sıra, SDd05_DOĞU_DİKEY_20_30°_40_30 (yıllık 5.489,53 kWh, %11,88 kazanç) ve SDd03_DOĞU_DİKEY_20_15°_50_30 (yıllık 5.506,71 kWh, %11,60 kazanç) gibi senaryolar da enerji tasarrufu sağlamakla birlikte, diğerlerinden daha düşük performans sergilemektedir. Bu senaryolarda eleman derinliğinin küçük değerlerde tutulduğunu ve elemanların açılı bir şekilde yerleştirildiği öne çıkmaktadır.

Enerji tüketim sonuçları değerlendirildiğinde doğu cephesinde dikey elemanlardan oluşan senaryolar içerisinde 3 optimum senaryo belirlenerek **Tablo 5.10**'da verilmiştir.

Tablo 5.10: Doğu zonu dikey elemanlardan oluşan senaryoların yıllık ısıtma, soğutma

ve toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri tabloları.

Aşağıda yıllık soğutma enerjisi ve yıllık toplam enerji kazançları açısından en önemli

ZON-DOĞU	Yıllık Isıtma E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	ZON-DOĞU	Yıllık Soğutma E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	ZON-DOĞU	Yıllık Toplam E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
SD00 DOĞU REFERANS SENARYO	1.055,49	0,00%	SD00 DOĞU REFERANS SENARYO	5.173,91	0,00%	SD00 DOĞU REFERANS SENARYO	6.229,40	0,00%
SDd06 DOĞU DIKEY 20 30° 50 30	1217,58	-15,36%	SDd21 DOĞU DIKEY 100 0° 50 30	2525,03	51,20%	SDd21 DOĞU DIKEY 100 0° 50 30	4174,21	32,99%
SDd05 DOĞU DIKEY 20 30° 40 30	1235,2	-17,03%	SDd15 DOĞU DIKEY 40 0° 30 30	2545,43	50,80%	SDd15 DOĞU DIKEY 40 0° 30 30	4196,6	32,63%
SDd03 DOĞU DIKEY 20 15° 50 30	1235,69	-17,07%	SDd20 DOĞU DIKEY 100 0° 40 30	2576,8	50,20%	SDd20 DOĞU DIKEY 100 0° 40 30	4209	32,43%
SDd04 DOĞU DIKEY 20 30° 30 30	1267,37	-20,07%	SDd19 DOĞU DIKEY 100 0° 30 30	2638,98	48,99%	SDd19 DOĞU DIKEY 100 0° 30 30	4247,02	31,82%
SDd09 DOĞU DIKEY 20 0° 50 30	1271,34	-20,45%	SDd18 DOĞU DIKEY 100 15° 50 30	2744,97	46,95%	SDd18 DOĞU DIKEY 100 15° 50 30	4306,68	30,87%
SDd02 DOĞU DIKEY 20 15° 40 30	1273,01	-20,61%	SDd10 DOĞU DIKEY 40 15° 30 30	2956,86	42,85%	SDd10 DOĞU DIKEY 40 15° 30 30	4447,78	28,60%
SDd14 DOĞU DIKEY 40 30° 50 30	1301,83	-23,34%	SDd11 DOĞU DIKEY 40 15° 40 30	3116,9	39,76%	SDd11 DOĞU DIKEY 40 15° 40 30	4570,34	26,63%
SDd08 DOĞU DIKEY 20 0° 40 30	1312,28	-24,33%	SDd16 DOĞU DIKEY 40 0° 40 30	3249,41	37,20%	SDd16 DOĞU DIKEY 40 0° 40 30	4705,76	24,46%
SDd01 DOĞU DIKEY 20 15° 30 30	1326,32	-25,66%	SDd12 DOĞU DIKEY 40 15° 50 30	3433,78	33,63%	SDd12 DOĞU DIKEY 40 15° 50 30	4816,54	22,68%
SDd13 DOĞU DIKEY 40 30° 40 30	1327,73	-25,79%	SDd07 DOĞU DIKEY 20 0° 30 30	3530,92	31,76%	SDd07 DOĞU DIKEY 20 0° 30 30	4927,31	20,90%
SDd17 DOĞU DIKEY 40 0° 50 30	1357,92	-28,65%	SDd13 DOĞU DIKEY 40 30° 40 30	3606,38	30,30%	SDd13 DOĞU DIKEY 40 30° 40 30	4934,11	20,79%
SDd12 DOĞU DIKEY 40 15° 50 30	1382,76	-31,01%	SDd17 DOĞU DIKEY 40 0° 50 30	3683,33	28,81%	SDd17 DOĞU DIKEY 40 0° 50 30	5041,25	19,07%
SDd07 DOĞU DIKEY 20 0° 30 30	1396,39	-32,30%	SDd01 DOĞU DIKEY 20 15° 30 30	3762,41	27,28%	SDd01 DOĞU DIKEY 20 15° 30 30	5088,73	18,31%
SDd11 DOĞU DIKEY 40 15° 40 30	1453,44	-37,70%	SDd14 DOĞU DIKEY 40 30° 50 30	3811,81	26,33%	SDd14 DOĞU DIKEY 40 30° 50 30	5113,64	17,91%
SDd16 DOĞU DIKEY 40 0° 40 30	1456,35	-37,98%	SDd08 DOĞU DIKEY 20 0° 40 30	3932,8	23,99%	SDd08 DOĞU DIKEY 20 0° 40 30	5245,08	15,80%
SDd10 DOĞU DIKEY 40 15° 40 30	1490,92	-41,25%	SDd04 DOĞU DIKEY 20 30° 30 30	4008,33	22,53%	SDd04 DOĞU DIKEY 20 30° 30 30	5275,7	15,31%
SDd18 DOĞU DIKEY 100 15° 50 30	1561,71	-47,96%	SDd02 DOĞU DIKEY 20 15° 40 30	4052,95	21,67%	SDd02 DOĞU DIKEY 20 15° 40 30	5325,96	14,50%
SDd19 DOĞU DIKEY 100 0° 30 30	1608,04	-53,35%	SDd09 DOĞU DIKEY 20 0° 50 30	4168,79	19,43%	SDd09 DOĞU DIKEY 20 0° 50 30	5440,13	12,67%
SDd20 DOĞU DIKEY 100 0° 40 30	1632,2	-54,64%	SDd05 DOĞU DIKEY 20 30° 40 30	4254,33	17,77%	SDd05 DOĞU DIKEY 20 30° 40 30	5489,53	11,88%
SDd21 DOĞU DIKEY 100 0° 50 30	1649,18	-56,25%	SDd03 DOĞU DIKEY 20 15° 50 30	4271,02	17,45%	SDd03 DOĞU DIKEY 20 15° 50 30	5506,71	11,60%
SDd15 DOĞU DIKEY 40 0° 30 30	1651,17	-56,44%	SDd06 DOĞU DIKEY 20 30° 50 30	4412,63	14,71%	SDd06 DOĞU DIKEY 20 30° 50 30	5630,21	9,62%

kazançları sağlayarak öne çıkan ilk 3 optimum değerlerdeki senaryolar verilmiştir:

- **SDd21_DOĞU_DIKEY_100_0°_50_30**

Bu senaryoda yıllık ısıtma enerji tüketimi 1649,18 kWh olarak hesaplanmış, buna karşılık soğutma enerji tüketimi 2525,03 kWh seviyesine düşürülmüştür. Bu iyileştirme sonucunda toplam enerji tüketimi 4174,21 kWh olarak gerçekleşmiş ve referans senaryoya kıyasla %32,99 oranında bir tasarruf elde edilmiştir. Isıtma tüketiminin belirli sınırlar içerisinde tutulması, soğutma tüketimindeki kayda değer azalma ile dengelenmiştir.

- **SDd15_DOĞU_DIKEY_40_0°_30_30**

Yıllık ısıtma enerji tüketimi 1301,83 kWh, soğutma enerji tüketimi ise 2545,43 kWh olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre toplam enerji tüketimi 4196,60 kWh olarak hesaplanarak referans senaryoya kıyasla %32,63 oranında bir enerji tasarrufu sağlanmıştır. Isıtma tüketimi, ilk senaryoya göre daha düşük seviyede tutulurken, soğutma ve toplam enerji tüketiminde önemli bir iyileşme elde edilmiştir.

- **SDd20_DOĞU_DIKEY_100_0°_40_30**

İlgili senaryoda ısıtma enerji tüketimi 1632,20 kWh, soğutma enerji tüketimi ise 2576,80 kWh olarak hesaplanarak toplamda 4209 kWh tüketimle %32,43 oranında enerji tasarrufu sağlanmıştır. Isıtma yükü belirgin şekilde artırılmadan, soğutma ve toplam enerji tüketiminde anlamlı iyileşmeler elde edilmiştir.

Bu üç senaryonun tamamı dikey yönelimli güneş kontrol elemanlarından oluşmakta ve 0° eğim açısı kullanılarak doğrudan ışıının etkisi minimuma indirilmektedir. Derinlik, aralık ve cepheden mesafe parametreleri farklılık göstermesine rağmen elde edilen yüksek verimlilik değerleri, bu parametrelerin birlikte optimize edilmesi halinde doğu cephesi için etkili enerji tasarrufları elde edilebileceğini ortaya koymaktadır. Yıllık ısıtma enerjisi tüketimi, her senaryoda belirli bir seviyede kalmıştır ve soğutma yükü önemli ölçüde düşürülebilmektedir. Soğutma ve toplam enerji tüketimi öncelikli olmakla birlikte, ısıtma tüketimindeki artışın minimize edilmesi, bu senaryoları enerji verimliliği açısından optimum hale getirmektedir.

Mevcut yapının doğu cephesi için her biri farklı parametrik özelliklere sahip yatay ve dikey yönelimli güneş kontrol elemanlarının enerji performansları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Yatay ve dikey yönelimli elemanlara sahip toplam 6 adet optimum senaryo arasından en yüksek verimliliğe ulaşan ilk üç senaryo belirlenmiştir:

- SDy11_DOĞU_YATAY_150_0°_30_30

(Soğutma: %22,88 kazanç, Toplam enerji: %16,23 kazanç)

- SDy12_DOĞU_YATAY_150_0°_40_30

(Soğutma: %22,05 kazanç, Toplam enerji: %15,74 kazanç)

- SDy04_DOĞU_YATAY_30_30°_30_30

(Soğutma: %20,96 kazanç, Toplam enerji: %15,33 kazanç)

- SDd21_DOĞU_DİKEY_100_0°_50_30

(Soğutma: %30,49 kazanç, Toplam enerji: %32,99 kazanç, Isıtma: 1649,18 kWh)

- SDd15_DOĞU_DİKEY_40_0°_30_30

(Soğutma: %30,06 kazanç, Toplam enerji: %32,63 kazanç, Isıtma: 1301,83 kWh)

- SDd20_DOĞU_DİKEY_100_0°_40_30

(Soğutma: %29,28 kazanç, Toplam enerji: %32,43 kazanç, Isıtma: 1632,20 kWh)

Bu 6 senaryo karşılaştırıldığında toplam enerji tüketimi ve soğutma enerjisi göz önünde bulundurularak dikey yönelimli elemanlara sahip senaryoların daha yüksek performans sunduğu görülmüştür. Soğutma enerjisi tüketimi öncelikli değerlendirme kriterine göre en yüksek verimliliği sağlayan senaryo SDd21_DOĞU_DİKEY_100_0°_50_30 olarak belirlenmiştir. Buna göre doğu

cephesi için de genel literatürü destekleyecek şekilde dikey elemanların daha etkili olduğu görülmüştür.

5.2.3. Güney Zonuna Ait Senaryoların Enerji Tüketim Değerlerinin Karşılaştırılması

Bu kısımda, GTÜ Mimarlık Fakültesi N Blok yapısının 2. Katında konumlanan ve güney zonunu oluşturan ofis odalarında simüle edilen yatay güneş kontrol elemanı senaryolarının yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimleri hesaplanarak 00_GÜNEY_REFERANS SENARYO referans senaryosu ile karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Güney cephesi için oluşturulan senaryolarda, eleman aralığı parametresi yerine eleman sayısı parametresi kullanıldığı için senaryo isimlendirmesinde açılış parametre değerinden sonra gelen değer eleman sayısını ifade etmektedir. Güney zonunda yatay güneş kontrol elemanlarından oluşan senaryoların yıllık ısıtma enerjisi tüketim değerleri ve kazanç oranları incelendiğinde 00_GÜNEY_REFERANS SENARYO referans senaryosuna göre kış aylarında iç mekânlara ulaşan pasif güneş kazançlarının azaldığını ve bunun doğrudan ısıtma yüklerinde artışa neden olduğunu göstermektedir. Bu kapsamda oluşturulan 30 farklı senaryo, 00_GÜNEY_REFERANS SENARYO (2.684,63 kWh yıllık ısıtma enerjisi tüketimi) ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, tüm senaryolarda referans duruma kıyasla yıllık ısıtma enerjisi tüketiminde artış yaşanmıştır [Şekil 5.15].



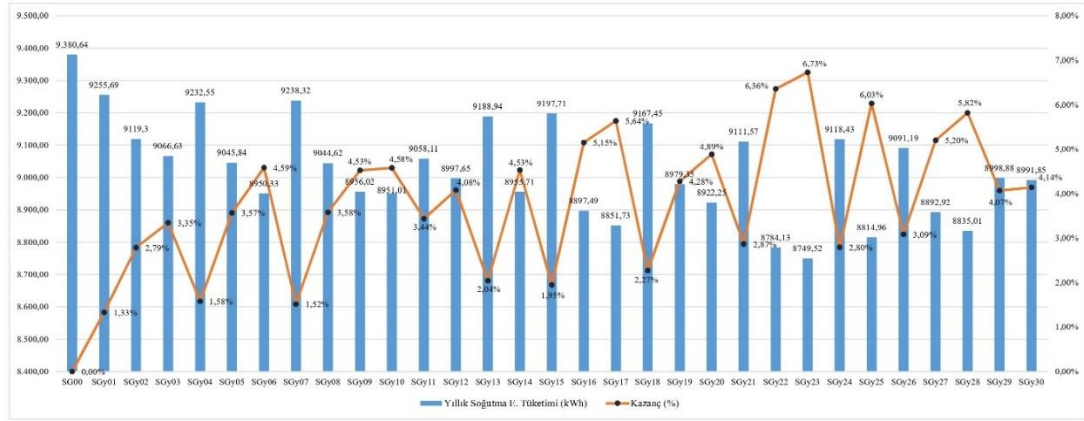
Şekil 5.15: Güney zonu yatay eleman senaryolarının yıllık ısıtma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.

Isıtma tüketimindeki bu artış, senaryoya göre değişmekle birlikte, en düşük artış SGy01_GÜNEY_YATAY_30_0°_1_30 senaryosunda %3,31 ile sınırlı kalmış; en yüksek artış ise SGy23_GÜNEY_YATAY_60_45°_4_30 senaryosunda %50,67

düzeyine ulaşmıştır. Bu bulgu, güney cephede uygulanan yatay yönelimli güneş kontrol elemanlarının, özellikle kış aylarında önemli bir ısı kaynağı olan güneş ışıınımını engellediğini ve bu nedenle iç mekânın konfor sıcaklığına ulaşabilmesi için daha fazla ısıtma enerjisine ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Güneşlenmenin sınırlanması, pasif ısı kazançlarını baskılayarak enerji performansını olumsuz yönde etkilemiştir. Derinlik değeri yüksek olan senaryolarda (SGy28_GÜNEY_YATAY_100_0°_4_30 ve SGy30_GÜNEY_YATAY_100_60°_1_30) ısıtma enerjisi tüketimi önemli ölçüde artmıştır. Bu durum, daha geniş açıklıkların güneş ışıınımını engellediğini ortaya koymaktadır. Eğim açısı yüksek senaryolarda (SGy04_GÜNEY_YATAY_30_45°_1_30 ve SGy06_GÜNEY_YATAY_30_45°_4_30) sabah saatlerinde ve kış aylarında düşük açıyla gelen güneş ışıınları daha etkili biçimde engelleyerek pasif ısı kazancını azaltmış ve ısıtma enerjisi tüketimini artırmıştır. Eleman sayısının diğerlerine kıyasla daha fazla olduğu senaryolarda (SGy09_GÜNEY_YATAY_30_60°_4_30 ve SGy25_GÜNEY_YATAY_60_60°_3_30), cephedeki açıklık oranı azaldığı için daha yoğun bir gölgeleme etkisi oluşmuş ve bu durum da enerji tüketimini yükseltmiştir.

Yatay güneş kontrol elemanlarına ilişkin senaryoların yıllık soğutma enerjisi tüketimleri, 00_GÜNEY_REFERANS SENARYO (Soğutma enerjisi tüketimi 9.380,64 kWh) ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Gerçekleştirilen simülasyonlar sonucunda oluşturulan tüm senaryolar, referans duruma kıyasla soğutma yüklerinde azalma sağlayarak enerji tüketim değerleri açısından kazanç sağlamıştır. Bu durum, yatay güneş kontrol elemanlarının yaz aylarında güneş ışıınımını etkin şekilde keserek iç mekânda aşırı ısınmayı engellediğini ve dolayısıyla soğutma ihtiyacını azalttığını göstermektedir [Şekil 5.16].

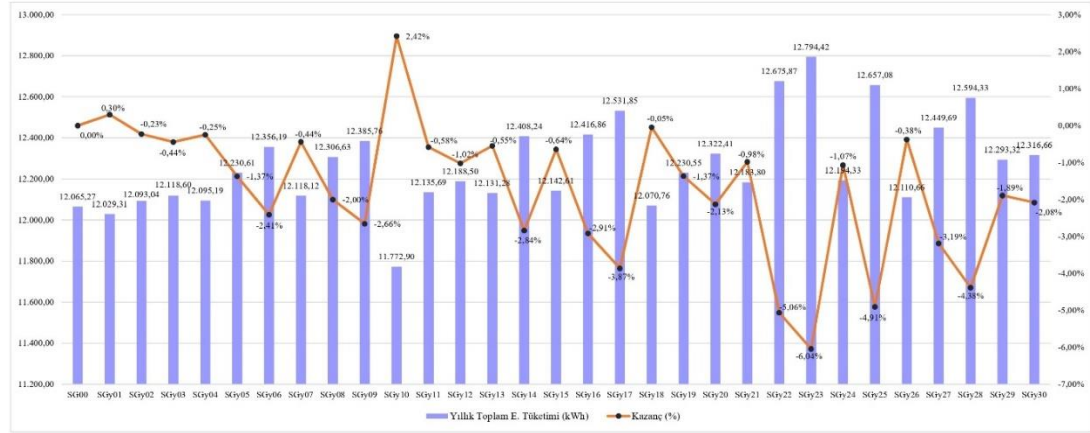


Şekil 5.16: Güney zonu yatay eleman senaryolarının yıllık soğutma enerjisi tüketimleri ve kazanç değerleri.

Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek verimlilik SGy23_GÜNEY_YATAY_60_45°_4_30 senaryosunda gözlemlenmiştir. Bu senaryoda, 60 cm derinliğinde, 45° eğimle yerleştirilmiş ve 4 adet yatay güneş kırıcı elemandan oluşan sistem ile soğutma enerjisi tüketimi %6,73 oranında azaltılarak 8.749,52 kWh seviyesine düşürülmüştür. Benzer şekilde, SGy22_GÜNEY_YATAY_60_45°_3_30 ve SGy25_GÜNEY_YATAY_60_60°_3_30 senaryoları da sırasıyla %6,36 ve %6,03 oranlarında kazanç sağlayarak öne çıkmıştır. Bu üç senaryonun parametre değerleri incelendiğinde güneş kontrol elemanlarının yüksek derinliğe (60 cm), açılı yerleşime (45°–60°) ve yüksek eleman sayısına sahip olmasıdır. Bu şekilde cephe daha yoğun ve etkili şekilde gölgelendirilerek soğutma yükleri önemli ölçüde azaltılmaktadır. Soğutma tüketimi açısından daha düşük oranlarda iyileşme sağlayan senaryolar ise genellikle tek elemanlı ve düşük derinlikteki konfigürasyonlardan oluşmaktadır. SGy01_GÜNEY_YATAY_30_0°_1_30 senaryosunda yalnızca %1,33'lük bir azalma ile gölgeleme etkisinin sınırlı kaldığını ve iç mekâna gelen güneş ışıınının yeterince kontrol edilemediğini göstermektedir.

Güney cephesine yönelik olarak geliştirilen yatay güneş kontrol elemanı senaryolarının toplam yıllık enerji tüketimi üzerindeki etkileri, 00_GÜNEY_REFERANS SENARYO (12.065,27 kWh toplam yıllık enerji tüketimi) ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Analiz edilen 30 senaryonun büyük bir çoğunluğu, referans senaryoya kıyasla toplam enerji tüketiminde artış göstermiş, yalnızca birkaç senaryo kısıtlı oranlarda iyileşme sağlamıştır. Bu durum, güney cephesine yerleştirilen yatay güneş kontrol elemanlarının farklı mevsimlerde farklı etkiler yarattığını göstermektedir. Soğutma sezonunda sağlanan enerji kazançları,

ısıtma sezonundaki enerji kayıplarını telafi edememekte, bu da toplam enerji dengesi açısından olumsuz bir tablo ortaya koymaktadır [Şekil 5.17].



Şekil 5.17: Güney zonu yatay eleman senaryolarının yıllık toplam enerji tüketimleri ve kazanç değerleri.

Toplam enerji açısından en iyi performansı gösteren senaryo, SGy10_GÜNEY_YATAY_40_0°_1_30 olmuştur. Bu senaryoda, 40 cm derinliğinde, 0° eğim açısıyla ve yalnızca 1 adet elemandan oluşan konfigürasyon ile yıllık toplam enerji tüketimi 11.772,90 kWh düzeyine düşmüştür ve referans senaryoya göre %2,42 oranında enerji kazancı sağlanmıştır. Bunun devamında SGy01_GÜNEY_YATAY_30_0°_1_30 senaryosu, benzer bir şekilde %0,30 oranında bir kazanç sunmuştur. Her iki senaryoda da eleman sayısının az ve eleman derinliğinin diğer senaryolara kıyasla düşük tutulmuş olması öne çıkmaktadır. Bu senaryolar soğuk hava dönemlerinde güneş kazançlarını fazla engellemeden, yaz aylarında sınırlı düzeyde soğutma kazancı sağladığı için yıl bazında dengeleyici bir etki oluşturmuştur. Bunun yanı sıra, SGy23_GÜNEY_YATAY_60_45°_4_30 senaryosu gibi, sıcak hava dönemlerinde oldukça verimli olan ve %6,73 oranında soğutma enerjisi tasarrufu sağlayan bazı senaryolar, toplam enerji tüketimi açısından değerlendirildiğinde %6,04 oranında artış göstermiştir. Bu artış, söz konusu senaryolarda yüksek sayıda ve yüksek derinlikteki elemanların kullanılmasıyla kış aylarında pasif güneş kazançlarının ciddi biçimde engellenmesinden kaynaklanmaktadır. Benzer şekilde, SGy22_GÜNEY_YATAY_60_45°_3_30 ve SGy25_GÜNEY_YATAY_60_60°_3_30 gibi senaryolar da toplam enerji açısından sırasıyla %5,06 ve %4,91 oranında artış sergilemiştir. Bu sonuçlar, soğutma döneminde sağlanan kazanımların, ısıtma sezonundaki kayıpların baskın gelmesi nedeniyle toplam enerji tüketim bazında enerji kazancı sağlanamamıştır.

Enerji tüketim sonuçları değerlendirildiğinde güney cephesinde yatay elemanlardan oluşan senaryolar içerisinde 3 optimum senaryo belirlenerek **Tablo 5.11**'de verilmiştir.

Tablo 5.11: Güney zonu yatay elemanlardan oluşan senaryoların yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim ve kazanç değerleri tabloları.

ZON-GÜNEY	Yıllık Isıtma E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	ZON-GÜNEY	Yıllık Soğutma E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	ZON-GÜNEY	Yıllık Toplam E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
00_GÜNEY_REFERANS SENARYO	2.684,63	0,00%	00_GÜNEY_REFERANS SENARYO	9.380,64	0,00%	00_GÜNEY_REFERANS SENARYO	12.065,27	0,00%
SGy01_GÜNEY_YATAY_30_0°_1_30	2773,62	-3,31%	SGy23_GÜNEY_YATAY_60_45°_4_30	8749,52	6,73%	SGy10_GÜNEY_YATAY_40_0°_1_30	11.772,90	2,42%
SGy10_GÜNEY_YATAY_40_0°_1_30	2821,89	-5,11%	SGy22_GÜNEY_YATAY_60_45°_3_30	8784,13	6,36%	SGy01_GÜNEY_YATAY_30_0°_1_30	12.029,31	0,30%
SGy04_GÜNEY_YATAY_30_45°_1_30	2862,64	-6,63%	SGy25_GÜNEY_YATAY_60_60°_3_30	8814,96	6,03%	SGy18_GÜNEY_YATAY_60_0°_1_30	12.070,76	-0,05%
SGy07_GÜNEY_YATAY_30_60°_1_30	2879,8	-7,27%	SGy28_GÜNEY_YATAY_100_0°_4_30	8835,01	5,82%	SGy02_GÜNEY_YATAY_30_0°_3_30	12.093,04	-0,23%
SGy18_GÜNEY_YATAY_60_0°_1_30	2903,31	-8,15%	SGy17_GÜNEY_YATAY_40_60°_4_30	8851,73	5,64%	SGy04_GÜNEY_YATAY_30_45°_1_30	12.095,19	-0,25%
SGy13_GÜNEY_YATAY_40_45°_1_30	2942,34	-9,60%	SGy27_GÜNEY_YATAY_100_0°_3_30	8892,92	5,20%	SGy26_GÜNEY_YATAY_100_0°_1_30	12.110,66	-0,38%
SGy15_GÜNEY_YATAY_40_60°_1_30	2944,9	-9,69%	SGy16_GÜNEY_YATAY_40_60°_3_30	8897,49	5,15%	SGy07_GÜNEY_YATAY_30_60°_1_30	12.118,12	-0,44%
SGy02_GÜNEY_YATAY_30_0°_3_30	2973,74	-10,77%	SGy20_GÜNEY_YATAY_60_0°_4_30	8922,25	4,89%	SGy03_GÜNEY_YATAY_30_0°_4_30	12.118,60	-0,44%
SGy26_GÜNEY_YATAY_100_0°_1_30	3019,47	-12,47%	SGy06_GÜNEY_YATAY_30_45°_4_30	8950,33	4,59%	SGy13_GÜNEY_YATAY_40_45°_1_30	12.131,28	-0,55%
SGy03_GÜNEY_YATAY_30_0°_4_30	3051,97	-13,68%	SGy10_GÜNEY_YATAY_40_0°_1_30	8951,01	4,58%	SGy11_GÜNEY_YATAY_40_0°_3_30	12.135,69	-0,58%
SGy21_GÜNEY_YATAY_60_45°_1_30	3072,23	-14,44%	SGy14_GÜNEY_YATAY_40_45°_3_30	8955,71	4,53%	SGy15_GÜNEY_YATAY_40_60°_1_30	12.142,61	-0,64%
SGy24_GÜNEY_YATAY_60_60°_1_30	3075,9	-14,57%	SGy09_GÜNEY_YATAY_30_60°_4_30	8956,02	4,53%	SGy21_GÜNEY_YATAY_60_45°_1_30	12.183,80	-0,98%
SGy11_GÜNEY_YATAY_40_0°_3_30	3077,58	-14,64%	SGy19_GÜNEY_YATAY_60_0°_3_30	8979,15	4,28%	SGy12_GÜNEY_YATAY_40_0°_4_30	12.188,50	-1,02%
SGy05_GÜNEY_YATAY_30_45°_3_30	3184,77	-18,63%	SGy20_GÜNEY_YATAY_100_60°_1_30	8991,85	4,14%	SGy24_GÜNEY_YATAY_60_60°_1_30	12.194,33	-1,07%
SGy12_GÜNEY_YATAY_40_0°_4_30	3190,85	-18,86%	SGy12_GÜNEY_YATAY_40_0°_4_30	8997,65	4,08%	SGy19_GÜNEY_YATAY_60_0°_1_30	12.230,53	-1,37%
SGy19_GÜNEY_YATAY_60_0°_3_30	3211,2	-21,10%	SGy29_GÜNEY_YATAY_100_45°_1_30	8998,88	4,07%	SGy05_GÜNEY_YATAY_30_45°_3_30	12.230,61	-1,37%
SGy08_GÜNEY_YATAY_30_60°_3_30	3262,01	-21,51%	SGy08_GÜNEY_YATAY_30_60°_3_30	9044,62	3,58%	SGy29_GÜNEY_YATAY_100_45°_1_30	12.293,32	-1,89%
SGy29_GÜNEY_YATAY_100_45°_1_30	3294,44	-22,71%	SGy05_GÜNEY_YATAY_30_45°_3_30	9045,84	3,57%	SGy08_GÜNEY_YATAY_30_60°_3_30	12.306,63	-2,00%
SGy30_GÜNEY_YATAY_100_60°_1_30	3324,81	-23,85%	SGy11_GÜNEY_YATAY_40_0°_3_30	9058,11	3,44%	SGy20_GÜNEY_YATAY_100_60°_1_30	12.316,66	-2,08%
SGy20_GÜNEY_YATAY_60_0°_4_30	3400,16	-26,63%	SGy03_GÜNEY_YATAY_30_0°_4_30	9066,63	3,35%	SGy20_GÜNEY_YATAY_60_0°_4_30	12.322,41	-2,13%
SGy06_GÜNEY_YATAY_30_45°_4_30	3405,86	-26,87%	SGy26_GÜNEY_YATAY_100_0°_1_30	9091,19	3,09%	SGy06_GÜNEY_YATAY_30_45°_4_30	12.356,19	-2,41%
SGy09_GÜNEY_YATAY_30_60°_4_30	3429,74	-27,75%	SGy21_GÜNEY_YATAY_60_45°_1_30	9111,57	2,87%	SGy09_GÜNEY_YATAY_30_60°_4_30	12.385,76	-2,66%
SGy14_GÜNEY_YATAY_40_45°_3_30	3452,53	-28,60%	SGy24_GÜNEY_YATAY_60_60°_1_30	9118,43	2,80%	SGy14_GÜNEY_YATAY_40_45°_3_30	12.408,24	-2,84%
SGy16_GÜNEY_YATAY_40_60°_3_30	3519,37	-31,09%	SGy02_GÜNEY_YATAY_30_0°_3_30	9119,3	2,79%	SGy16_GÜNEY_YATAY_40_60°_3_30	12.416,86	-2,91%
SGy27_GÜNEY_YATAY_100_0°_3_30	3536,77	-32,49%	SGy18_GÜNEY_YATAY_60_0°_1_30	9167,45	2,27%	SGy27_GÜNEY_YATAY_100_0°_3_30	12.449,69	-3,19%
SGy17_GÜNEY_YATAY_40_60°_4_30	3680,12	-37,08%	SGy13_GÜNEY_YATAY_40_45°_1_30	9188,94	2,04%	SGy17_GÜNEY_YATAY_40_60°_4_30	12.531,85	-3,87%
SGy28_GÜNEY_YATAY_100_0°_4_30	3759,32	-40,03%	SGy15_GÜNEY_YATAY_40_60°_1_30	9197,71	1,95%	SGy28_GÜNEY_YATAY_100_0°_4_30	12.594,33	-4,38%
SGy25_GÜNEY_YATAY_60_60°_3_30	3842,12	-43,12%	SGy04_GÜNEY_YATAY_30_45°_1_30	9232,55	1,58%	SGy25_GÜNEY_YATAY_60_60°_3_30	12.657,08	-4,91%
SGy22_GÜNEY_YATAY_60_45°_3_30	3891,74	-44,96%	SGy07_GÜNEY_YATAY_30_60°_1_30	9238,32	1,52%	SGy22_GÜNEY_YATAY_60_45°_3_30	12.675,87	-5,06%
SGy23_GÜNEY_YATAY_60_45°_4_30	4044,9	-50,67%	SGy01_GÜNEY_YATAY_30_0°_1_30	9255,69	1,33%	SGy23_GÜNEY_YATAY_60_45°_4_30	12.794,42	-6,04%

GTÜ Mimarlık Fakültesi N Blok yapısının güney cephesinde konumlanan ofis odaları için geliştirilen güneş kontrol elemanı senaryoları, yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim değerleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sürecinde, elde edilen veriler yalnızca enerji kazançları bakımından değil, aynı zamanda çalışmanın temel hedefi olan sıcak hava döneminde iç mekânda yaşanan termal konforsuzluğu azaltma ve buna bağlı olarak soğutma enerjisi tüketimini en aza indirme amacı doğrultusunda ele alınmıştır. Analiz sonuçlarına göre, güney cephesi senaryolarının tamamı ısıtma sezonunda referans duruma kıyasla pasif güneş kazançlarının güneş kontrol elemanları nedeniyle engellenmesiyle enerji tüketimini artırmıştır. Benzer şekilde, toplam enerji tüketimi açısından da birçok senaryoda referans duruma göre negatif sonuçlar elde edilerek yalnızca sınırlı sayıda senaryo küçük bir oranda enerji tasarrufu sağlayabilmiştir. Bu durumda, senaryoların genel enerji tüketim değerleri açısından incelenmesinin yanı sıra, soğutma tüketimini azaltma odaklı performansları öncelikli olarak değerlendirilmiştir. Soğutma enerjisi

tüketimi baz alınarak yapılan analizde, en yüksek verimliliği sağlayan üç senaryo sırasıyla şu şekilde belirlenmiştir:

- **SGy23_GÜNEY_YATAY_60_45°_4_30**

Bu senaryoda 60 cm derinliğinde ve 45° eğimle yerleştirilmiş dört adet yatay eleman kullanılmıştır. Referans senaryoya göre yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %6,73 oranında bir azalma sağlanmış ve bu değer, tüm senaryolar içerisinde en yüksek kazanç olarak kaydedilmiştir. Isıtma sezonunda %50,67 oranında enerji kaybı yaşanmış olsa da, soğutma döneminde gösterdiği yüksek performans nedeniyle dikkate değer bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

- **SGy22_GÜNEY_YATAY_60_45°_3_30**

Bir önceki senaryoya benzer şekilde 60 cm derinliğe ve 45° eğime sahip ancak üç elemandan oluşan bu senaryoda, %6,36 oranında soğutma enerjisi kazancı elde edilmiştir. Isıtma tüketimindeki artış %44,96 ile sınırlı kalmış ve toplam enerji tüketiminde %5,06 oranında artış yaşanmıştır. Eleman sayısının azaltılması, soğutma performansını büyük ölçüde etkilemeden, ısıtma sezonundaki kayıpların kısmen sınırlandırılmasını sağlamıştır.

- **SGy25_GÜNEY_YATAY_60_60°_3_30**

Bu senaryoda ise aynı derinlikteki 3 adet eleman 60° eğimle yerleştirilerek kullanılmıştır. Yıllık soğutma enerjisi tüketiminde %6,03 oranında düşüş sağlanmış, buna karşın ısıtma tüketimi %43,12 oranında artmıştır. Eğim açısının yükselmesi sayesinde, düşük açılı güneş ışınlarının etkili biçimde kesildiği ve bu sayede yaz döneminde soğutma yükünün anlamlı biçimde azaltıldığı gözlemlenmiştir. Bu üç senaryonun ortak özellikleri; yüksek derinlikli, eğimli ve çok elemanlı güneş kontrol elemanlarından oluşmalarıdır. Bu tür yapılandırmalar, özellikle yaz aylarında güneşe gelen dik ışınımın iç mekâna girişini engelleyerek soğutma yüklerinin azaltılmasında önemli rol oynamasının yanı sıra verimlilik oranı, kış döneminde pasif ısı kazançlarının azalmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak, güney zonunda yer alan ofis odalarının yıllık soğutma enerjisi tüketimini azaltma hedefi doğrultusunda yapılan değerlendirmelerde, SGy23_GÜNEY_YATAY_60_45°_4_30 senaryosu maksimum gölgeleme verimliliği sağlayarak yaz aylarında konfor koşullarını iyileştiren ve enerji tüketimini azaltan en uygun seçenek olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın bu kısmında, GTU N Blok Mimarlık Fakültesi yapısının batı, doğu ve güney cepheleri için ayrı ayrı tespit edilen ve enerji tüketim değerleri hesaplanan en

optimum senaryolar yapıya aynı anda uygulanarak yapının bu çalışma kapsamında belirlenen tüm zon alanlarını içerecek şekilde yıllık toplam ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketim değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler **Tablo 5.12**'de verilmiştir.

Tablo 5.12. Cephelere ait optimum senaryoların tüm yapıya uygulanarak referans hali ile kıyaslanması.

GTÜ N Blok Yapısı	Yıllık Isıtma E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Yıllık Soğutma E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Yıllık Toplam E. Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
00_Tüm Zonlar	12.465,77	0,00%	31.048,97	0,00%	43.514,74	0,00%
Tüm zonlara seçilen en uygun optimum senaryoların uygulanması						
00_Tüm Zonlar	15.982,63	-28,22%	25.395,33	18,22%	41.377,96	4,91%

Yapıya ait batı, doğu ve güney zonlarının tamamı için hesaplanan bu değer, yapının güneş kontrol elemanı uygulanmayan referans hali ile kıyaslanarak enerji tüketim değerleri bağlamında bütüncül bir yaklaşımla analiz edilmesi sağlanmıştır. **Tablo 5.12**'de verilen sonuçlara göre, yapının soğutma enerjisi tüketim değerlerinin azalarak %18,21 oranında kazanç sağladığı görülürken ısıtma enerjisi tüketim bazında %28,22 oranında bir enerji artışı yaşanması sebebiyle enerji kazancı sağlanamamıştır. Ancak yıllık toplam enerji tüketim değeri kapsamında %4,91 oranında enerji tasarrufu sağlanmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde küresel enerji politikalarının öncelikli odaklarından biri yapı sektörüdür. Artan kentleşme, nüfus yoğunluğu ve yapılaşma faaliyetleri sonucunda binaların enerji tüketim oranı ciddi ölçüde yükselmiş; bu durum çevresel baskıyı artırmakla birlikte fosil yakıtlara olan bağımlılığı da tetiklemiştir. Özellikle Türkiye gibi ılımlı-nemli iklim bölgelerinde, konut ve ofis binalarında yıl boyunca değişkenlik gösteren iklimsel ihtiyaçlar doğrultusunda, pasif tasarım stratejilerinin entegre edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, ısıtma ve soğutma yüklerini azaltarak hem çevresel sürdürülebilirliği hem de enerji maliyetlerini optimize etmeye katkı sunan güneş kontrol elemanları, günümüz mimarisinde enerji etkin yapı kabuğu tasarımının temel bileşenlerinden biri hâline gelmiştir. Güneş ışıınının kontrol edilmesi, yalnızca termal konforu değil; aynı zamanda iç mekânda kamaşmanın azaltılması, doğal aydınlatmanın dengelenmesi ve mekanik sistemlere olan bağımlılığın düşürülmesi açısından da kritik rol oynamaktadır. Bu nedenle, güneş kontrol elemanlarının yönelimi, konumlandırma açısı, geometrisi, derinliği, aralığı ve yerleşim şekli gibi parametrik tasarım kriterlerinin dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu tez çalışması, ılımlı-nemli iklim bölgesinde yer alan Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi N Blok yapısındaki batı, doğu ve güney yönlerine bakan ofis odalarında, sabit güneş kontrol elemanlarının yıllık ısıtma, soğutma ve toplam enerji tüketimine etkisini hem enerji simülasyonu hem de kullanıcı deneyimleri ışığında kapsamlı şekilde incelemiştir. Yapının özgün bağlamında geliştirilen bu çalışma, yalnızca enerji verisiyle sınırlı kalmamış; aynı zamanda kullanıcı memnuniyetine dayalı ısıl konfor algılarını da temel alarak çok boyutlu bir değerlendirme ortaya koymuştur.

Çalışmanın hipotezi, kullanıcıların özellikle sıcak hava dönemlerinde iç mekânlarda ısıl konforsuzluk yaşadığı ve bu durumun uygun güneş kontrol elemanları ile giderilebileceği yönündedir. Bu hipotez doğrultusunda yürütülen anket çalışmaları ve yarı yapılandırılmış görüşmeler, yapı kullanıcılarının cephe yönelimi, mevsimsel koşullar ve saatlik ışıının etkilerine göre farklı şikâyetler dile getirdiklerini ortaya koymuştur. Katılımcıların %71'i 1. katta, %29'u ise 2. katta yer almakta olup, ofislerin en yoğun bulunduğu cephe %47 ile batı cephesidir. Güney cephesi %30 ile ikinci sırada gelirken; doğu, güneydoğu ve güneybatı cepheleri daha az kullanıcı tarafından temsil edilmiştir. Anket bulgularına göre doğu ve güneydoğu cephelerinde sıcak hava

dönemlerinde aşırı ısınma, batı ve güneydoğu cephelerinde ise soğuk hava dönemlerinde yetersiz ısınma sorunları öne çıkmıştır. Batı cephesi kullanıcıları, sabah saatlerinde mekânların yetersiz ısındığını; öğleden sonra ise yoğun ısınım nedeniyle aşırı sıcaklık problemi yaşandığını belirtmiştir. Güney ve güneydoğu cephelerinde ise gün ışığına maruz kalma, kamaşma ve ısı artışı gibi şikayetlerle birlikte, iç perde kullanımının yüksek olduğu ancak bu sistemlerin termal konfor sağlamada yetersiz kaldığı görülmüştür. Bu bulgular yalnızca cephe bazlı sorunların tanımlanmasına değil, aynı zamanda hangi cephelerde dış sabit güneş kontrol sistemlerinin daha etkili çözümler sunabileceğinin anlaşılmasına da olanak tanımıştır.

Anket sonuçları, enerji simülasyonu senaryolarının kurgulanmasında dolaylı fakat yönlendirici bir işlev üstlenmiştir. Literatür taraması doğrultusunda belirlenen sabit güneş kontrol elemanlarına dair parametreler (pozisyon, derinlik, açı, açıklık aralığı ve cepheden uzaklık), kullanıcı geri bildirimlerinden elde edilen cephe bazlı konforsuzluklar göz önünde bulundurularak yapı özelinde optimize edilmiştir. Batı cephesinde sabah saatlerinde gözlenen ısı kayıpları, tamamen kapalı ve derin sistemlerin ısı kazancını engelleyebileceğini; ancak öğleden sonra yaşanan aşırı ısınma gölgeleme ihtiyacını ön plana çıkarmıştır. Bu nedenle geçirgenliği yüksek ve düşey yönelimli sistemler önerilmiştir. Doğu cephesinde sabah saatlerinde gelen düşük açılı ısınımın ısıl rahatsızlık yarattığı, bu yüzden dikey, daha derin ve dar açıklıklı elemanların uygun olduğu değerlendirilmiştir. Güney cephesinde ise yaz aylarında kamaşma ve aşırı ışık maruziyetine karşı yatay, eğimli ve derin sistemlerin daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Bu bağlamda oluşturulan 144 senaryo, DesignBuilder programında enerji simülasyonuna tabi tutulmuş; yalnızca %40'ın üzerinde gün ışığı etkinliği sağlayan senaryolar analiz sürecine dâhil edilmiştir. Yapılan simülasyonlar sonucunda batı cephesi için en yüksek performansı sağlayan SBd21_BATI_DİKEY_100_0°_50_30 senaryosu, %23,92 oranında soğutma enerjisi ve %13,31 oranında toplam enerji tasarrufu sağlamıştır. Doğu cephesinde önerilen SDd21_DOĞU_DİKEY_100_0°_50_30 senaryosu %32,99'luk toplam enerji tasarrufu ile en yüksek verimi göstermiştir. Güney cephesinde ise SGy23_GÜNEY_YATAY_60_45°_4_30 senaryosu %6,73 oranında soğutma enerjisi tasarrufu sağlamış; ancak %50,67'lik ısıtma yükü artışı sebebiyle mevsimsel dengenin gözetilmesi gerektiği anlaşılmıştır. Tüm cepheler için en verimli senaryoların eş

zamanlı uygulanması durumunda, yapı genelinde %18,21 oranında soğutma enerjisi tasarrufu ve %4,91 toplam enerji kazanımı elde edilmiştir.

Elde edilen simülasyon verileri, literatürde sunulan bulgularla büyük ölçüde örtüşmektedir. **Freewan (2014)**, sıcak iklim bölgelerinde batı cephelerinde kullanılan dikey elemanların %25'e kadar soğutma tasarrufu sağlayabileceğini raporlamış; bu çalışmada elde edilen %23,92'lik kazanım bu değeri desteklemiştir. **Al-Tamimi ve Fadzil (2011)** tarafından doğu cephesinde elde edilen %30 düzeyindeki enerji kazancı, bu çalışmada %32,99 olarak gerçekleştirilmiştir. Güney cephesine yönelik analizler ise **Tzempelikos ve Athienitis (2007)** tarafından yapılan değerlendirmelerle uyum göstermekte; yaz aylarında yarar sağlarken kış aylarında ısı kayıplarına neden olan yatay sistemlerin mevsimsel olarak dikkatle kullanılması gerektiği bir kez daha doğrulanmaktadır.

Bu tez çalışmasında enerji verilerine dayalı teknik analizler sunulmasının yanı sıra gerçek kullanıcı deneyimleri enerji modellemesine entegre edilmiştir. Literatürdeki birçok simülasyon çalışmasında kullanıcı davranışı modellemeye dâhil edilmemektedir ve senaryolar varsayımsal olarak tanımlanmaktadır. Buna karşın bu çalışmada anketler, kullanıcı davranışları, şikayet odakları ve cephe yönelimleri, senaryo parametrelerinin yapı bağlamına özgü biçimde belirlenmesinde doğrudan rol oynamıştır. Bu yaklaşım, performans temelli karar süreçlerinin kullanıcı odaklı sürdürülebilirlik stratejileriyle uyumlandırılmasını sağlamaktadır.

Tüm bu bulgular, güneş kontrol elemanlarının enerji performansı üzerindeki etkisinin yalnızca cephe yönelimiyle değil, aynı zamanda parametrik tasarım değişkenleriyle de güçlü biçimde ilişkili olduğunu göstermektedir. Doğu ve batı cephelerinde düşük açılı ışınlama karşı dikey sabit elemanlar öne çıkarken; güney cephelerinde yaz aylarında yatay elemanlar daha etkili performans sunmaktadır. Ancak bu sistemlerin pasif güneş kazançlarını engelleyebileceği göz önünde bulundurulmalı, mevsimsel denge mutlaka gözetilmelidir.

Sonuç olarak, sabit sistemlere odaklanan bu çalışma, gelecekte hareketli, otomasyonlu ya da adaptif sistemlerin kullanıcı verileriyle desteklenerek değerlendirilmesini önermektedir. Ayrıca maliyet, bakım ve uygulama kolaylığı gibi parametrelerin de değerlendirildiği bütünsel çalışmalar, bu alandaki uygulanabilirliği daha da artıracaktır. Kullanıcı memnuniyeti temelli anket verilerinin enerji simülasyonlarıyla ilişkilendirilmesi, bu çalışmanın en güçlü yönlerinden biri olarak öne çıkmakta; bağlamsal ve gerçekçi kararlar alınmasını mümkün kılmaktadır. Böylece bu tez, pasif

güneş kontrol stratejilerinin yalnızca teorik düzeyde değil, kullanıcı deneyimlerini esas olarak optimize edilmesine katkı sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abdou, Y., Kim, Y. K., Abdou, A., & Anabtawi, R. (2022). Energy optimization for fenestration design: evidence-based retrofitting solution for office buildings in the UAE. *Buildings*, 12(10), 1541.
- Achten, H., Zumancic, T., & Matějovská, D. (2011). Degrees of interaction. In *Proceedings of 29th eCAADe Conference* (pp. 565-572).
- Akıpek, F., & İnceoğlu, A. H. (2007). Biçim grameri yöntemiyle tasarım üretimi. *ITU A|Z*, 4(1), 6–19.
- Akmali Özçiftçi, S. (2010). Ekolojik binalarda enerjinin etkin kullanılmasının irdelenmesi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Aksamija, A. (2015). High-Performance Building Envelopes: Design Methods for Energy-Efficient Facades. In *BEST 4 Conference Proceedings*, 1–23.
- Alghamdi, A., Reffat, R., & Alshibani, A. (2022). The impact of interior spatial configuration on building energy consumption: A thermal balance perspective. *Energy and Buildings*, 259.
- Ali, A. A. E. M. M. (2012). Using simulation for studying the influence of vertical shading devices on the thermal performance of residential buildings (Case study: New Assiut City). *Ain Shams Engineering Journal*, 3(2), 163-174.
- Alkhateeb, E., & Hijleh, B. A. (2017). Potential of upgrading federal buildings in the United Arab Emirates to reduce energy demand. *Procedia Engineering*, 180, 61-70.
- Al-Masrani, S. M., & Al-Obaidi, K. M. (2019). Dynamic shading systems: A review of design parameters, platforms and evaluation strategies. *Automation in Construction*, 102, 195–216.
- Alothman, R. A. T., Abdin, A. R., & Mahmoud, A. H. (2024). The Effect of Using Horizontal Shading Elements on the Energy Efficiency of Multistory Residential Buildings. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1283, No. 1, p. 012010). IOP Publishing.
- Alsharif, D. (2021). Parametric Exploration of Shading Screens: Performance-based design and form-finding using generative systems (Master's thesis, Politecnico di Milano).
- Al-Tamimi, N. A., & Syed Fadzil, S. F. (2011). The potential of shading devices for temperature reduction in high-rise residential buildings in the tropics. *Procedia Engineering*, 21, 273–282.
- Al-Yasiri, Q., & Szabó, M. (2021). A short review on passive strategies applied to minimise the building cooling loads in hot locations. *ResearchGate*, 20-30.
- Anaç, M. (2019). Cephe Gölgeleme Elemanlarının Isıtma ve Soğutma Yükleri Üzerine Etkisi (Yüksek lisans tezi, Konya Teknik Üniversitesi).
- Arı, M. (2021). Binalarda doğal havalandırma stratejilerinin enerji performansı açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Armutlu, S. G. (2019), “Bina Bilgi Modelleme Uygulamaları İle Binalarda Enerji Analizi” Lisansüstü Tezi, Fırat Üniversitesi.

Atalay, F. (2025). Sıcak Nemli İklim Bölgeleri için Enerji Verimli Konut Tasarımı Önerisi. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 12(115), 21–31.

Athienitis, A. K., & Tzempelikos, A. (2002). A methodology for simulation of daylight room illuminance distribution and light dimming for a room with a controlled shading device. *Solar Energy*, 72(4), 271–281.

Avcı, P., Ekici, B., & Kazanasmaz, Z. T. (2025). A review on adaptive and non-adaptive shading devices for sustainable buildings. *Journal of Building Engineering*, 100, 111701.

Aybar, U. (2022). İç mekân tasarımında iklim odaklı pasif stratejilerin enerji verimliliğine etkisi. *Yapı ve Çevre Dergisi*, 18(1), 45–62.

Aydın, H., & Keskin, M. (2023). Güneş kontrol sistemlerinin bina enerji verimliliği üzerindeki etkileri. *Mimarlık ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 10(1), 55-72.

Ayyappan, K. L., & Kumari, R. M. (2018). A review on the application of kinetic architecture in building facades. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 5(8), 1726–1742.

Barozzi, M., Lienhard, J., Zanelli, A., & Monticelli, C. (2016). The Sustainability of Adaptive Envelopes: Developments of Kinetic Architecture. *Procedia Engineering*, 155, 275–284.

Barozzi, M., Lienhard, J., Zanelli, A., & Monticelli, C. (2016). The sustainability of adaptive envelopes: Developments of kinetic architecture. *Procedia Engineering*, 155, 275–284.

Bayraktar, M. (2015). Binalarda yapı kabuğu, mekanik sistemler ve yenilenebilir enerji sistemleri parametrelerinin eş zamanlı enerji optimizasyonu için bir yöntem (Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi).

Belek, A. N., & Yamaçlı, R. (2023). Kinetik cephe sistemlerinin performansa dayalı tasarımı ve tasarım süreci. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 6(2), 180–201.

Bellia, L., De Falco, F., & Minichiello, F. (2013). Effects of solar shading devices on energy requirements of standalone office buildings for Italian climates. *Applied Thermal Engineering*, 54(1), 190-201.

Bellia, L., Marino, C., Minichiello, F., & Pedace, A. (2014). An overview on solar shading systems for buildings. *Energy Procedia*, 62, 309–317.

Berkovic, S., Yezioro, A., & Bitan, A. (2012). Study of thermal comfort in courtyards in a hot arid climate. *Solar Energy*, 86(5), 1173–1186.

Beytekin, H. E. (2016). Yapı kabuğunun enerji etkinliği açısından incelenmesi ve değerlendirilmesi (Yüksek lisans tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi).

Braeken, J., & Van Assen, M. A. (2017). An empirical Kaiser criterion. *Psychological methods*, 22(3), 450.

Brittle, J. P., Eftekhari, M. M., & Firth, S. K. (2013). Mechanical cooling energy reduction for commercial buildings in hot climates: Effective use of external solar shading incorporating effects on daylight contribution.

Canadian Centre for Occupational Health and Safety (2016) Thermal comfort for office work. https://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/thermal_comfort.html (Erişim Tarihi: 6 Nisan 2024).

Caner, İ. (2020). Hastanelerde ısıtma ve soğutma yüklerinin ısıl konfor ve enerji verimliliği açısından optimizasyonu (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.

Carmody, J., Selkowitz, S., Lee, E. S., Arasteh, D., & Willmert, T. (2004). Window systems for high-performance buildings. University of Minnesota.

Ceylan, Ö. (2019). Gelişmiş cephe sistemlerinde güneş kontrolü: Ankara'daki bir ofis binasında performans analizi (Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi). Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Cho, J., Yoo, C., & Kim, Y. (2014). Viability of exterior shading devices for high-rise residential buildings: Case study for cooling energy saving and economic feasibility analysis. *Energy and Buildings*, 82, 771-785.

Choi, S. J., Lee, D. S., & Jo, J. H. (2017). Lighting and cooling energy assessment of multi-purpose control strategies for external movable shading devices by using shaded fraction. *Energy and buildings*, 150, 328-338.

Choi, S.-J., Lee, D.-S., & Jo, J.-H. (2017). Lighting and cooling energy assessment of multi-purpose control strategies for external movable shading devices by using shaded fraction. *Energy and Buildings*, 150, 328–338.

Chung, M. H. (2004). Natural ventilation strategy and design guideline for school buildings in Korea (Yüksek lisans tezi, Massachusetts Institute of Technology).
CIE (Commission Internationale de l'Éclairage). (1995). Discomfort glare in interior lighting (CIE Publication No. 117). Vienna: CIE Central Bureau.

Cirit, A. (2012), “Binalarda güneş kontrol elemanlarının soğutma enerjisi yüklerine etkisinin irdelenmesine ilişkin bir çalışma” Lisansüstü Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Claros, S. T., & Soler, A. (2001). Indoor daylight climate: Influence of light shelf geometry. *Lighting Research and Technology*, 33(3), 141–154.

CND (2015) Carbon Neutral Design Strategies. <http://tboake.com/carbonaia/strategies1b.html> (Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2024).

Coşar, G. (2023). Doğal havalandırma tasarımında çevresel değişkenlerin etkisi ve simülasyon destekli analiz yöntemleri. *Yapı Fiziği Dergisi*, 45(2), 85–102.

Crawley, D. B., Lawrie, L. K., Winkelmann, F. C., Buhl, W. F., Huang, Y. J., Pedersen, C. O., & Glazer, J. (2001). EnergyPlus: Creating a new-generation building energy simulation program. *Energy and Buildings*, 33(4), 319-331.

Çakır, Z. K. (2021). Kinetik Mimarlık Kapsamında Dinamik Cephe Sistemlerinin İncelenmesi (Yüksek lisans tezi). Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi, İstanbul.

Çetinkaya, E. (2012). Binalarda enerji verimliliğinin analizi (Yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.

D. Bastien, A.K. Athienitis, A control algorithm for optimal energy performance of a solarium/greenhouse with combined interior and exterior motorized shading, in: *Energy Procedia*, Elsevier Ltd, 2012, pp. 995–1005.

David, M., Donn, M., Garde, F., & Lenoir, A. (2011). Assessment of the thermal and visual efficiency of solar shades. *Building and Environment*, 46(7), 1489–1496.

De Luca, F., Sepúlveda, A., & Varjas, T. (2022). Multi-performance optimization of static shading devices for glare, daylight, view and energy consideration. *Building and Environment*, 217, 109110.

Demircan, R. K., & Gültekin, A. B. (2017). Binalarda pasif ve aktif güneş sistemlerinin enerji etkin bina tasarımıdaki yeri. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 10(1), 36-51.

Demirci, S., & Karakaya, M. (2020). Hareketli güneş kırıcı sistemlerin ticari binalardaki enerji performansı üzerine etkileri. *Yapı ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 34-50.

Demirel, B. (2013). Pasif ev uygulamasının Türkiye için değerlendirilmesine yönelik bir çalışma.

Deniz, A. (2018). Yapı Kabuğunun Düşük Maliyetli Enerji Etkin İyileştirilmesine Yönelik Bir Yaklaşım–Kamu Yapısı Örneği. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

DesignBuilder. (2024). Daylighting and shading analysis with DesignBuilder. Retrieved from <https://designbuilder.co.uk>

DesignBuilder. (2024). Energy simulation and performance analysis software. Erişim: <https://designbuilder.co.uk>

Dev, G., Saifudeen, A., & Sathish, A. (2021). Facade control systems for optimal daylighting: A case of Kerala. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 850(1), 012014.

Dev, G., Saifudeen, A., & Sathish, A. (2021). Facade control systems for optimal daylighting: A case of Kerala. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 850(1), 012014.

Dirim, T. V. (2014). İstanbul'da Bir Toplu Konut Projesinde Farklı Yerleşim Düzenlerinin Enerji Etkinliğinin Karşılaştırılması (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul).

Dokhanian, F., Mohajerani, M., Estaji, H., & Nikravan, M. (2023). Shading design optimization in a semi-arid region: considering energy consumption, greenhouse gas emissions, and cost. *Journal of Cleaner Production*, 428, 139293.

Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2005). *Modern control systems* (10th ed.). Pearson Education.

Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2016). *Instructor's solutions manual for modern control systems*.

Du Montier, C., Potvin, A., & Demers, C. M. (2013). Energy and daylighting potential for Adaptive Façades: Evaluation of movable insulated panels. no. October.

Du, T., Jansen, S., Turrin, M., & Van Den Dobbelsteen, A. (2020). Effects of architectural space layouts on energy performance: A review. *Sustainability*, 12(5), 1829.

Dubois, M. C. (2001). Solar shading systems: A means to save energy and improve indoor environment. *Solar Energy*, 69(Suppl), 221–229.

Dubois, M., 2001, Solar shading for low energy use and daylight quality in offices simulations, measurements and design tools, 1–94p.

Duran, M., & Kaya, Y. (2021). Türkiye’de enerji tüketimi ve sürdürülebilir kentleşme ilişkisi. *Sürdürülebilir Çevre Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 54-67.

Ekici, B. B., Orhan, G., & Yüksel, E. N. (2022). Binalarda enerji verimliliğinde son gelişmeler: Türkiye örneği. *PLANARCH-Design and Planning Research*, 6(2), 40-46.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). *Türkiye Ulusal Enerji Planı 2022*.

Engin, N. Enerji Etkin Tasarımda Pasif İklimlendirme: Doğal Havalandırma. X. ULUSAL TESİSAT MÜHENDİSLİĞİ KONGRESİ – 13/16 NİSAN İZMİR/2011

Erbaş, A., & Yılmaz, O. (2021). Sabit güneş kontrol elemanlarının gün ışığı yönlendirme kapasitesinin değerlendirilmesi. *Sürdürülebilir Tasarım Dergisi*, 7(1), 88-101.

Erebor, E. M., Ibem, E. O., Ezema, I. C., & Sholanke, A. B. (2021, March). Energy efficiency design strategies in office buildings: A literature review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 665, No. 1, p. 012025). IOP Publishing.

Erel, B. (2004). *Gün Işığı ile Aydınlatma Alanında Geliştirilen Yeni Teknolojiler Hakkında Bir Araştırma*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Erikci Çelik, S. N., & Zorer Gedik, G. (2019). Yapı kabuğu performansının yenilikçi bir tasarım kapsamında değerlendirilmesi: Yüzeyden ısıtma soğutma sistemli modüler hibrid duvar örneği–İstanbul. *Megaron*, 14(4).

Erkan E. Ş. (2024), "İlımlı-Nemli İklim Bölgelerinde Gölgeleme Elemanlarının Bina Enerji Performansına Etkisinin Değerlendirilmesi" Lisansüstü Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.

Eşmen, A. (2023). Pasif havalandırma yöntemlerinin kentsel bağlamda değerlendirilmesi: İstanbul örneği. *Mekân ve Enerji Araştırmaları*, 12(1), 51–67.

Evangelisti, L., Battista, G., Guattari, C., Basilicata, C., & Vollaro, R. D. L. (2020). Influence of shape and orientation of external shading devices on building thermal performance. *Journal of Building Engineering*, 30, 101273.

EVÇED Planlama ve Denetim Daire Başkanlığı. (2022). 2022 yılı bina sektörü enerji tüketim bildirimleri. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.

Fernandes, J., Santos, M. C., & Castro, R. (2021). Introductory review of energy efficiency in buildings retrofits. *Energies*, 14(23), 8100.

Fox, M. A., & Yeh, B. P. (2000). Intelligent kinetic systems in architecture. *Managing Interactions in Smart Environments*, 91–103.

Freewan, A. A. (2014). Impact of external shading devices on thermal and daylighting performance of offices in hot climate regions. *Solar Energy*, 102, 14-30.

Ganiç, N., Yılmaz, A. Z., & Corgnati, S. P. (2013). Enerji performansı gereksinimlerinin optimum maliyet düzeyinin Türkiye'deki örnek bir ofis binasında yapılan iyileştirmeler için hesaplanması. 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi – Binalarda Enerji Performansı Sempozyumu, 17–20 Nisan 2013, İzmir.

Gedik, G. Z. (2023). Konut yapıları için BIM-IOT entegrasyonu tabanlı bir dinamik termal konfor modeli. 10. Uluslararası Mimarlık ve Tasarım Kongresi, İstanbul, Türkiye, 23-24 Kasım 2024.

Gedik, G., (2002). An approach to designing an optimal shading device. *Architectural Science Review*, vol.45, 285-293.

Gezer, F. G. (2024). Bina cephelerinde güneş enerjisinin pasif kullanımının irdelenmesi ve pasif güneş kontrol elemanlarının sınıflandırılması (Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi).

Ghaddar, N., Ghali, K., & Chehaitli, H. (2021). Personalized ventilation and thermal comfort: A review of strategies for naturally ventilated buildings. *Building and Environment*, 195, 107750.

Ghosh, A., & Neogi, S. (2018). Effect of fenestration geometrical factors on building energy consumption and performance evaluation of a new external solar shading device in warm and humid climatic condition. *Solar Energy*, 169, 94-104.

Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. New York: Van Nostrand Reinhold.

Gnecco, V. M., & Pajek, L. (2022). Analysis Of Fixed Shading Devices In Brazilian Elementary Schools Regarding Cooling Energy Demand And Daylighting.

Göksu, A. U. (2016). Farklı İklim Bölgelerinde Gölgeleme Elemanı Olarak PV Sistemlerinin Ofis Binalarının Enerji Performansına Etkisinin Değerlendirilmesi (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi).

Güneş, G., Bozkurt, E., Sönmez, S., & Çakır, N. (2015). Kütüphanelerde iç hava kalitesinin incelenmesi: Marmara Üniversitesi Merkez Kütüphanesi. *Bilgi Dünyası*, 16(2), 222-241.

Gürsel Dino, İ. (2017). Binalarda güneş kontrol yöntemlerinin optimizasyon temelli performans değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 5(3), 71-87.

Haghighi, N., Asadi, S., & Babaizadeh, H. (2015). The effect of shading design and materials on building energy demand.

Hastings, R., & Wall, M. (2007). Sustainable solar housing: Strategies and solutions (Vol. 1). Earthscan.

Heidari, S., Taghipour, M., & Yarmahmoodi, R. (2021). The role of fixed shading devices on indoor environmental quality in hot and dry climates. *Energy and Buildings*, 246, 111088.

Heidarzadeh, S., Mahdavinejad, M., & Habib, F. (2023). External shading and its effect on the energy efficiency of Tehran's office buildings. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 42(6), e14185.

Hensen, J. L. M., & Lamberts, R. (2019). Building Performance Simulation for Design and Operation (2nd Ed.). Routledge.

Hernández, F. F., López, J. M. C., Suárez, J. M. P., Muriano, M. C. G., & Rueda, S. C. (2017). Effects of louvers shading devices on visual comfort and energy demand of an office building. A case of study. *Energy Procedia*, 140, 207-216.

Hraska, J. (2018). Adaptive solar shading of buildings. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 9(2), 107–113.

<https://www.iea.org/energy-system/buildings> (Erişim Tarihi: 7 Nisan 2024)

Huang, L., Fan, C., & Zhai, Z. J. (2021). A graphical multi-objective performance evaluation method with architect-friendly mode. *Frontiers of Architectural Research*, 10(2), 420-431.

Huang, L., Fan, C., & Zhai, Z. J. (2021). A graphical multi-objective performance evaluation method with architect-friendly mode. *Frontiers of Architectural Research*, 10(2), 420-431.

Idchabani, R., El Ganaoui, M., & Sick, F. (2017). Analysis of exterior shading by overhangs and fins in hot climate. *Energy Procedia*, 139, 379-384.

İzmir Ç. G. (2017), "Performance Optimisation Of Office Buildings In The Context Of Overheating And Daylighting With External Shadings" Lisansüstü Tezi, Oxford Brookes University.

Joshi, M., Buddhi, D., & Singh, R. (2022). Effect of overhang shade on the solar heat gain through window in composite climatic in Mid-Western India. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 81(10), 1098-1106.

Juran, J. M., & Gryna, F. M. (1970). *Quality planning and analysis: from product development through usage*. New York: McGraw-Hill.

Justice, E. E., Alokun, M. A., Olodeoku, E. M., & Akintunde, O. O. (2024). Optimizing Building Orientation for Passive Cooling: A Comparative Study of Museums in Lagos. *African Journal of Environmental Sciences and Renewable Energy*, 16(1), 01-16.

Karaca, Ö. (2011). "İstanbul'da Mevcut Bir Büro Yapısının Enerji Etkin Yenilenmesi," Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Karanouh, A., & Kerber, E. (2015). Innovations in dynamic architecture. *Journal of Facade Design and Engineering*, 3(2), 185-221.

Kazanasmaz, F., Fırat, B., & Tosun, M. (2011). Bina cephelerinde kullanılan pasif güneş kontrol elemanlarının sınıflandırılması. *Mimarlık ve Enerji Dergisi*, 2(1), 25–39.

Kekül, O. (2024). Kentleşme, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve dış ticaret açığının Türkiye'de ekolojik ayak izi üzerine etkisi. *Uluslararası Ekonomi, İşletme ve Politika Dergisi*, 8(2), 518-537.

Kılıç Kızıldaş, P. (2019). *Fotovoltaik Sistemler ve Güneşe Uyarlanabilir Cephe Sistemlerinin Enerji Etkinlik Yönünden Değerlendirilmesi (Yüksek lisans tezi)*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.

Kırımtat, A. (2016). *Design and computational optimization of an integrated shading device into a building (Master's thesis, Yaşar University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Architecture)*.

Kim, G., Lim, H. S., Lim, T. S., Schaefer, L., & Kim, J. T. (2012). Comparative advantage of an exterior shading device in thermal performance for residential buildings. *Energy and buildings*, 46, 105-111.

Kim, H.-J., Yang, C.-S., & Moon, H. J. (2019). A Study on Multi-Objective Parametric Design Tool for Surround-Type Movable Shading Device. *Sustainability*, 11(24), 7096.

Kim, J., & Fischer, M. (2013). Integrating user activity and building performance for energy efficient building design. *Automation in Construction*, 30, 50–59.

Kirimtat, A., Koyunbaba, B. K., Chatzikonstantinou, I., & Sariyildiz, S. (2016). Review of simulation modeling for shading devices in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 23–49.

Koca, Ö. (2006). Sıcak kuru ve sıcak nemli iklim bölgelerinde enerji etkin yerleşme ve bina tasarım ilkelerinin belirlenmesine yönelik yaklaşım.

Koç, S. G., & Kalfa, S. M. (2021). The effects of shading devices on office building energy performance in Mediterranean climate regions. *Journal of Building Engineering*, 44, 102653.

Korkmaz, C. (2015). İş sağlığı ve güvenliği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları.

Korkmaz, C. (2022). Bina cephelerinde hareketli ve sabit güneş kontrol elemanlarının enerji tüketimi üzerindeki karşılaştırmalı analizi. *Enerji ve Yapı Teknolojileri Dergisi*, 6(3), 112-129.

Korkmaz, K., & Korkut, F. (2013). Güneş enerjisine dayalı yenilikçi kinetik yapı kabuğu uygulamaları. *ISITES 2013: Uluslararası İleri Teknoloji ve Mühendislik Bilimleri Sempozyumu Bildirileri*, 81-90.

Kunwar, N., Cetin, K. S., & Passe, U. (2018). Dynamic shading in buildings: A review of testing methods and recent research findings. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*, 5(3), 93–100.

Küçükaydın, A. C. (2019). Farklı mimari proje alternatiflerinin enerji tüketim ve maliyet açısından değerlendirilmesi: Denizli hükümet konağı yarışması örneği. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Fiziği Programı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul*.

Kwok, A. G., & Grondzik, W. T. (2007). *The green studio handbook: Environmental strategies for schematic design*. Architectural Press.

Li, X., & Chen, Q. (2021). Development of design guidelines for natural ventilation in buildings. *Energy and Buildings*, 236, 110784.

Lindberg, K. B., Bakken, B. H., & Doorman, G. L. (2020). Space zoning and its influence on energy performance in buildings: A simulation-based study. *Energy and Buildings*, 217, 109957.

Loonen, R., Rico-Martinez, J., Favoino, F., Brzezicki, M., Menezo, C., La Ferla, G., & Aelenei, L. (2015). Design for facade adaptability: Towards a unified and systematic characterization. *10th Conference on Advanced Building Skins*, 1284–1294.

Magri Elouadjeri, S., Boussoualim, A., & Ait Haddou, H. (2021). Evaluating the effect of external horizontal fixed shading devices' geometry on internal air temperature, daylighting and energy demand in hot dry climate. Case study of ghordaia, Algeria. *Buildings*, 11(8), 348.

Mandalaki, M., Zervas, K., Tsoutsos, T., & Vazakas, A. (2012). Assessment of fixed shading devices with integrated PV for efficient energy use. *Solar Energy*, 86(9), 2561–2575.

Manzan, M., & Clarich, A. (2017). FAST energy and daylight optimization of an office with fixed and movable shading devices. *Building and Environment*, 113, 175-184.

McCarthy, J. M., & Soh, G. S. (2010). *Geometric design of linkages* (Vol. 11). Springer Science & Business Media.

Meek, C., & Brennan, M. (2011). Automated and manual solar shading and glare control: a design framework for meeting occupant comfort and realized energy performance. In 40th, national solar conference, SOLAR.

Moeseske, G., Bruyere, I., & De Herde, A. (2007). Impact of control rules on the efficiency of shading devices and free cooling for office buildings. *Building and Environment*, 42(2), 784–793.

Mohammed, A., Tariq, M. A. U. R., Ng, A. W. M., Zaheer, Z., Sadeq, S., Mohammed, M., & Mehdizadeh-Rad, H. (2022). Reducing the cooling loads of buildings using shading devices: A case study in Darwin. *Sustainability*, 14(7), 3775.

Moloney, J. (2011). *Designing kinetics for architectural facades: state change*. Routledge.

Montgomery, D. C. (2019). *Introduction To Statistical Quality Control*. John Wiley & Sons.

Naqash, M. T., Alwetaishi, M., Ahmad, M. W., & Khan, N. (2024). Assessment of vertical shading devices for energy-efficient buildings in hot climates: A case study approach. *Energy Reports*, 10, 456–468.

National Institute of Building Sciences. (2015). *Shading devices. Whole Building Design Guide*.

Nazari, S., Keshavarz Mirza Mohammadi, P., & Goudarzi, N. (2023). A multi-objective optimization approach to designing window and shading systems considering building energy consumption and occupant comfort. *Engineering Reports*, 5(10), e12726.

Nazari, S., Keshavarz Mirza Mohammadi, P., & Goudarzi, N. (2023, August). Window and Shading Design for Office Buildings in Humid Subtropical Climate: An Energy Efficient Solution for New and Existing Buildings. In *ASME Power Conference* (Vol. 87172, p. V001T05A015). American Society of Mechanical Engineers.

Nazari, S., Keshavarz Mirza Mohammadi, P., & Sareh, P. (2023). A multi-objective optimization approach to designing window and shading systems considering building energy consumption and occupant comfort. *Engineering Reports*, 5(10), e12726.

Nedhal, A., & Fadzil, S. (2011). The potential of shading devices for temperature reduction in high-rise residential buildings in the tropics. *Procedia Engineering*, 21, 273-282.

Nielsen, M. V., Svendsen, S., & Jensen, L. B. (2011). Quantifying the potential of automated dynamic solar shading in office buildings through integrated simulations of energy and daylight. *Solar Energy*, 85(5), 757–768.

Ochoa, C. E., & Capeluto, I. G. (2006). Strategic decision-making for intelligent buildings: Comparative impact of passive design strategies. *Building and Environment*, 41(7), 949–962.

Oral, G. K., & Yilmaz, Z. (2003). Building form for cold climatic zones related to building envelope from heating energy conservation point of view. *Energy and Buildings*, 35(4), 383-388.

Özdemir, G. (2011). Enerji etkin tek tabakalı cephelerde güneş kontrolü. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 114, 5-14.

Özdemir, S., & Yağmur, Ş. (2022). Enerji etkin yapı tasarımı ve parametrelerinin RIBA çalışma planı ile değerlendirilmesi. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 17(65), 1-26.

Özeren, Ö. (2021). Türkiye'de geleneksel konutların BIM tabanlı ısı performans analizlerinin yapılması ve restorasyon önerileri (Doktora tezi). Konya Teknik Üniversitesi.

Özyer, N. S. (2017), " Cephede dıştan kullanılan gölgeleme elemanları ve uygulama yöntemlerinin örnekler üzerinden incelenmesi" Lisansüstü Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Pacheco, R., Ordóñez, J., & Martínez, G. (2012). Energy efficient design of building: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3559-3573.

Pacheco, R., Ordóñez, J., & Martínez, G. (2012). Energy efficient design of building: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3559-3573.

Palmero-Marrero, A. I., & Oliveira, A. C. (2010). Effect of louver shading devices on building energy requirements. *Applied Energy*, 87(6), 2040-2049.

PUBLIC: Architecture + Communication Inc. (2021). Study of adjustable exterior solar shading options for multi-unit residential projects (Teknik rapor). BC Housing.

Qurraie, B. S., & Havva, KOCA (2023). The Energy Performance of Shading Element and Double Skin Facade System Integration into Office Buildings in Turkey. *Journal of Materials and Engineering Structures «JMES»*, 10(2), 293-309.

Razaz, E. Z. (2010). Sustainable Vision of Kinetic Architecture. *Journal of Building Appraisal*, 5(4), 341-356.

Robinson, A., & Selkowitz, S. (2013). Tips for daylighting with windows.

Sadafi, N., Jamshidi, N., & Zahedian, M. (2021). Energy efficient design optimization of a building envelope in a temperate and humid climate. *Iranica Journal of Energy & Environment*, 12(3), 255-263.

Salavatian, S. (2022). External Solar Shading Design for Low-Energy Buildings in Humid Temperate Climates. In *Towards Net Zero Carbon Emissions in the Building Industry* (pp. 183-194). Cham: Springer International Publishing.

Samaan, M. M., Farag, O., & Khalil, M. (2018). Using simulation tools for optimizing cooling loads and daylighting levels in Egyptian campus buildings. *HBRC journal*, 14(1), 79-92.

Santamouris, M. (2006). Environmental design of urban buildings: An integrated approach. Earthscan.

Santamouris, M., Papanikolaou, N., Livada, I., Koronakis, I., Georgakis, C., Argiriou, A., & Assimakopoulos, D. N. (2007). On the impact of urban climate on the energy consumption of buildings. *Solar Energy*, 70(3), 201–216.

Schumacher, M., Schaeffer, O., & Vogt, M. M. (2012). *Move: architecture in motion-dynamic components and elements*. Walter de Gruyter.

Serag, H., Mahmoud, M., Kamel, T., & Fahmy, A. (2024). Comparative validation of a building energy model calibration methodology with a focus on residential buildings. *Civil Engineering and Architecture*, 12(3), 1447-1462.

Settino, J., Carpino, C., Perrella, S., & Arcuri, N. (2021). A multi-objective analysis of fixed solar shading systems in different climatic areas. *Buildings*, 11(11), 348.

Settino, J., Lino, F., de Moura, G., & Rodrigues, J. (2020). Assessing fixed shading devices for energy and daylight performance in different climates. *Sustainable Cities and Society*, 54, 101982.

Shahbazian, D. (2020). Impact of external shading devices on the amount of energy consumption for cooling in a mid-rise residential building in a hot-dry climate: The case of Ahvaz. Tarbiat Modares University.

Shrestha, A. (2016). Design guidelines for fixed solar shading devices. University of Oregon, Department of Architecture.

Soysal, S., (2008). Konut Binalarında Tasarım Parametreleri ile Enerji Tüketim İlişkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Stack, A., Goulding, J. ve Lewis, J. O., 2013, Shading Systems Solar Shading for the European climates. Energy Research Group, University College Dublin, School of Architecture, Richview, Clonskeagh, Dublin 14, . Ireland.

Steenackers, K., & Yun, G. Y. (2009). Household energy consumption: A study of the role of occupants. *Building Research & Information*, 37(5–6), 625–637.

Şahin, A. (2020). Türkiye’de enerji tüketimi, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik büyüme ilişkisi. *Ekonomik Araştırmalar ve Çevre Politikaları Dergisi*, 5(3), 112-130.

Şenyurt, S. U., & Altın, M. (2020). Ofis yapıları için çevreyle uyumlu yapı dış kabuğu tasarım parametrelerinin enerji tüketimine etkisini belirlemede kullanılabilecek bir yaklaşım. *Megaron*, 15(1), 55-66.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), "Enerji Verimliliği 2030 Stratejisi ve II. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı (2024-2030)," 2024. (Erişim Tarihi: 27.06.2024).

Teixeira, R., Bastos, J., Tadeu, A., & Simões, M. L. (2022). Passive design strategies and daylighting in building performance: A literature review. *Journal of Building Engineering*, 46, 103779.

Timoçin, S. (2001, Haziran). Bina Cephe Oluşumu ve Bina Ekonomisi Açısından Güneş Kontrol Sistemlerin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Fakültesi.

Tzempelikos, A., & Athienitis, A. K. (2007). The impact of shading design and control on building cooling and lighting demand. *Solar Energy*, 81(3), 369–382.

UNEP. (2022). 2022 Global Status Report for Buildings and Construction. United Nations Environment Programme.

Uslusoy Şenyurt, S. (2018). Ofis yapıları için yapı kabuğu tasarım parametrelerinin enerji tüketimine etkisini belirlemede kullanılabilecek bir yaklaşım (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi.

Utkuğ, G. (1999). Binayı Oluşturan Sistemler Arasındaki Etkileşim ve Ekip Çalışmasının Önemi, Mimar Tesisat Mühendisi İş Birliği. IV Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, Bilimsel/Teknolojik Çalışmalar, İzmir.

Vet, H. C. D., Adèr, H. J., Terwee, C. B., & Pouwer, F. (2005). Are factor analytical techniques used appropriately in the validation of health status questionnaires? A systematic review on the quality of factor analysis of the SF-36. *Quality of life research*, 14, 1203-1218.

Web 1, (2025), <https://www.nachi.org/building-orientation-optimum-energy.htm> (Erişim Tarihi: 20.05.2025).

Web 10, (2024) FFMA – Form Follows Math Architecture. (2025, May 10). Güneş kontrol sistemleri şeması, BEMBook'tan uyarlanmıştır (Görsel gönderi). Facebook. <https://www.facebook.com/photo/?fbid=870041204924548&set=a.478974784031194> (Erişim Tarihi: 15.05.2025).

Web 11, (2017) Tsimailo Lyashenko and Partners. Chekhov. Architizer. <https://architizer.com/projects/chekhov/> (Erişim tarihi: 10.05.2025).

Web 12, (2012) Pearce Brinkley Cease + Lee. Green Square Parking Deck. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/264934/green-square-parking-deck-pearce-brinkley-cease-lee> (Erişim tarihi: 10.05.2025).

Web 13, (2015) Dezeen. Slatted sun shades protect patients at Texas military hospital by RTKL. <https://www.dezeen.com/2015/05/11/texas-military-hospital-rtkl-slatted-sun-shades-protect-patients-san-antonio/> (Erişim tarihi: 10.05.2025).

Web 14, (2009) Steven Holl Architects. Horizontal Skyscraper – Vanke Center. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/66199/horizontal-skyscraper-steven-holl> (Erişim tarihi: 10.05.2025).

Web 15, (2013) <https://www.arch2o.com/duo-buro-ole-scheeren/> (Erişim tarihi: 09.05.2025).

Web 16, (2018) <https://www.archdaily.com/890312/duo-twin-towers-buro-ole-scheeren> (Erişim tarihi: 09.05.2025).

Web 17, (2019) FuturArc. Benchmarking the Benchmark: Reflections on the 10th Anniversary of Malaysia's Green Building Index. <https://www.futurarc.com/commentary/benchmarking-the-benchmark-reflections-on-the-10th-anniversary-of-malysias-green-building-index> (Erişim tarihi: 13.05.2025).

Web 18, (2015) Pertubuhan Akitik Malaysia (PAM). New PAM Centre. <https://www.pam.org.my/the-institute/new-pam-centre.html> (Erişim tarihi: 13.05.2025).

Web 19, (t.y.) Encoart. Sun shattering movable facade systems. <https://encoart.com/en/sun-shattering-movable-facade-systems/> (Erişim tarihi: 16.05.2025).

Web 2, (t.y.), <https://nzeb.in/knowledge-centre/passive-design/form-orientation/> (Erişim Tarihi: 20.05.2025).

Web 20, (2012) BP Architectures. M9-C Building / BP Architectures. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/287863/m9-c-building-bp-architectures> (Erişim tarihi: 16.05.2025).

Web 21, (2013) JSWD Architekten, & Chaix & Morel et Associés. Q1 ThyssenKrupp Quarter Essen. ArchDaily. <https://www.archdaily.com/326747/q1-thyssenkrupp-quarter-essen-jswd-architekten-chaix-morel-et-associes> (Erişim tarihi: 17.05.2025).

Web 22, (2009) Ruiz-Geli, E. Media-TIC Presentation Document. Cloud 9. https://www.abitare.it/wp-content/uploads/2010/01/PresentacionMEDIA-TIC_web_EN-1.pdf (Erişim tarihi: 17.05.2025).

Web 23, (2009) ArchDaily. Media-TIC / Enric Ruiz-Geli (Cloud9). <https://www.archdaily.com/49150/media-tic-enric-ruiz-geli> (Erişim tarihi: 17.05.2025).

Web 24, (t.y.) <https://www.archdaily.com/162101/ad-classics-institut-du-monde-arabe-jean-nouvel> (Erişim tarihi: 17.05.2025).

Web 25, (t.y.) https://tr.weatherspark.com/y/96039/Gebze-T%C3%BCrkiye-Ortalama-Hava-Durumu-Y%C4%B1l-Boyunca#google_vignette (Erişim tarihi: 08.04.2025).

Web 3, (2024) <https://www.organo.co.in/studio-posts/optimizing-building-envelopes-for-organo-homes> (Erişim Tarihi: 20.05.2025).

Web 4, (2021) <https://www.archdaily.com/963706/back-to-basics-natural-ventilation-and-its-use-in-different-contexts> (Erişim Tarihi: 20.05.2025).

Web 5, (2023) <https://kurious.ku.edu.tr/pasif-iklimlendiremediklerimizden-misiniz/> (Erişim Tarihi: 20.05.2025).

Web 6, (t.y.) <https://planlux.net/tr/dogal-isik-kaynaklari-gunes-isigi-stratejileri/> (Erişim Tarihi: 20.05.2025).

Web 7, (2022) <https://www.atruidesigns.ca/blog/reduce-heat-gain-and-glare-a-guide-to-sun-control-and-shading-devices> (Erişim Tarihi: 20.05.2025).

Web 8, (t.y.) <https://sustainabilityworkshop.venturewell.org/buildings/redirecting-light.html> (Erişim Tarihi: 20.05.2025).

Web 9, (2015) <https://curatorhall.wordpress.com/2015/10/20/shading-devices-and-its-utilization/> (Erişim Tarihi: 21.05.2025).

Wen, Y., Wei, J., Lau, S.-K., Gu, Z., & Leng, J. (2024). A two-level optimisation approach for underground natural ventilation based on CFD and building energy simulations. *Energy & Buildings*, 310, 114102.

Wienold, J., & Christoffersen, J. (2006). Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. *Energy and Buildings*, 38(7), 743–757.

Yao, J. (2014). An investigation into the impact of movable solar shades on energy, indoor thermal and visual comfort improvements. *Building and environment*, 71, 24–32.

Yao, J. (2014). An investigation into the impact of movable solar shades on energy, indoor thermal and visual comfort improvements. *Building and Environment*, 71, 24–32.

Yener, A. K., 2007, Binalarda Günüşğından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler. VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliğı Kongresi. İzmir: 231-241.

Yıldız, E. (2019). Hareketli güneş kontrol elemanlarının iç mekân termal konforuna etkileri. *Mimarlık Araştırmaları ve Planlama Dergisi*, 4(2), 45-63.

Yılmaz, F. ř. (2016). Güneş kontrolü tasarımının görsel konfor ve günüşğı performansına etkisi: Ofis binaları. *Online Journal of Art and Design*, 4(4), 47–62.

Yi, X., Tang, L., & Yeboah, S. (2024). Investigations into impacts of fenestration and shading variation on ventilation and energy performance of an office in cooling and heating seasons. *Solar Energy*, 276, 112646.

Zeren, L., ve diğeri, 1987, “Türkiye’de Yeni Yerleşmeler ve Binalarda Enerji Tasarrufu Amacıyla Bir Mevzuat Modeli’ne İlişkin Çalışma”, Araştırma Projesi, İTÜ, Uyg-Ar Merkezi, İstanbul

Zhang, Y., Diao, R., Wang, Z., Zheng, Y., & Lei, X. (2021). The impact of exterior windows and shading on building energy consumption. 2021 4th International Symposium on Traffic Transportation and Civil Architecture (ISTTCA). IEEE.

Zhao, J., & Du, Y. (2020). Multi-objective optimization design for windows and shading configuration considering energy consumption and thermal comfort: A case study for office building in different climatic regions of China. *Solar Energy*, 206, 997-1017.

ÖZGEÇMİŞ

Mevra KAYA, Maltepe Üniversitesi İngilizce Mimarlık bölümünden 2020 yılında mezun oldu. 2022 yılında Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2021 yılından beri özel sektörde mimar olarak çalışmaya devam etmektedir.

TEZ METNİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR

KAYA, M., Özer Yüksel, E. (2024) “MEVCUT YAPILARIN ENERJİ PERFORMANSININ İYİLEŞTİRİLMESİNDE GÜNEŞ KONTROL ELEMANLARININ ROLÜ” , 6. ULUSLARARASI AKDENİZ BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ, 695, Roma, İtalya, 13-15 Ağustos.

EKLER

Ek-A: Simülasyon Sonuçları

ZON-BATI				ZON-DOĞU				ZON-GÜNEY			
00_BATI_REFERANS_SENARYO				00_DOĞU_REFERANS_SENARYO				00_GÜNEY_REFERANS_SENARYO			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.812,34	6.810,50	8.622,84	0,00	1.055,49	5.173,91	6.229,40	0,00	2.684,63	9.380,64	12.065,27	0,00
BATI_YATAY_30_0°_30_30				DOĞU_YATAY_30_0°_30_30				GÜNEY_YATAY_30_0°_1_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.907,31	6.500,33	8.407,64	2,50%	1.129,62	4.439,12	5.568,74	10,61%	2.773,62	9.255,69	12.029,31	0,30%
BATI_YATAY_30_0°_40_30				DOĞU_YATAY_30_0°_40_30				GÜNEY_YATAY_30_0°_3_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.745,72	6.608,37	8.354,09	3,12%	1.116,14	4.618,65	5.734,79	7,94%	2.973,74	9.119,30	12.093,04	-0,23%
BATI_YATAY_30_0°_50_30				DOĞU_YATAY_30_0°_50_30				GÜNEY_YATAY_30_0°_4_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.727,56	6.660,37	8.387,93	2,73%	1.110,03	4.722,8	5.832,83	6,36%	3.051,97	9.066,63	12.118,60	-0,44%
BATI_YATAY_30_30°_30_30				DOĞU_YATAY_30_30°_30_30				GÜNEY_YATAY_30_45°_1_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.874,04	6.326,53	8.200,57	4,90%	1.184,87	4.089,58	5.274,45	15,33%	2.862,64	9.232,55	12.095,19	-0,25%
BATI_YATAY_30_30°_40_30				DOĞU_YATAY_30_30°_40_30				GÜNEY_YATAY_30_45°_3_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.827,80	6.423,01	8.250,81	4,31%	1.160,57	4.253,51	5.414,08	13,09%	3.184,77	9.045,84	12.230,61	-1,37%
BATI_YATAY_30_30°_50_30				DOĞU_YATAY_30_30°_50_30				GÜNEY_YATAY_30_45°_4_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.789,98	6.511,53	8.301,51	3,73%	1.143,29	4.414,06	5.557,35	10,79%	3.405,86	8.950,33	12.356,19	-2,41%

Ek-A: Simülasyon Sonuçları (devam)

BATI_YATAY_30_45°_30_30				DOĞU_YATAY_30_45°_30_30				GÜNEY_YATAY_30_60°_1_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.904,54	6.272,51	8.177,05	5,98%	1.203,64	3986,16	5.189,80	16,68%	2.879,80	9238,32	12.118,12	-0,44%
BATI_YATAY_30_45°_40_30				DOĞU_YATAY_30_45°_40_30				GÜNEY_YATAY_30_60°_3_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.854,65	6.364,47	8.219,12	4,68%	1.176,66	4158,42	5.335,08	14,35%	3.262,01	9044,62	12.306,63	-2,00%
BATI_YATAY_30_45°_50_30				DOĞU_YATAY_30_45°_50_30				GÜNEY_YATAY_30_60°_4_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.811,44	6.462,01	8.273,45	4,05%	1.153,53	4327,38	5.480,91	12,01%	3.429,74	8956,02	12.385,76	-2,66%
BATI_YATAY_60_0°_30_30				DOĞU_YATAY_60_0°_30_30				GÜNEY_YATAY_40_0°_1_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.841,29	6.380,00	8.221,29	4,66%	1.174,39	4179,55	5.353,94	14,05%	2.821,89	8951,01	11.772,90	2,42%
BATI_YATAY_60_0°_40_30				DOĞU_YATAY_60_0°_40_30				GÜNEY_YATAY_40_0°_3_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.822,37	6.440,60	8.262,97	4,12%	1.158,66	4277,78	5.436,44	12,73%	3.077,58	9058,11	12.135,69	-0,58%
BATI_YATAY_60_0°_50_30				DOĞU_YATAY_60_0°_50_30				GÜNEY_YATAY_40_0°_4_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.789,67	6.499,38	8.289,05	3,87%	1.139,89	4380,5	5.520,39	11,38%	3.190,85	8997,65	12.188,50	-1,02%
BATI_YATAY_60_45°_30_30				DOĞU_YATAY_60_30°_30_30				GÜNEY_YATAY_40_45°_1_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.937,51	6.219,96	8.157,47	5,40%	1.228,60	3931,5	5.160,10	17,16%	2.942,34	9188,94	12.131,28	-0,55%

Ek-A: Simülasyon Sonuçları (devam)

BATI_YATAY_60_45°_40_30				DOĞU_YATAY_60_30°_40_30				GÜNEY_YATAY_40_45°_3_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.923,53	6.239,85	8.163,38	5,33%	1.214,46	3962,82	5.177,28	16,89%	3.452,53	8955,71	12.408,24	-2,84%
BATI_YATAY_60_45°_50_30				DOĞU_YATAY_60_30°_50_30				GÜNEY_YATAY_40_45°_4_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.900,56	6.258,55	8.159,11	5,38%	1.197,59	4024,18	5.221,77	16,17%	3.631,51	8862,05	12.493,56	-3,55%
BATI_YATAY_60_30°_30_30				DOĞU_YATAY_60_45°_30_30				GÜNEY_YATAY_40_60°_1_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.926,71	6.231,76	8.158,47	5,38%	1.232,69	3917,17	5.149,86	17,32%	2.944,90	9197,71	12.142,61	-0,64%
BATI_YATAY_60_30°_40_30				DOĞU_YATAY_60_45°_40_30				GÜNEY_YATAY_40_60°_3_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.908,64	6.257,97	8.166,61	5,29%	1.223,83	3936,01	5.159,84	17,16%	3.519,37	8897,49	12.416,86	-2,91%
BATI_YATAY_60_30°_50_30				DOĞU_YATAY_60_45°_50_30				GÜNEY_YATAY_40_60°_4_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.890,43	6.301,08	8.191,51	5,00%	1.211,90	3967,28	5.179,18	16,85%	3.680,12	8851,73	12.531,85	-3,87%
BATI_YATAY_150_0°_30_30				DOĞU_YATAY_150_0°_30_30				GÜNEY_YATAY_60_0°_1_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.923,55	6.271,97	8.195,52	4,95%	1.228,22	3990,24	5.218,46	16,23%	2.903,31	9167,45	12.070,76	-0,10%
BATI_YATAY_150_0°_40_30				DOĞU_YATAY_150_0°_40_30				GÜNEY_YATAY_60_0°_3_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.922,94	6.305,35	8.228,29	4,58%	1.215,83	4033,27	5.249,10	15,73%	3.251,20	8979,35	12.230,55	-1,37%

Ek-A: Simülasyon Sonuçları (devam)

BATI YATAY_150_0°_50_30				DOĞU YATAY_150_0°_50_30				GÜNEY YATAY_60_0°_4_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.873,71	6.340,26	8.213,97	4,74%	1.200,80	4113,66	5.314,46	14,69%	3.400,16	8922,25	12.322,41	-2,13%
BATI YATAY_150_45°_30_30				DOĞU YATAY_150_30°_30_30				GÜNEY YATAY_60_45°_1_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.968,93	6.188,71	8.157,64	5,39%	1.251,90	3873,07	5.124,97	17,73%	3.072,23	9111,57	12.183,80	-0,98%
BATI YATAY_150_45°_40_30				DOĞU YATAY_150_30°_40_30				GÜNEY YATAY_60_45°_3_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.961,35	6.199,93	8.161,28	5,35%	1.252,69	3893,24	5.145,93	17,39%	3.891,74	8784,13	12.675,87	-5,06%
BATI YATAY_150_45°_50_30				DOĞU YATAY_150_30°_50_30				GÜNEY YATAY_60_45°_4_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.956,74	6.216,11	8.172,85	5,22%	1.239,23	3915,03	5.154,26	17,26%	4.044,90	8749,52	12.794,42	-6,04%
BATI YATAY_150_30°_30_30				DOĞU YATAY_150_45°_30_30				GÜNEY YATAY_60_60°_1_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.974,73	6.187,67	8.162,40	5,34%	1.258,20	3870,29	5.128,49	17,67%	3.075,90	9118,43	12.194,33	-1,07%
BATI YATAY_150_30°_40_30				DOĞU YATAY_150_45°_40_30				GÜNEY YATAY_60_60°_3_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.964,02	6.203,93	8.167,95	5,27%	1.245,89	3885,39	5.131,28	17,63%	3.842,12	8814,96	12.657,08	-4,91%
BATI YATAY_150_30°_50_30				DOĞU YATAY_150_45°_50_30				GÜNEY YATAY_60_60°_4_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.955,16	6.223,51	8.178,67	5,15%	1.244,77	3901,75	5.146,52	17,37%	4.120,02	8723,3	12.843,32	-6,45%

Ek-A: Simülasyon Sonuçları (devam)

BATI_DİKEY_20_15°_30_30				DOĞU_DİKEY_20_15°_30_30				GÜNEY_YATAY_100_0°_1_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.834,80	6.295,27	8.130,07	5,72%	1.326,32	3762,41	5.088,73	18,30%	3.019,47	9091,19	12.110,66	-0,38%
BATI_DİKEY_20_15°_40_30				DOĞU_DİKEY_20_15°_40_30				GÜNEY_YATAY_100_0°_3_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.746,56	6.510,12	8.256,68	4,25%	1.273,01	4052,95	5.325,96	14,50%	3.556,77	8892,92	12.449,69	-3,19%
BATI_DİKEY_20_15°_50_30				DOĞU_DİKEY_20_15°_50_30				GÜNEY_YATAY_100_0°_4_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.702,28	6.605,46	8.307,74	3,65%	1.235,69	4271,02	5.506,71	11,60%	3.759,32	8835,01	12.594,33	-4,38%
BATI_DİKEY_20_30°_30_30				DOĞU_DİKEY_20_30°_30_30				GÜNEY_YATAY_100_45°_1_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.745,08	6.488,30	8.233,38	4,51%	1.267,37	4008,33	5.275,70	15,30%	3.294,44	8998,88	12.293,32	-1,89%
BATI_DİKEY_20_30°_40_30				DOĞU_DİKEY_20_30°_40_30				GÜNEY_YATAY_100_45°_3_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.689,42	6.613,75	8.303,17	3,71%	1.235,20	4254,33	5.489,53	11,90%	4.222,82	8717,88	12.940,70	-7,26%
BATI_DİKEY_20_30°_50_30				DOĞU_DİKEY_20_30°_50_30				GÜNEY_YATAY_100_45°_4_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.652,70	6.675,35	8.328,05	3,42%	1.217,58	4412,63	5.630,21	9,60%	4.339,00	8669,62	13.008,62	-7,82%
BATI_DİKEY_20_0°_30_30				DOĞU_DİKEY_20_0°_30_30				GÜNEY_YATAY_100_60°_1_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.916,76	6.165,62	8.082,38	6,27%	1.396,39	3530,92	4.927,31	20,90%	3.324,81	8991,85	12.316,66	-2,08%

Ek-A: Simülasyon Sonuçları (devam)

BATI_DİKEY_20_0°_40_30				DOĞU_DİKEY_20_0°_40_30				GÜNEY_YATAY_100_60°_3_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.807,03	6.434,13	8.241,16	4,42%	1.312,28	3932,8	5.245,08	15,80%	4.260,51	8697,2	12.957,71	-7,40%
BATI_DİKEY_20_0°_50_30				DOĞU_DİKEY_20_0°_50_30				GÜNEY_YATAY_100_60°_4_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
1.745,67	6.568,78	8.314,45	3,58%	1.271,34	4168,79	5.440,13	12,70%	4.368,85	8661,24	13.030,09	-8,00%
BATI_DİKEY_40_15°_30_30				DOĞU_DİKEY_40_15°_30_30							
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma						
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç				
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)				
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)					
2.336,85	5.636,90	7.973,75	7,53%	1.490,92	2956,86	4.447,78	28,60%				
BATI_DİKEY_40_15°_40_30				DOĞU_DİKEY_40_15°_40_30							
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma						
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç				
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)				
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)					
2.049,85	6.248,42	8.298,27	3,76%	1.453,44	3116,9	4.570,34	26,70%				
BATI_DİKEY_40_15°_50_30				DOĞU_DİKEY_40_15°_50_30							
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma						
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç				
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)				
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)					
1.936,99	6.115,83	8.052,82	6,61%	1.382,76	3433,78	4.816,54	22,70%				
BATI_DİKEY_40_30°_30_30				DOĞU_DİKEY_40_30°_30_30							
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma						
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç				
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)				
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)					
1.943,80	6.032,76	7.976,56	7,49%	1.377,84	3345,69	4.723,53	24,20%				
BATI_DİKEY_40_30°_40_30				DOĞU_DİKEY_40_30°_40_30							
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma						
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç				
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)				
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)					
1.873,84	6.235,67	8.109,51	5,95%	1.327,73	3606,38	4.934,11	20,80%				

Ek-A: Simülasyon Sonuçları (devam)

BATI_DİKEY_40_30°_50_30				DOĞU_DİKEY_40_30°_50_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.824,88	6.381,89	8.206,77	4,83%	1.301,83	3811,81	5.113,64	17,90%
BATI_DİKEY_40_0°_30_30				DOĞU_DİKEY_40_0°_30_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
2.329,20	5.196,38	7.525,58	12,72%	1.651,17	2545,43	4.196,60	32,60%
BATI_DİKEY_40_0°_40_30				DOĞU_DİKEY_40_0°_40_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
2.041,87	5.969,63	8.011,50	7,09%	1.456,35	3249,41	4.705,76	24,50%
BATI_DİKEY_40_0°_50_30				DOĞU_DİKEY_40_0°_50_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
1.913,92	6.287,20	8.201,12	4,89%	1.357,92	3683,33	5.041,25	19,10%
BATI_DİKEY_100_15°_30_30				DOĞU_DİKEY_100_15°_30_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
2.220,44	5.442,92	7.663,36	11,12%	1.572,99	2739,02	4.312,01	30,80%
BATI_DİKEY_100_15°_40_30				DOĞU_DİKEY_100_15°_40_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
2.222,17	5.427,14	7.649,31	11,29%	1.573,78	2710,15	4.283,93	31,30%
BATI_DİKEY_100_15°_50_30				DOĞU_DİKEY_100_15°_50_30			
Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)	Isıtma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Soğutma Enerjisi Tüketimi (kWh)	Toplam Enerji Tüketimi (kWh)	Kazanç (%)
2.190,96	5.461,93	7.652,89	11,25%	1.561,71	2744,97	4.306,68	30,90%

Ek-A: Simülasyon Sonuçları (devam)

BATI_DİKEY_100_30°_30_30				DOĞU_DİKEY_100_30°_30_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
2.122,37	5.632,71	7.755,08	10,06%	1.505,78	2879,74	4.385,52	29,60%
BATI_DİKEY_100_30°_40_30				DOĞU_DİKEY_100_30°_40_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
2.074,38	5.718,68	7.793,06	9,62%	1.479,19	2976,88	4.456,07	28,50%
BATI_DİKEY_100_30°_50_30				DOĞU_DİKEY_100_30°_50_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
2.032,34	5.810,78	7.843,12	9,04%	1.431,45	3082,4	4.513,85	27,60%
BATI_DİKEY_100_0°_30_30				DOĞU_DİKEY_100_0°_30_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
2.241,24	5.324,97	7.566,21	12,24%	1.608,04	2638,98	4.247,02	31,90%
BATI_DİKEY_100_0°_40_30				DOĞU_DİKEY_100_0°_40_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
2.258,23	5.251,50	7.509,73	12,91%	1.632,20	2576,8	4.209,00	32,40%
BATI_DİKEY_100_0°_50_30				DOĞU_DİKEY_100_0°_50_30			
Isıtma	Soğutma			Isıtma	Soğutma		
Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç	Enerjisi	Enerjisi	Toplam Enerji	Kazanç
Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)	Tüketimi	Tüketimi	Tüketimi	(%)
(kWh)	(kWh)	(kWh)		(kWh)	(kWh)	(kWh)	
2.294,14	5.181,17	7.475,31	13,31%	1.649,18	2525,03	4.174,21	32,99%

EK-B: Anket Soruları

1. Ad-Soyad-Ünvan: (paylaşılacaktır) //
2. Katılımcı Kodu:
3. Katılımcı Oda Numarası:
4. Yaş Aralığı
 - a. 18-24
 - b. 25-34
 - c. 35-44
 - d. 45-54
 - e. 55-65
 - f. 65+
5. Cinsiyet
 - a. Kadın
 - b. Erkek
 - c. Diğer
6. Eğitim Seviyesi:
 - a. Lise
 - b. Üniversite/Lisans
 - c. Yüksek Lisans
 - d. Doktora
 - e. Diğer (belirtiniz)
7. Görev Durumu:
 - a. Akademik Personel
 - b. İdari Personel
 - c. Diğer (belirtiniz)
6. Gebze Teknik Üniversitesinde kaç yıldır görev yapıyorsunuz?
7. Kaç yıldır bu ofisi kullanıyorsunuz?
8. Ofisiniz kaçınca katta?
9. Ofisiniz yapının hangi cephesinde bulunuyor?
10. Ofisinizi haftanın kaç günü kullanmaktasınız?
11. Haftasonu ofisinizi kullanıyor musunuz?
12. Mesai saatinizin aralığı nedir? Örneğin: 09:00 – 18:00
13. Gün içerisinde ofisinizde ne kadar süre geçirirsiniz?
14. Gün içerisinde ofisinizde geçirdiğiniz süre günün hangi zaman diliminde (sabah-öğle-akşam) daha yoğundur?
15. Ofisinizde genelde hangi aktiviteleri gerçekleştirirsiniz (masa başı çalışma, görüşme yapmak, yemek yemek vb.)?
16. Ofisinizin penceresine yakın bir konumda ağaç, yapı ve direk gibi unsurlar bulunuyor mu?
17. Sıcak hava dönemlerinde ofisinizin termal konforundan memnun musunuz? (1-5 arası bir puan veriniz. 1:çok yetersiz, 2:yetersiz, 3:orta derecede yeterli, 4:yeterli, 5:tamamen yeterli)

EK-B: Anket Soruları (devam)

18. Sıcak hava dönemlerinde odanın aşırı ısınması problemi ile karşılaşır mısınız? (1-5 arası bir puan veriniz. 1:en az, 5:en çok) (hafta sonu ofisi kullanıyorsanız hafta içine kıyasla farklı bir durum gözlemliyor musunuz?)
19. Sıcak hava dönemlerinde ofisiniz günün hangi zaman diliminde (sabah-öğle-akşam) daha sıcaktır? (hafta sonu ofisi kullanıyorsanız hafta içine kıyasla farklı bir durum gözlemliyor musunuz?)
20. Sıcak hava dönemlerinde odaya giren gün ışığından korunma ihtiyacı hissedermisiniz? (1-5 arası bir puan veriniz. 1:en az, 5:en çok)
21. Sıcak hava dönemlerinde odaya giren gün ışığını engellemek veya azaltmak için herhangi bir güneş kontrol elemanı (perde, stor, jaluzi panjur vb.) kullanıyor musunuz? Kullanıyorsanız hangi elemanı/elemanları kullandığınızı belirtiniz.
- a. Perde/stor
- b. Jaluzi
- c. Panjur
- d. Diğer (açıklayınız)
22. Güneş kontrol elemanlarını daha çok hangi amaçla kullanılırsınız?
- a. Kamaşmayı engellemek
- b. Termal konforu sağlamak
- c. Diğer (açıklayınız)
23. Sıcak hava dönemlerinde ofisinizde kullandığınız güneş kontrol elemanlarını termal konforu sağlamak için yeterli buluyor musunuz? (1-5 arası bir puan veriniz. 1:çok yetersiz, 2:yetersiz, 3:orta derecede yeterli, 4:yeterli, 5:tamamen yeterli)
24. Sıcak hava dönemlerinde ofisinizde kullandığınız güneş kontrol elemanlarını kamaşmayı/parıltıyı engellemek için yeterli buluyor musunuz? (1-5 arası bir puan veriniz. 1:çok yetersiz, 2:yetersiz, 3:orta derecede yeterli, 4:yeterli, 5:tamamen yeterli)
25. Sıcak hava dönemlerinde odanızda soğutma ihtiyacını nasıl karşılıyorsunuz? (klima çalıştırmak, pencere açmak, pencere ve kapıyı aynı anda açarak çapraz havalandırma sağlamak vb.)
26. Sıcak hava dönemlerinde soğutma cihazını günün hangi zaman diliminde çalıştırma ihtiyacı hissedersiniz ve çalıştırma sıklığınız nedir? Örneğin: Her saat başı 20 dk boyunca gibi..
27. Sıcak hava dönemlerinde kullanılan soğutma yöntemi oda içerisinde uygun termal konforu sağlamaya yetiyor mu? (1-5 arası bir puan veriniz. 1:çok yetersiz, 2:yetersiz, 3:orta derecede yeterli, 4:yeterli, 5:tamamen yeterli)
28. Sıcak hava dönemlerinde ofisinizde bulunduğunuz süre boyunca aşırı terleme, mide bulantısı veya baş ağrısı gibi fiziksel rahatsızlıklar yaşar mısınız? Cevabınız “Evet” ise ne sıklıkla yaşarsınız? Cevabınız “Evet” ise yaşadığınız problemi tarif ediniz ve 1-5 arası puan veriniz? (1:en az, 5:en çok)
29. Sıcak hava dönemlerinde ofisinizde bulunduğunuz süre boyunca yorgunluk, dikkat dağınıklığı, motivasyon eksikliği, bıkkınlık hissi gibi problemler yaşar mısınız? Cevabınız “Evet” ise ne sıklıkla yaşarsınız? Cevabınız “Evet” ise yaşadığınız problemi tarif ediniz ve 1-5 arası puan veriniz? (1:en az, 5:en çok)

EK-B: Anket Soruları (devam)

30. Soğuk hava dönemlerinde ofisinizin termal konforundan memnun musunuz? (1-5 arası bir puan veriniz. 1:çok yetersiz, 2:yetersiz, 3:orta derecede yeterli, 4:yeterli, 5:tamamen yeterli)
31. Soğuk hava dönemlerinde odanızın yeteri kadar ısınmaması problemi ile karşılaşılıyor musunuz? Cevabınız “Evet” ise ofisiniz günün hangi zaman diliminde (sabah-öğle-akşam) daha soğuk olmaktadır? Cevabınız “Evet” ise 1-5 arası bir puan veriniz. (1:en az, 5:en çok) (haftasonu ofisi kullanıyorsanız hafta içine kıyasla farklı bir durum gözlemliyor musunuz?)
32. Soğuk hava dönemlerinde odaya giren gün ışığından korunma ihtiyacı hissediyor musunuz? (1-5 arası bir puan veriniz. 1:en az, 5:en çok)
33. Soğuk hava dönemlerinde odaya giren gün ışığını engellemek, azaltmak veya arttırmak için herhangi bir güneş kontrol elemanı (perde, panjur vb.) kullanıyor musunuz?
34. Soğuk havalarda ofisinizde kullandığınız güneş kontrol elemanlarını pasif ısı kazancını artırmak amacıyla açık konuma getiriyor musunuz?
35. Soğuk hava dönemlerinde odanızda ısınma ihtiyacını nasıl karşılıyorsunuz? (kalorifer, elektrikli ısıtıcı kullanmak vb.)
36. Soğuk hava dönemlerinde kullanılan ısıtma yöntemi oda içerisinde uygun termal konforu sağlamaya yetiyor mu? (1-5 arası bir puan veriniz. 1:çok yetersiz, 2:yetersiz, 3:orta derecede yeterli, 4:yeterli, 5:tamamen yeterli)
 - a. Soğuk hava dönemlerinde ek olarak başka bir ısınma cihazına ihtiyaç duyuyor musunuz?
 - b. Soğuk hava dönemlerinde ek ısıtma cihazı ihtiyacı hissediyorsanız günün hangi zaman diliminde ısıtma ihtiyacı hissedersiniz ve ısıtma sıklığınız nedir? Örneğin: 1 saatte 20 dk boyunca gibi..
37. Soğuk hava dönemlerinde ofisinizde bulunduğunuz süre boyunca aşırı terleme, mide bulantısı veya baş ağrısı gibi fiziksel rahatsızlıkları yaşıyor musunuz? Cevabınız “Evet” ise ne sıklıkla yaşıyorsunuz? Cevabınız “Evet” ise yaşadığınız problemi tarif ediniz ve 1-5 arası puan veriniz? (1:en az, 5:en çok)
38. Soğuk hava dönemlerinde ofisinizde bulunduğunuz süre boyunca yorgunluk, dikkat dağınıklığı, motivasyon eksikliği, bıkkınlık hissi gibi problemler yaşıyor musunuz? Cevabınız “Evet” ise ne sıklıkla yaşıyorsunuz? Cevabınız “Evet” ise yaşadığınız problemi tarif ediniz ve 1-5 arası puan veriniz? (1:en az, 5:en çok)