

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİYOMİMETİK CEPHELERDE
GÜN IŞIĞI KONTROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Berfin YILMAZ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Fiziği ve Malzemesi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ümit T. Arpacıoğlu

Temmuz 2024

**BİYOMİMETİK CEPHELERDE
GÜN IŞIĞI KONTROLÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Berfin YILMAZ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Fiziği ve Malzemesi Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ümit T. Arpacıoğlu

Temmuz 2024



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

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

beyan ederim.

....





Ufku aydınlıkla dolu olanlara,



ÖNSÖZ

Tez çalışmamım tamamlanmasında ve yüksek lisans öğrenimim süresince bilgisini, deneyimini ve yoğun iş temposuna rağmen zamanını esirgemeyen, çalışmamda önemli katkıları bulunan yüksek lisans tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ümit T. ARPACIOĞLU 'na, yüksek lisans öğrenimim süresince bana çok şey katan, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Yapı Fiziği ve Malzemesi programının çok değerli öğretim üyelerine ve eğitim hayatım boyunca bütün desteğiyle yanımda olan sevgili aileme ve dostlarıma teşekkürlerimi sunuyorum.



BIYOMİMETİK CEPHELERDE GÜN IŞIĞI KONTROLÜ

ÖZET

Geçmişten günümüze dünyada teknoloji, sanayi, ekonomi gibi birçok alanda yenilikler ve gelişmeler yaşanmıştır. Ancak bu yeniliklerin çevre üzerindeki etkileri gün geçtikçe artmakta ve bu durum doğal çevre üzerinde birtakım olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Mimarlık da dünyadaki değişimlerden ve toplum dinamiklerinden etkilenmekte, bu etkileşimi mimari tasarımlara yansıtmakta ve çeşitli problemleri farklı yaklaşım biçimleri ile çözmektedir. Son yıllarda ekolojik tasarım ve sürdürülebilir tasarım ile adı geçen biyomimikri yaklaşımından, problemlere doğadan referans alarak çözüm üretebilmesi sayesinde sıklıkla söz edilmektedir. Literatüre 1950'lerde giren bu yaklaşım, yeni malzemelerin, teknolojilerin ve yöntemlerin geliştirilmesi için güçlü bir konsept ve araç olma potansiyeli bulundurmaktadır. Biyomimikri yaklaşımı, doğayı biçimsel bir taklidin ötesine taşımakta ve doğa gibi davranma yollarını da araştırmaktadır. Biyomimikrinin temel amacı, doğal ekosistemlerin karmaşıklığını ve verimliliğini anlamak, bu anlayıştan yararlanarak sürdürülebilir teknolojiler geliştirmek ve doğal kaynakları daha etkin kullanmaktır. Biyomimikri sürdürülebilirliğin ayrılmaz bir parçasıdır ve dengelerini insan yapımı sistemlere entegre ederek doğayla uyumlu çözümler sunmaktadır. Doğal çevre ve tasarım sorunlarına, doğada bulunan problem çözücülük özelliği sayesinde biyomimikri yaklaşımının mimari tasarımlarda kullanılmasıyla birlikte, rüzgar, gün ışığı gibi doğal kaynakları kullanarak enerji tasarrufunu sağlamaya yardımcı olan ve fiziksel çevre kontrolünü sağlayabilen, parametrik, kinetik, algoritmik tasarıma sahip cepheler oluşturulabilmektedir. Konfor türlerinden biri olan görsel konfor, aydınlatma gereksinimlerinin temel belirleyicisidir. Kontrolsüz gün ışığı, kullanıcı konforu, üretkenliği ve insan sağlığı ile olumsuz etkileşimlere yol açabilecek görsel ve termal sorunları beraberinde getirir. Okuma, yazma, çalışma ve bilgisayar etkinliklerinin gerçekleştirildiği ofis, kütüphane gibi mekanların kullanıcı memnuniyetini artırmak için gün ışığı performansı açısından iyi tasarlanması gerekmektedir. Yapı tasarımında gün ışığı ile aydınlatma stratejilerinin, floresan aydınlatmanın ve mekanik havalandırmanın yaygınlaşması ile bu yüzyılın ortalarına kadar tasarımın erken aşamalarında genellikle yeteri kadar göz önüne alınmadığı söylenebilir. Ancak, günümüzde sürdürülebilirlik kavramının da literatürde irdelenmesi ve yaşamın her alanında kendine yer bulması ile mimari tasarımlarda gün ışığı daha önemli bir konuma gelmiş, gün ışığı kontrolünü sağlamaya yönelik tasarım örnekleri sık görülür olmuştur. Tasarım alanında olduğu gibi, inşaat sektöründe de binalarda gün ışığından yararlanmaya yönelik yeni ve yenilikçi teknolojileri tanımlayan ve bu sistemlerin performansını değerlendiren kapsamlı bir referansa ihtiyaç duyulmaktadır. Hem tasarım hem de inşaat sektöründe gün ışığı kontrolüne yönelik yeni yaklaşımların ve teknolojilerin arayışları, gün ışığı kontrolünün sağlanması ve gün ışığı ile aydınlatmanın önemini göstermektedir. Doğal çevrenin en önemli bileşenlerinden olan

gün ışığının, tasarımlarda doğadan ilham alma olarak tanımlanabilen biyomimikri yaklaşımı ile birlikte ele alınması ve biyomimikrinin gün ışığı kontrolünü sağlamaya yönelik kullanılması, yaklaşımın doğasına uygun olup bir tasarım problemi olabilecek gün ışığı kontrolüne doğadan çözüm ilkeleri uygulanabilir ve gün ışığı kontrolü sağlanabilir. Bu nedenle tezde İstanbul, Antalya ve Erzurum konumlarındaki sanal ofis yapısında biyomimetik cephe önerileri yapıp bu cephelerin gün ışığı kontrolüne etkileri ölçülecek ve gün ışığı kontrolünün biyomimetik cephelerin tasarımındaki etkileri gözlemlenecektir. Çalışmada biyomimetik cephelerde fiziksel çevre unsurlarını kullanma performansı, bu kapsamda fiziksel çevre unsurlarından olan gün ışığının kontrolü ve biyomimetik cephelerin fiziksel çevreye göre değiştirilebilirliği analiz edilecektir. Çalışmada biyomimetik cephelerin konfor koşullarından olan görsel konforu sağlamaya yönelik, biyomimetik yaklaşım tipleri, seviyeleri ve alt seviyeleri bağlamında esnek bir biçimde değiştirilebilme imkanının gösterilebilmesi ve biyomimetik cephelerin gün ışığı kontrolünü sağlama başarısının ölçülmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada dört ana adımlı bir model önerilmiştir. Modele göre, ilk kısımda biyomimikri yaklaşımı hakkında bilgi verilecek, ikinci kısımda biyomimikri seviye ve yaklaşımları aktarılacak, üçüncü kısımda gün ışığı kontrol parametreleri bağlamında biyomimetik cephe tasarlanacaktır. Dördüncü kısımda tasarlanan cephenin gün ışığı performansı simülasyon programları ile ölçülecek; ardından optimizasyon sağlanacak, sağlanamadığı takdirde gün ışığı kontrolü bağlamında biyomimetik cephe tasarım parametreleri tekrar gözden geçirilecek, bu tasarım parametrelerinin gün ışığı kontrolüne etkileri de gözlemlenmiş olunacak ve ikinci cephe tasarım önerisi yapılacaktır. İkinci öneriden sonra ise tekrardan optimizasyon aşamasına geçilecek ve analiz sonuçları değerlendirilecektir. Tez çalışması, önerilen modele göre ilerleyecektir.

Anahtar Kelimeler: Biyomimikri, biyomimetik cephe, gün ışığı kontrolü, görsel konfor

DAYLIGHTING CONTROL ON BIOMIMETIC FACADES

ABSTRACT

From past to present, there have been innovations and developments in many fields such as technology, industry and economy in the world. However, the effects of these innovations on the environment are increasing day by day, and this has some negative consequences on the natural environment. Architecture is also affected by the changes in the world and social dynamics, reflects this interaction in architectural designs and solves various problems with different approaches. In recent years, the biomimicry approach, which is mentioned with ecological design and sustainable design, has been frequently mentioned thanks to its ability to produce solutions to problems by taking reference from nature. This approach, which entered the literature with the term "biomimetics" in the 1950s, has the potential to be a powerful concept and tool for the development of new materials, tools and methods. This new discipline moves nature beyond a formal imitation and explores ways to behave like nature. The main purpose of biomimicry is to understand the complexity and efficiency of natural ecosystems, to develop sustainable technologies by using this understanding and to use natural resources more effectively. Biomimicry is an integral part of sustainability and offers solutions compatible with nature by integrating their balance into human-made systems. The biomimicry approach, shaped by the idea that solutions to a correctly defined problem can be sought in nature, has potential in the field of architecture as well as in many design fields. With the use of the biomimicry approach in architectural designs, thanks to its problem-solving feature found in nature, to natural environment and design problems, facades with parametric, kinetic, algorithmic designs can be created that help save energy and provide physical environmental control by using natural resources such as wind and daylight. These developments, resulting from the combination of architecture, biology and technology, have the potential to lead to major changes in human life in the future. Biologists, architects and engineers who are aware of the importance of the interdisciplinary environment carry out studies in this field and produce theories and discourses that lead to paradigm change. Visual comfort, which is one of the comfort types, is the main determinant of lighting requirements. It has been found that people perceive a wider range of illumination values when the light source is natural rather than artificial. But, uncontrolled daylight brings visual and thermal problems that can lead to negative interactions with user comfort, productivity and human health. Appropriate daylight illuminance values provided in the interior volume not only enable users to see comfortably, but also create ease in performing the actions that need to be carried out efficiently and effectively without any fatigue and tension. However, to ensure visual comfort, glare levels must be maintained at appropriate levels. Places such as offices and libraries, where reading, writing, working and computer activities are carried out, need to be well designed in terms of daylight performance in order to increase user satisfaction. It can be said that daylight lighting strategies in building design were generally not taken into consideration sufficiently in the early stages of design until the middle of

this century, with the widespread use of fluorescent lighting and mechanical ventilation. However, today, as the concept of sustainability has been examined in the literature and has found a place in all areas of life, daylight has become more important in architectural designs, and design examples aimed at providing daylight control have become common. As in the design process, research on the evaluation of the natural lighting performance of buildings after the design process provides both visual comfort conditions and supporting information for subsequent designs. As in the field of design, there is a need for a comprehensive reference in the construction industry that identifies new and innovative technologies for daylighting in buildings and evaluates the performance of these systems. The search for new approaches and technologies for daylight control in both the design and construction sectors shows the importance of daylight control and illumination with daylight. Considering daylight, one of the most important components of the natural environment, together with the biomimicry approach, which can be defined as being inspired by nature in designs, and using biomimicry to provide daylight control is in line with the nature of the approach and solution principles from nature can be applied to daylight control, which may be a design problem, and daylight control can be achieved. For this reason, in the thesis, biomimetic facade proposals will be made in the virtual office structure in Istanbul, Antalya and Erzurum, the effects of these facades on daylight control will be measured on june and december, at 09.00, 12.00 and 15.00 and the effects of daylight control on the design of biomimetic facades will be observed. In the study, the performance of using physical environmental elements in biomimetic facades, in this context, the control of daylight, which is one of the physical environmental elements, and the changeability of biomimetic facades according to the physical environment will be analyzed. The aim of the study is to demonstrate the possibility of flexibly changing biomimetic facades in the context of biomimetic approach types, levels and sub-levels to ensure visual comfort, which is one of the comfort conditions, and to measure the success of biomimetic facades in providing daylight control. In the study, a model with four main steps is proposed. According to the model, in the first part, information will be given about the biomimicry approach, in the second part, biomimicry levels and approaches will be explained, and in the third part, the biomimetic façade will be designed in the context of daylight control parameters. In the fourth part, the daylight performance of the designed facade will be measured with simulation programs; Then, optimization will be achieved, if not achieved, biomimetic facade design parameters will be reviewed in the context of daylight control, the effects of these design parameters on daylight control will be observed and a second facade design proposal will be made. After the second suggestion, the optimization phase will be started again and the analysis results will be evaluated. The thesis work will proceed according to the proposed model.

Keywords: Biomimicry, biomimetic facade, daylight control, visual comfort

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER.....	xvi
KISALTMALAR.....	xvix
SEMBOLLER.....	xviii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xxi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xxii
ÖZET	xxiv
SUMMARY.....	xxvi
1. GİRİŞ.....	29
1.1 Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Yöntemi	31
2. BİYOMİMİKRI KAVRAMI	32
2.1 Biyomimikri Kavramının Tanımı, Ortaya Çıkışı ve Gelişimi.....	33
2.2 Mimesis, Taklit ve Kopya Kavramları	35
3. TASARIM DİSİPLİNLERİNDE BİYOMİMİKRI.....	36
3.1 Biyomimetik Tasarım Yaklaşımları	38
3.2 Mimarlıkta Biyomimikri	43
4. MİMARLIKTAKİ GÜN IŞIĞI KULLANIMI	50
4.1 Mimari Tasarımda Gün Işığı Parametreleri.....	54
5. BİYOMİMİKRI YAKLAŞIMI VE MİMARLIKTAKİ GÜN IŞIĞI KONTROLÜNÜ ETKİLEYEN TASARIM PARAMETRELERİ İLİŞKİSİ	57
5.1 Form ve Boyut.....	59
5.2 Malzeme ve Renk.....	61
6. BİYOMİMETİK CEPHE BİRİMLERİNİN TASARIMI.....	64
6.1 Biyomimetik Birimlerin Tasarımı ve Biyomimetik Tasarım Stratejileri	65
6.2 Biyomimetik Birim Tasarımında İlham Alınan Organizmalar	67
6.3 Biyomimetik Birimlerin Tasarımı	70
7. SAYDAM CEPHE VE BİYOMİMETİK CEPHE TASARIMLARININ GÜN IŞIĞI ANALİZLERİ	71
7.1 Analiz Çalışması.....	71
7.1.1 Güneşin konumu	73
7.1.2 Aydınlanma analizi	77
7.1.2.1 Saydam cepheli yapıda aydınlanma analizi	79
7.1.2.2 Biyomimetik pangolin cepheli yapıda aydınlanma analizi	87
7.1.3 Kamaşma analizi	94
7.1.3.1 Saydam cepheli yapıda kamaşma analizi	95
7.1.3.2 Biyomimetik pangolin cepheli yapıda kamaşma analizi	96
7.2 Epidermis Cephenin Önerilmesi.....	97
7.2.1 Biyomimetik epidermis cepheli yapıda aydınlanma analizi	98
7.2.2 Biyomimetik epidermis cepheli yapıda kamaşma analizi	104

8. SAYDAM CEPHE VE BİYOMİMETİK CEPHELERİN GÜN IŞIĞI ANALİZLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	105
9. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	108
KAYNAKLAR	113
EKLER	117
ÖZGEÇMİŞ.....	142



KISALTMALAR

BTS	: Biyomimikri Tasarım Spirali
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
CS	: Climate Studio





SEMBOLLER

Lux_{ort}	: Ortalama aydınlanma değeri
R_{vis}	: Görünür yansıma
T_{vis}	: Görünür geçirgenlik





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 : Termit örneği ile biyomimesisin tasarıma entegre edilmesi	40
Tablo 3.2 : Biyomimetik yapı örnekleri ve biyomimetik stratejiler.....	48
Tablo 7.1 : Sanal ofis yapısının özellikleri.....	70
Tablo 7.2 : Güneşin yıllık hareket grafiği	73
Tablo 7.3 : Analizlerin yapıldığı konumların iklimsel veri ortalamaları	74
Tablo 7.4 : Aydınlatma kategorileri ve değerlerinin sınıflandırılması.....	76
Tablo 7.5 : Saydam cepheli yapıda seçilen malzemeler.....	77
Tablo 7.6 : Saydam cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçları	79
Tablo 7.7 : Saydam cepheli sanal ofis yapısının İstanbul ili haziran ayı aydınlanma analizleri.....	80
Tablo 7.8 : Saydam cepheli sanal ofis yapısının Antalya ili haziran ayı aydınlanma analizleri.....	81
Tablo 7.9 : Saydam cepheli sanal ofis yapısının Erzurum ili haziran ayı aydınlanma analizleri.....	82
Tablo 7.10 : Saydam cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçlarının optimum değer aralıklarına göre değerlendirilmesi.	84
Tablo 7.11 : Pangolin cepheli yapıda kullanılan malzemeler.	85
Tablo 7.12 : Pangolin cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçları.....	86
Tablo 7.13 : Pangolin cepheli sanal ofis yapısının İstanbul ili haziran ayı aydınlanma analizleri.....	87
Tablo 7.14 : Pangolin cepheli sanal ofis yapısının Antalya ili haziran ayı aydınlanma analizleri.....	88
Tablo 7.15 : Pangolin cepheli sanal ofis yapısının Erzurum ili haziran ayı aydınlanma analizleri.....	89
Tablo 7.16 : Pangolin cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçlarının optimum değer aralıklarına göre değerlendirilmesi	92
Tablo 7.17 : Saydam cepheli yapıda yıllık kamaşma analizi sonuçları.....	94
Tablo 7.18 : Pangolin cepheli yapıda yıllık kamaşma analizi sonuçları	95
Tablo 7.19 : Epidermis cepheli yapıda kullanılan malzemeler	96
Tablo 7.20 : Epidermis cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçları.....	97
Tablo 7.21: Epidermis cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçlarının optimum değer aralıklarına göre değerlendirilmesi	99
Tablo 7.22: Epidermis cepheli sanal ofis yapısının İstanbul ili haziran ayı aydınlanma analizleri.....	100
Tablo 7.23: Epidermis cepheli sanal ofis yapısının Antalya ili haziran ayı aydınlanma analizleri.....	101
Tablo 7.24: Epidermis cepheli sanal ofis yapısının Erzurum ili haziran ayı aydınlanma analizleri.....	102
Tablo 7.25: Epidermis cepheli yapıda yıllık kamaşma analizi sonuçları	104
Tablo 8.1 : Saydam cepheli, pangolin ve epidermis cepheli yapılara uygulanan aydınlanma analizi sonuçlarının değer aralığına göre birlikte değerlendirilmesi.....	106



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1 : Çalışmanın metodolojisi.....	31
Şekil 2.1 : Biyomimikri üçgeni.....	33
Şekil 2.2 : Leonardo Da Vinci'nin uçak tasarımının kanat kısmı.....	35
Şekil 3.1 : Biyomimikri tasarım spirali.....	36
Şekil 3.2 : Biyolojiden tasarıma yaklaşımının adımları.....	39
Şekil 3.3 : Tasarımdan biyolojiye yaklaşımının adımları.....	40
Şekil 3.4 : Biyomimetik seviyeler.....	41
Şekil 3.5 : Biyomimetik seviyeler ve boyutlar	41
Şekil 3.6 : Tasarımında kaktüsten ilham alınmış bir kubbe.....	43
Şekil 3.7 : Tasarımında femur kemiğinden ilham alınmış Eyfel Kulesi.....	44
Şekil 3.8 : TWA Terminali	44
Şekil 3.9 : Eastgate Ofis Binası	45
Şekil 3.10 : Havalandırma prensibi.....	46
Şekil 3.11 : Esplanade Tiyatro Binası.....	47
Şekil 3.12 : Qizhong Stadyumu ve şakayık bitkisi	47
Şekil 3.13 : Üst örtü çizimleri.....	48
Şekil 3.14 : Namibya çöl böceği ve yapı kesiti.....	49
Şekil 4.1 : Kristal saray.....	49
Şekil 4.2 : Ronchamp Chapel	50
Şekil 4.3 : Bangladeş Ulusal Meclis Binası.....	50
Şekil 4.4 : Le Corbusier'nin güneşin iki yüzünü tanımladığı çizimi	51
Şekil 4.5 : Işık şiddeti, mesafe ve aydınlık düzeyi ilişkisi.....	53
Şekil 4.6 : Gün ışığı faktörünün bileşenleri	54
Şekil 4.7 : Kamaşma formülü	54
Şekil 5.1 : Biyomimikri ile yapılarda kontrol edilebilecek parametreler	56
Şekil 5.2 : Esplanade Tiyatro binası cephesi	58
Şekil 5.3 : İç mekan görünümü.....	58
Şekil 5.4 : Qizhong Stadyumu	59
Şekil 5.5 : Su aygırı derisinden ilham alınmış bir cephe	60
Şekil 5.6 : Stoma tuğlası	61
Şekil 5.7 : Kelebeklerin kanatlarındaki hücrelerin mikroskop altında görüntüsü	62
Şekil 6.1 : Problem odaklı yaklaşım ve cephe tasarımına entegrasi	64
Şekil 6.2 : Pangolin.....	65
Şekil 6.3 : Sunda pangolin pul yapısı	66
Şekil 6.4 : Siyah karınlı pangolin pul yapısı.....	66
Şekil 6.5 : Epidermisin yapısı	67
Şekil 6.6 : Pangolin cephenin ön görünüşü.....	68
Şekil 6.4 : Epidermis cephenin ön görünüşü	69
Şekil 7.1 : Azimut ve yükseklik açıları.....	72
Şekil 7.2 : Gökyüzü koşulları	72
Şekil 7.3 : Aydınlık ve parlaklık ilişkisi	76
Şekil 7.4 : Saydam cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçları.....	80
Şekil 7.5 : Pangolin cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçları	92
Şekil 7.6 : DGP değerlerinin gruplandırılması	95
Şekil 7.7 : Metodolojide tasarım adımına geri dönüş ve optimizasyonun tekrarı	97
Şekil 7.8 : Epidermis cephe ön görünüş	98

Şekil 7.9 : Epidermis cephe perspektif	98
Şekil 7.10 : Epidermis cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçları	105
Şekil 8.1: Saydam cephe, pangolin cephe ve epidermis cephenin aydınlanma analizlerinin birlikte değerlendirilmesi	107
Şekil 8.2 : Kamaşma analizleri sonuçlarının çizgi grafiğinde ifade edilmesi.....	109
Şekil 9.1: Kamaşma analizleri sonuçlarının çizgi grafiğinde ifade edilmesi.....	111
Şekil 9.2 : Kamaşma analizleri sonuçlarının çizgi grafiğinde ifade edilmesi.....	112
Şekil 9.3 : Kamaşma analizleri sonuçlarının çizgi grafiğinde ifade edilmesi.....	112



BİYOMİMETİK CEPHELERDE GÜN IŞIĞI KONTROLÜ

ÖZET

Geçmişten günümüze dünyada teknoloji, sanayi, ekonomi gibi birçok alanda yenilikler ve gelişmeler yaşanmıştır. Ancak bu yeniliklerin çevre üzerindeki etkileri gün geçtikçe artmakta ve bu durum doğal çevre üzerinde birtakım olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Mimarlık da dünyadaki değişimlerden ve toplum dinamiklerinden etkilenmekte, bu etkileşimi mimari tasarımlara yansıtmakta ve çeşitli problemleri farklı yaklaşım biçimleri ile çözmektedir. Son yıllarda ekolojik tasarım ve sürdürülebilir tasarım ile adı geçen biyomimikri yaklaşımından, problemlere doğadan referans alarak çözüm üretebilmesi sayesinde sıklıkla söz edilmektedir. Literatüre 1950’lerde giren bu yaklaşım, yeni malzemelerin, teknolojilerin ve yöntemlerin geliştirilmesi için güçlü bir konsept ve araç olma potansiyeli bulundurmaktadır. Biyomimikri yaklaşımı, doğayı biçimsel bir taklidin ötesine taşımakta ve doğa gibi davranma yollarını da araştırmaktadır. Biyomimikrinin temel amacı, doğal ekosistemlerin karmaşıklığını ve verimliliğini anlamak, bu anlayıştan yararlanarak sürdürülebilir teknolojiler geliştirmek ve doğal kaynakları daha etkin kullanmaktır. Biyomimikri sürdürülebilirliğin ayrılmaz bir parçasıdır ve dengelerini insan yapımı sistemlere entegre ederek doğayla uyumlu çözümler sunmaktadır. Doğal çevre ve tasarım sorunlarına, doğada bulunan problem çözücülük özelliği sayesinde biyomimikri yaklaşımının mimari tasarımlarda kullanılmasıyla birlikte, rüzgar, gün ışığı gibi doğal kaynakları kullanarak enerji tasarrufunu sağlamaya yardımcı olan ve fiziksel çevre kontrolünü sağlayabilen, parametrik, kinetik, algoritmik tasarıma sahip cepheler oluşturulabilmektedir. Konfor türlerinden biri olan görsel konfor, aydınlatma gereksinimlerinin temel belirleyicisidir. Kontrolsüz gün ışığı, kullanıcı konforu, üretkenliği ve insan sağlığı ile olumsuz etkileşimlere yol açabilecek görsel ve termal sorunları beraberinde getirir. Okuma, yazma, çalışma ve bilgisayar etkinliklerinin gerçekleştirildiği ofis, kütüphane gibi mekanların kullanıcı memnuniyetini artırmak için gün ışığı performansı açısından iyi tasarlanması gerekmektedir. Yapı tasarımında gün ışığı ile aydınlatma stratejilerinin, floresan aydınlatmanın ve mekanik havalandırmanın yaygınlaşması ile bu yüzyılın ortalarına kadar tasarımın erken aşamalarında genellikle yeteri kadar göz önüne alınmadığı söylenebilir. Ancak, günümüzde sürdürülebilirlik kavramının da literatürde irdelenmesi ve yaşamın her alanında kendine yer bulması ile mimari tasarımlarda gün ışığı daha önemli bir konuma gelmiş, gün ışığı kontrolünü sağlamaya yönelik tasarım örnekleri sık görülür olmuştur. Tasarım alanında olduğu gibi, inşaat sektöründe de binalarda gün ışığından yararlanmaya yönelik yeni ve yenilikçi teknolojileri tanımlayan ve bu sistemlerin performansını değerlendiren kapsamlı bir referansa ihtiyaç duyulmaktadır. Hem tasarım hem de inşaat sektöründe gün ışığı kontrolüne yönelik yeni yaklaşımların ve teknolojilerin arayışları, gün ışığı kontrolünün sağlanması ve gün ışığı ile aydınlatmanın önemini göstermektedir. Doğal çevrenin en önemli bileşenlerinden olan gün ışığının, tasarımlarda doğadan ilham alma olarak tanımlanabilen biyomimikri

yaklaşımı ile birlikte ele alınması ve biyomimikrinin gün ışığı kontrolünü sağlamaya yönelik kullanılması, yaklaşımın doğasına uygun olup bir tasarım problemi olabilecek gün ışığı kontrolüne doğadan çözüm ilkeleri uygulanabilir ve gün ışığı kontrolü sağlanabilir. Bu nedenle tezde İstanbul, Antalya ve Erzurum konumlarındaki sanal ofis yapısında biyomimetik cephe önerileri yapıp bu cephelerin gün ışığı kontrolüne etkileri ölçülecek ve gün ışığı kontrolünün biyomimetik cephelerin tasarımındaki etkileri gözlemlenecektir. Çalışmada biyomimetik cephelerde fiziksel çevre unsurlarını kullanma performansı, bu kapsamda fiziksel çevre unsurlarından olan gün ışığının kontrolü ve biyomimetik cephelerin fiziksel çevreye göre değiştirilebilirliği analiz edilecektir. Çalışmada biyomimetik cephelerin konfor koşullarından olan görsel konforu sağlamaya yönelik, biyomimetik yaklaşım tipleri, seviyeleri ve alt seviyeleri bağlamında esnek bir biçimde değiştirilebilme imkanının gösterilebilmesi ve biyomimetik cephelerin gün ışığı kontrolünü sağlama başarısının ölçülmesi amaçlanmaktadır. Çalışmada dört ana adımlı bir model önerilmiştir. Modele göre, ilk kısımda biyomimikri yaklaşımı hakkında bilgi verilecek, ikinci kısımda biyomimikri seviye ve yaklaşımları aktarılacak, üçüncü kısımda gün ışığı kontrol parametreleri bağlamında biyomimetik cephe tasarlanacaktır. Dördüncü kısımda tasarlanan cephenin gün ışığı performansı simülasyon programları ile ölçülecek; ardından optimizasyon sağlanacak, sağlanamadığı takdirde gün ışığı kontrolü bağlamında biyomimetik cephe tasarım parametreleri tekrar gözden geçirilecek, bu tasarım parametrelerinin gün ışığı kontrolüne etkileri de gözlemlenmiş olunacak ve ikinci cephe tasarım önerisi yapılacaktır. İkinci öneriden sonra ise tekrardan optimizasyon aşamasına geçilecek ve analiz sonuçları değerlendirilecektir. Tez çalışması, önerilen modele göre ilerleyecektir.

Anahtar Kelimeler: Biyomimikri, biyomimetik cephe, gün ışığı kontrolü, görsel konfor

DAYLIGHTING CONTROL ON BIOMIMETIC FACADES

SUMMARY

From past to present, there have been innovations and developments in many fields such as technology, industry and economy in the world. However, the effects of these innovations on the environment are increasing day by day, and this has some negative consequences on the natural environment. Architecture is also affected by the changes in the world and social dynamics, reflects this interaction in architectural designs and solves various problems with different approaches. In recent years, the biomimicry approach, which is mentioned with ecological design and sustainable design, has been frequently mentioned thanks to its ability to produce solutions to problems by taking reference from nature. This approach, which entered the literature with the term "biomimetics" in the 1950s, has the potential to be a powerful concept and tool for the development of new materials, tools and methods. This new discipline moves nature beyond a formal imitation and explores ways to behave like nature. The main purpose of biomimicry is to understand the complexity and efficiency of natural ecosystems, to develop sustainable technologies by using this understanding and to use natural resources more effectively. Biomimicry is an integral part of sustainability and offers solutions compatible with nature by integrating their balance into human-made systems. The biomimicry approach, shaped by the idea that solutions to a correctly defined problem can be sought in nature, has potential in the field of architecture as well as in many design fields. With the use of the biomimicry approach in architectural designs, thanks to its problem-solving feature found in nature, to natural environment and design problems, facades with parametric, kinetic, algorithmic designs can be created that help save energy and provide physical environmental control by using natural resources such as wind and daylight. These developments, resulting from the combination of architecture, biology and technology, have the potential to lead to major changes in human life in the future. Biologists, architects and engineers who are aware of the importance of the interdisciplinary environment carry out studies in this field and produce theories and discourses that lead to paradigm change. Visual comfort, which is one of the comfort types, is the main determinant of lighting requirements. It has been found that people perceive a wider range of illumination values when the light source is natural rather than artificial. But, uncontrolled daylight brings visual and thermal problems that can lead to negative interactions with user comfort, productivity and human health. Places such as offices and libraries, where reading, writing, working and computer activities are carried out, need to be well designed in terms of daylight performance in order to increase user satisfaction. It can be said that daylight lighting strategies in building design were generally not taken into consideration sufficiently in the early stages of design until the middle of this century, with the widespread use of fluorescent lighting and mechanical ventilation. However, today, as the concept of sustainability has been examined in the literature and has found a place in all areas of life, daylight has become more important in architectural

designs, and design examples aimed at providing daylight control have become common. As in the field of design, there is a need for a comprehensive reference in the construction industry that identifies new and innovative technologies for daylighting in buildings and evaluates the performance of these systems. The search for new approaches and technologies for daylight control in both the design and construction sectors shows the importance of daylight control and illumination with daylight. Considering daylight, one of the most important components of the natural environment, together with the biomimicry approach, which can be defined as being inspired by nature in designs, and using biomimicry to provide daylight control is in line with the nature of the approach and solution principles from nature can be applied to daylight control, which may be a design problem, and daylight control can be achieved. For this reason, in the thesis, biomimetic facade proposals will be made in the virtual office structure in Istanbul, Antalya and Erzurum, the effects of these facades on daylight control will be measured and the effects of daylight control on the design of biomimetic facades will be observed. In the study, the performance of using physical environmental elements in biomimetic facades, in this context, the control of daylight, which is one of the physical environmental elements, and the changeability of biomimetic facades according to the physical environment will be analyzed. The aim of the study is to demonstrate the possibility of flexibly changing biomimetic facades in the context of biomimetic approach types, levels and sub-levels to ensure visual comfort, which is one of the comfort conditions, and to measure the success of biomimetic facades in providing daylight control. In the study, a model with four main steps is proposed. According to the model, in the first part, information will be given about the biomimicry approach, in the second part, biomimicry levels and approaches will be explained, and in the third part, the biomimetic façade will be designed in the context of daylight control parameters. In the fourth part, the daylight performance of the designed facade will be measured with simulation programs; Then, optimization will be achieved, if not achieved, biomimetic facade design parameters will be reviewed in the context of daylight control, the effects of these design parameters on daylight control will be observed and a second facade design proposal will be made. After the second suggestion, the optimization phase will be started again and the analysis results will be evaluated. The thesis work will proceed according to the proposed model.

Keywords: Biomimicry, biomimetic facade, daylight control, visual comfort

1. GİRİŞ

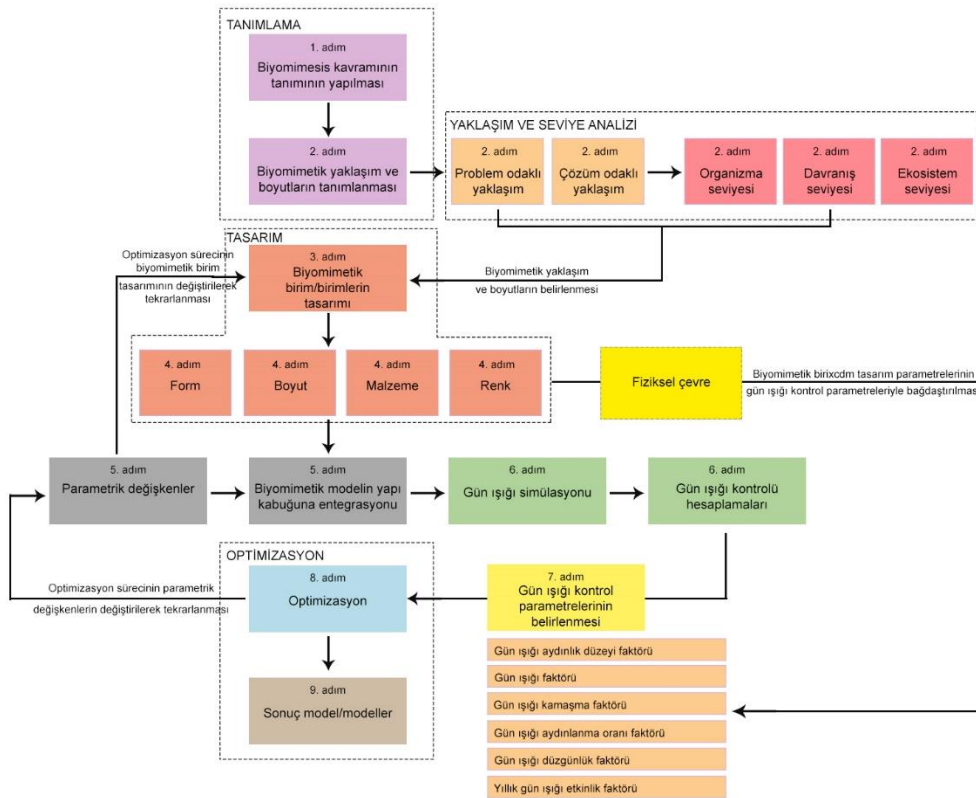
İnsanoğlu var olduğu andan itibaren doğayı rehber edinmiş, bazen gözlemleyerek, bazen de taklit ederek karmaşık formlar ve fonksiyonel çözümler üretmiştir. 18. yüzyılda dünyada değişen ve gelişen sosyal, teknolojik ve ekonomik koşullar Sanayi Devrimi ile birlikte yeni şehirlerin kurulmasına, farklı iş imkanlarının ortaya çıkmasına ve bilimsel gelişmelere yol açmıştır. Astronomi, fizik, kimya, matematik, mühendislik ve biyoloji gibi bilimlerdeki gelişmelerin etkileri mimarlıkta da hissedilmiştir. Bu dönemde mimarinin temelini doğada olduğu savunulmuş, doğaya yönelik ve doğadan ilham alma genellikle yapı ve biçim doğrultusunda gerçekleşmiştir (Şimşek, 2020). Günümüzde ise teknolojinin gelişimi, tasarımcılara, mühendislere ve bilim insanlarına problemlerini çözme konusunda çeşitli imkanlar sunmuştur. Bu gelişim aynı zamanda insanoğlunun çevreye, doğaya, nesneye farklı bakış açıları geliştirmesini sağlamıştır. Mimarlığın doğa ile ilişkisi tekrar gözden geçirilmiştir. Bunun sonucunda mimarlık alanında sürdürülebilirlik ile doğadan doğrudan ya da dolaylı olarak ilham alma sürecini tanımlayan biyomimikri kavramından bahsedilmeye başlanmıştır. Rousseau (1762), “Ne zaman değerlerimizi yok etsek, doğaya dönmeye meylederiz.” demiştir. Biyomimikri de doğal çevre sorunlarına yeni tasarım fikirleri ile doğa odaklı çözümler bulma arayışıyla yaygınlaşmıştır. Biyomimikri yaklaşımına göre, mimarlıkta yeni tasarım fikirleri oluşturabilmek için canlıların biçimlerinin, davranışlarının ve oluşumlarının incelenip elde edilen verilerin yapılara aktarılması gerekmektedir. Bununla birlikte canlıların biçimsel, davranışsal ve ekosistem özelliklerinin arkasındaki nedenleri sorgulamak, tasarım ve doğal çevre problemlerine bulunan çözümlerin işlevsel olmasını sağlayacaktır.

Gün ışığı, doğal çevre elemanlarından biridir. Doğadan ilham almayı ifade eden biyomimikri yaklaşımı incelenirken, gün ışığını konu dışında bırakmak olanaksızdır. Mimarlıkta gün ışığının bir tasarım öğesi olarak kullanımı ve mekana alınması algısal düzeyde, görsel konfor düzeyinde ve sürdürülebilirlik düzeyinde irdelenebilir. Algısal olarak kullanımı modern mimarlıkta Le Corbusier, Louis Khan, Tadao Ando gibi mimarların tasarımlarında görülebilmektedir. Bu tasarımlarda gün ışığı bir tasarım

ögesi olarak gerek mekan oluşturmada, gerekse ışık oyunları ile kullanıcının algısını şekillendirmede aktif bir şekilde kullanılmıştır. Gün ışığı, görsel konfor düzeyinde ise yapı fiziği ve kullanıcıların mekanı fonksiyona göre verimli kullanabilmelerini sağlayacak optimum koşulların sağlanması bağlamında incelenmektedir. Sürdürülebilirlik düzeyinde ise doğal çevre elemanlarından olan gün ışığının kullanılarak aşırı enerji kullanımının indirgenmesine odaklanılmaktadır. Aşırı enerji ve kaynak kullanımı çevre konulu tehditlerin önemli sebeplerindendir. Günümüzde büyük bir sorun haline gelen enerji kullanımı çeşitli alanlarda tasarım sürecinde farklı parametrelerin tasarımlara dahil edilmesini gerekli kılmıştır. Mimarlık alanında gün ışığı tasarımlara dahil edilmiş, ısınma ve aydınlatma için kullanılan enerji miktarında azalma amaçlanmıştır. Gün ışığı, insan sağlığını ve eylemlerini destekleyici dinamik mekanlar oluşturmakla beraber yapıların enerji ihtiyacını azaltmaktadır. Yapay aydınlatma sistemlerine gün ışığının etkin kullanımıyla daha kısa süreli ihtiyaç duyulduğundan enerji tüketimi azalmış olmaktadır. Ayrıca yapının içinde dağılan gün ışığı, doğal bir ısı kazancı sağladığı için mekanik ısıtma sistemlerine harcanan enerji de azalmaktadır. Yapılarda gün ışığı ile ilk temas eden katmanın yapı kabuğu olması, yapı kabuğu tasarımında gün ışığı kontrol parametrelerinin gözetilmesini gerekli kılmaktadır. Tasarım sorunlarına doğadan ilham alınarak çözüm bulunulmasını ifade eden biyomimikri yaklaşımı ile doğal çevre bileşenlerinin temeli olan gün ışığının birlikte kullanımı fikri bir tesadüf değildir. Gün ışığının mekana alınmasında belirli parametreler etkilidir. Bu parametrelere uyulmadığında ise mekan aşırı ya da düşük seviyede aydınlanıp optimum konfor koşullarını sağlamayabilir. Bu bağlamda, gün ışığının mekana alınırken kontrol edilmesi bir tasarım problemi ise bu tasarım problemine, gün ışığı da doğal bir öge olduğundan, biyomimikri yaklaşımı ile çözüm bulunabilir. Buna göre, doğal bir ögenin kontrolü için, doğal çevreden ilham alınarak belirlenen bir çözüm uygulanabilir. Doğadan ilham alan biyomimikri yaklaşımı ile gün ışığının beraber kullanılması ve biyometrik yapı kabuğu tasarımında gün ışığının bu bağlamda kontrolünün sağlanması günümüzde enerji kullanımı sorununa doğa yoluyla çözüm üretecektir. Bu tasarım yaklaşımı günümüz bilgisayarlı tasarım yöntemleri ve uygun parametrelerle birlikte ele alındığında doğa dostu, sürdürülebilir yapı örnekleri artacaktır.

1.1 Çalışmanın Amacı, Kapsamı ve Yöntemi

Çalışmanın amacı biyomimikri yaklaşımının temellerini açıklamak, geçmişte ve günümüzde üretim ve tasarım alanlarında doğal çevrenin kullanımını incelemek, mimari tasarımlarda doğadan ilham alma sürecinin kullanım amacını analiz etmek; bu bağlamda mimarlıkta biyomimikri ve gün ışığı kullanımını birlikte inceleyerek, tasarımda gün ışığı kontrolüne biyometrik çözümler geliştirip, bu biyometrik çözümlerin gün ışığına göre esnek biçimde değişikliğe uğrama durumunu analiz etmektir. Tezin işleyişi için bir model önerilmiştir. Önerilen model tanımlama, yaklaşım ve seviye analizi, tasarım, entegrasyon ve optimizasyon olmak üzere beş bölümden oluşmaktadır. Bu model sadece tezde ele alınan konu için değil, tasarım, simülasyon ve optimizasyon gerektiren bütün konular için kullanılabilir. Örneğin depreme dayanıklı yapı tasarımında biyometrik bir öneri için de bu modelden faydalanılabilir ve çalışma adımlarının birbirleri ile ilişkisi açıklanabilir.



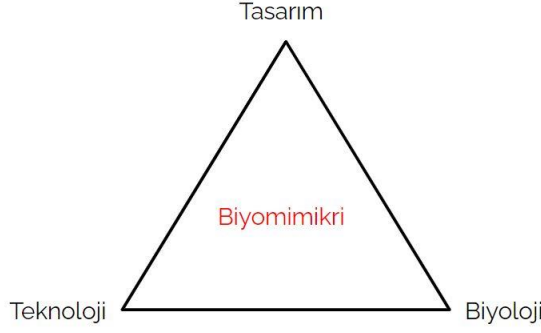
Şekil 1.1 Çalışmanın metodolojisi (Yazarın arşivinden alınmıştır.)

İlk bölümde biyomimikri kavramı, biyometrik yaklaşım ve seviyeler tanımlandıktan sonra, kavramın mimari tasarımda kullanımı irdelenecektir. Çalışmanın ikinci bölümünde biyometrik yaklaşım ve seviye analizi yapılacak; bu kapsamda tasarımı

etkileyen biyoloji yaklaşımı ve biyolojiden etkilenen tasarım yaklaşımı tanımlanmakla birlikte, organizma seviyesi, davranış seviyesi ve ekosistem seviyesi detaylıca açıklanacaktır. Biyomimikri kavramı irdelendikten sonra, çalışmanın üçüncü bölümünde tasarıma geçilecektir. Bu bölümün ilk adımında 3 boyutlu modelleme ve algoritma programları kullanılarak biyomimetik cephe birimleri tasarlanacak, biyomimetik birim tasarım parametreleri gün ışığı kontrol parametreleri bağlamında irdelenecektir. Dördüncü bölümde tasarlanan biyomimetik birimler yapı cephesine entegre edilecektir. Çalışmanın son adımında ise oluşturulan biyomimetik cephe gün ışığı simülasyon programında incelenecek, optimize edilecektir. Çalışmada literatür taraması ve karşılaştırma yöntemleri ile üç boyutlu modelleme ve simülasyon programlarının verileri kullanılmıştır. Çalışmanın tasarım bölümünde üç boyutlu algoritmik modelleme programlarından, optimizasyon bölümünde ise simülasyon programlarından faydalanılacaktır.

2. BİYOMİMİKRI KAVRAMI

İnsanoğlunun gezegende sebep olduğu tahribat her geçen gün daha büyük bir sorun haline gelmektedir. Kontrolsüz kaynak ve enerji kullanımı ile çevre kirliliği bu kapsamda tartışılan en önemli konuların başında gelmektedir. Dünyanın karşı karşıya olduğu bu sorunların basite indirgenmesi doğru olmamakla birlikte, insanoğlunun temas halinde olduğu pek çok alanla ilgilidir. Bu alanlardan biri de mimarlıktır. Mimaride geçmişten günümüze farklı tasarım fikirleri ortaya çıkmıştır. Her dönemde, içinde bulunduğu dönemin koşullarını, sorunlarını yeniliklerini, toplumsal dinamiklerini yansıtan akımlar görülmüştür. Günümüzde ise doğal çevre konulu sorunlar sebebiyle doğa odaklı tasarımlara yönelim olmuştur. Bu bağlamda, sürdürülebilirlik kavramı ile birlikte teknoloji, biyoloji bilimi ile mimarlık disiplini arasında bilgi ve yöntemlerin aktarılmasıyla ortaya çıkan biyomimikri yaklaşımı önem kazanmıştır.



Şekil 2.1 Biyomimikri üçgeni (Yazarın arşivinden alınmıştır.)

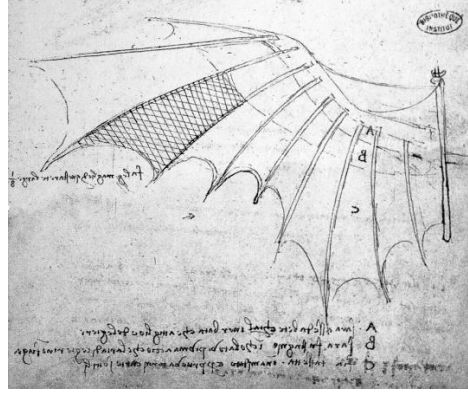
Biyomimikri yaklaşımı kapsamında yenilikçi üretim/tasarım yöntemlerinin denendiği ve yeni nesil malzeme kullanımı ile çevre koşullarına duyarlı bina kabuğu veya benzeri tektoniğin araştırıldığı görülmektedir (Mutlu Avinç ve Arslan Selçuk, 2019). Mimarlık, insanın doğaya verdiği zararın çözümünü doğada aramakta ve bu arayış biyomimikri yaklaşımı ve teknolojisinin kullanımı ile desteklenmektedir. Biyomimikri yaklaşımının sadece doğayı kopyalama eylemi olduğunu düşünmek yaygındır. Ancak bu yaklaşım, orijinalin yeniden yapılandırıldığı özlü ve yaratıcı bir süreci içermektedir. Biyomimikri yaklaşımı, tasarım problemini özgün bir tasarımla sonuçlandıran bir çözümdür. Yaklaşımın mantığını aktarmak, kavramın doğru anlaşılmasını sağlayacaktır. Bu bağlamda biyomimikri yaklaşımının temelleri detaylıca açıklanmalı, geçmişte ve günümüzde üretim ve tasarım alanlarında doğal çevrenin kullanımını incelenmeli, mimari tasarımlarda doğadan ilham alma sürecinin kullanım amacını analiz edilmelidir.

2.1 Biyomimikri Kavramının Tanımı, Ortaya Çıkışı ve Gelişimi

Ekosistem döngüsündeki organizmalar ile mimari tasarımlar arasında fonksiyonellik ve ihtiyaçlara cevap verme açısından büyük benzerlikler vardır. Doğa, en uygun çözümleri ve performans kriterlerini içeren bir ilham kaynağı olduğu için, insanoğlu tarih boyunca doğayı taklit ederek ve/veya yorumlayarak çözümler elde etmiştir. Sanayi devrimi ile insanoğlu ilham kaynağı olarak gördüğü doğayı gözlemlemek ve anlamak için yeni teknolojilerin sunduğu imkanları kullanmaya başlamıştır. 50'li yıllara gelindiğinde ise doğayı taklit etmenin ötesinde, en iyi fikirlerinden öğrenme/uyum sağlama/uygulama olarak nitelendirilebilecek yeni bir bilim dalı ortaya

çıkılmıştır. Biyomimikri, biyolojide tasarımın temeli olarak görülen "taklit etme stratejileri" gibi genel bir yaklaşımla literatüre girmiş ve daha sürdürülebilir tasarımlar yaratmak için doğal formların ve süreçlerin nasıl çalıştığını öğrenerek insanlığın tasarım problemlerine çözümler sunan bir bilim alanına dönüşmüştür (Zari, 2007).

"Biyomimikri" terimi 1982'de Otto Schmitt tarafından dünyaya tanıtılmıştır ve 1997'de Janine Benyus tarafından yeniden keşfedilmiştir (Othmani, vd., 2022). Biyomimikri ve biyomimesis, bazı kaynaklar tarafından eşanlamlı kabul edilse de diğerleri tarafından küçük farklılıklarla ayrılmaktadır. Benyus (1998), biyomimikri kavramını "insan problemlerini çözmek için doğanın en iyi fikirlerini inceleyen, tasarımlarını ve yöntemlerini taklit eden yeni bir disiplin" olarak tanımlamıştır. Öte yandan, biyomimikri için Gruber (2011), "Mimari problemler için yenilikçi potansiyele sahip biyoloji ve mimarlık disiplinlerinin birlikte çalışmasıdır" demiştir. Bu tanımlar incelendiğinde biyomimikrinin tasarımda doğayı taklit etme süreci olduğu sonucuna varılabilir (Fedakar ve Yamaçlı, 2022). Literatürde biyomimetik olarak aktarılan kavram ise, biyomimikri veya biyomimesis adının sıfat hali olup, biyomimesis yaklaşımının uygulandığı ürünleri/tasarımları açıklamaktadır. Biyomimikri, binlerce yıl öncesine dayanan bir kavram olmasına rağmen modern bir bilimsel disiplin olarak ortaya çıkışı henüz yenidir. Biyomimikri kavramının tarihinde bazı önemli dönemler bulunmaktadır. Antik çağlarda eski uygarlıklar doğadaki organizmalardan ve doğal olaylardan esinlenerek birçok tasarım yaratmışlardır. Örneğin eski Mısırlı mimarlar, Nil Nehri'ndeki taşkın seviyelerini kontrol altına almak için sulama kanalları ve barajlar inşa ederken doğadan ilham almışlardır. Antik Yunanlılar kuş uçuş prensiplerinden esinlenerek insansız hava araçları tasarlamışlardır. Orta çağda doğadan ilham alan tasarım akımı devam etmiştir. Özellikle Arap matematikçiler ve mühendisler doğadan esinlenerek astronomi ve matematik alanında önemli keşiflere imza atmışlardır. Rönesans'ta ise doğa bilimlerine olan ilgi artmış, doğadan ilham alan sanat ve tasarım eserleri ortaya çıkmıştır. Leonardo da Vinci kuşları inceleyerek uçak tasarımına dair önemli notlar tutmuştur (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Leonardo Da Vinci'nin uçak tasarımının kanat kısmı (Zöllner, 2016)

18. ve 19.yy'da tren ve gemilerin tasarımında balık morfolojisinden esinlenilmiştir. Ancak bu dönemde bu tür tasarımlar genellikle sadece deneysel olmakla yetinmiştir ve biyomimikri sistematik bir bilimsel disiplin olarak henüz günümüzdeki kadar gelişmemiştir. 20.yy'da ise biyomimikri kavramı Janine Benyus öncülüğünde daha belirgin bir şekilde ortaya çıkmaya başlamıştır. Biyolog Janine Benyus'un, 1997 yılında "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature" adlı kitabının yayınlanması, biyomimikriyi popüler hale getirmiştir. Janine Benyus ve diğer bilim insanları, biyomimikri fikir ve kavramlarını paylaşmak ve disiplinler arası araştırmacıları, bilim adamlarını, sanatçıları, mühendisleri, iş liderlerini ve paydaşları birbirine bağlamak amacıyla çeşitli çalışmalar yürütüp biyomimikrinin bilimsel bir disiplin olma sürecine katkıda bulunmuşlardır (Ersanlı ve Ersanlı, 2023).

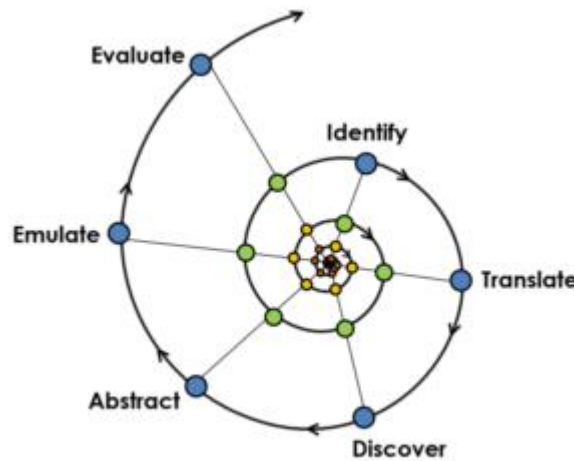
2.2 Mimesis, Taklit ve Kopya Kavramları

Biyomimikriden bahsederken mimikri veya mimesis kavramlarının tanımları da incelenmelidir. Bu iki terim tabiat olgusu olmakla birlikte taklit, kopya ve pastişten ayırt edilmelidir. Taklit, keşfedici ve yaratıcı bir süreçtir ve orijinal bir modelden yeni bir şey yaratmaya, orijinali yeniden yaratmaya dayanır. Kopya, var olanın yeniden üretilmesidir. Taklit, madde ve biçimle ilgiliyken, kopya yalnızca görünüşle ilgilidir. Pastiche ise kısmi ve eksik bir kopyadır. Doğanın düzeni arketip ve ideali oluşturur. Doğa, taklitin özünde ve başlangıcındadır. İnsanın doğayı algılaması onu farklı boyutlarda taklit etmesine yol açar (Yürekli ve Yürekli, 2004). Ancak biyomimikri, sadece doğada var olan bir nesnenin veya sistemin taklit edilerek aynı şekilde üretildiği çevresel ve sürdürülebilir bir tasarım yaklaşımı değildir. Bu disiplin, bir organizmanın veya ekosistemin yakından incelenmesi ve daha sonra bu bilgilerin tasarım ilkeleri ile

bütünleştirilerek mantıksal ve bilimsel bir şekilde uyarlanmasıdır (Abbaskılı, 2019). Doğal çevrenin ve organizmanın incelenmesi sonucu elde edilen veriler, bir tasarım problemine çözüm olamadığı takdirde, biyomimikri yaklaşım temelini sağlamamakta ve amacını gerçekleştirememektedir.

3. TASARIM DİSİPLİNLERİNDE BİYOMİMİKİRİ

Bir tasarım sürecini takip etmek, bir tasarım sorununu çözmeye çalışırken son derece yararlıdır. Biyomimikri yaklaşımında da tasarımlara entegre edilme amacıyla belirli bir stratejisi izlenmektedir. Bu strateji “biyomimikri tasarım spirali” ile açıklanmaktadır (Şekil 3.1). BTS, çözüm oluşturmak için doğayı bir rehber olarak kullanan bir tasarım sürecinin temel unsurlarının kısa ve öz bir tanımını sağlamaktadır. Bir tasarım ekibinin, bir tasarım sorununa biyomimetik çözümler ararken atması gereken en önemli altı adımı ifade etmektedir. BTS, başarılı biyomimetik tasarımlar için kritik olan adımları öğrenmeye yarayan bir araçtır. Amaç, belirli bir problemi çözmek ise veya bir tasarım fırsatını görüldüğünde ilham almak için biyolojik modeller kullanılacak ise bu spiralden faydalanılabilir (Biomimicry Institute, 2017).



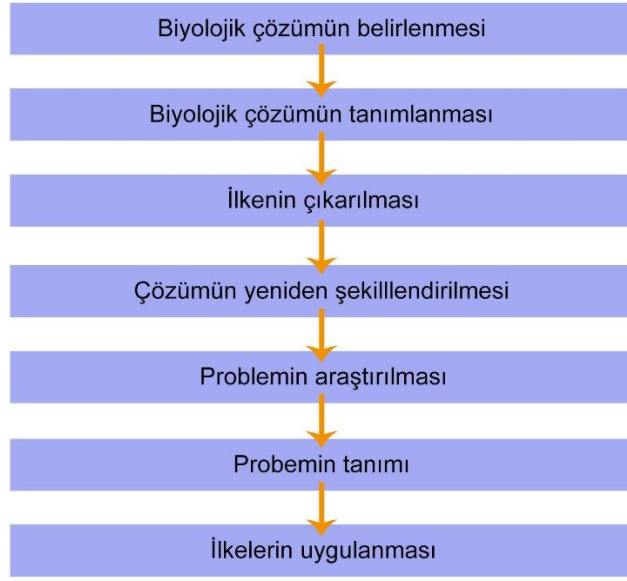
Şekil 3.1 Biyomimikri tasarım spirali (DeLuca, 2016)

BTS’de adımlar bir başlangıç noktası belirlenerek sırayla açıklanmıştır. İlk adım olan “tanımlama”da tasarımın sahip olması gereken özellikler ve fonksiyonlar tanımlanmaktadır. “Biyolojikleştirme (çeviri)” adımıda tasarım problemi çözümünün ele alması gereken temel işlevler belirlenip biyolojik terimlerle yeniden ifade edilmektedir. “Keşfetme” adımıda tasarım problemi çözümüyle aynı işlevleri ve bağlamı ele alması gereken doğal modeller (organizmalar ve ekosistemler) aranmakta ve bu çözümlerin ve tasarımın işlemlerini destekleyen biyolojik stratejileri belirlenmektedir. “Soyutlama” adımıda biyolojik stratejileri başarılı kılan temel özellikleri veya mekanizmaların kavranabilmesi için çizimler kullanılmaktadır. “Benzetme” adımıda bulunan biyolojik stratejiler arasındaki ilişkiler aranmakta ve bu stratejilere uygun tasarım konseptleri oluşturulmaktadır. Son adım olan “değerlendirme” adımıda ise tasarım konsepti/konseptleri, tasarım kriterlerini ve kısıtlamalarını ne kadar iyi karşıladıkları açısından değerlendirilmektedir. Bunun için teknik ve iş modeli fizibilitesini göz önünde bulundurulmaktadır. Uygulanabilir bir çözüm üretmek için önceki adımlar, gerekiyor ise iyileştirilip yeniden gözden geçirilmektedir. Biyomimetik tasarım yaklaşımı birçok tasarım disiplinde kullanılmaktadır. Örneğin Daimler’in Ar-Ge ekibi tarafından geliştirilen biyonomik araç konseptinde, ostracion kübikus balığı incelenmiş ve arabanın minimum enerji ile hareket edebilmesi için çözümler üretilmiştir. Bir başka önemli örnek de nilüfer yaprağının morfolojik yapısından ilham alınarak bina cephelerinde kendi kendini temizleyen boya tekniğinin keşfedilmesidir (Abbaslı, 2019). Aerodinamik tasarımlarda da biyomimikri örnekleri görülmektedir. Doğadaki kuşların, böceklerin ve deniz canlılarının, uçuş ve yüzme için mükemmel aerodinamik özelliklere sahip olması; bu organizmalardan ilham alınarak uçak, drone, denizaltı gibi araçların aerodinamik tasarımları geliştirilmesini sağlamıştır. Örneğin kuşların kanat yapısı uçak kanatlarının tasarımını etkilemiştir. Yenilenebilir enerji üretim araçlarından olan rüzgar türbinlerinde kuşların kanatlarından esinlenilmiştir (Ersanlı ve Ersanlı, 2023). İnsanlara ormancılık faaliyetlerinde yardımcı olmak için tasarlanan ağaç robotu Treebot’ta ise solucanlardan ilham alınmıştır. Robot, tıpkı solucanlar gibi bir ağaç gövdesinde yolunu bulmak için dokunsal sensörler kullanmakta ve en iyi performans için nereye kavraması gerektiğini belirlemek üzere etrafı yoklamaktadır. Moda tasarımlarından ise örnek olarak tasarımcı Mariek Ratsma’nın, optimum verimlilik, güç ve zarafet için kuş kafatasının şeklinden ilham alarak tasarladığı hafif ve heykelsi biyomimikri ayakkabısı verilebilir (Singh, 2020). Mimarlıkta ise sürdürülebilir

yapıların tasarımlarında biyomimikriden yararlanılmıştır. Canlıların hayatta kalmak için geliştirdikleri davranışlardan, fizyolojik özelliklerinden, hücre yapılarından vs. ilham alınarak bu özellikler yapılara aktarılmıştır. Biyosistem çevresel değişikliklere doğal olarak uyum sağlamaktadır ve tasarımcılar doğanın bu uyarlanabilirliğini taklit ederek son derece dayanıklı ve çevresel açıdan sürdürülebilir yapılı çevreler yaratmanın yollarını bulmaktadırlar. Mevcut birçok sürdürülebilir tasarımın aksine biyomimikri, olumsuzlukları hafifletmek yerine olumluları optimize etmeye dayanan yeni bir modele işaret etmektedir. Biyomimikrinin yarattığı olanaklar, yeni yapı malzemeleri ve inşaat tekniklerinin gelişmesiyle giderek daha somut hale gelmektedir. Ek olarak, kompozit malzemelerin dijital üretimi ve 3 boyutlu baskı teknolojisi ile tasarım yazılımlarındaki gelişmeler, biyomimetik tasarımların mimariye daha kolay aktarılmasını sağlamıştır (Sun, 2024).

3.1 Biyomimetik Tasarım Yaklaşımları

Biyomimikri yaklaşımında biyolojik analogilerden araştırmalar yapılmakta, incelenen örneklerden uygun ilkeler belirlenmekte, biyolojik örneklerden uygun ilkelerle soyutlama yapılır, belirlenen yöntem test ve analiz edilmekte; böylece biyomimetik tasarım ürününe ulaşılmaktadır (Yazıcıoğlu & Selçuk, 2019). Literatürde biyomimetik tasarım alanında temelde iki farklı yaklaşım bulunmaktadır. Bunlardan ilki, tasarımı etkileyen biyoloji yaklaşımıdır (Şekil 3.2). Bu yaklaşım biyolojiden tasarıma yaklaşımı ve çözüm odaklı yaklaşım olarak da bilinmektedir. Yaklaşımında, doğal çevrenin ya da bir organizmanın eylemlerinden biyolojik çözüm belirlenir ve belirlenen çözümden bir ilke türetilir. Herhangi bir tasarım disiplinindeki problemler araştırılır ve tanımlanır. Daha sonra bu ilkenin tasarım problemine nasıl uyarlanacağı belirlenir (Avinç ve Selçuk, 2019). Son adımda ise biyolojik sistemlere dayalı ilkeler tasarım problemine uygulanır. Biyolojiden tasarıma yaklaşımında öncelikle biyolojik bir sistemde belirlenen çözümler teknolojiye uyarlanır. İlke veya ilkeler uyarlanmış çözümlerden oluşturulur.



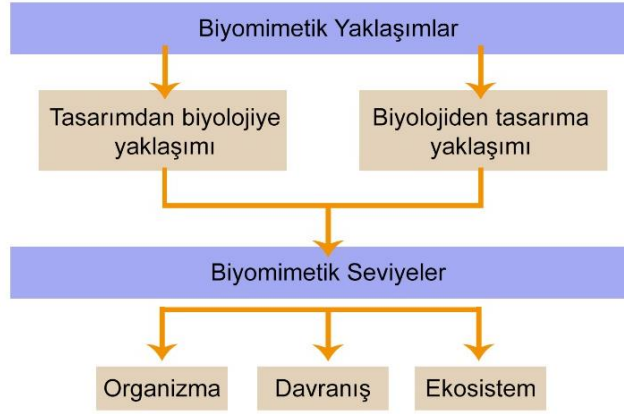
Şekil 3.2 Biyolojiden tasarıma yaklaşımının adımları (Yazarın arşivinden alınmıştır.)

İkinci yaklaşım tasarımdan biyolojiye yaklaşımdır (Şekil 3.3). Bu yaklaşım literatürde problem odaklı tasarım yaklaşımı, biyolojiye bakan tasarım, yukarıdan aşağıya yaklaşım ve problem odaklı biyolojiden ilham alan tasarım gibi aynı anlama gelen farklı terimlerle anılır. Bu yaklaşımda süreç problemin tanımlanması ile başlar. Problem tanımlandıktan sonra doğada var olan çözümler araştırılır ve tanımlanır. Çözüm ve problem birlikte analiz edilir, ilkeler belirlenir ve tasarıma uygulanır. Biyomimetik çözümlere ancak biyolog veya ekolojistlerle disiplinler arası çalışmadan ve derinlemesine bir bilimsel önsezi olmadan ulaşılabileceği savunulmuştur. Ancak bu yaklaşımda biyolojik bilgilerin teknik analizi yüzeysel bilimsel anlayış nedeniyle sınırlıdır. Yaklaşımın avantajı ise biyolojinin insanları önceden belirlenmiş bir tasarım sorununun dışında olabilecek şekillerde etkileyebilmesi ve bunun sonucunda daha önce düşünülmemiş teknolojiler veya sistemler ve hatta tasarım çözümlerine yönelik yaklaşımlar ortaya çıkabilmesidir. İnsanların tasarım yapma biçiminde ve bir soruna çözüm olarak odaklanılanlarda gerçek değişim potansiyeli, biyolojiden tasarıma yaklaşımıyla mümkündür (Vincent vd, 2005).



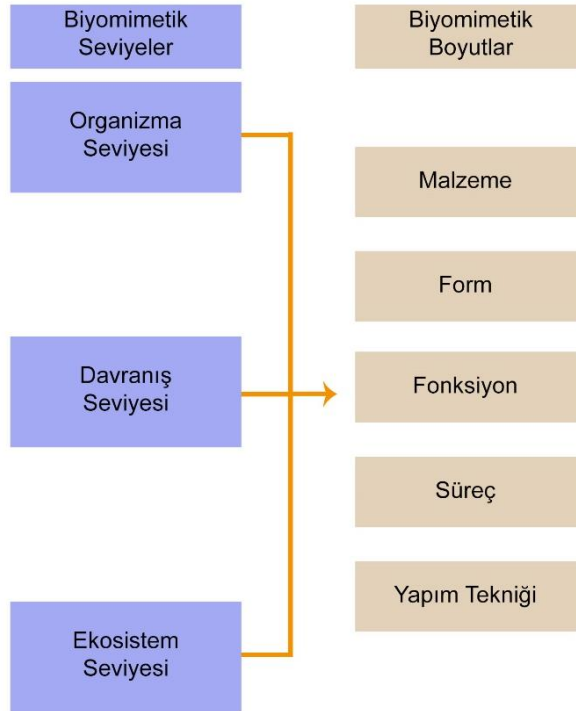
Şekil 3.3 Tasarımdan biyolojiye yaklaşımının adımları (Yazarın arşivinden alınmıştır.)

Biyolojiden tasarıma ve tasarımdan biyolojiye yaklaşımında tasarım problemine uygulanabilecek organizma, davranış ve ekosistem olmak üzere üç biyomimetik seviye vardır (Şekil 3.4). Organizma seviyesi, bir bitki veya hayvan gibi bir organizmanın fiziksel özelliklerinin tamamını veya belirli bir kısmını taklit etmeyi ifade etmektedir. Bir tasarım, doğal çevreye ait herhangi bir varlık tarafından organizma seviyesinde ilham aldığı anda, tasarımın formu, ilham alan organizmanın fiziksel özelliklerini yansıtmaktadır. Örneğin organizma seviyesinde bir salyangozdan esinlenildiğinde tasarımın formu bir salyangozu andırmaktadır. İkinci seviye, davranışı ifade etmekte ve organizmanın bütünsel davranışının belirli/sınırlı veya daha geniş bir bağlamda aktarılmasını içermektedir. Tasarım davranışsal düzeyde ilham aldığı anda, tasarım ilham alan organizmanın davranışını taklit etmektedir. Örneğin davranışsal seviyede tasarımında ayçiçeğinden esinlenilen bir binanın cephesi, güneş ışığıyla birlikte hareket eden kinetik parçalara sahip olabilir. Üçüncü seviye ise ekosistemin tamamının taklit edilmesi anlamına gelmektedir ve bu, ekosistemin genel ilkelerinin tasarıma aktarılmasını içermektedir.



Şekil 3.4 Biyomimetik seviyeler (Yazarın arşivinden alınmıştır.)

Doğadan ilham alma seviyesi fark etmeksizin, tüm seviyeler malzeme, form, işlev, süreç ve yapım tekniği olmak üzere beş farklı boyutta doğadan ilham almaktadır (Şekil 3.5). Biçim boyutunda doğadaki varlıkların şekilleri; malzeme boyutunda doğadaki oluşumlarda kullanılan malzemeler; yapım tekniği boyutunda doğadaki yapıların ve sistemlerin oluşumunda izlenen yöntemler; fonksiyon boyutunda, canlıların sergilediği görevler; süreç boyutunda ise doğadaki yapıların ve sistemlerin oluşum aşamalarından ilham alınmaktadır (Zari, 2007).



Şekil 3.5 Biyomimetik seviyeler ve boyutlar (Yazarın arşivinden alınmıştır.)

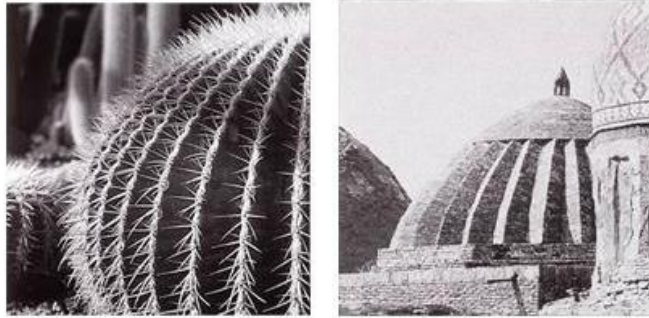
Organizma, davranış ve ekosistem düzeyleri; Zari'nin (2007) çalışmasında termitlerin biyolojik özellikleri, yaşadıkları ekosistemin özellikleri, yuvaları ve yuvalarını yapma tekniklerine göre malzeme, işlev, biçim, süreç ve yapım tekniği boyutları incelenmiştir (Tablo 3.1). Böylece biyomimikri yaklaşımıyla inşa edilebilecek bir binanın hangi biyomimetik düzeyden ve büyüklükten nasıl ilham alınarak biyomimikri bağlamında nasıl incelenebileceği gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Termit örneği ile biyomimesisin tasarıma entegre edilmesi (Zari, 2007).

Biyomimikri Seviyesi	Boyut	Termiti Taklit Eden Örnek Yapı
Organizma	Form	Yapı termit gibi görünür.
	Malzeme	Yapıda termitin derisinin sahip olduğu malzeme kullanılır.
	Yapım	Yapı termitle aynı şekilde yapılır.
	Süreç	Yapı termitle aynı şekilde çalışır; meta-genomik yoluyla hidrojen üretir.
	Fonksiyon	Yapı selüloz atığını geri dönüştürür ve termit gibi toprak yaratır. Termitin gerçekleştirdiği fonksiyonları gerçekleştirir.
Davranış	Form	Yapı termit yuvası gibi görünür.
	Malzeme	Bina, termitlerin yuvalarında kullandığı malzemelerden yapılmıştır.
	Yapım	Yapı, termitin yuvasını inşa ettiği gibi inşa edilir.
	Süreç	Bir termit yuvasıyla aynı şekilde çalışır veya termitlerin birlikte çalışmasını taklit eder.
	Fonksiyon	Yapı, termit veya termit yuvalarına benzer şekilde işlev görür.
Ekosistem	Form	Termitin yaşadığı ekosisteme benzemektedir.
	Malzeme	Termitin yaşadığı ekosistem ile aynı malzemeden oluşur.
	Yapım	Bir termitin ekosistemiyle aynı şekilde bir araya getirilir.
	Süreç	Termitin yaşadığı ekosistem ile aynı şekilde çalışır.
	Fonksiyon	Termit ekosistemiyle aynı şekilde çalışır ve karmaşık bir sistemin parçası olur.

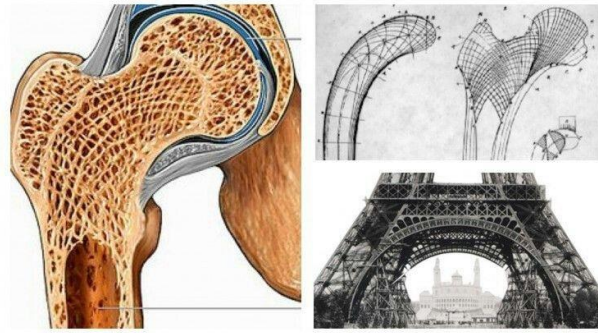
3.2 Mimarlıkta Biyomimikri

Tasarım yaklaşımları geçmişten günümüze zamanın koşullarına, insanların ihtiyaçlarına ve bakış açılarına paralel olarak birçok kez değişmiştir. Ancak doğadan ilham almak insanoğlu için hiçbir zaman yeni ve unutulmuş bir aktivite olmamış, varoluşundan bu yana doğayı hayatına dahil etmiştir. Barınma ihtiyacı, ilk insandan itibaren insanoğlunun en temel ihtiyaçlarından biridir. Korunma ve barınma ihtiyaçları için mağaraları ve ağaç oyuklarını kullanan insanoğlu, barınma ihtiyacını hissederek doğal form ve yapıları inceleyerek barınaklar kurmaya başlamıştır. Bu sayede doğayı taklit eden insanoğlu inşa etme tekniklerini geliştirmiştir. Mimarlar, farklı yapı türleriyle ilgili karmaşık sorularına doğadan yanıtlar aramışlardır. Bu nedenle sorularına cevap bulmak, farklı mimari amaçlara yönelik daha iyi ve daha verimli yapılar oluşturmak için doğadaki birçok formu taklit etmişlerdir (Pathak, 2019). Milattan sonra doğadaki formların mimari oluşumlarda kullanılması, Antik Yunan mimarisinde insan formunun yapı elemanları ve süsleme düzeyinde kullanılmasıyla başlamıştır. Antik Yunan'da oluşumdaki oranlar insan oranına benzediği gözlemlenmiştir. 1436 yılında Filippo Brunelleschi, yumurta kabuklarını inceleyerek Floransa'daki katedralin kubbesini tasarlamıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Tasarımında kaktüsten ilham alınmış bir kubbe (Keskin, 2008)

19. yüzyılda Gaudi ile daha da belirginleşen biyomimikri akımından sonra pek çok mimar basit ve biçimsel anlamda doğadan ilham almıştır. Çünkü insan gözünün aradığı mükemmel oranın zaten doğada saklı olduğu bir gerçektir. 1851 yılında Crystal Palace yapısının taşıyıcı sistemine tasarlayan James Paxton, dev nilüferlerden esinlenmiştir. 19. yüzyılda inşa edilen Eyfel Kulesi'nin tasarımında ise nedeni rüzgardan kaynaklanan bükülme ve kayma etkilerine karşı direnç sağlamak amacıyla femur kemiğinden organizma seviyesinde esinlenilmiştir. Kulenin dışa doğru çıkıntıları uyluk kemiğine benzemektedir (Radwan & Osama, 2016) (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Tasarımında femur kemiğinden ilham alınmış Eyfel Kulesi (Molinari, 2020)

Aynı yüzyılda, Le Corbusier ve Frank Lloyd Wright gibi birçok tasarımcı doğadan ilham almıştır. Frank Lloyd Wright, organik mimariyi tasarımlarına dahil ederken, Le Corbusier biyolojinin "mimarlık ve planlamada yeni ve büyük kelime" olduğunu ifade etmiştir (Radwan & Osama, 2016). 20. yüzyılda ise Sidney Opera Binası'nın tasarımında deniz kabuklarından esinlenerek inşaatın hafifliğini ve yapısal dayanıklılığını sağlamayı amaçlanmıştır. New York'da inşa edilen TWA Terminalinde ise kuşların kanat yapısından ilham alınmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 TWA Terminali (Meyer, 2024)

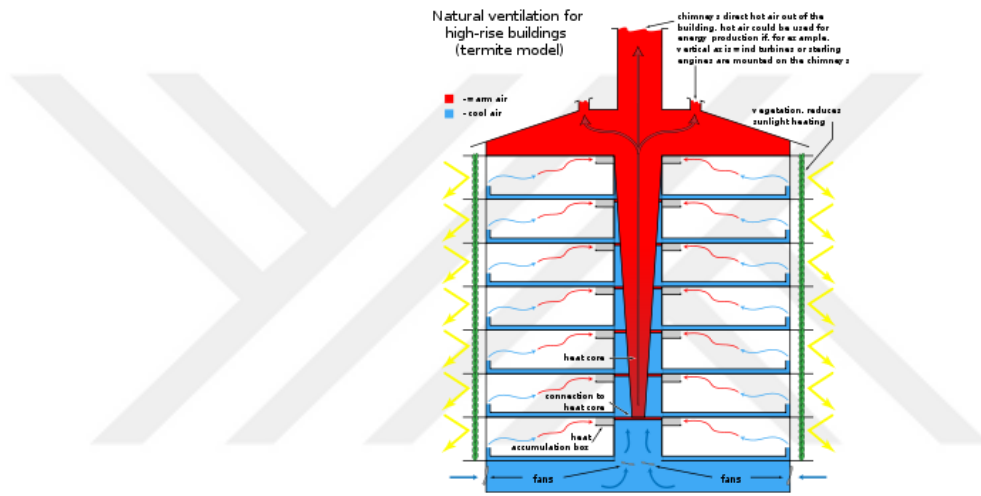
Aynı yüzyılda Guggenheim New York Müzesi'nin tasarımında doğadaki canlılardan organizma düzeyinde esinlenilerek organik bir yapı formu oluşturulmuştur (Sayed vd., 2020). Dünyaca ünlü mimar Santiago Calatrava'nın ise köprü tasarımlarında doğal formlardan ilham aldığı bilinmektedir. Calatrava, "Basit gözlem tüm çalışmalarına rehberlik etti. Formun metamorfozu, büyüme ve hareket etme kapasiteleriyle hayvanlarda ve bitkilerde en iyi şekilde çözülür. Hareket benim için bir ilham kaynağı oldu; rüzgar hareket eder, ağaçlar hareket eder, güneş hareket eder. Katlanabilirlik ve hareketlilik her geçen gün daha çok ilgimi çekiyor." demiştir. Günümüzde ise biyomimikri, geçmişteki amacından farklı olarak, sanayi devrimiyle birlikte büyük bir sorun haline gelen aşırı kaynak kullanımı nedeniyle dünyanın karşılaştığı tehditlere çözüm bulmak amacıyla mimaride kullanılmaktadır. Yaklaşımın mimaride kullanımı kinetik tasarımlar, parametrik tasarımlar ve organik mimari ile birlikte görülmektedir. Mimarlıkta biyomimikri bağlamında en yaygın bilinen örnek Zimbabve'de bulunan Eastgate Ofis Binasıdır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Eastgate Ofis Binası (Lynch, 2020)

Binanın tasarımında termit yuvalarından davranış seviyesinde ilham alınmıştır. Buna göre, yapının havalandırma sistemi termit yuvalarındaki doğal havalandırma prensibi gibi oluşturulmuştur. Termitler yaşadıkları bölgenin iklim özelliklerine göre yuvalarını yapan canlılardır. Yağışlı bölgelerde yaşayan bazı termitler, şiddetli yağışlarda yuva duvarlarının zarar görmesini önleyen, çatısı çıkıntılı mantar benzeri yuvalar yaparlar. Avustralya'da yaşayan termitler ise güneş doğduğunda yuvalarının doğuya bakan kısmının güneş ışınlarıyla ısınmasını sağlamak için yuvalarını düz yaparlar. Baca sistemiyle havalandırılan termit yuvaları da bulunmaktadır. Bu yuvalarda yaşam toprak altındadır; yer üstündeki kısım ise bacalardan oluşmaktadır. Ortamdaki nemli ve CO2 bakımından zengin hava yükselerek bacadan tahliye edilmekte; oluşan hava akışıyla birlikte yer altındaki soğuk hava yarığın altına doğru yükselmektedir (Gould

ve Gould, 2007). Eastgate Ofis Binasının tasarımında aşırı enerji tüketimine çözüm bulmak ve enerji harcanımını indirmek amacıyla baca sistemiyle havalandırılan termit yuvalarından ilham alınmıştır. Yapının bodrum katındaki depo gündüzleri çevre ve insan faaliyetlerinden kaynaklanan ısıyı absorbe etmekte, geceleri ise soğuk hava bodrum katına inerek gündüz emilen sıcak havayı bodrum katından uzaklaştırarak konvektif akışı başlatmaktadır (Şekil 3.10). Ayrıca bu soğuk hava depolanarak ertesi gün delikli zeminler ve süpürgelikler aracılığıyla ofislere dağıtılmaktadır (McKeag, 2008). Yapı, tasarımında kullanılan biyomimikri yaklaşımı sayesinde enerji tasarrufu sağlamış ve doğal soğutma sistemine sahip ilk yapı olmuştur.



Şekil 3.10 Havalandırma prensibi

Singapur'daki Esplanade Tiyatrosunun tasarımında ise durian meyvesinden ilham alınmıştır (Şekil 3.11). Durian meyvesi sert, dikenli dokulu ve fiziksel etkilere karşı oldukça dayanıklı bir kabuğa sahiptir. Binanın tasarımında durian meyvesinin dayanıklı kabuğundan organizma düzeyi ve biçim boyutu bağlamında ilham alınmıştır. Güneşin dik ve etkili olduğu saatlerde bu kısımlar kapatılarak bina içi ısınmanın önüne geçilmiştir. Bu sayede Singapur gibi çok güneş alan bir ülkede bulunan bina, güneş ışığı kontrolünü sağlayarak, soğutma enerjisi maliyetinden kaçınarak aşırı enerji tüketiminin önüne geçip güneşten korunmaktadır (Toruç, 2021).



Şekil 3.11 Esplanade Tiyatro binası (Morin, 2018)

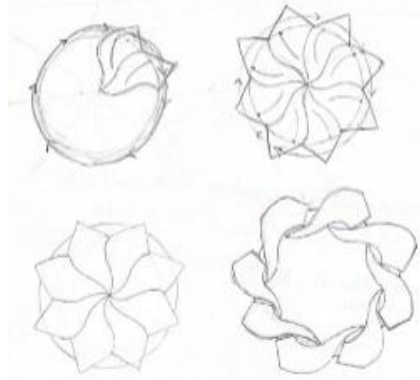
Ayrıca durian meyvesinin sert kabuğu sayesinde fiziksel etkilere karşı kendini koruyabilme özelliği, yapının bulunduğu fiziksel çevreye uyum sağlama ve çevreyi kontrolü ile bağdaştırılabilir. Bu bağlamda meyveden davranış seviyesinde de ilham alındığı söylenebilir. Diğer bir biyomimetik tasarım olan Qizhong Stadyumu dünyanın en ünlü spor komplekslerinden biri olup Şangay’da bulunmaktadır. Şanghay Mimari Tasarım ve Araştırma Enstitüsü tarafından tasarlanmış ve 2005 yılında inşa edilmiştir. Çin’in ulusal çiçeği olarak bilinen şakayık bitkisinden esinlenilerek bitki elemanları hem organizma hem de davranış düzeyinde kullanılmıştır (Zeytün, 2014) (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 Qizhong Stadyumu ve şakayık bitkisi (Asefi, 2012)

Stadyumun tasarımında tasarım sorunu olarak aşırı enerji kullanımı belirlenmiştir. Bu sebeple tasarım kararları enerji kullanımını azaltmaya yönelik alınmıştır. Bu soruna çözüm olarak stadyumun üst örtüsünün tasarımında yaklaşık 61 m uzunluğunda, ve 2 ton ağırlığında olan metal, sekiz parçalı kinetik elemanlar kullanılmıştır (Şekil 3.13). Bu kinetik elemanların açılıp kapanması 8 dakika sürmektedir. Elemanların formu ve

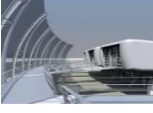
hareket edebilme özelliğinde şakayık bitkisinin yapraklarını güneşe ve rüzgâra göre hareket ettirmesi ilkesinden ilham alınmıştır (Zeytün, 2014).



Şekil 3.13 Üst örtü çizimleri (Cinotti, 2022)

Sürdürülebilirlik bağlamında hareketli saclar incelendiğinde hareketlerinin binada ısıtma ve soğutma için harcanan enerjiyi azaltacak şekilde düzenlendiği görülmektedir. Kinetik metal elemanlar kapandığında yükselen sıcak hava stadyumun içine geri üflenmekte, açıldığında ise dışarıdan gelen soğuk hava kontrol edilerek hava sirkülasyonu sağlanmaktadır (Zeytün, 2014). Bu sayede stadyum yağışlı havalarda ve yazın çok sıcak havalarda fazla enerji tüketmeden kullanılabilir (Çalış, 2012). Matthew Parks tarafından tasarlanan Namibya Üniversitesi Hidroloji Binasında ise sürdürülebilirlik ilkeleri göz önünde bulundurularak biyomimetik bir tasarım yaklaşımı izlenmiştir. Mimar Matthew Parks tasarım sorununa çözüm geliştirmek üzere Afrika'ya gitmiş ve flora ve faunanın çölde nasıl hayatta kalabileceğini araştırmıştır. Araştırmaları sonucunda Atlantik'in soğuk sularının Afrika kıyılarının sıcak topraklarına gelmesiyle oluşan sislerdeki nemi hapsedebilen Namibya çöl böceği hakkında bilgi sahibi olmuştur. Namibya Çölü nadiren yağın yağmurlar nedeniyle oldukça kurak olarak sınıflandırılmaktadır ve nem, çiy, sis gibi çevre koşulları sayesinde organizmalar bu ekosistemde yaşayabilmektedir. Namibya Çölü'nde yaşayan organizmalardan biri olan Namibya çöl böceği, içinde bulunduğu ekosisteme uyum sağlamak için bazı özellikler geliştirmiştir. Namibya çöl böceği, sisin içindeki sudan yararlanmak için sise doğru yönelip rüzgara karşı vücudunu kırk beş derecelik açı yaparak sert kanatlarıyla sis damlacıklarını tutmaktadır. Küçük tepciklerden oluşan sırtı suyu daha etkili bir şekilde yakalamasını sağlamaktadır (Tekin ve Kurugöl, 2011). Mimar, Namibya Üniversitesi Hidroloji Binasının tasarımında, tasarım problemine çözüm olarak Namibya çöl böceğinden organizma ve

Tablo 3.2 Biyomimetik yapı örnekleri ve biyomimetik stratejiler (Yazarın arşivinden alınmıştır.)

Proje Adı	Eastgate Ofis Binası	BIQ Binası	Esplanade Tiyatrosu	Qi Zhong Stadı	Hydrology Binası
Cephe					
Fonksiyon	Ofis	Konut	Kültür merkezi	Spor kompleksi	Üniversite ek binası
İlham Alınan Canlı	Termit	Alg	Durian meyvesi	Şakayık çiçeği	Namibya çöl böceği
Yaklaşım	Çözüm odaklı yaklaşım	Problem odaklı yaklaşım	Problem odaklı yaklaşım	Problem odaklı yaklaşım	Çözüm odaklı yaklaşım
Seviye	Davranış	Organizma	Organizma	Davranış ve organizma	Davranış
Boyut (alt seviye)	Süreç	Fonksiyon	Form	Form	Süreç
Biyomimesisin Yapıya Entegrasyonu	Termit yuvalarından ilham alınarak doğal havalandırma sistemi oluşturulmuştur.	FBR cephe, ışığı emer ve algler tarafından kullanılmayan ısı üreterek enerji toplamaktadır. Bu ısı daha sonra doğrudan sıcak su veya ısıtma için kullanılmaktadır	Durian meyvesinin kabuğundan esinlenilerek güneş dik ve etkili olduğunda cephenin bazı kısımları kapatılarak binanın ısınması engellenmektedir.	Şakayık bitkisinin yapraklarını güneşe ve rüzgara göre hareket ettirmesi prensibi ile binanın çatısındaki plakalar hareket ederek hava sirkülasyonu ve doğal havalandırma sağlanmaktadır.	Yapı, Namibya çöl böceğinden ilham alan bir tasarıma sahip, sisteki sudan yararlanan bir dizi kemerli kabuk ve okyanusa bakan ve döndükçe sisi toplayan bir naylon ağdan oluşmaktadır.

4. MİMARLIKTAKİ GÜN IŞIĞI KULLANIMI

Gün ışığı, ilk mağaralardan itibaren insanların yaşamlarını sürdürebilmelerine olanak sağlamıştır. Ancak konutların daha sofistike hale gelmesiyle gün ışığı mekana açıklıklar ve pencerelerle alınmaya başlanmıştır. Gün ışığı insanların fizyolojik ve psikolojik ihtiyaçlarını karşılayabilmeleri için önemli bir doğal çevre faktörü olmakla birlikte, mimari mekana fiziksel ve sembolik anlamlar kazandıran bir yapı elemanıdır.

Gün ışığı, yüzyıllardır sadece aydınlık mekanlar yaratmak için değil, aynı zamanda davranışsal olarak etkili mekanlar yaratmak için de kullanılmaktadır. Phillips (2004), mimarlık tarihinin, pencerelerin tarihi ve ışığın ve havanın, ısının ve soğğun içeri girmesini sağlayan ilk kaba açıklıklardan itibaren gün ışığının tarihiyle eş anlamlı olduğunu söylemiştir. Daha sonraları ise pencere gün ışığının; ortaçağ katedrallerinin, Barok kiliselerinin veya on sekizinci yüzyılın birçok özel binasının iç mekanlarına girişi için bir araç olmuştur. Mimarlıkta gün ışığı kullanımının tarihi birtakım gelişmelere dayanmaktadır. Gün ışığı, yirminci yüzyılın başlarına kadar her türlü bina için birincil aydınlatma aracı olarak kalmıştır. Ancak elektrik kaynaklarının geliştirilmesindeki verimlilik arttıkça mimari tasarımlarda gün ışığının birincil rolü de sorgulanmaya başlanmıştır. On dokuzuncu yüzyılda özellikle ofislerin hacimsel olarak büyümesi, daha yüksek düzeyde ışık ihtiyacı gerektiren yapılara yol açmıştır ve bu, yapılarda uzun yatay pencerelerin tasarlanmasıyla aşılmıştır (Phillips, 2004). Yeni taşıyıcı sistem çeşitlerinin de mimarlığa aktarılması ile geniş açıklıklı yapıların tasarlanabilmiş ve yapı kabuğunda geniş açıklıkların oluşturulabilmesi mümkün olmuştur. Bu sayede gün ışığı yapıların iç mekanlarına alınabilmiş ve verimli kullanımı sağlanabilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Kristal Saray (Lesso, 2023)

Gün ışığının mimarlıkta kullanımının önemi ile ilgili modern mimarlığın temsilcilerinden Le Corbusier, "Gün ışığını bol kullanıyorum. Benim için ışık mimarinin temelidir. Işıkla beste yapıyorum." demiştir. Louis Khan ise, "... bir oda, doğal ışık almadan bir oda değildir. Doğal ışık, günün saatini ve mevsimlerin ruh halini yansıtır. Bir yapının seçimi, o mekânı simgeleyen ışıkla eş anlamlıdır. Bir binanın planı, mekanların ışıktaki uyumu gibi okunmalıdır" demiştir (Ander, 1995) (Şekil 4.2, şekil 4.3).



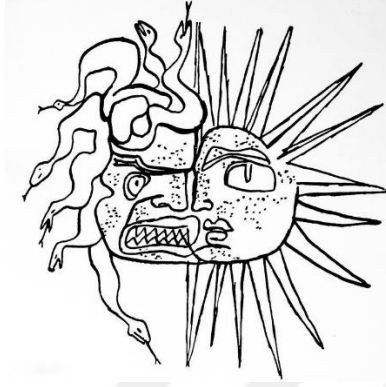
Şekil 4.2 Ronchamp Chapel
(Bianchini, 2023)



Şekil 4.3 Bangladeş Ulusal Meclis Binası
(Souza, 2010)

Ancak, teknolojinin gelişimi sonucunda farklı yapay aydınlatma yöntemlerinin ortaya çıkması, bu yöntemlerin mimaride de kullanımını beraberinde getirmiş, mimarlıkta gün ışığı kullanımını kısıtlamıştır. Özellikle 1930'ların ortalarında floresan aydınlatmanın icadıyla mimarlıkta gün ışığının rolü etkisini yitirmiş, mimarlar önemli bir tasarım öğesinden mahrum kalmışlardır (Barrett, 2009). Ancak Anadolu'da durum tersidir. Anadolu kültürünün temeli güneş, doğa ve insan birleşiminden oluşan bir yaşam değeridir. Anadolu'nun birçok yöresinde evler sırtlarını kuzeye dönerek, bağırılarını, eyvanlarını, hayatlarını güneye açmaktadırlar. Anadolu geleneksel mimarisinin tipolojisi iklimi ve dolayısı ile güneşi merkez almıştır. Yedi bölgede de farklı iklimlerde güneşten yararlanmak ya da korunmak tasarımın ilk hedefi olmuştur (Arpacıoğlu, 2010). Günümüzde ise dünya enerji politikalarının doğal kaynaklara yöneldiği ve bu alanda ciddi yatırımların yapılması sonucunda yapılarda gün ışığından yararlanmanın önemi artmıştır. Gelişmiş doğal aydınlatma sistemleri ve kontrol stratejileri, gün ışığıyla aydınlanan, kullanıcı dostu, enerji açısından verimli bina ortamları sağlamada atılmış bir adımdır. Bu sistemlerin bir binanın genel mimari stratejisine entegre edilmesi ve tasarım sürecine erken adımlarda dahil edilmesi gerekmektedir (Aschehoug vd, 2000). Gün ışığı aydınlatma ve ısıtma özelliklerine sahiptir. Gün ışığı iç mekanın bir parçası olarak düşünüldüğünde en önemli parametreler, ışığın iç mekana alınma şekli, yoğunluğu, yapı elemanlarının türü, mekanı oluşturan sınırlayıcı elemanların formu ve istenilen anlamsal etkidir. Bir mekanda eylemin/eylemlerin gerçekleşmesi için en önemli faktör mekana giren gün ışığıdır. Farklı eylemler için farklı ışık seviyeleri gerekmektedir. Işık belirli bir seviyenin altına düştüğünde yapı verimli olarak kullanılamaz. Bir yapıya giren gün ışığı seviyesi yüksek olduğunda ise insanlar yansıma ve kamaşma nedeniyle rahatsız oldukları için yapı kullanımı verimsizleşmektedir. Mekanların kullanım şekli ve sürelerine göre gün ışığı alımı ayarlanmalıdır. Soğuk iklimlere sahip ve güneş ışığının

çok etkili olmadığı yerlerde gün ışığının ısıtma özelliği yapılarda tercih edilen bir unsurdur. Ancak güneşin çok etkili olduğu sıcak ortamlardaki yapılarda doğal ışığın rahatsız edici, aşırı parlak ve ısıtıcı etkisi farklı yöntemlerle engellenmeye çalışılmaktadır (Cengiz, 2022) (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 Le Corbusier'nin güneşin iki yüzünü tanımladığı çizimi
(Le Corbusier, 1942)

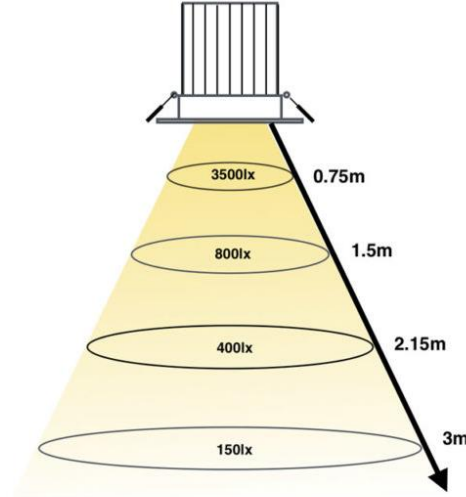
Yapılarda gün ışığı kullanımının enerji tasarrufu ve konfor koşulları açısından faydaları bulunmaktadır. Yapılarda doğal ışık kullanımı sonucunda enerji kazanımında artış, enerji harcanımında düşüş gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, gün ışığı ile aydınlatma katsayısı yükseldikçe elektrik ve yapay aydınlatma için harcanan enerji miktarı azalmaktadır (Hayter ve Torcellini, 1999). Gün ışığı, insan konforunu, üretkenliğini ve sağlığını etkilemektedir. Örneğin, okullarda doğal aydınlatmanın etkinliği arttıkça deneysel sonuçların da iyileştiği görülmektedir (Cengiz, 2021). Plympton P., Conway S., Epstein K. (2000)'nin farklı yapay ve gün ışığı aydınlatma alternatifleri ile yaptıkları çalışmada; görsel tepki, daha rahat hissetme ve çekici iç mekân hissi ile bu aydınlatma çeşitleri arasında yakın ilişki olduğu belirlenmiştir. Çalışmaya göre; mekana giren gün ışığı miktarının artması, okul yapılarında çocukların performans ve sağlıklarını olumlu etkilemektedir. Wotton E., Barkow B. (1983)'nin çalışmasına göre, ofis mekanlarında yetersiz gün ışığı çalışanlarda baş ağrısına neden olmakta, fazla gün ışığı ise göz yorgunluklarına neden olabilmektedir. Araji (2008) ise, ofis yapılarını kullananların kendilerini iyi hissetmeleri ile ilgili bir model geliştirmiş, konfor kriterlerini mimari kriterler, kişisel performans kriterleri, çevresel kriterler başlıkları altında irdelemiştir. Daha sonra oluşturduğu konfor değerlendirme modeli ile farklı cephe ile ofis mekanını çeşitli yönlenmeler, yılın

belirlenen günleri ve farklı gök koşullarında analiz etmiştir. Tüm çalışmalar sonucunda pencere oranı ile kamaşma indeksi arasında bir hesap yöntemi hazırlamıştır. Bu çalışmalara göre, gün ışığı kullanımının faydaları enerji kazanımı, ısısal yükte azalma ve insan sağlığı, konfor ve iletkenlik olarak iki grupta incelenebilir. Gün ışığının faydaları göz önüne alındığında, mimarlıkta bir tasarım ögesi olarak kabul edilmesinin tesadüf olmadığı görülmektedir.

4.1 Mimari Tasarımda Gün Işığı Parametreleri

Günümüzde sürekli artan insan popülasyonu ve buna bağlı olarak ortaya çıkan sorunlara çözüm bulma amacıyla tasarımcıların fiziksel çevre ile ilgili bilgilerinin gelişmesi, bu bilgileri tasarımlarda kullanmalarını sağlamıştır. Gün ışığı ilk bakışta karmaşık olmayan bir tasarım ögesi olarak algılansa da, tasarımlarda kullanımı kullanıcıların optimum konfor koşullarının sağlanması ve enerji ve kaynak yönetimi konularında birçok faktörün entegrasyonunu ve optimizasyonunu gerektirmektedir. Bazı gün ışığı faktörleri görsel konfor açısından zorunlu olmakla birlikte bazı faktörler ise kaliteyi yükselten özellikte olup tasarımcının isteğine bağlı olarak tasarım sürecine dahil edilmektedir (Kutlu, 2019). Gün ışığına bağlı tasarımda kullanılabilecek faktörler gün ışığı aydınlık düzeyi faktörü, gün ışığı faktörü, gün ışığı kamaşma faktörü, gün ışığı aydınlanma oranı faktörü, gün ışığı düzgünlük faktörü ve yıllık gün ışığı etkinlik faktörüdür (Arpacıoğlu, vd., 2020).

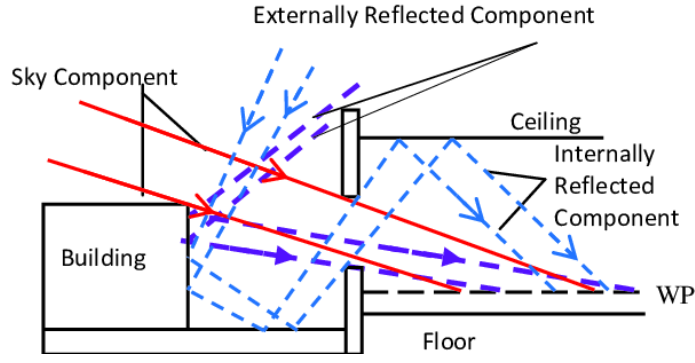
Gün ışığı aydınlık düzey faktörü; birim alana düşen ışık akısının, yüzeyin alanına bölümünü ifade etmektedir. E (Aydınlık Düzeyi) = Φ (Işık Akısı) / A (Alan) formülü ile hesaplanmaktadır. Formüle göre, yüzeye düşen ışığın şiddeti değişmediğinde aydınlık düzeyi de değişmemektedir. Ancak ışık şiddeti aynı olmasına rağmen, ışık kaynağı ve yüzey arasındaki mesafeye bağlı olarak aydınlık düzeyi değişiklik göstermektedir (Şahin, 2012) (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Işık şiddeti, mesafe ve aydınlık düzeyi ilişkisi (Kraiburg, t.y.)

Gün ışığı aydınlık düzeyi faktörü, tasarımda gün ışığı kullanılırken dikkat edilmesi gereken en öncelikli faktördür. Türk Standartları Enstitüsü, iç mekanlarda eylemlerin sürdürülebilirliğinin sağlanabilmesi için aydınlık düzeyi faktörünün önemli bir etkiye sahip olduğunu vurgulamaktadır. Bu sebeple, standartların 5.3. maddesinde farklı fonksiyonlardaki mekanların ve faaliyetlerin gerektirdiği aydınlık düzeyleri; görsel, psikolojik ve fizyolojik olarak konforlu hissetme, görsel ergonomi, fonksiyonel güvenliğe katkı ve ekonomi faktörleri dikkate alınarak belirlenmiştir (Türk Standartları Enstitüsü, 2013).

Gün ışığı faktörü (DF) ise gün ışığının yatay düzlem üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyine oranıdır (Arpacıoğlu, 2012). Gün ışığı faktörünün gök bileşeni, dıştan yansıyan ve içten yansıyan bileşen olmak üzere üç temel bileşeni bulunmaktadır (Şekil 4.6). Gök bileşeni, doğrudan gökyüzünden gelen ışık bileşenlerini ifade etmektedir. Dıştan yansıyan bileşen ilgili yapının yakınında bulunan nesnelerin yansımalarından gelen, içten yansıyan bileşen ise iç mekandaki yansıma yüzeylerinden gelen aydınlatmanın bileşenidir (Rizal, Robandi, Yuniarno, 2016). Yapı cephesinin ışık performansı ve iç ve dış mekan arasındaki doğal ışık oranı olarak ifade edilebilen gün ışığı faktörü için görsel konfor koşulları dikkate alınarak iki %2 alt sınır, %5 üst sınır olmak üzere iki değer belirlenmiştir. %2'nin altındaki değerler yetersiz gün ışığı miktarını ve %5'in üstündeki değerler kamaşmayı ifade ettiğinden konfor koşullarını sağlamamaktadır (Taşoluk, 2014).



Şekil 4.6 Gün ışığı faktörünün bileşenleri (Rizal, vd., 2016)

Uygun olmayan parlaklık dağılımından kaynaklanan kamaşma, görmede kısmi rahatsızlığa sebep olup görsel konfor kalitesini düşüren bir durumdur. Bu sebeple, sürekli kullanımı olan mekanlarda kontrolü önemlidir. Gün ışığı kamaşma faktörü gün ışığının iç ve dış yüzeylerden yansımaları ile ilişkilidir. İnsan üzerinde psikolojik, fizyolojik ve kör edici kamaşma olmak üzere üç etkisi bulunmaktadır (Bellia vd., 2008).

Kamaşmaya sebep olan etkenler, aydınlatma ile ilgili, şartlar ile ilgili ve konu ile ilgili olmak üzere üç ana grupta ele alınmaktadır. Kamaşma ile ilgili çalışmalar sonucu elde edilen evrensel bir metottan söz edilememesi sebebiyle ise bu etkenler kesin, muhtemel, kesin olmayan gibi olasılıklar ile değerlendirilmektedir (Pierson, vd., 2007). Parlama kaynağının parlaklık seviyesi, kontrast etkisi ve kullanıcılar tarafından görülen parlama kaynağının boyutu gibi etkenler kesin; görüş açısı, zaman dilimi gibi etkenler muhtemel; fizyolojik ve psikolojik durumlar, vücuda alınan besinler gibi etkenler ise kesin olmayan olasılıklar sınıfında değerlendirilmektedir (Şekil 4.7)

$G = \left(\frac{L_s^e \cdot \omega_s^f}{L_b^g \cdot f(P)} \right)$	
G	: Kamaşma
L_s^e	: Parlama Kaynağının Parlaklığı
ω_s^f	: Kaynak ile Gözlemci Arasında Oluşan Açı
L_b^g	: Arka Planın Parlaklığı
$f(P)$	: Pozisyon Endeksi

Şekil 4.7 Kamaşma formülü (Hamedani vd., 2019)

Bir diğer faktör olan gün ışığı aydınlanma oranı (gün ışığı etkinliği) incelenen mekan için tahmin edilen aydınlık düzeyinin mekan için yeterlilik seviyesini belirtmektedir.

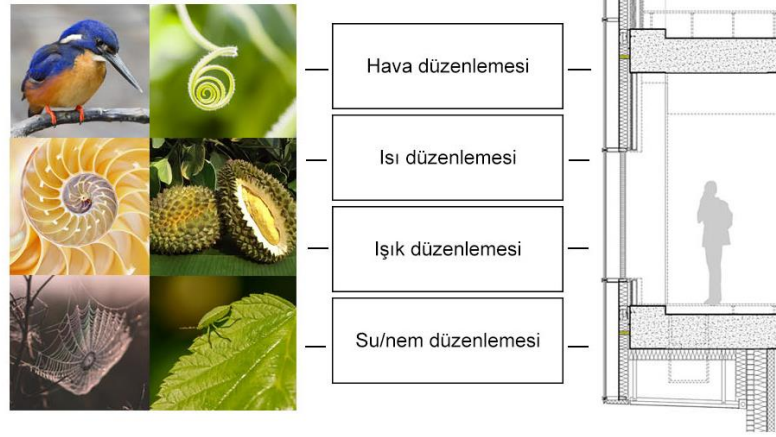
Mekanın gün ışığı etkinliği farklı zaman aralıklarında ve her mevsimde ayrı ayrı ölçülerek bulunmaktadır. Bu faktör görsel konfor ile ilişkili olmakla birlikte, yılın farklı zamanlarında farklılık göstermektedir (Athanasios Tzempelikos, 2005). Bu faktör genellikle cephelerin performans kriteri olarak kullanılmaktadır. Bu sebeple sınır değerleri bulunmamaktadır.

Gün ışığı düzgünlük faktörü ise aydınlatılmış bir mekanın en karanlık noktasındaki aydınlık düzeyinin, mekanın ortalama aydınlık düzeyine oranıdır (YTÜ, 2019). Birim alana düşen ışık şiddetinin minimum olduğu noktanın, ortalama aydınlığa oranı olarak da tanımlanmaktadır. İç mekanlarda görsel konforu ve kontrast farklarının kontrolünü sağlayabilmek için düzgünlük faktörü gereklidir (Yılmaz, 2016). Gün ışığı düzgünlük faktörünü sağlamak için pencerelerin yerden yüksekliğine, oda derinlik ve genişliklerine dikkat edilmelidir. Bu faktör özellikle iç mekanda homojen aydınlığın gerekli olduğu fonksiyonlar için önemlidir. Örneğin bir konut yapısının tasarımında gün ışığı düzgünlük faktörü öncelikli etken olmayabilir ancak bir ofis ya da eğitim yapısında bu faktör görsel konforun sağlanması ve mekanda gerçekleştirilen faaliyetlerin verimliliğin artırılması amacıyla öncelikli olmalıdır.

5. BİYOMİMİKRI YAKLAŞIMI VE MİMARLIKTAKİ GÜN IŞIĞI KONTROLÜNÜ ETKİLEYEN TASARIM PARAMETRELERİ İLİŞKİSİ

Biyomimikri ve yapı cepheleri arasında doğrudan ilişki bulunduğu söylenebilir. Yapı cepheleri yapıların en dış katmanını ifade etmektedir ve dış ortamla doğrudan temas eden katmandır. Doğadaki canlı varlıkların da geliştirdikleri dış katmanlar (deri, zar, kabuk vb.), doğrudan dış ortamla temas etmekte ve onları korumaktadır. Yapı kabukları; cephe malzemesi, yalıtım, strüktür olmak üzere birden fazla katmandan oluştuğu gibi, organizmaların koruyucu tabakaları da tüyler, epidermis, sinirler, ter bezleri, damarlar, yağ doku olmak üzere birçok katmandan oluşmaktadır (Gündoğdu & Arslan, 2020). Bu durum canlıların hayatta kalmak için geliştirdikleri çok katmanlı dış tabakanın, yapıyı çevre koşullarından optimum seviyede korumak ve konfor koşullarını sağlamak için yapı kabuklarına ilham olduğunu göstermektedir. Biyomimikrinin özellikle yapı cephelerinde kullanımı, iç mekan konfor koşullarını

sağlamaya yönelik yeni bir yaklaşımdır. Biyomimikri yaklaşımının yapı cephelerinde kullanılması ile hava düzenlemesi, ısı düzenlemesi, ışık düzenlemesi ve su ve nem düzenlemesi yapılabilmektedir (Şekil 5.1). Çalışmaya konu olan ışık düzenlemesi, bir diğer ifade ile görsel konfor, biyomimetik cepheler ile gün ışığının etkileşimi ile sağlanabilmektedir.



Şekil 5.1 Biyomimikri ile yapılarda kontrol edilebilecek parametreler (Yazarın arşivinden alınmıştır.)

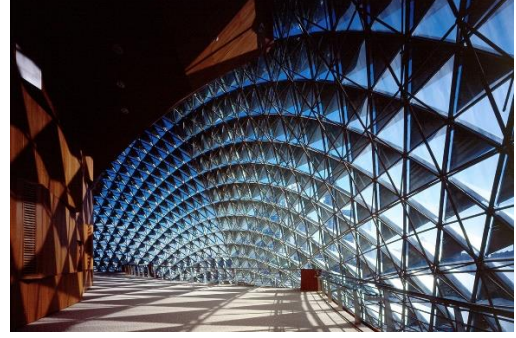
Yapılarda cephe tasarım aşaması gün ışığının girebileceği açıklıkların çeşitli parametreler ile yön, boyut ve konumlarının belirlendiği ve güneş kontrol elemanlarının kullanım kararlarının verildiği bir süreçtir. Cephe tasarımında gün ışığı performansının değerlendirilmesi ileride karşılaşılabilecek görsel ve termal konfor koşulları ve enerji performansı ile ilgili problemlerin önceki aşamalarda denetim altına alınması açısından önemlidir. Yapı kabuğunu oluşturan olan biyomimetik birimlerin tasarımında bazı tasarım parametrelerinden faydalanılmaktadır. Bu tasarım parametreleri form, boyut, malzeme ve renktir. Gün ışığı bir tasarım ögesi olarak ele alındığında, ilgili tasarım parametreleri ile etkileşimde olduğu görülmektedir. Yapının gün ışığı aydınlatma performansını form, boyut, malzeme ve renk parametreleri belirlemekle birlikte, gün ışığı aydınlatma performansının artırılması için bu parametrelerde uygun değişiklikler yapılmakta, buna göre tasarım oluşturulmaktadır. Biyomimesisin mimari tasarımlarda kullanımı gözetildiğinde ise bu kavramın tasarım parametreleri ile birlikte düşünülmesi gerekmektedir. Buna göre, biyomimetik tasarım yaklaşımının form, boyut, malzeme ve renk parametreleriyle ilişkisi ve ilgili parametrelerin gün ışığı bağlamında hangi aşamasında konumlandığı bilinmelidir.

5.1 Form ve Boyut

Bir yapının geometrisi, yapının iç mekana yeterli düzeyde gün ışığı sağlama kapasitesini etkilemektedir. Yapı geometrisini form ve boyut değişkenleri oluşturmaktadır. Yapı geometrisi gün ışığı kontrolünde önemli bir tasarım parametresidir. Bunun sebebi yapılarda gün ışığına direkt maruz kalan cephenin, yapı form ve boyut özelliklerine göre değişkenlik göstermesidir. Cephe ölçülerinin yapı boyutuna paralel olarak büyümesi gün ışığı ile aydınlatmada avantaj kazandırabilse de, ısı kayıpları ve aşırı ısı kazanımı bağlamında iç mekanda optimum termal konfor koşullarını sağlayamamaktadır. Kompakt geometriye sahip yapılar ısı kayıplarını minimize ederken gün ışığından faydalanma oranını düşürmektedir. Kompakt olmayan yapılarda ise saydam yüzey alanı daha fazladır ancak iç mekanda aşırı ısı kazanımına sebep olabilmektedir (Kutlu, 2019). Buna göre cepheler gün ışığından yararlanma, görsel ve termal konfor koşulları dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Görsel ve termal konfor koşullarını birlikte sağlayabilmek için parametrik, algoritmik ve kinetik tasarımlardan faydalanılmaktadır. Canlı bir organizma ya da ekosistemden ilham almak olarak tanımlanabilen biyomimesis yaklaşımı da parametrik, algoritmik ve kinetik tasarımların kapsamındadır. Biyomimesisin üç seviyesinden biri olan organizma seviyesi ve beş boyuttan biri olan form boyutu doğrudan yapı geometrisi parametresi ile ilişkilendirilebilir. Örneğin, cephenin durian meyvesinin kabuğundan ilham alınarak tasarlanması ve tasarımın yapı geometrisine göre biçimlenişi gün ışığı kontrolü bağlamında ilişkilidir. Organik forma sahip bir yapının cephesi durian meyvesinin kabuğundan ilham alınarak tasarlandığında optimum görsel konfor koşullarını sağlamıyor ise, meyvenin kabuğunun dikenli yapısını temsil eden cephe elemanlarının tekrar biçimlendirilmesi, sıklığının düzenlenmesi, elemanların hareket edebilirliğinin düşünülmesi ya da farklı bir canlıdan organizma seviyesi form boyutunda ilham alınması gerekmektedir. Örneğin, Esplanade Tiyatrosu binasında durian meyvesinden organizma seviyesinin form boyutunda ilham alınması yapı geometrisinde belirleyici olurken, meyvenin kabuk yapısını temsil eden cephe birimlerinin hareket etmesi gün ışığı kontrolünü sağlamaktadır (Şekil 5.2, şekil 5.3).



Şekil 5.2 Esplanade Tiyatro binası cephesi (Esplanade, 2024)



Şekil. 5.3 İç mekan görünümü (DP Architects, 2024)

Aynı zamanda, biyomimetik birimlere sahip kinetik cephelerde de birimlerin hareketinde bazı organizmaların davranışlarından ilham alınabilir. Örneğin, ayçiçeklerinin güneşe doğru yönelmesi ve kinetik bir cephenin elemanlarının güneş etkisi ile hareket etmesi arasında ilişki kurulabilir ve bu durumda organizmadan davranış seviyesi süreç boyutunda ilham alındığı söylenebilir. Ancak, Esplanade Tiyatro Binası örneğinde, durian meyvesinin dikenlerinin hareket özelliği bulunmadığından, binanın kinetik özelliğinin organizmadan ilham alınarak oluşturulduğu söylenemez. Bir diğer örnek olan Qizhong Stadyumu'nda ise şakayık bitkisinin yapraklarından organizma seviyesi ve form alt seviyesinde ilham alınmıştır. Yapının formunu şakayık çiçeğinin yapraklarına benzeyen çatı elemanları belirlemiştir (Şekil 5.4). Tasarım problemi aşırı enerji kullanımıdır ve bu probleme çözüm bulmak için biyomimikriden yararlanılmıştır. Bunun için iç mekanda ısı ve görsel konfor koşullarının pasif yollardan sağlanması, yapay aydınlatma ve havalandırmaya olan ihtiyacın indirgenmesi amaçlanmıştır. Dış çevredeki güneş ve rüzgar miktarına göre hareket eden hareketli çatı elemanları tasarlanmıştır. Parçaların hareketleri yapıda doğal ısıtma ve soğutma sağlanacak şekilde düzenlenmiştir (Cinotti, 2022).



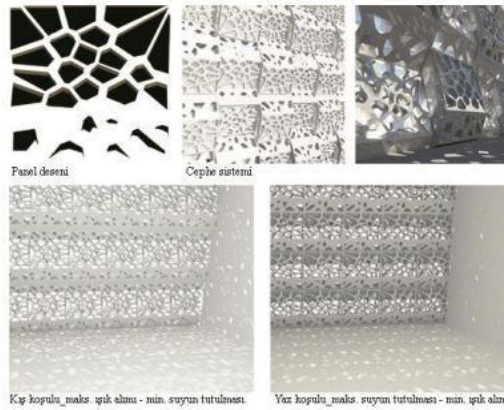
Şekil 5.4 Qizhong Stadyumu (Asefi, 2012)

Biyomimesisin davranış seviyesi ve form boyutu da form ve boyut parametresi ile ilişkilendirilebilir. Bir organizmadan davranış seviyesi, form boyutunda ilham alınması; organizmanın inşa ettiği yuvanın ya da ürettiği hücrenin, besinin formundan ilham alınmasını ifade eder. Örneğin, bir yapı ve cephesi Afrika’da görülen mantar tipi termit yuvalarından ilham alınarak tasarlandığında, yuvadaki saçak benzeri yapıların cepheye gölgelendirme elemanı olarak entegre edilmesi ya da kinetik elemanlar olarak kullanılması fazla ışımayı engelleyip gün ışığı kontrolünü sağlayabilir. Bu entegrasyon sonucunda yapı formu ve boyutları da etkilenmektedir.

5.2 Malzeme ve Renk

Yapı cephelerinde kullanılan malzemeler bazen parlamaya sebep olup görsel konforun sağlanmasını engelleyebilmektedir. Bu durumun simülasyonlarla analiz edilmesi ve değişkenlerin gözlemlenebilmesi, görsel konforsuzluğun giderilmesine yardımcı olmaktadır. Yapı geometrisinin cephe tasarımındaki etkisi detay aşamasında yerini malzeme ve malzeme rengi parametresine bırakmaktadır. Gün ışığı bir tasarım ögesi olarak ele alındığında, saydam veya yarı saydam bina bileşenlerinin tasarımına dikkat etmek gerekmektedir. Örneğin, yüksek saydamlık oranı iç mekanların termal konforsuzluk oluşturacak miktarda kazanmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle cephelerdeki malzeme kullanımı ve malzeme kullanımına bağlı olarak ortaya çıkan saydamlık oranı gün ışığı kontrolü bağlamında önemlidir. Gün ışığı kontrolünü sağlamak için kullanıcıların görüş alanı içinde bulunan saydam ve yarı saydam yüzeyler optimum oranlarda kullanılmalı, görsel konfor için direkt gün ışığına karşı kontrolün sağlanması gerekmektedir. Kullanılan malzemelerin yansıtıcılık değerleri de saydamlık oranı kadar önemli olup iç mekan aydınlanma ve kamaşma değerlerini etkilemektedir. Gün ışığı kontrolü kapsamında malzeme ve renk parametresi biyomimesis yaklaşımının organizma seviyesi ve malzeme boyutu ile

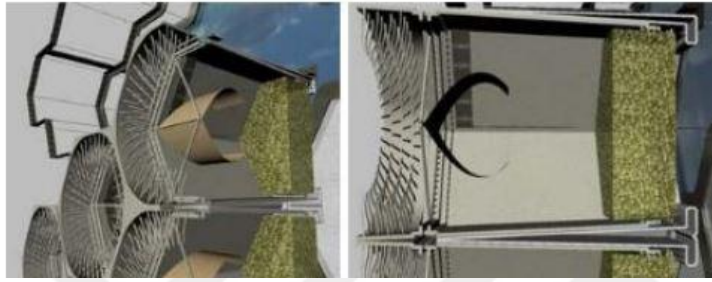
ilişkilendirilebilir. Bu parametrenin biyomimesis yaklaşımının organizma seviyesi ve malzeme boyutu ile ilişkilendirilmesi, bir canlıyı oluşturan hücrelerin ve canlının dış katmanının yapısı, sertlik, renk, doku gibi özelliklerinin gözetilmesini ifade etmektedir. Biyomimetik yapı cephelerinde ve yapı cephelerinde kullanılmak üzere üretilen yenilikçi malzemelerde organizmaların dış katmanlarından, buradaki hücre yapılarından, geliştirdiği özelliklerden ilham alınabilmektedir. Örneğin; Güney Kaliforniya Mimarlık Enstitüsü'nde Ilaria Mazzoleni, Sarah Maansson ve Worrawolan Raksaphon tarafından güneş ışığından korunma, geçirgenlik ve termal düzenleme için çözüm olarak doğadan ilham almayı seçmişler, “Gözenekli Cilt” adını verdikleri biyomimetik bir cephe tasarlamışlardır (Şekil 5.5). Cephede su aygırlarından organizma seviyesi, malzeme boyutunda ilham alınmıştır. Tasarım, su aygırlarının cildini kullanarak gün ışığının alımını ve sıcaklık kontrolünü temel almaktadır. Bir su aygırı sudan çıktığında dermisin derinliklerindeki bezlerden bir sıvı salgılayarak kendisini güneş ışığından koruyabilmektedir. Deri, vücudun farklı bölgelerinde değişiklik göstermekte olup sırt üstünde daha kaba, göbek ve uzuvların iç kısımlarında daha ince ve esnektir. Benzer şekilde, tasarlanan yapı kabuğunda, derinliğe bağlı olarak güneş ışığını filtreleyen bir sistem bulunmaktadır. Daha kalın bölümler güneş perdesi gibi davranırken daha ince bölümler daha fazla ışık sağlamaktadır. Binaya gelen güneş ışığı miktarının kontrolü, görsel konforu sağlamanın yanı sıra, sıcaklık düzenlemesinin de kontrol edilmesine yönelik bir adımdır (Mazzoleni, vd., 2011).



Şekil 5.5 Su aygırı derisinden ilham alınmış bir cephe (Mazzoleni, vd., 2011)

Stomalar, bitkilerin gaz alışverişini sağlayan gözenekler ve vücuttaki açıklıklar anlamına gelmektedir. Badarnah, Farchi ve Knaack (2010) tarafından, stomaların hareketlerinden, kirpiklerden ve insan derisinden ilham alınarak stoma tuğlası adı verilen bir malzeme tasarlanmıştır (Şekil 5.6). Malzeme gözenekli olup, yapı

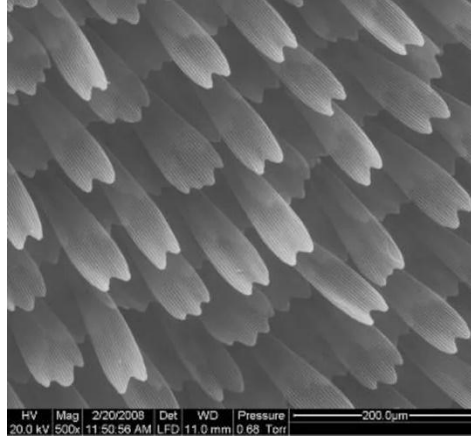
kabuğundan içeri giren havanın filtrelenmesini sağlayan kılı katman, açma kapama kontrolünü yapan ve buharlaşma sağlamak için nem tutan süngerimsi iç katman olmak üzere dört katmandan oluşmaktadır. Bu yenilikçi malzeme ile bir cephe tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan cephe sistemi termal konforu sağlamaya yöneliktir. En dıştaki kaplamanın nem ile deforme olarak iç mekana hava girmesini sağlamasıyla, sıcak-nemli havalarda dış ortamdaki hava doğrudan içeri girmekte, sıcak-kuru havalarda ise sulama sistemi ile kaplama deforme edilerek hava kabuk içine girmektedir. Her iki durumda da iç mekana giren hava nemlidir (Badarnah, vd., 2010).



Şekil 5.6 Stoma tuğlası (Badarnah, vd., 2010)

Diğer bir örnekte ise bazı böcek ve kelebeklerin kanatlarını oluşturan hücrelerden ilham alınarak yenilikçi malzemeler üretilebileceği ortaya konmuştur. Bazı böcekler pigmentlerle değil, ışığı yansıtan düzenli, küçük yapılarla renklenmektedir. Böcekler ve kelebekler üzerindeki ışıltılı kaplamalar, melaninler yerine biyofotonik kristallerden ve yığılmış nano katmanlardan yansıyan ışığın sonucudur (Şekil 5.7). Bilim insanları bu katmanlardan ilham alıp onları kopyalamanın yollarını geliştirmişlerdir. Bunun sonucunda bir kelebeğin parlamasına yardımcı olan yansıtıcı yapıların cam malzemeye veya yanardöner boyaya ve renk değiştiren boyaya dahil edilebilme, tersine, güneşin gözlerinin gece vakti varlığını açığa vurmasını engelleyen

yansıma önleyici yapıların da camlarda kullanılabilme potansiyeli bulunmaktadır (Yılmaz ve Arpacıoğlu, 2024).



Şekil 5.7 Kelebeklerin kanatlarındaki hücrelerin mikroskop altında görüntüsü (Drake, 2013)

Verilen örneklerle göre, biyomimikri yaklaşımından organizma seviyesi malzeme boyutu bağlamında ilham alınması ile oluşturulmuş cepheler ve malzemeler bulunmaktadır. Bu cephe ve malzemelerde, biyomimikri yaklaşımının organizma seviyesi ve malzeme boyutundan ilham alınarak görsel ve termal konforu sağlayan yenilikçi malzemeler ve yapı cepheleri üretilmiştir. Genellikle termal konforun sağlanabildiği örnekler görülmekle birlikte biyomimikrinin organizma seviyesi, malzeme boyutundan ilham alınarak gün ışığı kontrolünü sağlayan yenilikçi malzemeler ve akıllı binalar üretilebilme potansiyeli bulunmaktadır.

6. BİYOMİMETİK CEPHE BİRİMLERİNİN TASARIMI

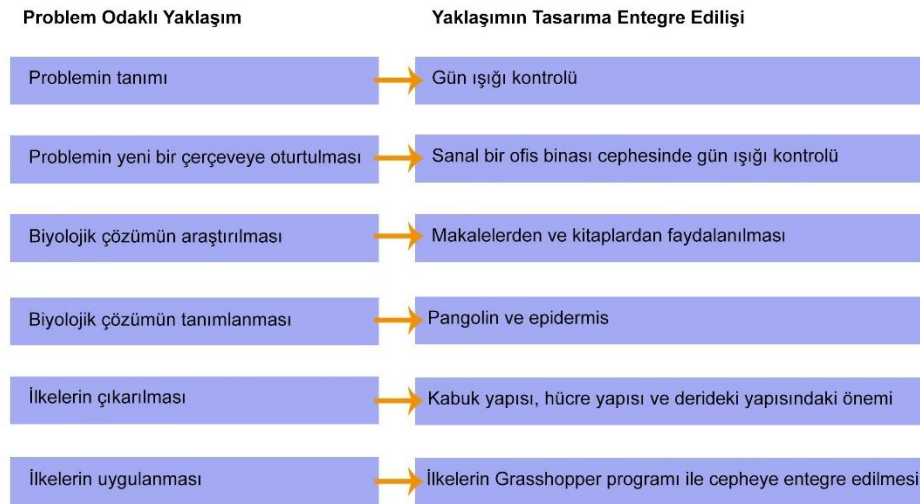
Biyometik cephe birimlerinin tasarımı süreci öncelikle tasarım parametrelerini belirlemekle başlayacaktır. İlgili parametreler, yapılarda gün ışığı kontrolü ile ilişkili tasarım parametreleridir. Buna göre, yapı geometrisi, malzeme ve renk parametreleri yapılarda gün ışığı kontrolünü etkilemektedir. Biyometik cephe bu parametreler göz önüne alınarak tasarlanacak, parametreler ve biyometik tasarım yaklaşımları, seviye ve boyutları arasında ilişki kurulacaktır. Tasarlanan biyometik cepheye ilgili parametreler ile birlikte simülasyon yapılacaktır. Gün ışığını etkileyen tasarım

parametrelerinin biyomimikri yaklaşımı bağlamında incelenmesi ile biyometrik birimlerin oluşturduğu cephelerin gün ışığı kontrolünü sağlamak amacıyla tasarlanabileceği görülmektedir. Teze konu olan biyometrik cephenin oluşturulabilmesi için öncelikle biyometrik bir birim tasarlanmalıdır. Biyometrik birim tasarımında gün ışığı kontrolünü etkileyen form ve boyut ile malzeme ve renk parametreleri ele alındığından, cepheyi oluşturacak olan birimlerin form ve boyutlarının yanı sıra malzemeleri de biyometrik tasarım yöntemlerinden faydalanılarak tasarlanacaktır. Biyometrik birimin tasarımında, biyometrik tasarım yaklaşımlarını oluşturan adımlar uygulanacak ve strateji geliştirilecektir.

6.1 Biyometrik Birimlerin Tasarımında ve Biyometrik Tasarım Stratejileri

Literatürde biyometrik tasarımlarda biyolojiden tasarıma ve tasarımdan biyolojiye olmak üzere iki yaklaşım bulunmaktadır. Tezde tasarım problemi belirlenmiş olup bu problem gün ışığı kontrolünü sağlamak olduğundan, biyometrik tasarım yaklaşımı stratejilerinden “tasarımdan biyolojiye (problem odaklı yaklaşım)” üzerinden birimlerin tasarımına başlanacaktır. Altı adımdan oluşan tasarımdan biyolojiye yaklaşımının ilk adımı “problemin tanımı” adımıdır. Bu adımda problem, bir tasarım ögesi olarak gün ışığının kontrolünün, yapının gün ışığına maruz kaldığı ilk katman olan yapı kabuğunda/cephede sağlanmasıdır. İkinci adım olan “problemin yeni bir çerçeveye oturtulması” kapsamında ise gün ışığı kontrolünün sağlanacağı yapının konsepti ve konumu belirlenmiştir. Buna göre, ilk olarak düşünülmesi gereken Bir sonraki adım olan “biyolojik çözümün araştırılması” adımı ise, doğada, belirlenen soruna yönelik çözüm potansiyeli taşıyan organizmalar araştırılmıştır. Bunun için biyoloji bilimi kapsamında yazılmış olan makalelerden faydalanılmıştır. Dördüncü adım olan “biyolojik çözümün tanımlanması” adımı, önceki adımda yapılan araştırmalar sonucunda biyolojik çözümler belirlenmiştir. Gün ışığı kontrolünün sağlanabilmesi için yapı form ve boyutu, cephe tasarımı, cephede kullanılan malzemeler ve malzemelerin özellikleri önemlidir. Biyolojik çözümler, “biyomimikri yaklaşımı ve mimarlıkta gün ışığı kontrolünü etkileyen tasarım parametreleri ilişkisi” başlığında aktarıldığı üzere, gün ışığı kontrolünü etkileyen tasarım parametreleri ve biyomimikri yaklaşımı ilişkisi bağlamında araştırılıp belirlenmiştir. Buna göre, önceki ilham alınacak organizma ve davranışlar olarak pangolin ve deri yapısının parçası olan epidermis düşünülmüştür. Beşinci adım olan “ilkelerin çıkarılması” adımı ise

belirlenen organizmalardan hangi özellikler bağlamında ilham alınacağı belirlenmiştir. Pangolinin kabuk yapısından, organizma seviyesi form boyutunda (alt seviyesi); epidermisten organizma seviyesi form boyutunda ve davranış seviyesi süreç boyutunda ilham alınmıştır. Biyometrik stratejik yaklaşımın son adımında bulunan “ilkelerin uygulanması” adımı kapsamında ise bulunan biyolojik çözüm, yani biyomimikri yaklaşımı, yapı cephesine Grasshopper programı üzerinden entegre edilecektir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1 Problem odaklı yaklaşım ve cephe tasarımına entegrasyonu (yazarın arşivinden alınmıştır.)

Gün ışığı kontrolünü sağlayacak biyometrik bir cephe tasarımının biyometrik bir tasarım stratejisi oluşturularak ele alınması, cephenin tasarımına katılan değişkenlerin simülasyonlar ile yapılacak olan optimizasyon sürecinde daha iyi gözlemlenmesini ve ofis yapılarında aydınlatmanın ve gün ışığı etkisinin optimum değerlerinin sağlanamadığı takdirde bu değişkenler üzerinde değişiklik yapılabilmesi imkanını kolaylaştırmaktadır.

6.2 Biyomimetik Birim Tasarımında İlham Alınan Organizmalar

Hayatta kalma mücadelelerinde canlıların yalnızca uygun zamanda davranışları tetikleme yeteneğine sahip olmaları değil, aynı zamanda bu davranışların çevresel ve iç koşullardaki değişikliklere yanıt verme veya bunları öngörme konusunda esnek olmaları da gerekir (Gorostiza ve diğ, 2016). Canlılar çevreye adapte olmak ve iç koşullardaki değişikliklere yanıt vermek için fizyolojik olarak, gerek vücut formu, deri/kabuk yapısı, gerekse hücresel ve içgüdüsel olarak birtakım özellikler geliştirmişlerdir. Bu özellikler, tasarımlara ilham kaynağı olmaktadır. Tez kapsamında oluşturulan stratejiye göre, problem odaklı biyomimetik tasarım yaklaşımından faydalanılmış, yaklaşımdan hareketle sırası ile tasarım problemi ve buna yönelik biyomimetik çözümler belirlenmiştir. Problemi kontrol etmeye yönelik iki ayrı biyomimetik çözüm belirlenmiştir. Bunlar pangolin ve epidermistir. Karıncayiyen, ya da görünüşü sebebiyle canlı çam kozalağı olarak da bilinen pangolinler, Asya ve Afrika'nın tropikal bölgelerinde yaşayan pullumemeligiller ailesinde yer alan canlı türüdür. Pangolinlerin en belirgin özellikleri dış kabuk yapılarıdır (Şekil 6.2). Çin, Hindistan ve Filipinler pangolinleri, siyah ve beyaz karınlı ağaç pangolinleri, yer pangolini, dev yer pangolini ve su pangolini olmak üzere 8 adet pangolin cinsi bulunmaktadır (Cota-Larson, 2017) (Şekil 6.3, şekil 6.4). Ancak hepsinin ortak noktası diğer canlılardan ayırt edilebilecek düzeyde özellikli olan pullu kabuk yapılarıdır. Bu kabuk, üst üste binen ve keratinden oluşan, sürekli uzayan pullardan oluşmaktadır. Kabuktaki iç içe geçmiş pullar, canlıya hareket esnekliği sağlamaktadır.



Şekil 6.2 Pangolin (Cota-Larson, 2017)



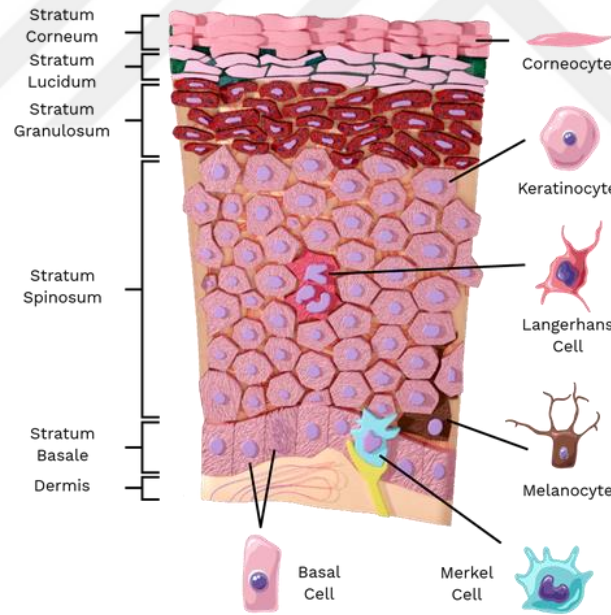
Şekil 6.3 Sunda pangolin pul yapısı
(Cota-Larson, 2017)



Şekil 6.4. Siyah karınlı pangolin pul yapısı
(Cota-Larson, 2017)

Canlının esnek hareket etmesini sağlayan parçalı yapıdaki kabuğunun yapı cephesine uygulanması ile cephede de gün ışığı kontrolü bağlamında da esneklik elde edilebilecektir. Yani, cepheye küçük parçalı biyomimetik birimlerin entegre edilmesi gün ışığı kontrolü ile görsel konforu sağlamanın yanı sıra, bir tasarım ögesi olarak gün ışığının algısal olarak da ele alınıp işlevsel ve nitelikli mekanlar oluşturmada etkili olabilecektir. Ancak, cepheye entegre edilmesi düşünülen, pangolinden organizma seviyesi form alt seviyesinde ilham alınan parçalar tek başına gün ışığını kontrolünü sağlamada yeterli olmayabilir ya da daha fazla sağlayabilecek arayışlara girilebilir. Bu aşamada, cephelerde gün ışığı kontrolünü sağlayabilecek diğer çözümler düşünülebilir. Tezin metodolojisine göre, tasarlanan cephenin optimum değerleri sağlama durumu incelenecek, olumsuz ya da beklenen yeterli sonuç elde edilemez ise tasarım aşamasına geri dönülüp, ikinci biyolojik çözüm yapı cephesine entegre edilip biyomimetik cephe oluşturulacaktır. Belirlenen ikinci biyolojik çözüm deri yapısında bulunan epidermis katmanıdır. Deri vücudun en büyük bileşenidir ve toplam yetişkin vücut ağırlığının yaklaşık %15'ini oluşturmaktadır. Vücudu dış fiziksel, kimyasal ve biyolojik tehditlere karşı korumanın yanı sıra vücuttan aşırı su kaybının önlenmesi ve termoregülasyon dahil olmak üzere birçok hayati işlevi yerine getirmektedir. Deri, epidermis, dermis ve deri altı doku olmak üzere 3 katmandan oluşmaktadır. En dıştaki katman epidermistir (Kanitakis, 2002). Epidermis ise “stratum corneum”, “stratum lucidum”, “stratum granulosum”, “stratum spinosum”, “stratum basale” olmak üzere beş alt katmandan oluşmaktadır (Şekil 6.5). Stratum basale katmanı dermisten bazal

membran ile ayrılan ve hemidesmozomlarla (bağlayıcı, çivi benzeri yapılar) bağlanan en derin katmandır. Bu katmanda tene rengini veren melanini üreten melanosit hücreleri bulunmaktadır. Melanosit hücreleri gün ışığına maruz kalan cildi UV ışınlarından korumak amacıyla daha fazla melanin üretmektedir. Stratum spinosum diğer adıyla dikenli hücre tabakası, dışarı doğru uzanan ve komşu hücrelere desmozomlarla temas eden çıkıntılara, dikenlere sahip düzensiz, çokyüzlü hücrelerdir. En kalın katmandır. Bu katmanda keratinosit hücreleri bulunmakta, bu hücreler tarafından ise cildi, tırnakları ve saçı oluşturan ve koruyucu protein olarak bilinen keratin üretilmektedir. Stratum granulosum katmanı elmas şeklindeki hücrelerden oluşmaktadır. Bu katman kornifiye hücrelerinde bulunan keratin filamentlerini toplayan keratohyalin granüllerini içermektedir. Stratum corneum katmanı ise ölü olarak bilinen keratin ve skuamöz adı verilen çekirdeksiz hücrelerden oluşmaktadır. Katmanda çevresel faktörlere bağlı olarak yapısal değişimler meydana gelmektedir (Yousef ve Sharma, 2017).



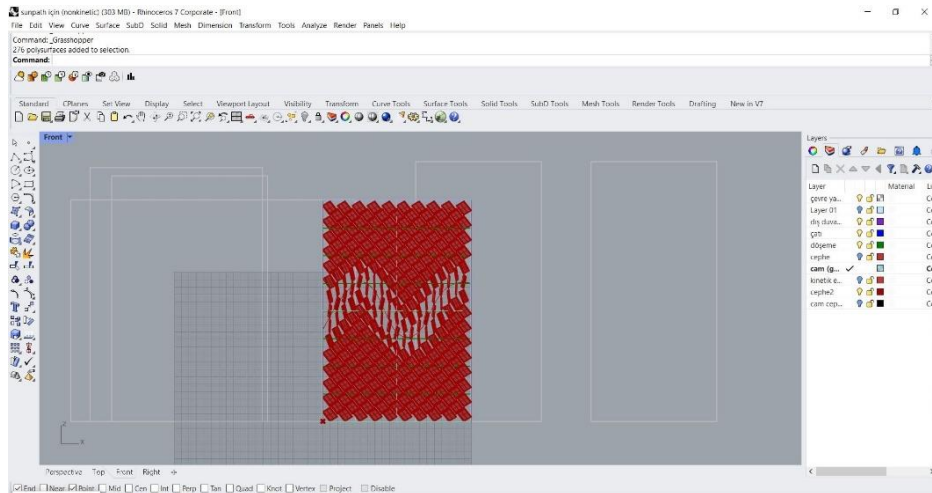
Şekil 6.5 Epidermisin yapısı (Labster, t.y.)

Epidermisin deride dış etkenler ile karşılaşan ilk katman olması ve vücudu dış tehditlere karşı koruma özelliği yapı kabuğu ile bağdaştırabilir. Yapıda da yapı kabuğunun dış çevre etkenleri ile karşılaşan ilk katman olması, yapının bu etkenlerden korunabilmesi ve zarar görmemesi için yapı kabuğu tasarımının önemini arttırmaktadır. Epidermisin ve yapı cephelerinin görevlerinin paralelliği göz önüne

alındığında yapıda gün ışığı kontrolünü sağlamak amacıyla epidermisten organizma seviyesi form boyutunda ve davranış seviyesi süreç boyutunda ilham alınması çözüm olarak düşünülmüştür. Bu dokudan davranış seviyesi ve süreç boyutunda ilham alınması, yapı cephesinde, tasarım ögesi olarak gün ışığının mekana girişini kontrol etme özelliğinin gerekliliğinden söz edilebilir. Bu kapsamda tezde, doğadan ve doğanın parçası olan organizmalardan alınan ilhamın, yine doğal bir tasarım bileşeni olan gün ışığının kontrol edilmesinde rol oynama kabiliyeti analiz edilecektir.

6.3 Biyomimetik Birimlerin Tasarımı

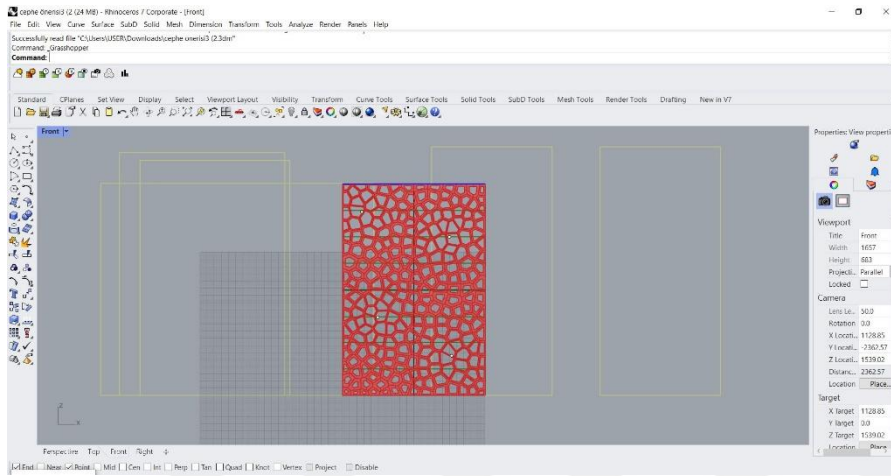
Tezde ilk biyomimetik cephenin analizleri sonucunda daha iyi sonuçların olma ihtimalini de araştırabilmek amacıyla ikinci bir biyomimetik cephe önerisi yapılacaktır, ikinci cephe de analiz edilecektir. Tezin devamında ilk cepheden “pangolin cephe”, ikinci cepheden “epidermis cephe” olarak bahsedilecektir. İlk olarak pangolin cephe tasarlanacaktır. Önceki kısımda anlatıldığı üzere, ilk cephe önerisinde pangolinden organizma seviyesi form boyutunda ilham alınmıştır. Tasarıma ilk olarak cephedeki en küçük birimden başlanmıştır. Birimler 80*80 cm ölçülerinde olup kalınlıkları 10 cm’dir (Şekil 6.6). Birimlerin birbirlerine göre konumları tıpkı pangolinin kabuk yapısında olduğu gibi iç içe geçmiş şekilde tasarlanmıştır ve cepheye entegre edilecektir. Cephe, Rhino programı ve bu program ile entegre çalışan Grasshopper ile oluşturulmuştur.



Şekil 6.6 Pangolin cephenin ön görünüşü (yazarın arşivinden alınmıştır)

İkinci cephe önerisinde ise derinin en üst katmanı olan epidermisten organizma seviyesi form boyutu ve davranış seviyesi süreç boyutunda ilham alınmıştır. Bu

öneride cephe birimleri farklı ölçülerdeki açıklıklardan oluşmaktadır. Her bir açıklık epidermin alt katmanlarının yapısını temsil etmektedir. Birimlerin kalınlığı 30 cm'dir. Her birim birbiri ile organik bir biçimde birleşmekte, ancak harmoni oluşturmaktadır. Birimlerin birleşimi rastgele gibi görünse de, birleşme sonucunda epidermis benzeri bir cephe oluşmaktadır (Şekil 6.7). Her iki cephe önerisinde de birimlerin birbiri ile birleşimi ve cepheye entegrasyonu sonraki başlıkta Rhino ve Grasshopper'dan alınan görseller ile aktarılacaktır.



Şekil 6.7 Epidermis cephenin ön görünüşü (yazarın arşivinden alınmıştır)

7. SAYDAM CEPHE VE BİYOMİMETİK CEPHE TASARIMLARININ GÜN IŞIĞI ANALİZLERİ

Tez çalışmasının bu bölümünde, örnek olarak modellenen 8 katlı sanal bir ofis yapısının cephesinin mevcut durumu gün ışığı kontrolü parametreleri doğrultusunda analiz edilecek, sonuçlar sonradan yapıya eklenecek biyomimetik cephelerin simülasyon sonuçları ile karşılaştırılacak ve değerlendirme yapılacaktır.

7.1 Analiz Çalışması

Bir iç ortamın aydınlatma kalitesini değerlendirmek amacıyla gün ışığından veya yapay aydınlatmadan kaynaklanan görsel etkileri incelemek için aydınlatma ve parlaklık temelli yaklaşımlar kullanılmaktadır. İç ortamdaki aydınlık veya parlaklık

seviyelerinin ölçülmesi, aydınlatma kaynaklarının görsel etkilerini değerlendirmenin ilk adımıdır ve bina sakinlerinin görsel konforunu araştırmak ve sağlamak için temel oluşturmaktadır (Park vd, 2021). Bu bağlamda, İstanbul, Antalya ve Erzurum'da bulunan sanal ofis yapısı analiz edilecektir. Yapının taban alanı 200 metrekare (20 m*10 m) olup; kat yüksekliği 3.70 metredir ve 8 katlıdır. Yapının güney cephesi saydam cephe; doğu, batı ve kuzey cephelerine bakan cepheleri ise betonarme dış duvarlardan oluşmaktadır. Yapının döşemeleri betonarmedir. Yapının mevcut durum analizleri 21 Haziran ve 21 Aralık tarihi, 09.00, 12.00 ve 15.00 saatleri ve İstanbul, Antalya ve Erzurum bölgeleri dikkate alınarak yapılmıştır.

Tablo 7.1 Sanal ofis yapısının özellikleri

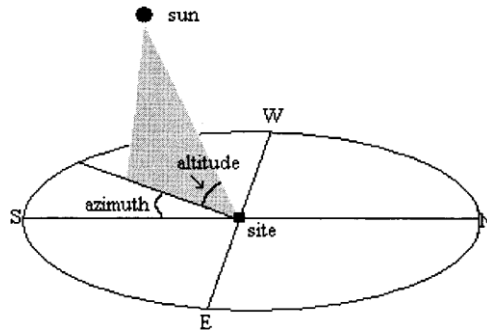
Sanal Ofis Yapısının Özellikleri			
Özellikler	İstanbul	Antalya	Erzurum
İç mekan eni	10 m	10 m	10 m
İç mekan boyu	20 m	20 m	20 m
Kat yüksekliği	3.70 m	3.70 m	3.70 m
Saat	9,12,15	9,12,15	9,12,15
Ay	Haziran, Aralık	Haziran, Aralık	Haziran, Aralık
Gün	21	21	21

Yapının üç boyutlu dijital modeli Rhino ve Rhino programına entegre biçimde çalışan algoritmik tasarım programı olan Grasshopper ile hazırlanmıştır. Mevcut durum analizleri ve diğer tüm gün ışığı simülasyonları ise Rhinno-Grasshopper programları ile entegre çalışan ClimateStudio ile yapılmıştır. Grasshopper, Rhino'nun 3 boyutlu modelleme araçlarıyla entegre edilmiş bir algoritma editörüdür (Engin, 2022). Özellikle parametrik formları algoritmik girdiler aracılığıyla dinamik olarak değiştirmek için sıklıkla kullanılmaktadır. Programda oluşturulan modele güneş ve rüzgar gibi çevresel etkileri entegre ederek form ve boyutları değiştirme imkanı sağlamaktadır. Gelişmiş hesaplamalı yöntemler, tasarımcıların görsel konforu ve kalite yönlerini değerlendirmek için ortaya çıkan parlaklık bazlı ölçümlerle gerçek alanları ve dijital olarak simüle edilmiş alanları incelemesine olanak tanır. Ancak halen gelişmekte olan bir araştırma alanı olduğundan, tasarım çözümlerini bu ölçümlere dayalı olarak geliştirmek isteyen tasarımcılar için şu anda çok az rehberlik bulunmaktadır. ClimateStudio ise bu amaçla oluşturulmuş, gün ışığı simülasyonu için kullanılan bir Rhino eklentisidir. Bu eklentide aydınlanma, yıllık kamaşma oranları, alan analizleri gibi başlıklar altında simülasyon yapılmaktadır. CS, Rhino ve

Grasshopper arasında veri alışverişinin gerçekleşmesiyle sonuçlar elde edilir ve gerekli görselleştirmelerin oluşturulması için bir arayüz olarak CS kullanılır.

7.1.1 Güneşin Konumu

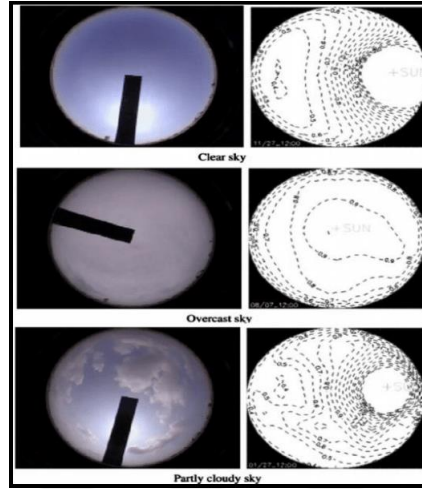
Herhangi bir konumda tasarlanacak olan bir yapı için projenin bulunduğu konumda güneş ışınımının yaz ve kış mevsimlerinde ve belli saatlerde mekana hangi açıyla girdiğinin bilinmesi gerekmektedir. Bu bilgiler sayesinde nitelikli yapılarda cephe tasarımına gün ışığı kontrolü bağlamında yaklaşılmakta, saçak, panjur vb. gölgelendirme elemanları kullanılmaktadır. Güneşin konumu iki açıyla bulunmaktadır. Bunlar, yabancı literatürde azimuth ve altitude olarak geçen azimut ve güneş yüksekliği açılarıdır (Şekil 7.1). Azimut açısı güneş ışınlarının geldiği yönü, yükseklik açısı ise ışınların kaç derece açı ile geldiğini ifade etmektedir. Yaz aylarında azimut ve yükseklik açı değerleri daha büyüktür, dolayısıyla güneş daha etkilidir (Reman, 1984). Tasarımlarda bu temel bilgilerin bilinmesi ile proje konumundaki azimut ve güneş yükseklik açılarına göre mekana ne miktarda gün ışığı girdiği çeşitli simülasyon programları yardımıyla hesaplanabilmekte, tasarım buna göre şekillenmektedir.



Şekil 7.1 Azimut ve yükseklik açıları (Kumar, 1997)

Mekana giren gün ışığını, güneşin azimut ve yükseklik açıları dışında gökyüzü koşulları da etkilemektedir. 2003 yılında Uluslararası Aydınlatma Komisyonu (CIE), dünyadaki olağan gökyüzü spektrumunun tamamını kapsayan 15 standart gökyüzü aralığını kabul etmiştir. On beş gökyüzünden oluşan set, açık gökyüzü koşulları, orta

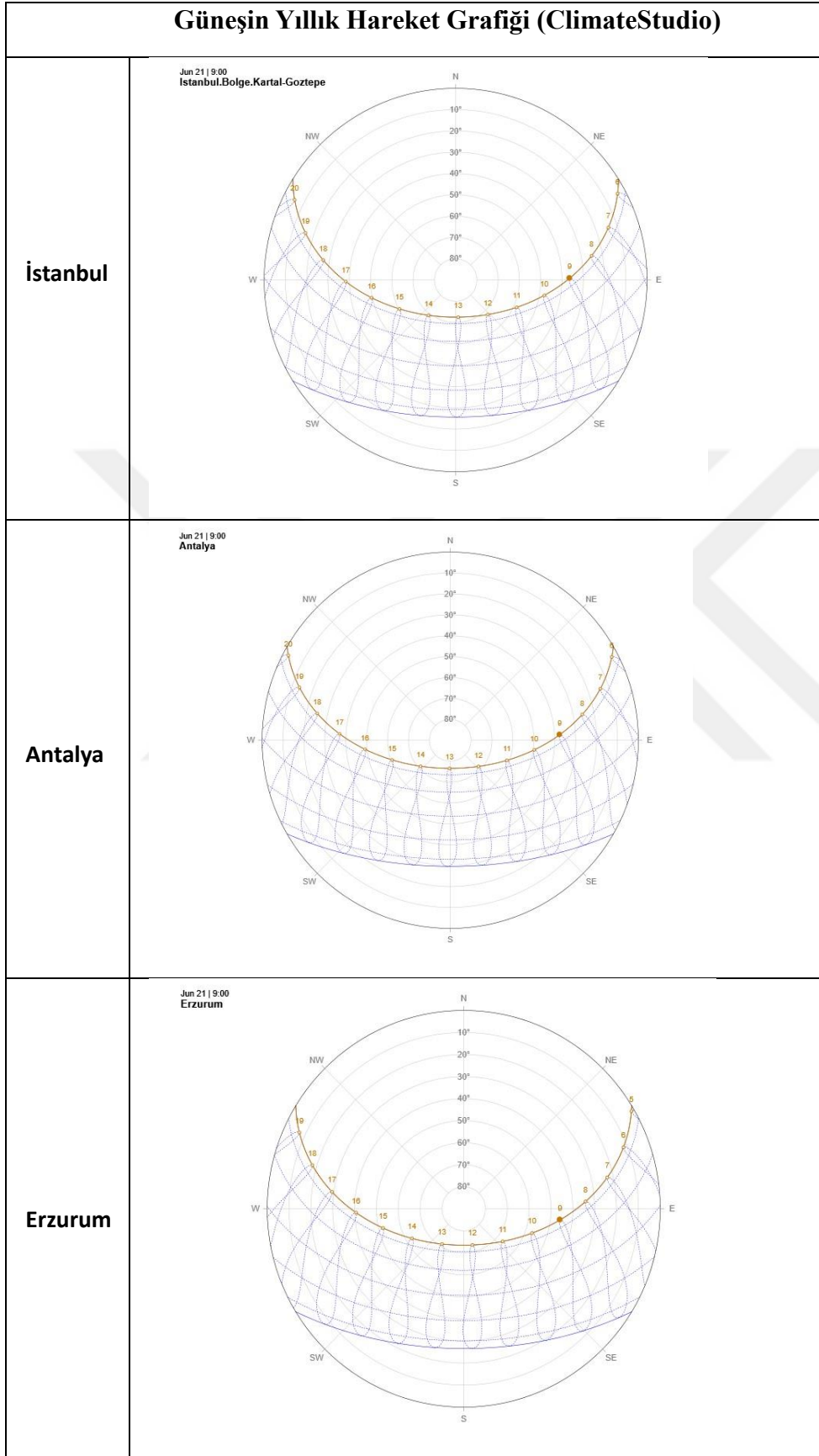
düzey ve kapalı olmak üzere 3 ana sınıf altında gruplandırılmıştır (Al-Obaidi vd., 2016) (Şekil 7.2). Bunlar açık, parçalı bulutlu ve bulutlu gök koşullarıdır.



Şekil 7.2 Göküüzü koşulları (Ukpong, 2017)

Açık gökyüzü %30'dan az bulut örtüsüne sahip gökyüzünü ifade etmektedir. Açık gökyüzü yatay yüzeyde 100.000 –140.000 luxa kadar çıkabilmektedir. Açık gökyüzü koşulları için doğrudan güneş ışığından kaynaklanan parlamayı ve aşırı ısı kazanımını önlemek için harici gölgeleme cihazlarının sağlanması tavsiye edilmektedir. Kapalı gökyüzü ise %70-100 oranında bulutlar tarafından tamamen kapatılmış ve görünür güneş bulunmayan gökyüzüdür. Bu gökyüzü koşulu dağınık ışık üretir ve zirve noktalarında en parlaktır. Ufukta maksimum parlaklıklarının yaklaşık üçte birine, 20.000 luxun altına, düşebilmektedir. Bu gökyüzü koşulunda tasarlanan bir tasarım için; gökyüzünün en parlak kısmını görebilmek ve mekana mümkün olduğunca fazla ışık toplamak amacıyla açıklıkların duvarların yükseklerine yerleştirilmesi, çatı ışıkları, skylight ve yeterince büyük pencerelerin kullanımı önerilmektedir. Parçalı bulutlu gökyüzü ise yoğun dan aza kadar değişen bulut örtüsüne sahip olabilmektedir. Çoğu tasarımcı bu gökyüzü koşulu çok değişken olduğundan, tasarım kararlarını parçalı bulutlu gökyüzü koşuluna göre belirlememektedir (Al-Obaidi vd., 2016). Tezde cephe önerisi İstanbul, Antalya ve Erzurum'daki sanal bir ofis yapısında verileceğinden, aşağıdaki tablolarda Climate Studio programında elde edilmiş olan İstanbul, Antalya ve Erzurum bölgelerinde güneşin yıllık hareketi grafiği ve bölgelerin iklimsel veri ortalamaları verilmiştir.

Tablo 7.2 Güneşin Yıllık Hareket Grafiği (ClimateStudio)

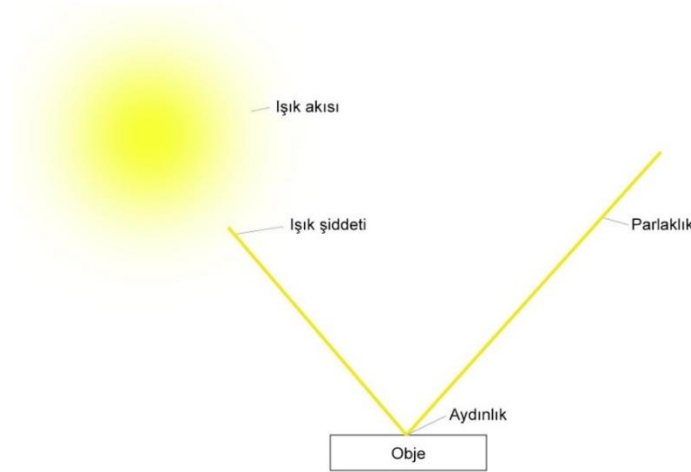


Tablo 7.3 Analizlerin Yapıldığı Konumların İklimsel Veri Ortalamaları

Analizlerin Yapıldığı Konumların İklimsel Veri Ortalamaları		
	Termal Yük Haritası (Yıllık/Günlük/Saatlik)	Sıcaklık ve Radyasyon Miktarı (Ayda 24 saatlik periyotlarla)
İstanbul	UTCI (Entire Year Whole Day Total of 8760 Hours) > Cuts 0 m/s -5 - 35°C 0% - 100% humidity İstanbul Bölge Kartal Gortepo Days in a Year Strong Cold Stress No Thermal Stress Strong Heat Stress	İstanbul Bölge Kartal Gortepo Temperature (°C) Radiation (MJ/m²) Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec 24h per Month
Antalya	UTCI (Entire Year Whole Day Total of 8760 Hours) > Cuts 0 m/s -5 - 45°C 0% - 100% humidity Antalya Days in a Year Strong Cold Stress No Thermal Stress Strong Heat Stress	Antalya Temperature (°C) Radiation (MJ/m²) Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec 24h per Month
Erzurum	UTCI (Entire Year Whole Day Total of 8760 Hours) > Cuts 0 m/s -32 - 32°C 0% - 100% humidity Erzurum Days in a Year Strong Cold Stress No Thermal Stress Strong Heat Stress	Erzurum Temperature (°C) Radiation (MJ/m²) Jan Feb Mar Apr May Jun Jul Aug Sep Oct Nov Dec 24h per Month

7.1.2 Aydınlanma Analizi

Parlaklık, en temel anlamıyla bir mekandaki nesnelerden yansıyan ve gözünüze ulaşan ışığın yoğunluğudur. Renk ve doku desenleriyle eşleştirildiğinde parlaklığın kalitesini ve dolayısıyla dünyanın nasıl görüldüğünü gösteren bir görüntü oluşturabilir. Işğın bir cisimden yansıyabilmesi (parlaklık) için öncelikle onu aydınlatan ışğın olması gerekir. Aydınlatma ve gün ışğı tasarımında ilgilenilen niceliksel ölçütlerden biri “aydınlık”tır. Çünkü aydınlık, mekanı insanlar için kullanılabilir hale getiren ışıktır. Buna göre, parlaklık ve aydınlık (luminance ve illuminance) birbiriyle ilişkili kavramlar olup aydınlık olmadan parlaklık, yani görüntü oluşamaz (Şekil 7.3). Aydınlık, mekanın belirli bir noktasında mevcut olan ışğın ölçüsüdür. Bu niceliksel değeri, ışık akısı miktarını veya o noktaya düşen luxu temsil eden bir renk ölçğei kullanarak görselleştirilmektedir (Scheer, 2013). Her mekan için karşılanması gereken aydınlık değeri bulunmaktadır. Aydınlanma değeri parlaklık/kontrast ilişkisi, kullanılan malzemeler ve görsel alandaki çevrenin aydınlğı ve yansımasıyla belirlenen parlaklık oranlarıyla kontrol edilmelidir (Öner ve Kazanasmaz, 2019). Optimum aydınlanma değeri sağlanması ile mekan fonksiyonlarının verimli olarak gerçekleştirilebildiğı, görsel konforun oluşturulduğı, nitelikli yapılar oluşturulmaktadır.



Şekil 7.3 Aydınlık ve parlaklık ilişkisi (yazarın arşivinden alınmıştır.)

Günümüzde enerji kullanımı yüksek seviyelere ulaşmıştır. Bu durum yeryüzünde çevre sorunları yaşanmasına sebep olmaktadır. Bunlar, mimarlık disiplininde de tasarım problemi haline gelmiş ve çözüm bulunmaya çalışılmıştır. Mimarlığın yapı fiziği alanında enerji kullanımını azaltmak kapsamında incelediği konulardan biri aydınlatma verimliliğidir. Gün ışığından yararlanma, konut dışı binaların yapay aydınlatma gereksinimlerini azaltmanın etkili bir yolu olarak kabul edilmektedir. Buna göre, aydınlatma verimliliği, binalarda elektrik tüketimini indirmek amacıyla yapay aydınlatma kullanımı düşürülerek ve doğal ışıktan maksimum seviyede yararlanılarak geliştirilebilir. Ofis yapılarında ve ticari yapılarda enerji kullanımının fazla olması, görsel konforun ve aydınlatma verimliliğinin sağlanması gerekliliğini beraberinde getirmenin yanı sıra bu yapıların fonksiyonu sebebiyle optimum aydınlatma yapılması da gerekmektedir. Bu yapılarda gündüz vakti devamlı aktif kullanım söz konusu olup aydınlatmanın sürekli ve yüksek miktarlarda kullanımı aşırı enerji kullanımına sebep olup çevreye ve ekonomiye zarar vermektedir. Dolayısıyla ofis ve ticari yapıların tasarımında yapay aydınlatma ile birlikte gün ışığı kullanımının standartlar ve gün ışığı kontrol parametreleri çerçevesinde sağlanması önemlidir. Kuzey Amerika Aydınlatıcı Mühendislik Derneği "IESNA"ya göre ofis yapıları için 200-1500 lux önerilmektedir. Bununla birlikte, Türkiye’de ofislerin gün ışığı gereksinimlerini sağlamak için gün ışığı aydınlatma değerinin en az 300 lux değerinde olması gerekmektedir.

Tablo 7.4 Aydınlatma kategorileri ve değerlerinin sınıflandırılması (Engin, 2022)

Aktivite	Aydınlanma (Lux)
Yüksek kontrastlı veya büyük boyutlu görsel bakış	200 - 300 - 500
Orta kontrastlı veya küçük boyutlu görsel görsel bakış	500 - 750 - 1000
Düşük kontrastlı veya büyük boyutlu görsel görsel bakış	1000-1500 - 2000

Tezde saydam cephe (mevcut durum), pangolin cephe ve epidermis cephenin iç mekan gün ışığı aydınlatmasındaki performansları CS bünyesindeki analiz türü olan “aydınlanma analizi” ile; İstanbul, Antalya ve Erzurum bölgelerinde; 09.00, 12.00 ve 15.00 saatlerinde incelenecektir. Tezde, 300-1000 lux arasındaki değerler optimum değerler olarak ele alınacaktır.

7.1.2.1 Saydam Cepheli Yapının Aydınlanma Analizi Sonuçları

Mevcut durumda 10 m*20 m boyutlarında ve 3.70 m kat yükseklikli, 8 katlı tamamen saydam cepheli sanal ofis yapısı, İstanbul, Antalya ve Erzurum bölgelerinde; haziran ve aralık ayları, saat 09.00, 12.00 ve 15.00’de olmak üzere aydınlanma analizi kapsamında ayrı ayrı incelenmiştir. Analizde haziran ve aralık aylarında kapalı gökyüzü koşulu (CIE overcast) seçilmiş, CS programında simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. Saydam cepheli sanal ofis yapısının dış duvarlarında CS bünyesinde bulunan ve R_{Vis} değeri %33.4 olan beton (CS’deki adı ile concrete exterior wall), çatıda R_{Vis} değeri %19.4 olan koyu gri alüminyum çatı kaplaması (CS’deki adı ile dark grey aluminium roof lining), döşemelerde R_{Vis} değeri %69.5 olan beyaz seramik karolar (CS’deki adı ile ceramic white tile), saydam cephede ise T_{Vis} değeri %77.7 olan cam çeşidir (CS’deki adı ile clear-clear) kullanılmıştır. Çevre yapılarda ise R_{Vis} değeri %33.4 olan beton çeşidi (concrete exterior wall) kullanılmıştır.

Tablo 7.5 Saydam cepheli yapıda seçilen malzemeler

Katman	Malzeme
Dış duvarlar	Beton (Concrete exterior wall)
Çatı	Alüminyum çatı kaplaması (Dark grey aluminium roof lining)
Döşeme	Beyaz seramik karolar (Ceramic white tile)
Saydam katman	Cam (Clear-clear)
Çevre yapılar	Beton (Concrete exterior wall)

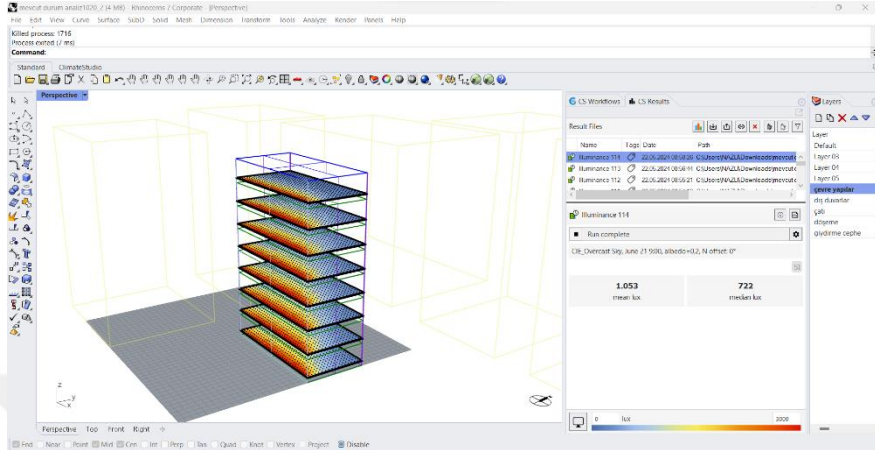
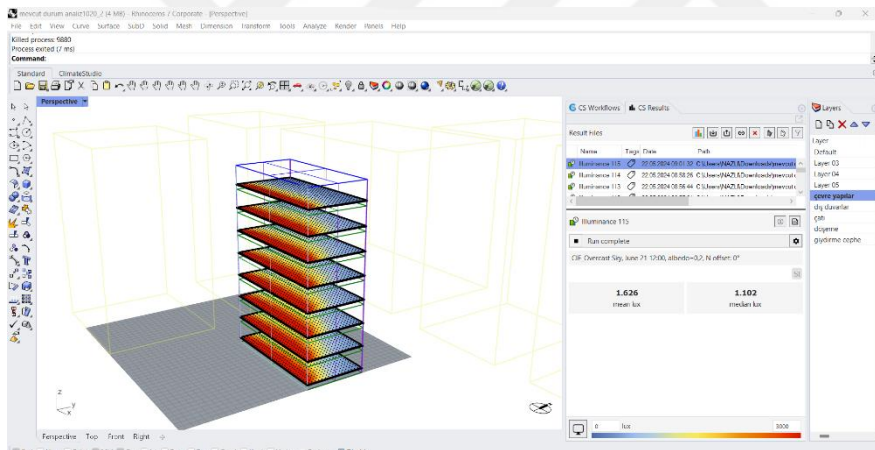
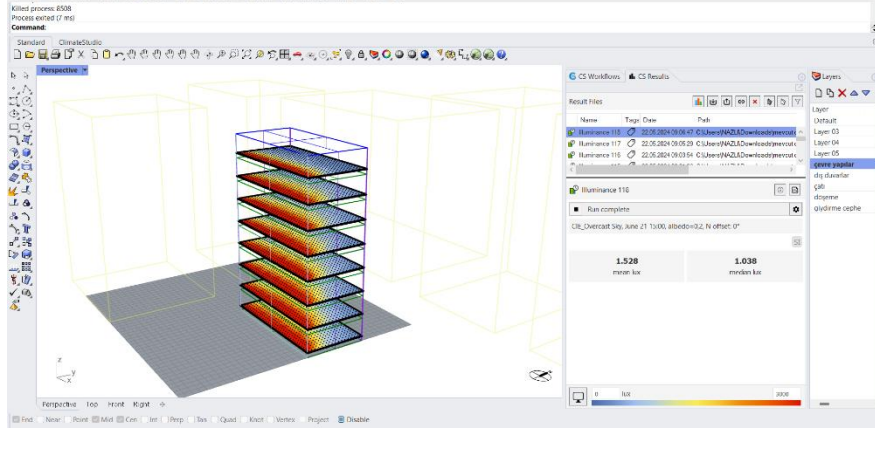
Gökyüzü koşulları ve malzemeler, bütün mevcut durum analizlerinde sabit değişkenlerdir. Saydam cepheli sanal ofis yapısına ilk olarak İstanbul konumunda simülasyon yapılmıştır. Sonuçlara göre, haziran ayı saat 09.00'da ortalama aydınlanma değeri 1053 lux bulunmuştur. Saat 12.00'da ortalama aydınlanma değeri 1626 lux; 15.00'da ise 1528 luxtur. Bu değerler tezde kabul edilen optimum aydınlanma değer aralığının dışındadır (300-1000 lux). Saydam cepheli yapı aralık ayında analiz edildiğinde ise saat 09.00, 12.00 ve 15.00 saatlerinde sırasıyla ortalama 167 lux, 731 lux ve 616 lux sonuçları bulunmuştur. Buna göre, saydam cepheli yapının aralık ayı kapalı gökyüzü koşullarında saat 09.00'da aydınlanma değerinin 300 luxun altında olduğu ve gün ışığı ile yeteri kadar aydınlanmadığı anlaşılmaktadır. Antalya konumunda haziran ayındaki analizlere göre ise mevcut durumda incelenen saydam cepheli yapının saat 09.00'da ortalama 1078 lux, 12.00'da ortalama 1665 lux, 15.00'da ise ortalama 1537 lux değerinde aydınlandığı görülmektedir. Bu değerler 300-1000 lüks değer aralığını geçmektedir. Buna göre, Antalya'da haziran ayında yapının aşırı aydınlandığı ve bu durumun ofis fonksiyonu için optimum görsel konfor koşullarını sağlamadığı söylenebilir. Antalya ilindeki aralık ayı analizlerinde ise, saydam cepheli yapının saat 09.00'da ortalama 270 lux, 12.00'da ortalama 845 lux ve 15.00'da ortalama 698 lux değerinde aydınlandığı sonucunda ulaşılmıştır. Yapıya Erzurum ilinde simülasyon yapıldığında ise analiz sonuçlarına göre haziran ayı, saat 09.00'da ortalama 1325 lux, 12.00'da ortalama 1764 lux, 15.00'da ise ortalama 1458 lux aydınlandığı gözlemlenmiştir. Aralık ayındaki analiz sonuçlarına göre ise saat 09.00'da 414 lux, 12.00'da 841 lux, 15.00'da ise 515 lux değerinde aydınlanmaktadır. Saydam cepheli sanal ofis yapısı, aralık ayındaki aydınlanma değerleri ile optimum değerleri karşılamaktadır. Yapının Erzurum ilinde olduğu durumda simülasyon yapıldığında ise analiz sonuçlarına göre haziran ayı saat 09.00'da ortalama aydınlanma 1325 lux ölçülmüşken; saat 12.00'da 1764 lux, saat 15.00'da 1458 lux ölçülmüştür. Aralık ayındaki aydınlanma analizi sonuçlarına göre ise saydam cepheli yapı saat 09.00'da ortalama 414 lux, 12.00'da ortalama 841 lux, 15.00'da ortalama 515 lux değerinde aydınlanmaktadır. Buna göre, Erzurum'da ölçülen aralık ayı değerleri optimum aydınlanma değerlerini karşılamaktadır.

Tablo 7.6 Saydam cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçları

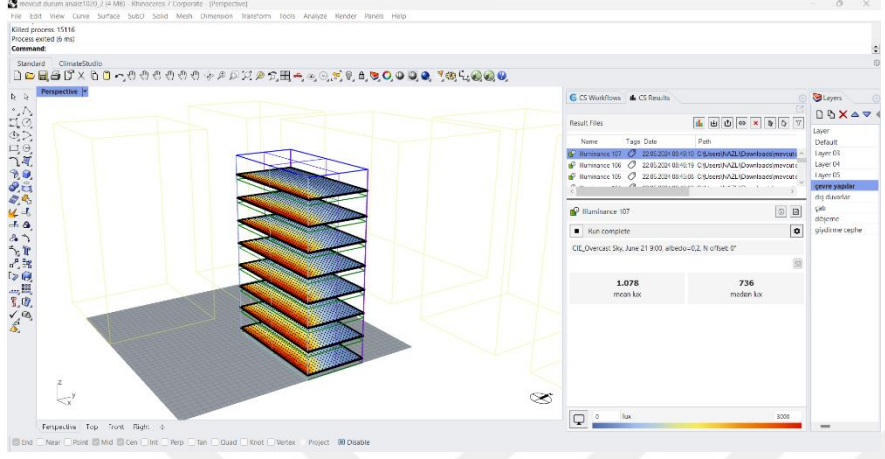
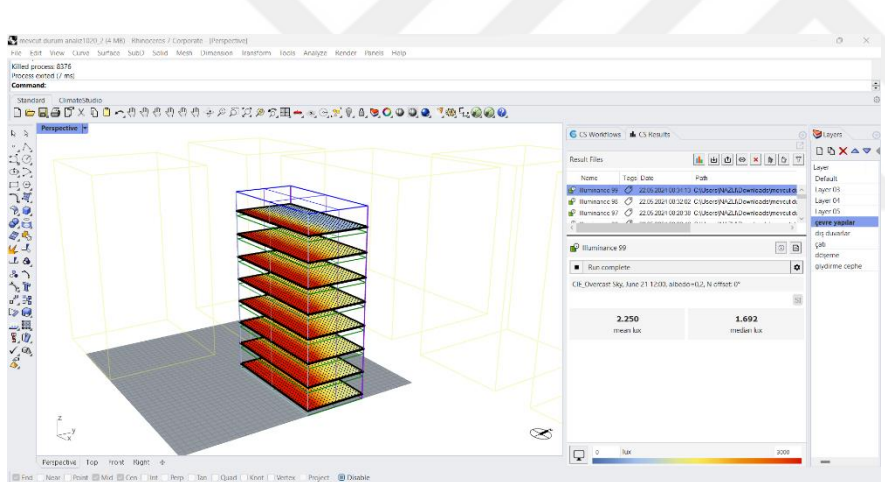
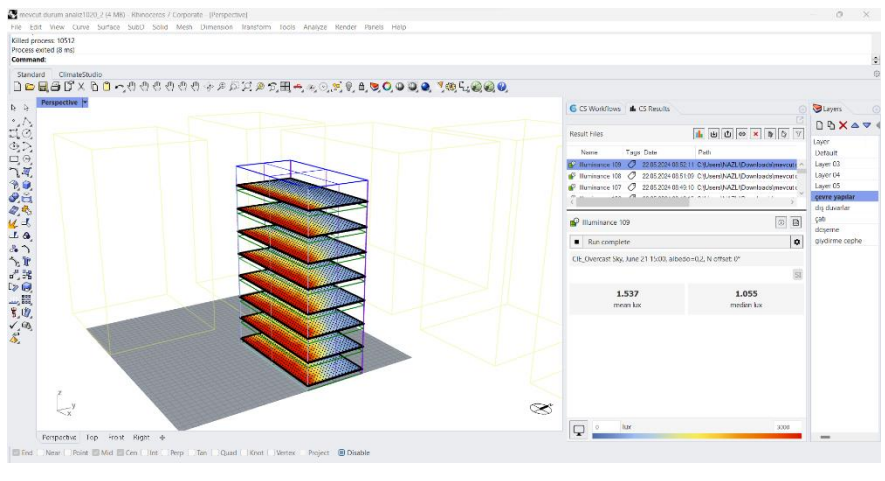
Saydam Cepheli Yapı	Şehir	Ay	Saat	Lux _{ort}
	İstanbul	Haziran	09.00	1053
			12.00	1626
			15.00	1528
		Aralık	09.00	167
			12.00	731
			15.00	616
	Antalya	Haziran	09.00	1078
			12.00	1665
			15.00	1537
		Aralık	09.00	270
			12.00	845
			15.00	698
	Erzurum	Haziran	09.00	1325
			12.00	1764
			15.00	1458
		Aralık	09.00	414
			12.00	841
			15.00	515

Yukarıdaki tabloda saydam cepheli sanal ofis yapısının İstanbul, Antalya ve Erzurum konumlarında, haziran ve aralık ayları, 09.00, 12.00 ve 15.00 saatlerindeki aydınlanma değerleri verilmiştir. İstanbul, Antalya ve Erzurum illeri, haziran ayındaki saat bazlı Climate Studio analizlerinin tablosu ise aşağıda verilmiştir. İlgili illere ait aralık ayı, saat 09.00, 12.00 ve 15.00 simülasyon tabloları ekte bulunmaktadır.

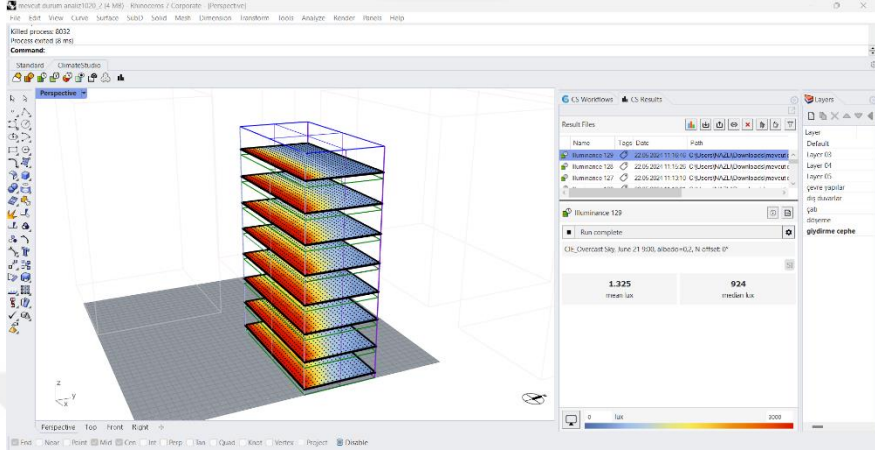
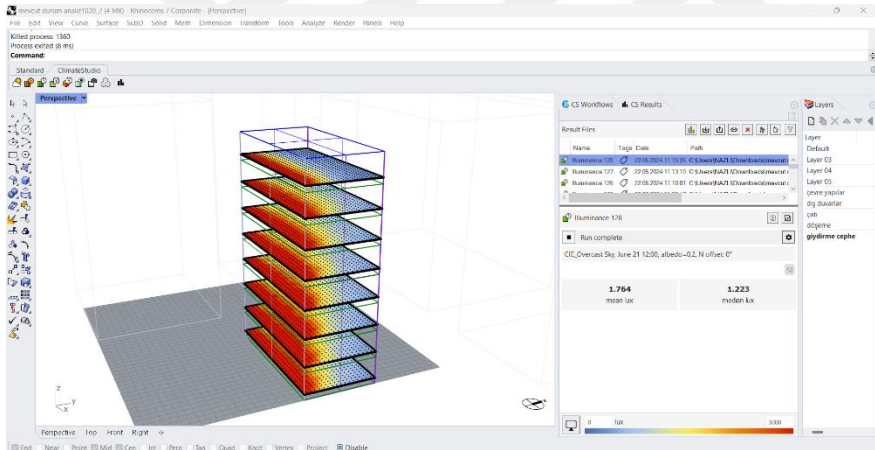
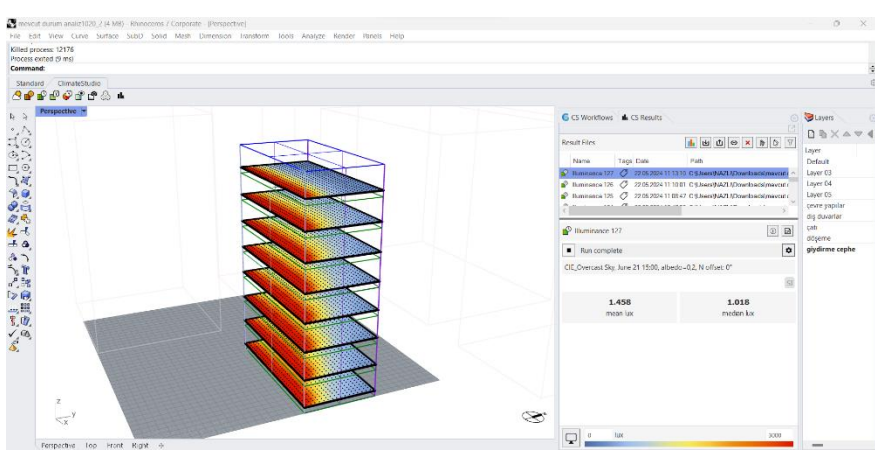
Tablo 7.7 Saydam cepheli sanal ofis yapısının İstanbul ili haziran ayı aydınlanma analizleri

Saydam Cepheli Sanal Ofis Yapısının İstanbul İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri	
	09.00 Ortalama lux: 1078 lux
	12.00 Ortalama lux: 1626 lux
	15.00 Ortalama lux: 1528 lux

Tablo 7.8 Saydam cepheli sanal ofis yapısının İstanbul ili haziran ayı aydınlanma analizleri

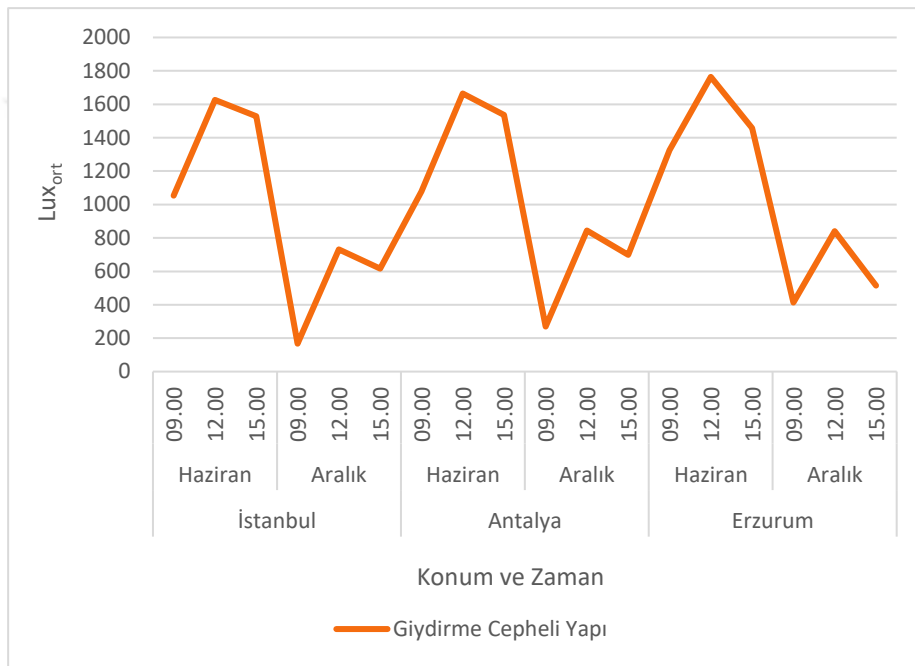
Saydam Cepheli Sanal Ofis Yapısının Antalya İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri	
	09.00 Ortalama lux: 1078 lux
	12.00 Ortalama lux: 2250 lux
	15.00 Ortalama lux: 1537 lux

Tablo 7.9 Saydam cepheli sanal ofis yapısının İstanbul ili haziran ayı aydınlanma analizleri

Saydam Cepheli Sanal Ofis Yapısının Erzurum İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri	
	09.00 Ortalama lux: 1325 lux
	12.00 Ortalama lux: 1764 lux
	15.00 Ortalama lux: 1458 lux

Aşağıdaki çizgi grafiğinde ise aydınlanma değerlerinin konum, ay ve saat bazında değişimleri açıkça gözlemlenebilmektedir (Şekil 7.4). Değerler çizgi grafiğine yerleştirildiğinde İstanbul, Antalya ve Erzurum konumlarında, haziran ve aralık ayı, 09.00, 12.00 ve 15.00 saatlerinde benzer değerlerin elde edildiği görülmektedir. Minimum ortalama aydınlanma değeri İstanbul ili, aralık ayı saat 09.00'da; maksimum aydınlanma değeri Erzurum ili haziran ayı saat 12.00'da ölçülmüştür. Diğer değerler ise birbirine yakın ve belirli aralıktaki değerlerden oluşmaktadır.

Şekil 7.4 Saydam cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçları



Saydam cephenin İstanbul ili, haziran ayı, saat 09.00, 12.00, 15.00'daki aydınlanma analizi ortalama sonuçları ofis yapılarında optimum görsel konfor koşullarını sağlayan 300-1000 lux değer aralığında bulunmamakta, dolayısıyla optimum koşulları sağlamamaktadır. Aralık ayı, saat 09.00, 12.00 ve 15.00 ortalama aydınlanma değerleri incelendiğinde ise saat 09.00 değerinin, optimum değer aralığının dışında, 300 luxten az olduğu görülmektedir. Antalya ilindeki değerler incelendiğinde ise haziran ayı, saat 09.00, 12.00 ve 15.00'da aydınlanma değerlerinin sırasıyla 1078 lux, 1665 lux ve 1537 lux olup bu değerlerin tamamı 300-1000 lux değer aralığının üstündedir. Dolayısıyla iç mekanda aşırı aydınlanma olduğu söylenebilir. Aralık ayı, saat 09.00, 12.00 ve 15.00 ortalama aydınlanma değerlerine göre ise saat 09.00 değeri optimum değer aralığında olmayıp diğer iki değer optimum görsel konfor koşulları için gerekli olan değer

aralığını sağlamaktadır. Yapının Erzurum ili haziran ayı simülasyonunda ise ortalama aydınlanma değerleri optimum değer aralığının üstündedir, yani yapıda aşırı aydınlanma durumu söz konusudur. Aralık ayı, saat 09.00, 12.00 ve 15.00 ortalama aydınlanma değerleri ise optimum değer aralığındadır. Yapının Erzurum ili, saat 09.00, 12.00 ve 15.00’da bulunduğu senaryolarda görsel konfor koşulları sağlanmaktadır. Toplam 18 analiz sonucu elde edilmiştir. Saydam cephe yapı, görsel konfor koşullarını sağlama bağlamında, 18 sonuçtan 7’sinde başarılı, 11’inde başarısız olmuştur. Yapı, optimum gün ışığı aydınlanmasını %38,8 oranında sağlamıştır.

Tablo 7.10 Saydam cephe yapının aydınlanma analizi sonuçlarının optimum değer aralıklarına göre değerlendirilmesi

Şehir	Ay	Saat	Lux_{ort} (Saydam Cephe)
İstanbul	Haziran	09.00	1053
		12.00	1626
		15.00	1528
	Aralık	09.00	167
		12.00	731
		15.00	616
Antalya	Haziran	09.00	1078
		12.00	1665
		15.00	1537
	Aralık	09.00	270
		12.00	845
		15.00	698
Erzurum	Haziran	09.00	1325
		12.00	1764
		15.00	1458
	Aralık	09.00	414
		12.00	841
		15.00	515



300-1000 lux aralığında olmayan değerler

7.1.2.2 Biyomimetik Pangolin Cepheli Yapıda Aydınlanma Analizi

Çift cidarlı olarak tasarlanmış biyomimetik pangolin cephede, en dış katmanda bulunan ve pangolinin kabuk yapısından ilham alınarak tasarlanan elemanlarda Rvis değeri %68.8 olan alüminyum kaplama (CS'deki adı ile aluminium metal cladding) malzemesi kullanılmıştır. İç katmanda bulunan cam, döşemeler, dış duvarlar ve çevre yapılar için kullanılan malzemeler ise saydam cepheli yapının malzemeleriyle aynı olup sabit değişkendir.

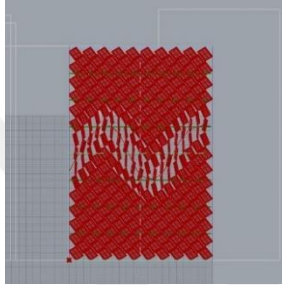
Tablo 7.11 Pangolin cepheli yapıda kullanılan malzemeler

Katman	Malzeme
Dış duvarlar	Beton (Concrete exterior wall)
Çatı	Alüminyum çatı kaplaması (Dark grey aluminium roof lining)
Döşeme	Beyaz seramik karolar (Ceramic white tile)
İç katman	Cam (Clear-clear)
Çevre yapılar	Beton (Concrete exterior wall)
Pangolin cephe	Alüminyum kaplama (Aluminium metal cladding)

Pangolin cepheli yapıya da, saydam cepheli senaryoda olduğu gibi İstanbul, Antalya ve Erzurum illerinde, haziran ve aralık aylarında, kapalı hava koşullarında (CIE overcast) ve 09.00, 12.00, 15.00 saatlerinde CS'da simülasyon yapılmıştır. Sanal ofis yapısına pangolinin esnek kabuk yapısından ilham alınarak, yapı cephesinin de dış çevre etkenlerine karşı esnekliğinin bir ifadesi olarak tasarlanan biyomimetik pangolin cephe entegre edildiğinde İstanbul ili haziran ayı saat 09.00'da ortalama aydınlanma değeri 411 lux, 12.00'da ortalama 635 lux, 15.00'da ise ortalama 595 lux ölçülmüştür. İstanbul ili, aralık ayında ise yapının saat 09.00'da ortalama 72 lux, 12.00'da ortalama 308 lux, 15.00'da ise ortalama 240 lux aydınlandığı sonucu analizler ile elde edilmiştir. Antalya ilindeki analiz sonuçlarına göre ise biyomimetik pangolin cepheli yapı haziran ayı saat 09.00'da ortalama 420 lux, 12.00'da ortalama 649 lux, 15.00'da ortalama 597 lux; aralık ayı, 09.00, 12.00 ve 15.00 saatlerinde ise sırasıyla ortalama 105 lux, 330 lux ve 301 lux aydınlanmaktadır. Yapı, Erzurum ili haziran ayında analiz edildiğinde saat 09.00'da ortalama 492 lux, 12.00'da ortalama 653 lux, 15.00'da ortalama 542 lux; aralık ayında analiz edildiğinde ise sonuçlara

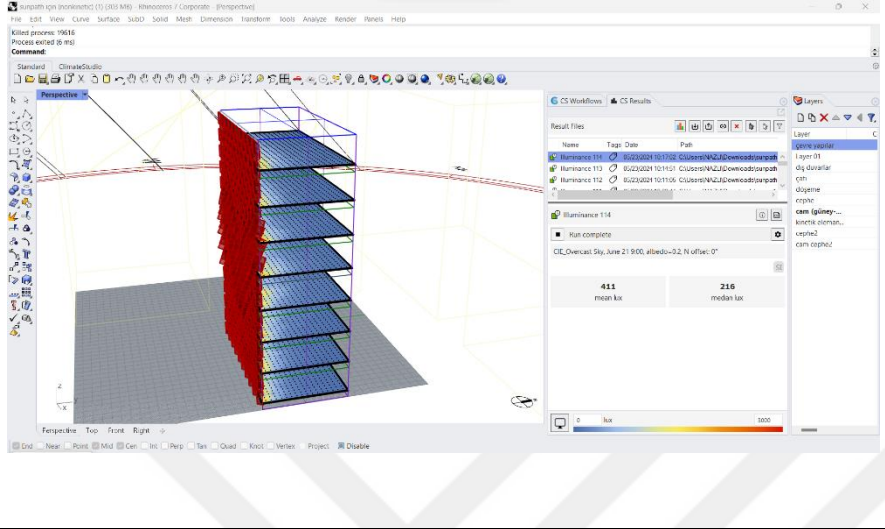
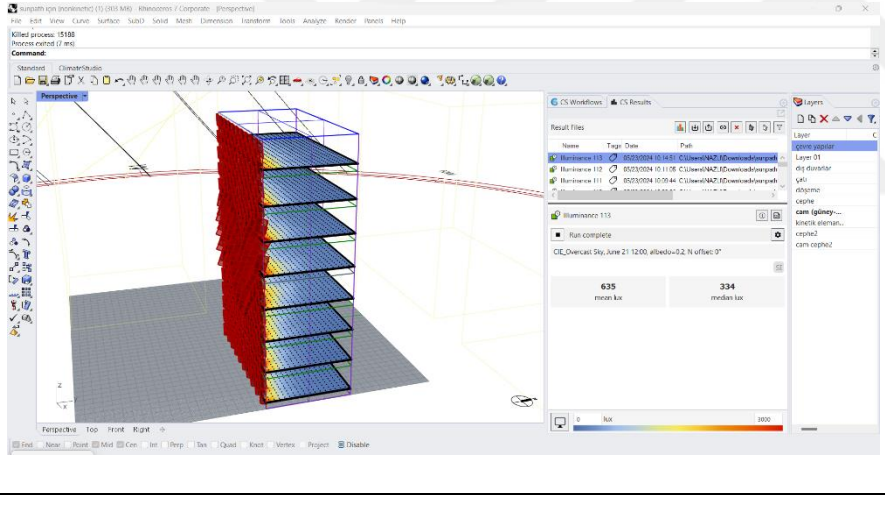
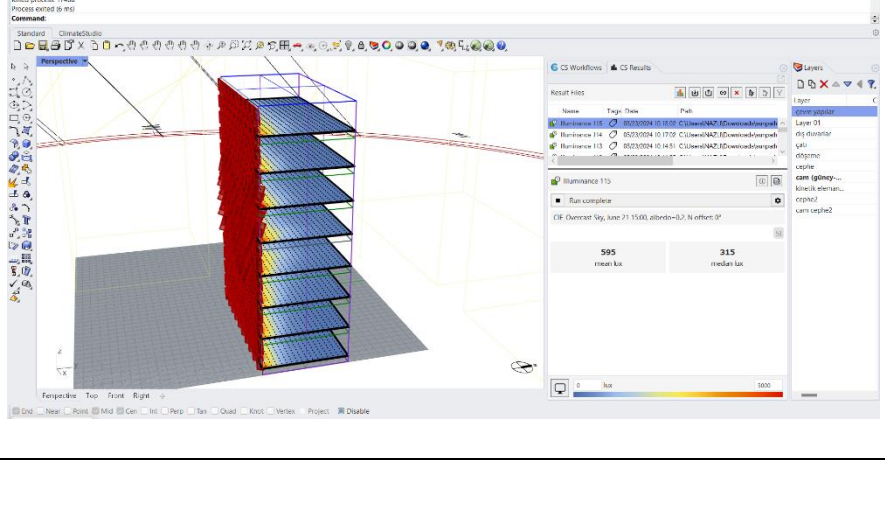
göre saat 09.00'da ortalama 154 lux, 12.00'da ortalama 312 lux, 15.00'da ortalama 191 lux aydınlanmaktadır.

Tablo 7.12 Pangolin cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçları

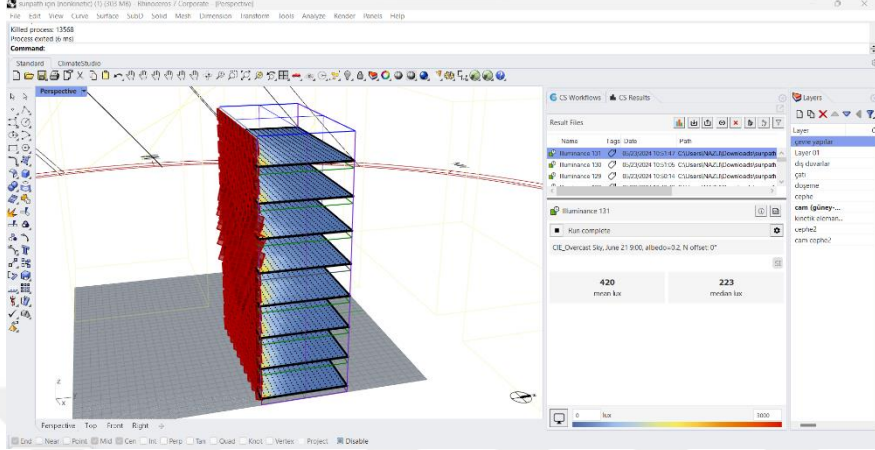
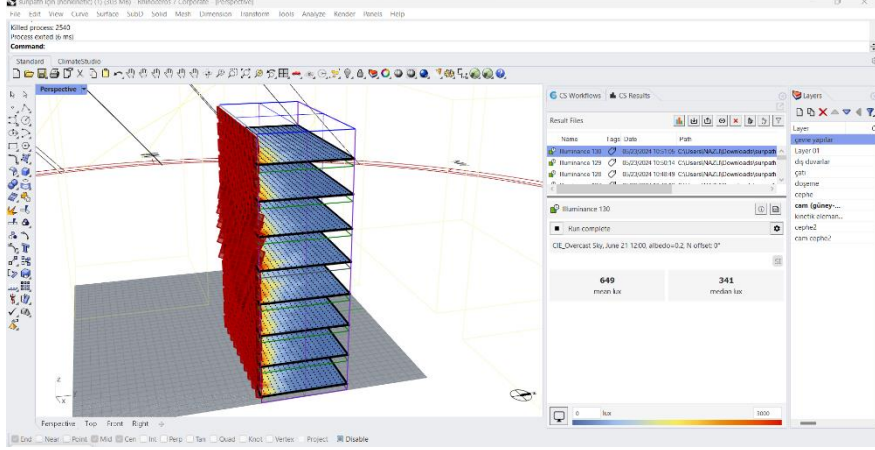
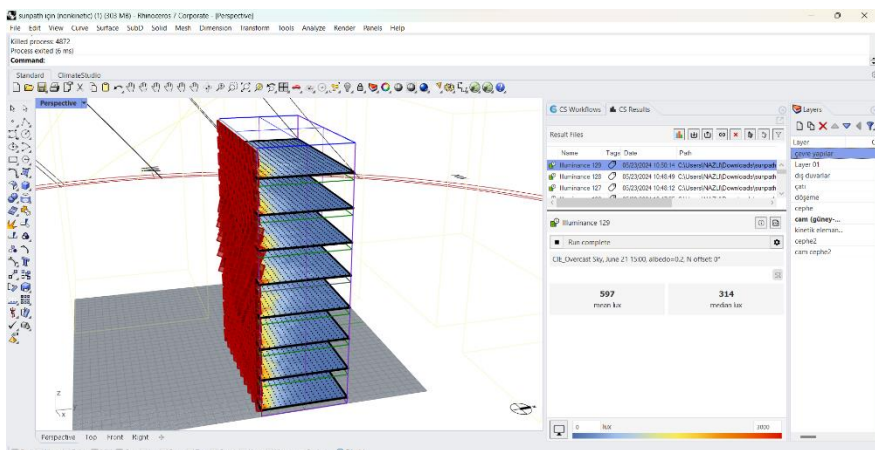
Cephe görseli	Şehir	Ay	Saat	Lux _{ort}
	İstanbul	Haziran	09.00	411
			12.00	635
			15.00	595
		Aralık	09.00	72
			12.00	308
			15.00	240
	Antalya	Haziran	09.00	420
			12.00	649
			15.00	597
		Aralık	09.00	105
			12.00	330
			15.00	301
	Erzurum	Haziran	09.00	492
			12.00	653
			15.00	542
		Aralık	09.00	154
			12.00	312
			15.00	191

Yukarıdaki tabloda biyomimetik pangolin cepheli sanal ofis yapısının İstanbul, Antalya ve Erzurum konumlarında, haziran ve aralık ayları, 09.00, 12.00 ve 15.00 saatlerindeki aydınlanma değerleri verilmiştir. Pangolin cepheli yapının İstanbul, Antalya ve Erzurum illeri, haziran ayındaki saat bazlı Climate Studio analizlerinin tablosu aşağıda verilmiştir. Diğer il, ay ve saatlere ait simülasyon tabloları ekte bulunmaktadır.

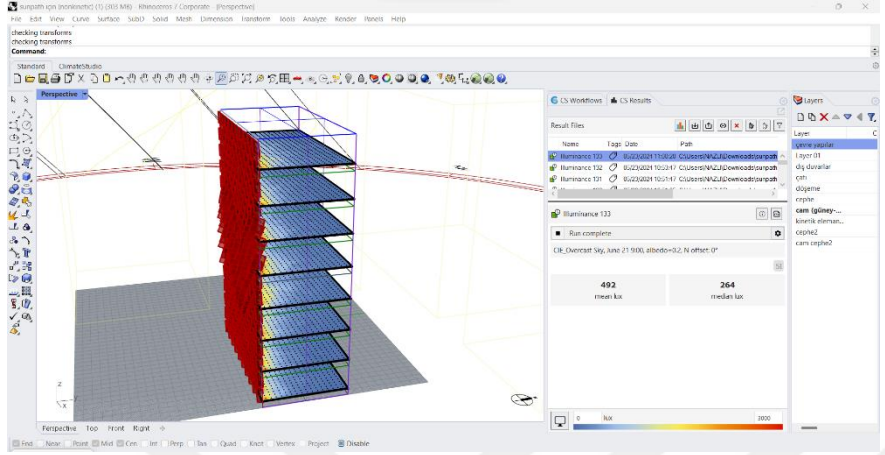
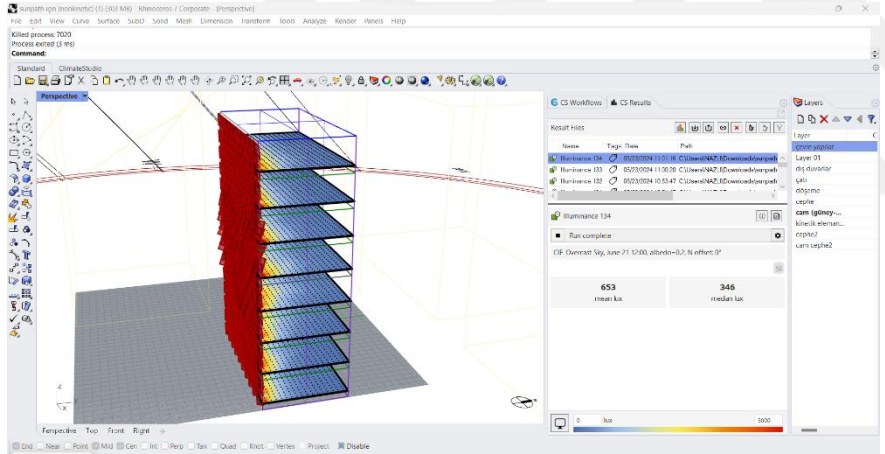
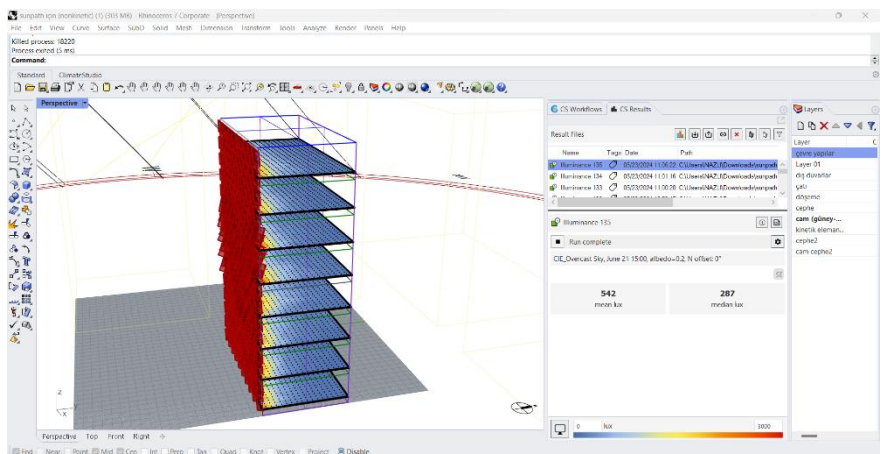
Tablo 7.13 Pangolin cepheci sanal ofis yapısının İstanbul ili haziran ayı aydınlanma analizleri

Pangolin Cepheci Sanal Ofis Yapısının İstanbul İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri	
	09.00 Ortalama lux: 411 lux
	12.00 Ortalama lux: 635 lux
	15.00 Ortalama lux: 595 lux

Tablo 7.14 Pangolin cepheci sanal ofis yapısının Antalya ili haziran ayı aydınlanma analizleri

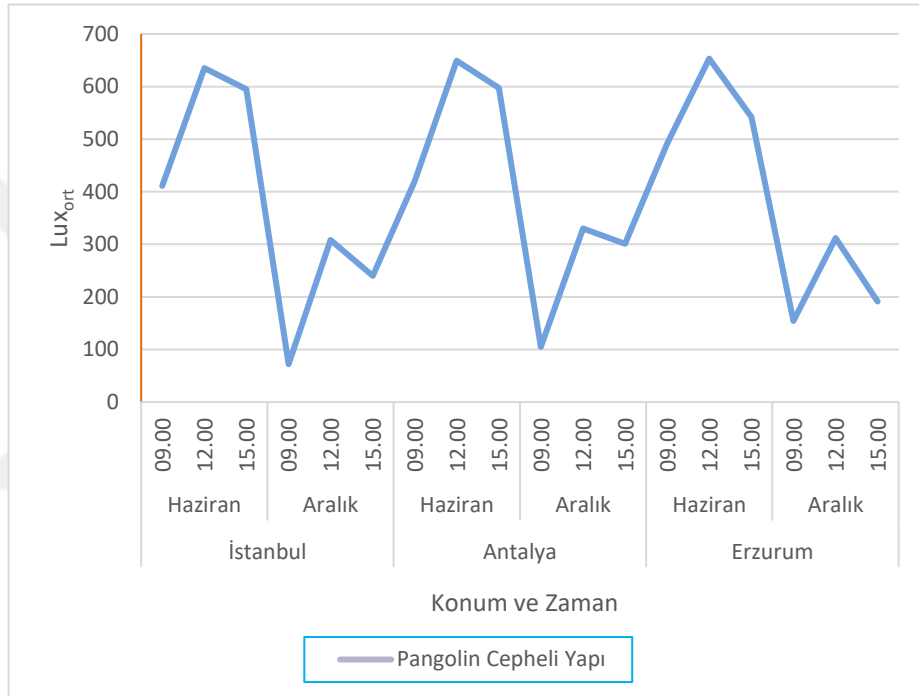
Pangolin Cepheci Sanal Ofis Yapısının Antalya İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri	
	09.00 Ortalama lux: 420 lux
	12.00 Ortalama lux: 649 lux
	15.00 Ortalama lux: 597 lux

Tablo 7.15 Pangolin cepheci sanal ofis yapısının Erzurum ili haziran ayı aydınlanma analizleri

Pangolin Cepheci Sanal Ofis Yapısının Erzurum İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri	
	09.00 Ortalama lux: 492 lux
	12.00 Ortalama lux: 653 lux
	15.00 Ortalama lux: 542 lux

Aşağıdaki çizgi grafiğinde ise aydınlanma değerlerinin konum, ay ve saat bazında değişimleri açıkça gözlemlenebilmektedir (Şekil 7.5). Değerler çizgi grafiğine yerleştirildiğinde İstanbul, Antalya ve Erzurum konumlarında, haziran ve aralık ayı, 09.00, 12.00 ve 15.00 saatlerinde benzer değerlerin elde edildiği görülmektedir. Minimum aydınlanma değeri İstanbul ili, aralık ayı saat 09.00'da; maksimum aydınlanma değeri Erzurum ili haziran ayı saat 12.00'da ölçülmüştür. Diğer değerler ise birbirine yakın ve belirli aralıktaki değerlerden oluşmaktadır.

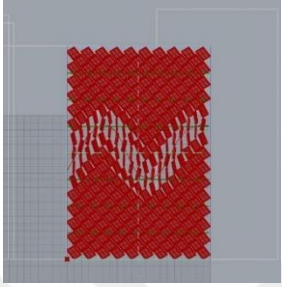
Şekil 7.5 Pangolin cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçları



Biyomimetik pangolin cepheli yapının, İstanbul ili, haziran ayı, saat 09.00, 12.00 ve 15.00 simülasyonları ile, saydam cephede aynı konum, ay ve saatlerde görsel konforsuzluğa sebep olan 1000 luxun üzerindeki ortalama değerler, optimum değer aralığına çekilmiştir. Aralık ayı ortalama aydınlanma değerlerine göre ise mevcut durumda da 300 lux değerinin altında bulunan aralık ayı 09.00 analiz sonucu, pangolin cephede bulunan ve pangolinin kabuk yapısını temsil eden elemanlar sebebiyle ortalama 72 lux değerine düşmüştür. Sonuca göre, halihazırda görsel konfor koşullarını sağlamayan saydam cepheli yapı değeri, pangolin cephe ile de optimum aydınlanmayı sağlayamamış ve ortalama değer düşmüştür. Saydam cephe simülasyonunda ortalama 616 lux olan aralık, saat 15.00 değeri, pangolin cephe

elemanları sebebiyle 300 lux deęerinin altına dūřmūř, gōrsel konfor kořullarını saęlayamayan bir duruma gelmiřtir. Antalya ili haziran ayı simūlasyonuna gōre ise, saydam cepheli senaryoda Antalya ili haziran ayındaki 09.00, 12.00 ve 15.00 saat dilimlerinde 1000 lux tepe deęerinin ūstünde bulunan deęerler, pangolin cephe ile optimum deęer aralıklarına indirildięi, ařırı aydınlanma engellendięi ve gūn ıřıęı kontrolūnūn saęlandıęı gōzlemlenmiřtir. Saydam cepheli yapı ile karřılařtırıldıęında, pangolin cephe Antalya ili, haziran ayında optimum ortalama aydınlanma deęer aralıęını %100 saęlamıřtır. Aralık ayı, saat 09.00, 12.00 ve 15.00 analizlerine gōre ise, 09.00 deęeri dıřındaki iki deęer optimum deęer aralıęında olup optimum aydınlanma kořullarını saęlamaktadır. Ancak saydam cepheli senaryoda halihazırda optimum deęer aralıęında bulunan 12.00 ve 15.00 deęerleri, pangolin cephe ile dūřūře uęramıřtır. Erzurum ili haziran ayı, 09.00, 12.00 ve 15.00 saatlerindeki analizler yapıldıęında ise saydam cepheli mevcut durum simūlasyonunda 1000 lux deęerinin ūzerinde olup ařırı aydınlanmaya sebep olan 09.00, 12.00 ve 15.00 deęerlerinin, biyomimetik pangolin cephe önerisi ile optimum deęer aralıęına çekildięi gōrūlmektedir. Bu sayede mekanda optimum aydınlanma saęlanmıřtır. Aralık ayı, saat 09.00, 12.00 ve 15.00 analizlerine gōre ise Erzurum ili aralık ayı deęerleri saydam cepheli mevcut durumda 300 lux ūzerindeyken, pangolin cephe ile 300 luxun altına dūřmūřtir. 09.00 ve 15.00 deęerlerinin 300 lux deęerinden dūřūk olması, mekanda yeterli gūn ıřıęı aydınlanmasının saęlanmadıęını ifade etmektedir. Bu durumda, pangolin cephe İstanbul, Antalya ve Erzurum illerindeki analizlerde elde edilen 18 sonucun 5'inde optimum deęer aralıęında yer almamaktadır. Ancak 13 sonuç optimum deęer aralıęında yer almıř ve yapı, optimum aydınlanma kořullarını %72,2 saęlamıřtır.

Tablo 7.16 Pangolin cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçlarının optimum değer aralıklarına göre değerlendirilmesi

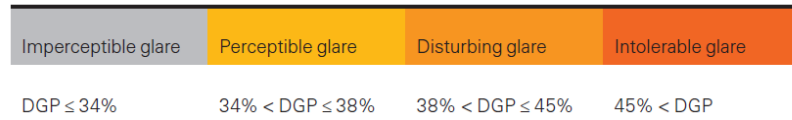
Cephe görseli	Şehir	Ay	Saat	Lux _{ort} (Pangolin Cephe)
	İstanbul	Haziran	09.00	411
			12.00	635
			15.00	595
		Aralık	09.00	72
			12.00	308
			15.00	240
	Antalya	Haziran	09.00	420
			12.00	649
			15.00	597
		Aralık	09.00	105
			12.00	330
			15.00	301
	Erzurum	Haziran	09.00	492
			12.00	653
			15.00	542
		Aralık	09.00	154
			12.00	312
			15.00	191

 300-1000 lux aralığında olmayan değerler

7.1.3 Kamaşma Analizi

Kontrast veya ışık yoğunluğunun neden olduğu fiziksel rahatsızlık olan kamaşma, çağdaş mimari tasarımlarda yeterince kullanılmayan bir parametredir. Kamaşma, kişisel algıya bağlıdır ve kişiden kişiye büyük ölçüde değişebilmektedir. İç mekanlarda kamaşmanın nedenleri arasında aşırı gün ışığına izin veren dış pencereler, yüksek şiddetli aydınlatma, ışığın kullanıcıların genellikle kaldığı mekana veya nesneye doğrudan gelmesi veya pencereden gelen ışığı yansıtan mekanlar yer almaktadır. Bu parametrelerle ilgili veriler aynı zamanda saha ölçümlerinden de toplanabilir ve alternatif olarak bilgisayar tabanlı aydınlatma simülasyonları kullanılabilir (Suk vd, 2013). CS, yapıda kamaşma miktarını ölçmek için kullanılan bilgisayar tabanlı simülasyon programlarından biridir. CS, kullanılan bir zemin alanı boyunca yıllık kamaşma dağılımlarını hesaplama yeteneğine sahiptir. Bu kamaşma hesaplamaları, Wienold ve Christofferen (2005) tarafından geliştirilen

Gün Işığ Kamaşma Olasılığı (DGP) metriğine dayanmaktadır. DGP, belirli bir görüş pozisyonu ve yönelimindeki bir gözlemcinin rahatsız edici bir kamaşma ile karşılaşacağı olasılığını tahmin etmektedir. Metrik genellikle 180 derece açılma açısına sahip balıkgözü görüntüleme kullanılarak hesaplanmaktadır. DGP, %0 ile %100 arasında değerlere sahiptir. Her ne kadar her kişi tarafından hissedilen rahatsızlığın veya algının derecesi farklı olsa da, %0 ile %100 arasındaki bu değerler, algılanamayan kamaşma, algılanabilir kamaşma, rahatsız edici kamaşma ve dayanılmaz kamaşma olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır (Solemma, 2020) (Şekil 7.6). Algılanamayan kamaşma %34 ve altındaki DGP değerlerini, algılanabilir kamaşma %34 ve %38 arasında ya da %38'e eşit DGP değerlerini, rahatsız edici kamaşma %38 ve %45 arasında ya da %45'e eşit DGP değerlerini, dayanılmaz kamaşma ise %45'ten büyük DGP değerlerini ifade etmektedir.



Şekil 7.6 DGP değerlerinin gruplandırılması (Solemma, 2020)

7.1.3.1 Saydam Cepheli Yapıda Kamaşma Analizi

Kamaşma analizi için yapının İstanbul, Antalya ve Erzurum illerinde yıllık olarak simülasyonu yapılmıştır. Yapı malzemeleri, aydınlanma analizinde olduğu gibi sabit değişkendir. İlk olarak saydam cepheli mevcut durumun kamaşma analizleri yapılmıştır. Yapının aydınlanma analizleri optimum düzeyde olsa bile, kamaşma analizlerinin rahatsız edici ya da dayanılmaz kamaşma değerlerinde çıkma ihtimali bulunmaktadır. Saydam cepheli yapının İstanbul ilindeki kamaşma analizi sonucu sDG %92.4 bulunmuştur. Değer, %45'in üstünde olduğundan kamaşma seviyesi dayanılmaz kamaşma sınıfına girmektedir. Bu durum kamaşma bağlamında mekana alınan gün ışığı kontrolünün sağlanamadığını göstermektedir. Antalya ilindeki yıllık kamaşma sDG değeri ise %93.5'dir. Bu değer de dayanılmaz kamaşma sınıfındadır. Erzurum ilindeki değer de sDG %95.6 olup dayanılmaz kamaşma sınıfındadır. Yapıda herhangi bir gölgelendirme elemanı olmaması aşırı aydınlanmaya ve aşırı kamaşmaya sebep olmakta ve konforsuzluk yaratmaktadır. Dolayısıyla yapının saydam cepheli olduğu simülasyonda optimum kamaşma bağlamında başarı elde edilememiştir. Saydam cepheli yapının Antalya, İstanbul ve Erzurum illerindeki

kamaşma analizleri saat bazında incelendiğinde, değerler saat 07.00'dan yaklaşık 13.00'a kadar yükselmekte ve bu saatte yaklaşık sDG %80 olan en yüksek değerine ulaşmakta, saat 13.00'dan sonra ise saat 18.00'a kadar düşmektedir. Aylık bazda ise İstanbul, Antalya ve Erzurum illerinde haziran, temmuz ve ağustos aylarındaki kamaşma değerleri diğer aylara oranla düşüktür. Ancak sonbahar ve kış aylarındaki bazı günlerde dalgalanmalar yaşanmakta ve bu günlerdeki değerler yıllık en düşük değerlere ulaşmaktadır.

Tablo 7.17 Saydam cepheli yapıda yıllık kamaşma analizi sonuçları

Alanlar	Yıllık Kamaşma (sDG)
İstanbul	%92.4
Antalya	%93.5
Erzurum	%95.6

Değerler yılın her ayında optimum değerin üstünde seyretmektedir. Günlük bazda bakıldığında ise en çok kamaşmanın 12.00 ve 13.00'da olduğu analizler sonucunda gözlemlenmiştir. Değerler 07.00'dan 12.00'a kadar yükselip 12.00-13.00 arasında en yüksek değere ulaşmakta, 13.00'dan sonra ise düşüş göstermektedir. Cephede herhangi bir gölgelendirme elemanı olmaması, aşırı aydınlanmaya sebep olmakta ve kamaşmanın dayanılmaz seviyede olmasını da beraberinde getirmektedir. Bu değerlerin, biyomimetik cephe önerileri yardımı ile düşürülmesi amaçlanmaktadır.

7.1.3.2 Biyomimetik Pangolin Cepheli Yapıda Kamaşma Analizi

Biyomimetik pangolin cephe önerilen yapının İstanbul, Antalya ve Erzurum illerinde yıllık bazda kamaşma analizi yapılmıştır. Malzemeler, aydınlanma analizinde olduğu gibi sabit değişkendir. Analiz sonuçlarına göre, saydam cepheli durumda %90'ın üzerindeki dayanılmaz kamaşma değerleri, önerilen pangolin cephe ile düşmüştür. Pangolin cepheli yapının İstanbul ilindeki kamaşma analizi sonucu sDG %76.6, Antalya ilindeki kamaşma analizi sonucu sDG %80, Erzurum ilindeki kamaşma analizi sonucu ise sDG %81.2 bulunmuştur. Bu değerler saydam cepheli yapının kamaşma analizlerinde elde edilen değerlerden düşük olsa da, hala dayanılmaz kamaşma sınıfındadır. Bu durum pangolin cephenin, mevcut durumda %90 üzerinde olan değerleri %45'in altına düşüremediğini, dolayısıyla kamaşma bağlamında başarı elde edemediğini göstermektedir. Pangolin cepheli yapıda da İstanbul, Antalya ve Erzurum illerindeki yaz ayları değerleri yılın diğer aylarına göre

daha düşük olmakla birlikte sonbahar ve kış aylarındaki bazı günlerde dalgalanmalar yaşanmakta ve bu günlerdeki değerler yıllık en düşük değerlere ulaşmaktadır.

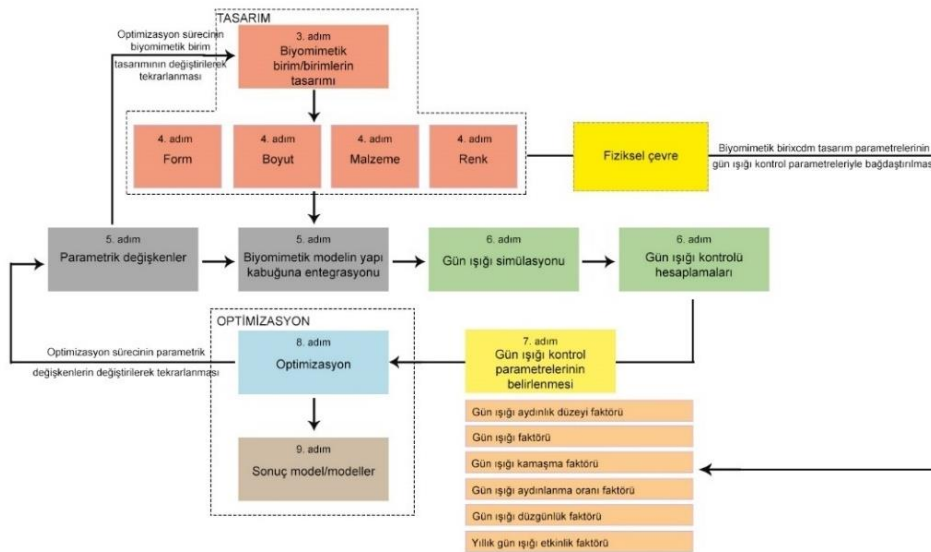
Tablo 7.18 Pangolin cephe yapıda yıllık kamaşma analizi sonuçları

Alanlar	Yıllık Kamaşma (sDG)
İstanbul	%76.6
Antalya	%80
Erzurum	%81.2

Değerler yılın her ayında %45'in üstünde seyretmektedir. Analizler günlük bazda değerlendirildiğinde ise en çok kamaşmanın 12.00 ve 13.00'da olduğu gözlemlenmiştir. Değerler 07.00'dan 12.00'a kadar yükselip 12.00-13.00 arasında en yüksek değere ulaşmakta, 13.00'dan sonra ise düşüş göstermektedir.

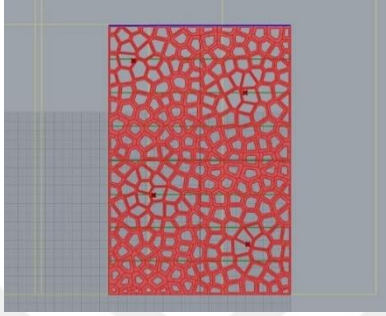
7.2 Epidermis Cephinin Önerilmesi

Tezde önerilen modele göre, mevcut durumdaki saydam cephe yapının ortalama aydınlanma değerlerini optimum değer aralığına çekmek için tasarlanan ve biyomimetik bir çözüm olan pangolin cephede analizler yapılmıştır. Pangolin cephe, saydam cephe durum ile karşılaştırıldığında optimum aydınlanmayı sağlama bağlamında nispeten iyi bir oran sağlamış olsa da, daha yüksek bir başarı oranının varlığını araştırmak amacıyla, pangolin cephede, üç ilde de aralık ayında ulaşılamayan optimum aydınlanma değerlerini elde edebilmek için optimizasyon adımı tekrarlanmış ve tasarım adımına geri dönmüştür (Şekil 7.7).

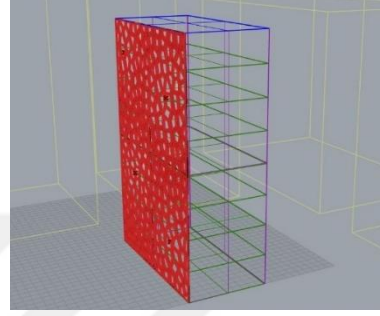


Şekil 7.7 Metodolojide tasarım adımına geri dönüş ve optimizasyonun tekrarı

Cephede gün ışığı kontrolünü sağlamaya yönelik daha yüksek bir başarı oranının elde edilebilme ve biyomimetik cephelerin gün ışığı kontrolünü sağlayabilmek için farklı organizmalardan ya da ekosistemlerden ilham alınarak tasarlanabilme durumunu ortaya koymak için gün ışığı kontrolü tasarım sorununa çözüm olması amacıyla deri katmanlarından biri olan epidermisten ilham alınarak tasarlanan bir biyomimetik cephe önerisi daha yapılmıştır. Bu cephe epidermis cephe olarak adlandırılmıştır (Şekil 7.8, şekil 7.9).



Şekil 7.8 Epidermis cephe ön görünüş



Şekil 7.9 Epidermis cephe perspektif

7.2.1 Biyomimetik Epidermis Cepheli Yapıda Aydınlanma Analizi

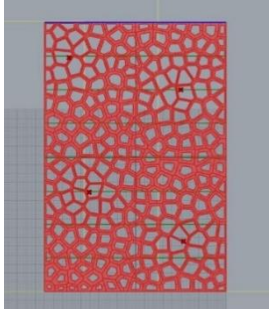
Çift cidarlı olarak tasarlanmış biyomimetik epidermis cephede, en dış katmanda bulunan ve insan derisinin epidermis katmanında bulunan hücrelerin yapısından ilham alınarak tasarlanan elemanlarda, pangolin cepheli yapıda olduğu gibi, Rvis değeri %68.8 olan alüminyum kaplama (CS'deki adı ile aluminium metal cladding) malzemesi kullanılmıştır. İç katmanda bulunan cam, döşemeler, dış duvarlar ve çevre yapılar için kullanılan malzemeler ise saydam cepheli ve pangolin cepheli yapıların malzemeleriyle aynı olup sabit değişkendir.

Tablo 7.19 Epidermis cepheli yapıda kullanılan malzemeler

Katman	Malzeme
Dış duvarlar	Beton (Concrete exterior wall)
Çatı	Alüminyum çatı kaplaması (Dark grey aluminium roof lining)
Döşeme	Beyaz seramik karolar (Ceramic white tile)
İç katman	Cam (Clear-clear)
Çevre yapılar	Beton (Concrete exterior wall)
Epidermis cephe	Alüminyum kaplama (Aluminium metal cladding)

Epidermis cepheye de, saydam cepheli ve pangolin cepheli yapılarda olduğu gibi İstanbul, Antalya ve Erzurum illerinde, haziran ve aralık aylarında, kapalı hava koşullarında (CIE overcast) ve 09.00, 12.00, 15.00 saatlerinde CS'da analizler yapılmıştır. epidermis cephenin analiz sonuçlarına göre; yapının İstanbul ilinde bulunduğu simülasyonda, yapı haziran ayında saat 09.00'da ortalama 492 lux, 12.00'da ortalama 760 lux, 15.00'da ise ortalama 715 lux aydınlanmaktadır. Aralık ayındaki analiz sonuçlarına göre ise yapı saat 09.00'da ortalama 88 lux, 12.00'da ortalama 342 lux, 15.00'da ise ortalama 324 lux aydınlanmaktadır. Antalya ilindeki simülasyonda ise, yapı haziran ayı saat 09.00'da 502 lux, 12.00'da ortalama 777 lux, 15.00'da ortalama 718 lux aydınlanmaktadır. Aralık ayı analizlerine göre, saat 09.00, 12.00 ve 15.00'da sırasıyla ortalama 141 lux, 446 lux ve 367 lux aydınlanmaktadır. Aralık ayı, saat 09.00 dışındaki değerler optimum aydınlanma değer aralığında bulunmaktadır. Erzurum ilindeki analiz sonuçlarına göre ise, yapı haziran ayı saat 09.00, 12.00 ve 15.00'da sırasıyla ortalama 590 lux, 787 lux ve 651 lux aydınlanmaktadır. Erzurum ili aralık ayı analizlerine göre ise saat 09.00'da ortalama 208 lux, 12.00'da ortalama 374 lux, 15.00'da ortalama 256 lux aydınlanmaktadır. Aralık ayı 09.00 ve 15.00 sonuçları optimum aydınlanma değer aralığının altında, diğer değerler ise optimum aydınlanma değer aralığında bulunmaktadır.

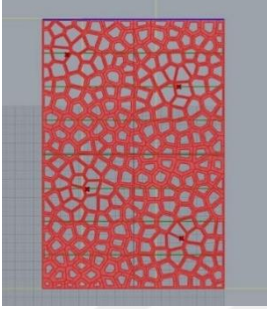
Tablo 7.12 Epidermis cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçları

Cephe görseli	Şehir	Ay	Saat	Lux _{ort}
	İstanbul	Haziran	09.00	492
			12.00	760
			15.00	715
		Aralık	09.00	88
			12.00	342
			15.00	324
	Antalya	Haziran	09.00	502
			12.00	777
			15.00	718
		Aralık	09.00	141
			12.00	446
			15.00	367
	Erzurum	Haziran	09.00	590
			12.00	787
			15.00	651
		Aralık	09.00	208
			12.00	374
			15.00	256

Biyomimetik epidermis cepheli yapının İstanbul, Antalya ve Erzurum illeri, haziran ve aralık ayları 09.00 12.00 ve 15.00 saatlerindeki simülasyon sonuçlarına göre ise İstanbul ili haziran ayı değerleri saat 09.00'da 492 lux, saat 12.00'da 760 lux, saat 15.00'da ise 715 luxtur. Saydam cepheli mevcut durum simülasyonunda 1000 lux tepe değerinin üstündeki değerler, epidermis cephe ile optimum değer aralığında konumlandırılmıştır. Değerler pangolin cephe ile karşılaştırıldığında daha yüksektir. Bunun sebebi epidermis cephe ile pangolin cephede kullanılan elemanların tasarımıdır. Pangolin cephede aralık ayı değerlerinin optimum değer aralığının altında olması, açıklıkların fazla olduğu bir cephe tasarımı gerektirmiş ve epidermis cephe saydamlık oranı ve elemanlar arası açıklık oranının pangolin cepheye göre daha yüksek olacağı biçimde tasarlanmıştır. İstanbul ili, aralık ayı, 09.00, 12.00 ve 15.00 saatlerinde ortalama aydınlanma analizi sonuçları sırasıyla ortalama 88 lux, 342 lux ve 324 luxtur. Saydam cepheli mevcut durumda da 300 lux değerinin altında olan ve pangolin cephe ile düşen 09.00 değeri, pangolin cephe ile karşılaştırıldığında yükselmekle birlikte optimum değer aralığına ulaşamamıştır. 12.00 ve 15.00 değerleri ise optimum değer aralığındadır. Antalya ili haziran ayı saat 09.00, 12.00 ve 15.00'daki analiz sonuçları ise sırasıyla ortalama 502 lux, 777 lux ve 718 luxtur. Değerler, belirlenen optimum değer aralığındadır ve görsel konfor koşullarını sağlamaktadır. Pangolin cephenin aynı konum ve aydaki değerlerine göre ise daha yüksek olup, bu durum mekana optimum değerleri aşmadan, daha fazla gün ışığı alındığını göstermektedir. Antalya ili aralık ayı, saat 09.00, 12.00 ve 15.00 analiz sonuçlarına göre ise saat 09.00 değeri optimum değer aralığının altında olmakla birlikte saydam cepheli ve pangolin cepheli senaryoda da bu değer 300 lux değerinin altındadır. 12.00 ve 15.00 değeri ise pangolin cephenin aynı il, ay ve saatlerdeki değerlerinden yüksek olup mekana daha fazla gün ışığı alındığını göstermektedir. Erzurum ili haziran ayı, saat 09.00, 12.00 ve 15.00 değerleri ise aydınlanma analizi sonuçlarına göre 590 lux, 787 lux ve 651 lux bulunmuştur. Saydam cepheli mevcut durum analizinde 1000 lux üstünde olan aydınlanma değerleri, epidermis cephe ile 500-800 lux aralığına indirilmiş ve yapıda optimum aydınlanma sağlanmıştır. Aralık ayı, saat 09.00, 12.00 ve 15.00 analizlerinde ise sırasıyla 208 lux, 374 lux ve 256 lux elde edilmiştir. 09.00 ve 15.00 aydınlanma analizi sonucu pangolin cephenin aynı konum, ay ve saatlerdeki sonuçlarından yüksek olsa da, optimum aydınlanma değer aralığının altında bulunmaktadır. Epidermis cepheli 18 sonucun 14'ünde optimum değer aralığında yer alarak başarılı, 4 sonuçta ise optimum değer aralığının altında yer

olarak başarısız olmuştur. Cephenin optimum aydınlanma oranı sağlama bağlamında başarı oranı %77.7 olup bu oran saydam cepheli mevcut durumun ve biyomimetik pangolin cephenin başarı oranından yüksektir.

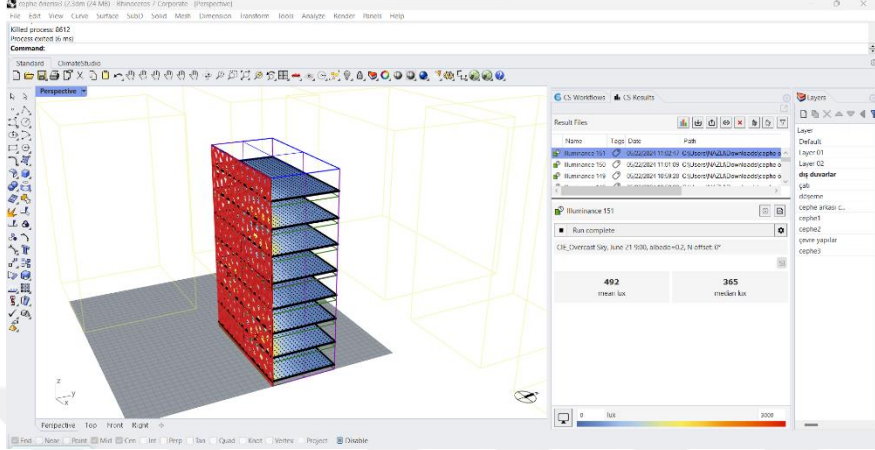
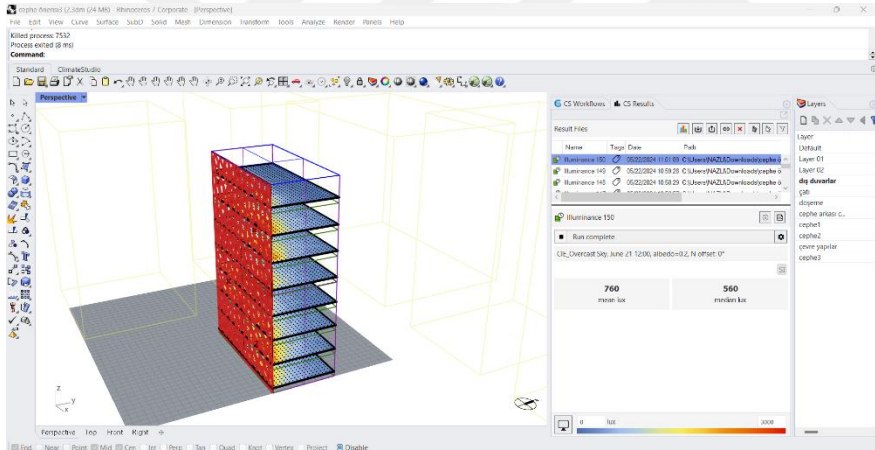
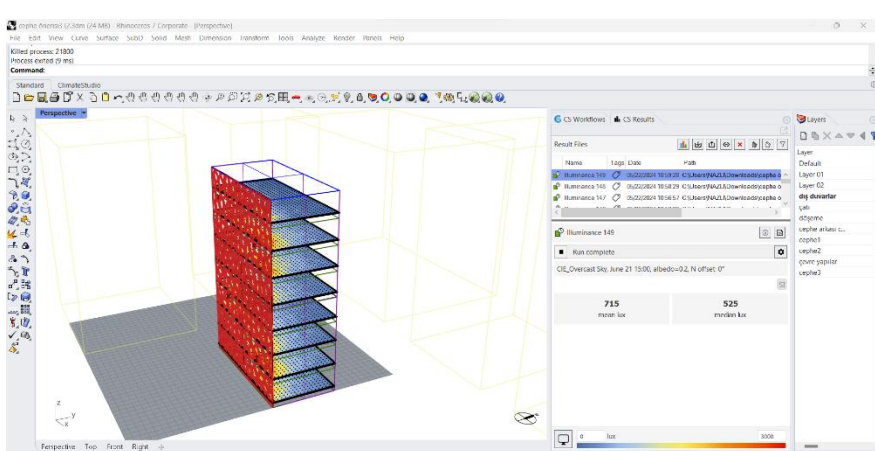
Tablo 7.20 Epidermis cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçlarının optimum değer aralıklarına göre değerlendirilmesi

Cephe görseli	Şehir	Ay	Saat	Lux _{ort} (Epidermis Cephe)
	İstanbul	Haziran	09.00	492
			12.00	760
			15.00	715
		Aralık	09.00	88
			12.00	342
			15.00	324
	Antalya	Haziran	09.00	502
			12.00	777
			15.00	718
		Aralık	09.00	141
			12.00	446
			15.00	367
	Erzurum	Haziran	09.00	590
			12.00	787
			15.00	651
		Aralık	09.00	208
			12.00	374
			15.00	256

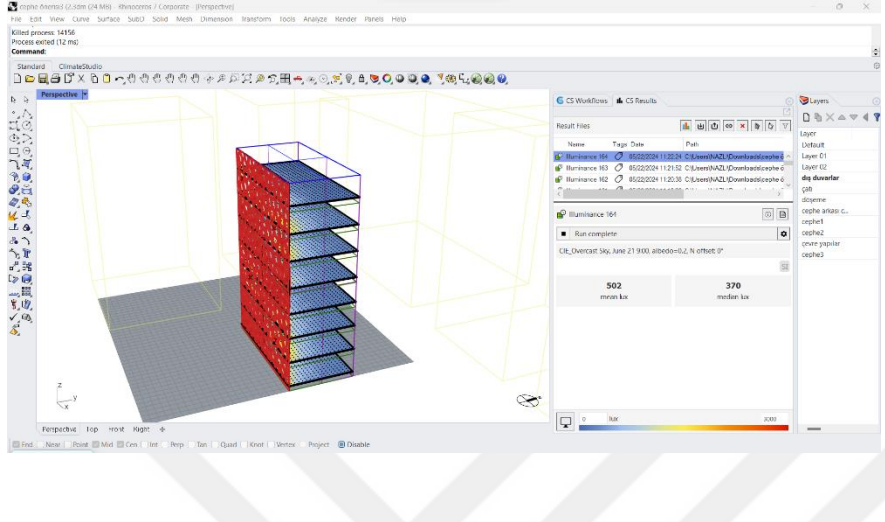
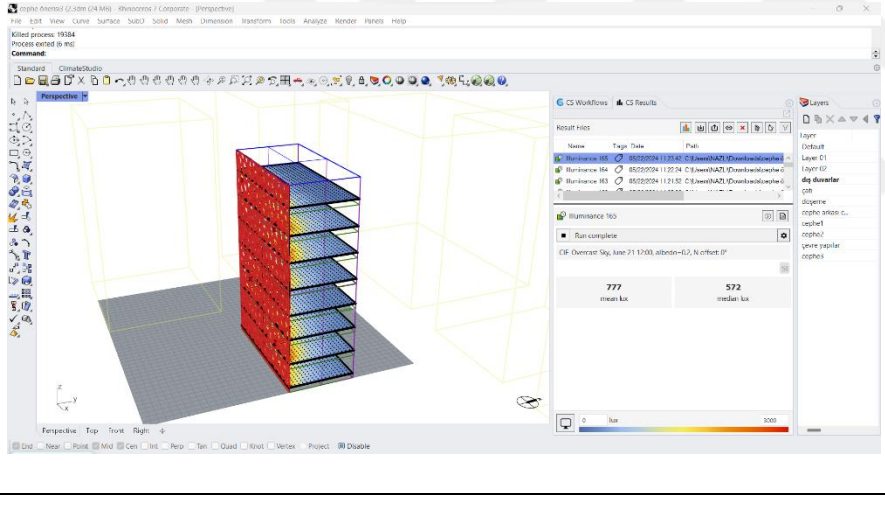
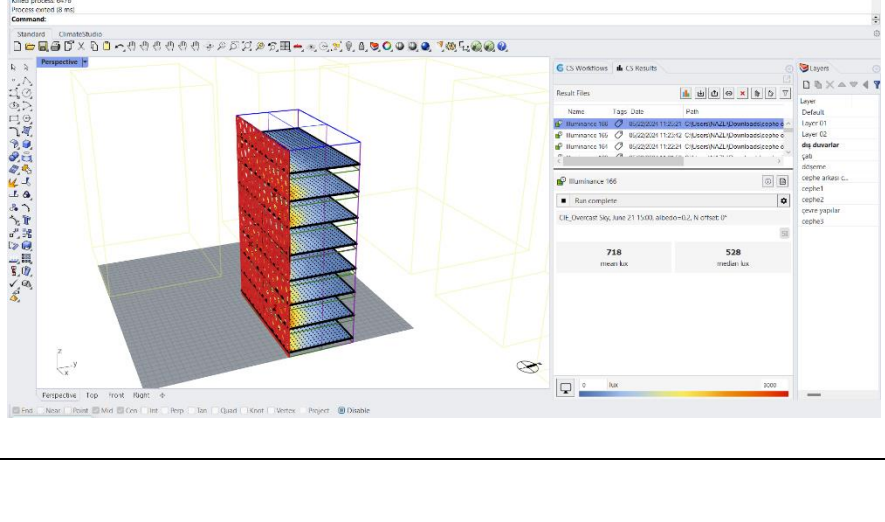
 300-1000 lux aralığında olmayan değerler

Yukarıdaki tabloda biyomimetik epidermis cepheli sanal ofis yapısının İstanbul, Antalya ve Erzurum konumlarında, haziran ve aralık ayları, 09.00, 12.00 ve 15.00 saatlerindeki aydınlanma değerleri verilmiştir. Epidermis cepheli yapının İstanbul, Antalya ve Erzurum illeri, haziran ayındaki saat bazlı Climate Studio analizlerinin tablosu aşağıda verilmiştir. Diğer il, ay ve saatlere ait simülasyon tabloları ekte bulunmaktadır.

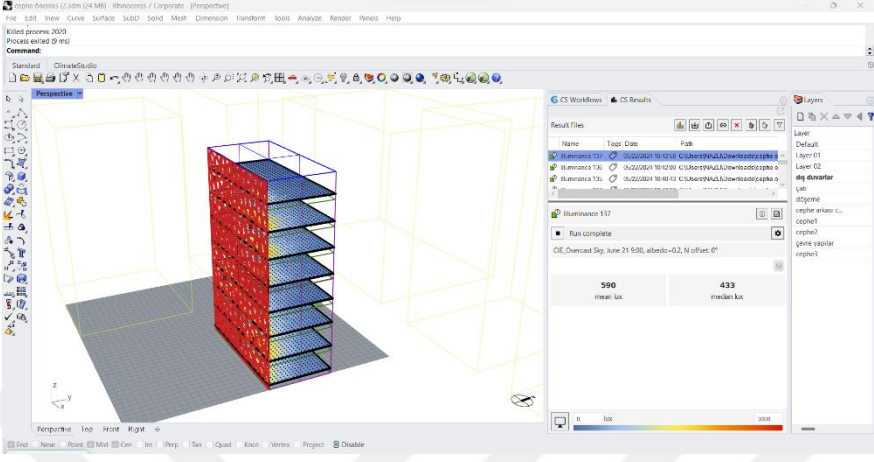
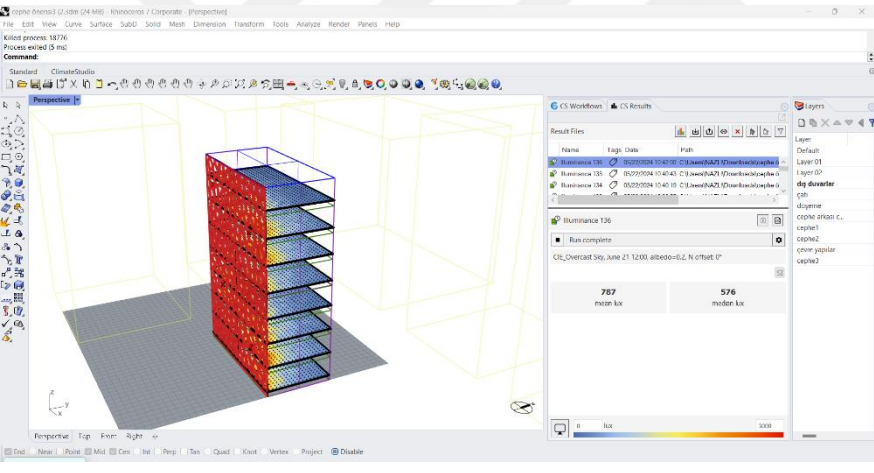
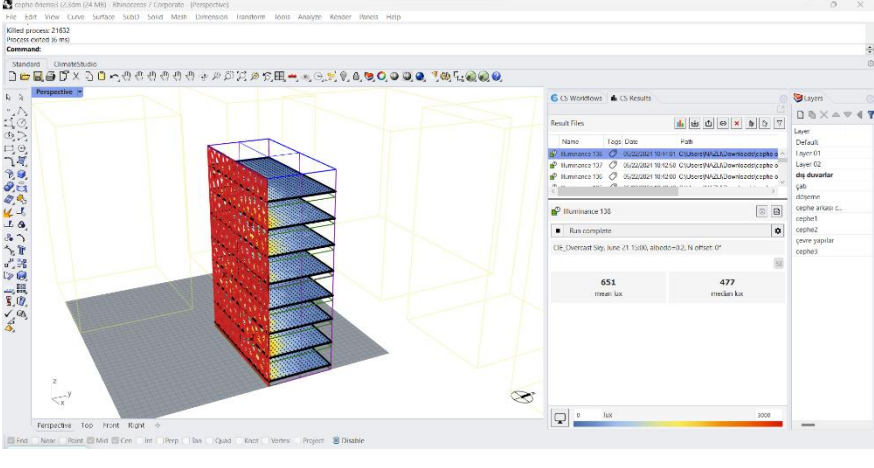
Tablo 7.21 Epidermis cepheli sanal ofis yapısının İstanbul ili haziran ayı aydınlanma analizleri

Epidermis Cepheli Sanal Ofis Yapısının İstanbul İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri	
	09.00 Ortalama lux: 492 lux
	12.00 Ortalama lux: 760 lux
	15.00 Ortalama lux: 715 lux

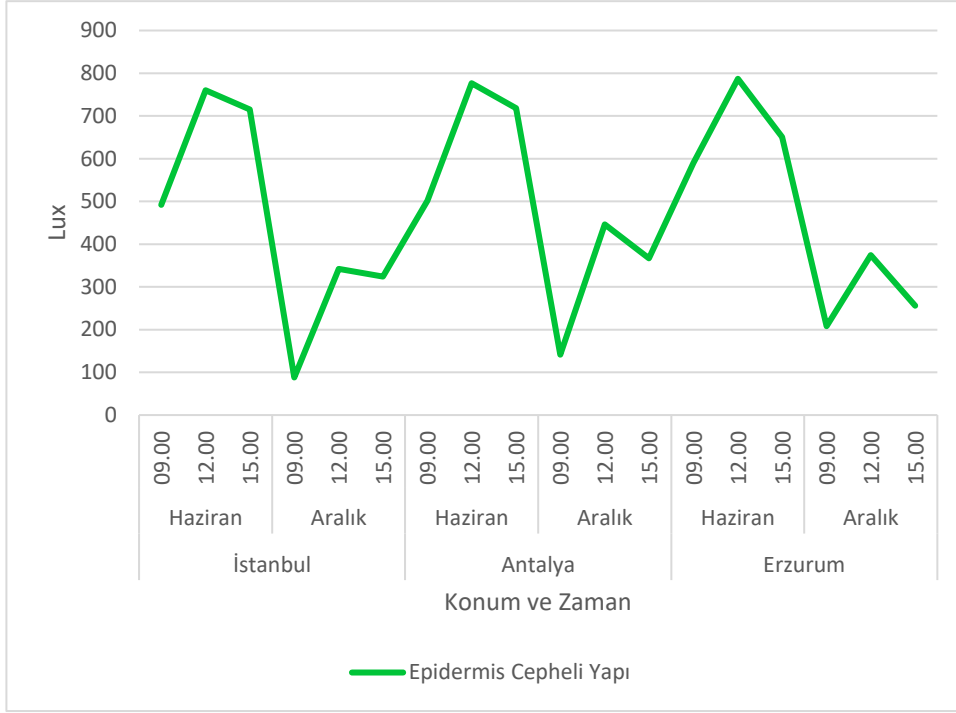
Tablo 7.22 Epidermis cepheli sanal ofis yapısının Antalya ili haziran ayı aydınlanma analizleri

Epidermis Cepheli Sanal Ofis Yapısının Antalya İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri	
	09.00 Ortalama lux: 502 lux
	12.00 Ortalama lux: 777 lux
	15.00 Ortalama lux: 718 lux

Tablo 7.23 Epidermis cepmeli sanal ofis yapısının Erzurum ili haziran ayı aydınlanma analizleri

Epidermis Cepmeli Sanal Ofis Yapısının Erzurum İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri	
	09.00 Ortalama lux: 590 lux
	12.00 Ortalama lux: 787 lux
	15.00 Ortalama lux: 651 lux

Aşağıdaki çizgi grafiğinde ise aydınlanma değerlerinin konum, ay ve saat bazında değişimleri ve ilişkileri gözlemlenebilmektedir (Şekil 7.10). Değerler çizgi grafiğine yerleştirildiğinde İstanbul, Antalya ve Erzurum konumlarında, haziran ve aralık ayı, 09.00, 12.00 ve 15.00 saatlerinde benzer değerlerin elde edildiği görülmektedir. Minimum aydınlanma değeri İstanbul ili, aralık ayı saat 09.00'da; maksimum aydınlanma değeri Erzurum ili haziran ayı saat 12.00'da ölçülmüştür. Diğer değerler ise birbirine yakın ve belirli aralıklardadır.



Şekil 7.10 Epidermis cepheli yapının aydınlanma analizi sonuçları

7.2.2 Biyometrik Epidermis Cepheli Yapıda Kamaşma Analizi

Epidermis cepheli yapının da kamaşma analizleri İstanbul, Antalya ve Erzurum illerinde yapılmış, analizlerde diğer tüm analizlerde kullanılan ve sabit değişken olan malzemeler kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre İstanbul ilindeki kamaşma değeri sDG %67.5, Antalya ilindeki kamaşma değeri sDG %71.3, Erzurum ilindeki kamaşma değeri sDG %74.1 bulunmuştur. Değerler pangolin cephe ve saydam cephenin kamaşma değerlerine oranla daha düşük olsa da, sDG %45 değerinin üstünde olup dayanılmaz kamaşma sınıfındadır. Bu durum kamaşma bağlamında konforsuzluk

yaratmaktadır. Epidermis cepheli yapıda da İstanbul, Antalya ve Erzurum illerindeki yaz ayları değerleri yılın diğer aylarına göre daha düşük olmakla birlikte sonbahar ve kış aylarındaki bazı günlerde dalgalanmalar yaşanmakta ve bu günlerdeki değerler yıllık en düşük değerlere ulaşmaktadır. Saat bazında incelendiğinde ise üç ilde de değerler saat 07.00'dan yaklaşık 13.00'a kadar yükselmekte, saat 13.00'dan sonra ise saat 18.00'a kadar düşmektedir.

Tablo 7.24 Epidermis cepheli yapıda yıllık kamaşma analizi sonuçları

Alanlar	Yıllık Kamaşma (sDG)
İstanbul	%67.5
Antalya	%71.3
Erzurum	%74.1

Değerler İstanbul ve Antalya illerinde haziran, temmuz ve ağustos aylarında sDG %20 oranında olup yılın en düşük değerindedir. Analizler günlük bazda değerlendirildiğinde ise en çok kamaşmanın 12.00 ve 13.00'da olduğu gözlemlenmiştir. Değerler genellikle 07.00'dan 12.00'a kadar yükselip 12.00-13.00 arasında Antalya'da günlük en yüksek değer olan yaklaşık sDG %50'ye, İstanbul'da yaklaşık sDG %45'e, Erzurum'da ise sDG %55'e ulaşmakta, 13.00'dan sonra ise düşüş göstermektedir.

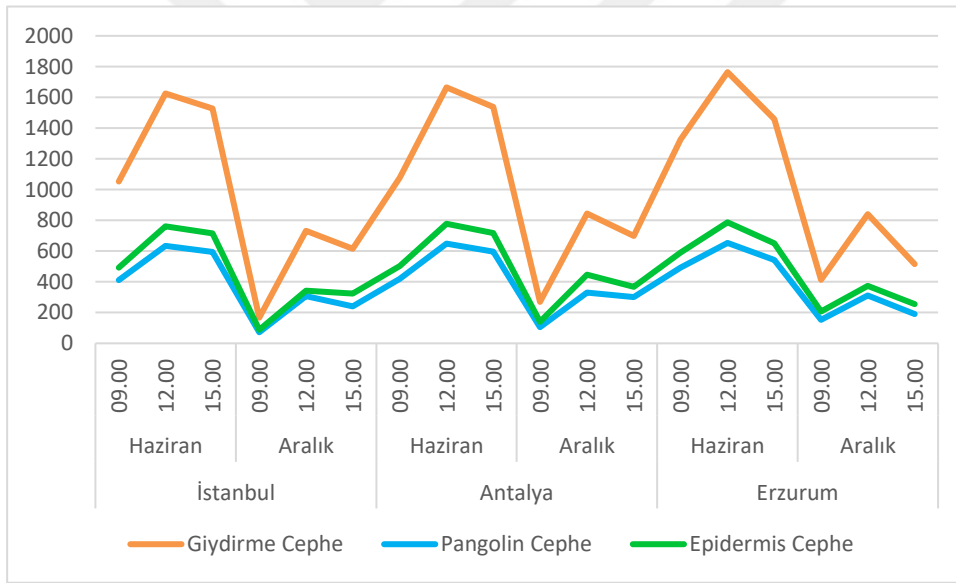
8. SAYDAM CEPHE VE BİYOMİMETİK CEPHELERİN GÜN IŞIĞI ANALİZİ SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Tezde önerilen modele göre, simülasyon aşamaları saydam cephe, pangolin cephe ve epidermis cepheye uygulanarak tamamlanmıştır. Yedinci başlık altında saydam, pangolin ve epidermis cephelerin İstanbul, Antalya ve Erzurum illerinde haziran ve aralık ayları, 09.00, 12.00 ve 15.00 saatlerindeki simülasyonları ile elde edilen aydınlanma ve kamaşma analiz sonuçları ayrı olarak aktarılmıştır. Bu bölümde ise analiz sonuçlarının değerlendirmesi ve üç cephenin değerlerinin karşılaştırılması yapılacaktır.

Tezde önerilen modele göre, pangolin cephede, üç ilde de aralık ayında ulaşılamayan optimum aydınlanma değerlerini elde edebilmek için optimizasyon adımı tekrarlanmış ve tasarım adımına geri dönülmüştür. Cephede gün ışığı kontrolünü sağlamaya yönelik daha yüksek bir başarı oranının elde edilebilme ve biyomimetik cephelerin gün ışığı kontrolünü sağlayabilmek için farklı organizmalardan ya da ekosistemlerden ilham alınarak tasarlanabilme durumunu ortaya koymak için gün ışığı kontrolü tasarım sorununa çözüm olması amacıyla deri katmanlarından biri olan epidermisten ilham alınarak tasarlanan bir biyomimetik cephe önerisi daha yapılmıştır. Bu cephe epidermis cephe olarak adlandırılmıştır.

Aşağıda saydam cepheli, pangolin cepheli ve epidermis cepheli yapıların aydınlanma analizi değerlerinin birlikte gösterildiği bir çizgi grafiği verilmiştir (Şekil 8.1).

Şekil 8.1 Saydam cephe, pangolin cephe ve epidermis cephenin aydınlanma analizlerinin birlikte değerlendirilmesi



Tüm değerler incelendiğinde, en yüksek ve optimum değer aralığının dışında yer alan aydınlanma değerlerinin saydam cepheli yapının analiz sonuçlarında elde edildiği görülmektedir. Cephenin haziran ayı değerleri 1000 luxten fazla olup rahatsız edici seviyede olsa da İstanbul ve Antalya illerindeki aralık ayı, saat 09.00 değerlerinin 300 lux altındadır. Saydam cephenin üç konumda da haziran ayında sağlayamadığı optimum aydınlanma koşullarına karşılık önerilen pangolin cephede ise 1000 luxun üstünde olan haziran ayı, saat 09.00, 12.00 ve 15.00 değerlerinin optimum değer aralığına çekildiği görülmektedir. Ancak, İstanbul ve Erzurum illeri aralık ayı saat

09.00 ve 15.00 değerleri ve Antalya ili aralık ayı 09.00 değeri 300 luxun altında kalmıştır. Epidermis cephe değerleri ise saydam cepheli durumdaki değerlerden az, pangolin cepheli durumdaki değerlerden fazladır. Pangolin cephede 300 lux altında kalan Erzurum ili aralık ayı, saat 09.00 ve 15.00 değerleri, epidermis cepheli yapıda optimum değer aralığına ulaşmıştır. Epidermis cephe, saydam cepheli ve pangolin cepheli durumlara göre daha başarılı olmuştur.

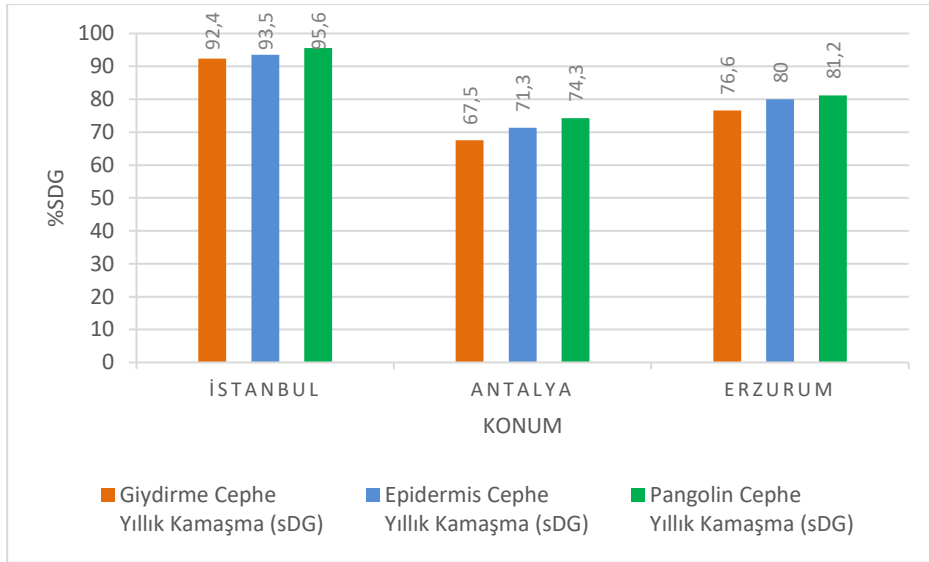
Tablo 8.4 Saydam cepheli, pangolin ve epidermis cepheli yapılara uygulanan aydınlanma analizi sonuçlarının değer aralığına göre birlikte değerlendirilmesi

Şehir	Ay	Saat	Lux _{ort} (Saydam Cephe)	Lux _{ort} (Pangolin Cephe)	Lux _{ort} (Epidermis Cephe)
İstanbul	Haziran	09.00	1053	411	492
		12.00	1626	635	760
		15.00	1528	595	715
	Aralık	09.00	167	72	88
		12.00	731	308	342
		15.00	616	240	324
Antalya	Haziran	09.00	1078	420	502
		12.00	1665	649	777
		15.00	1537	597	718
	Aralık	09.00	270	105	141
		12.00	845	330	446
		15.00	698	301	367
Erzurum	Haziran	09.00	1325	492	590
		12.00	1764	653	787
		15.00	1458	542	651
	Aralık	09.00	414	154	208
		12.00	841	312	374
		15.00	515	191	256



300-1000 lux aralığında olmayanlar

Saydam cepheli mevcut durumun gün ışığı analizlerinden elde edilen veriler sonucunda saydam cepheli yapının aydınlanma ve kamaşma değerlerinin analiz sonuçlarını optimum değer aralıklarına çekmek için önerilen pangolin ve epidermis cephelerin gün ışığı analizleri yapılmış, bazı analiz değerleri optimum değer aralıklarının dışında kalsa da, genellikle önerilen biyomimetik cephelerde saydam cepheye oranla başarı elde edilmiştir.



şekil 8.2 Kamaşma analizleri sonuçlarının çizgi grafiğinde ifade edilmesi

9. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapıların tasarımı, inşaata ve kullanımındaki enerji gereksinimleri, enerji kaynaklarının tüketiimi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bu nedenle binaların çevreye en az zarar verecek ve enerji tasarrufu sağlayacak şekilde inşa edilmesi önemlidir. Binanın dış evre ile iletişim kurduğu ilk yüzey olan cephe, enerji kullanımını ve iç mekan konfor koşullarını en çok etkileyen katmandır. Bu nedenle enerji etkin yapı tasarımlarında ve iç mekan konfor koşullarının sağlanması cephelerin büyük öneme sahip olduğu görülmektedir. Sürdürülebilirlik kavramının da literatürde olduğu gibi gündelik hayatta da sıklıkla bahsedilir olmasıyla birlikte ekolojik ve doğadan ilham alan tasarım yaklaşımlarına da literatürde ve mimarlık alanında karşılaşılmaktadır. Bu bağlamda, doğanın çözümlerini temel olarak alan, biyo-esin, biyomimikri, biyonik, biyofili, biyomorfik gibi terimler mimarlıkta ve diğer disiplinlerde kendine yer bulmuştur. Bir tasarım bileşeni olarak gün ışığı ise her zaman değişkendir ve genellikle tahmin edilemez. Gün ışığının insan psikolojisini olumlu etkilemesi ve gün ışığının mekana getirdiği aydınlığı açıklayan, aynı zamanda gün ışığı ile çalışmayı zorlaştıran da bu özelliklerdir. Mekanda gün ışığı istenmektedir, ancak parlama, ultraviyole hasarı ve şiddetli sıcaklık dalgalanmaları istenmemektedir. Gün ışığı kontrolü sağlanırken istenen ve istenmeyen bütün durumlara dikkat edilmelidir.

Tezde, “Yapı cephe sistemlerinde gün ışığı kontrolünü sağlamaya yönelik çözümler doğadaki sistemlerden ilham alınarak yapıya uygulanabilir mi?” ve “Biyomimetik cepheler tasarım problemlerini çözecek şekilde değiştirilebilir mi?” sorularının cevapları aranmıştır. Bu soruların cevabına ulaşabilmek için tezde bir model önerilmiştir. Model, tanımlama, yaklaşım ve seviye analizi, tasarım ve optimizasyon olarak dört başlığa ayrılmıştır. Bu modele göre, tanımlama başlığında öncelikle biyomimikri kavramı, ortaya çıkışı ve gelişimi anlatılmıştır. Yaklaşım ve seviye analizi başlığında, seviye ve boyutları açıklanmış, üçüncü adım olan tasarım başlığında ise cepheyi oluşturacak olan biyomimetik birim tasarımı aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada pangolin ve epidermisten ilham alınarak cephe önerileri oluşturulmuştur. Pangolin ve epidermisten özellikleri anlatılmış, bu organizma ve hücreden hangi seviye ve boyutta ilham alındığı irdelenmiş, bu ilhamın mantığı aktarılmıştır. Oluşturulan birimler analiz edilmesi belirlenen, İstanbul, Antalya ve Erzurum konumlarındaki sanal ofis yapısına entegre edilip cephe önerileri oluşturulmuştur. Dördüncü başlık olan optimizasyonda ise saydam cepheli sanal ofis yapısına İstanbul, Antalya ve Erzurum illerinde, haziran ve aralık ayları, saat 09.00, 12.00 ve 15.00’da aydınlanma analizi, yıllık olarak ise kamaşma analizi uygulanmış olup sonrasında aynı analizler aynı konum, ay ve saatlerde biyomimetik pangolin cepheye uygulanmıştır. Biyomimetik pangolin cephe ve mevcut durumdaki saydam cepheli sanal ofis yapısının analiz değerleri karşılaştırılmıştır. Aydınlanma analizinde her cephe önerisi için toplam 18 değer elde edilmiştir. Optimizasyon sonucu, değerlerin 300-1000 lux optimum değer aralığında bulunma oranını dikkate alarak, pangolin cephenin cam saydam cepheye oranla başarısı bulunmuştur. Saydam cepheli yapı, aydınlanma analiz sonuçlarına göre 18 aydınlanma değerinin 7’si optimum değer aralığında olup %38.8 başarı sağlamıştır. Pangolin cephede ise 18 aydınlanma değerinin 13’ü optimum değer aralığında bulunmakta olup cephenin başarı oranı %72.2 bulunmuştur. Saydam cepheli ve pangolin cepheli yapıların analizlerinden sonra parametrik ve biyomimetik değişkenlerin değiştirilip tekrarlanması ile yeni bir cephe oluşturulmuştur. Analiz sonuçlarına göre, epidermis cephe de pangolin cephede olduğu gibi, saydam cepheli durumda 1000 lux üzerinde olan aydınlanma değerlerini optimum değer aralığına çekmiştir. Aralık ayındaki analiz sonuçlarında ise halihazırda saydam cepheli yapıda 300 lux değerinin altında olmayıp pangolin cephe ile 300 lux altına çekilen değerler, epidermis cephe ile optimum aralığa ulaştırılmıştır. Ancak saydam cepheli durumda da 300 lux altında kalan aralık ayı değerleri düşüşe uğramıştır.

Bu sonuçlara göre, epidermis cephe 18 aydınlanma değerinin 14'ünü 300-1000 lux değer aralığında bulundurarak %77.7 oranında başarı elde etmiştir. Yapının saydam cepheli, pangolin cepheli ve epidermis cepheli durumlarına İstanbul, Antalya ve Erzurum illerinde, aydınlanma analizinin girdisi olan malzemelerle kamaşma analizi de uygulanmıştır. Analiz sonuçlarına göre, saydam cepheli yapının sDg değerleri %90'ın üstünde olup dayanılmaz kamaşma kategorisindedir. Biyomimetik cepheli durumlarda da değerler dayanılmaz kamaşma kategorisinde yer alsa da, saydam cepheli duruma göre daha düşük değerler elde edilmiştir. Ancak, önerilen biyomimetik cephelerde aydınlanma analizlerinde %72.2 ve %77.7 oranlarında başarı elde edilse de aynı başarı oranları kamaşma analizlerinde gözlemlenmemiştir. Simülasyonlardan sonra tezin konusunu oluşturan “Yapı cephe sistemlerinde gün ışığı kontrolünü sağlamaya yönelik çözümler doğadaki sistemlerden ilham alınarak yapıya uygulanabilir mi?” ve “Biyomimetik cepheler tasarım problemleri çözecek şekilde değiştirilebilir mi?” sorularının cevapları, tezde önerilen modele göre, parametrik ve biyomimetik değişkenlerin değiştirilip tekrarlanması ile yeni bir cephe oluşturularak daha açık bir şekilde verilmesi amaçlanmıştır. Sorular, model ile birlikte düşünüldüğünde, modelde ilk olarak biyomimikrinin ve yaklaşım ve seviyelerinin irdelenmesi, biyomimikri yaklaşımının, doğanın problem çözücülük ve adaptif oluşunun bir tasarım problemi bağlamında mimari tasarımlarda kullanılabilirliğinin ve öneminin algısını oluşturmaktadır.



Şekil 9.1 Önerilen modelin ilk iki adımı (Yazarın arşivinden alınmıştır.)

Sonrasında ise geçmişten günümüze mimarlık alanında bir tasarım ögesi olan, mekan kalitesini ve insan konforunu etkileyen, doğanın en önemli bileşenlerinden olan gün ışığının biyomimikri yaklaşımı ile ilişkilendirilerek aslında bir tasarım problemi olarak gün ışığı kontrolüne çözüm olabileceği aktarılmaktadır.

ışığının kontrollü bir şekilde mekana alınmasının sağlanıp yapay aydınlatma kullanımının indirgenerek aydınlanma için harcanan enerji miktarının da azaltılmasında, görsel konfor koşullarının sağlanmasında ve nitelikli mekanlar tasarlanmasında da faydalanılabilir. Biyomimikrinin tasarım problemlerine çözüm arayışları için büyük bir potansiyel barındırdığından, insanoğlunun doğaya geri dönüş yaşıyarak farklı tasarım disiplinlerinde bu potansiyelden faydalanacağı öngörülmektedir.





KAYNAKLAR

- Al-Obaidi, K. M. Ismail, M. A. & Rahman, A. M. A.** (2016). Assessing the allowable daylight illuminance from skylights in single-storey buildings in Malaysia:a review. *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*. <https://doi.org/10.1080/2093761X.2015.1129369>.
- Araji M. T.** (2008). Balancing human visual comfort and psychological wellbeing in private offices. University of Illinois at Urbana PhD.
- Arpacioğlu, Ü. T.** (2010). *Günüşiği Öncelikli Fiziksel Çevre Tasarım Destek Modeli* (Doktora Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- Aschehoug, O. Aydinli, S. Christoffersen, J. Edmonds, I.** (2000). Daylight in Buildings – A source book on daylighting systems and components. IEA SHC Task 21/ECBCS Annex.
- Asefi, M.,** (2012). Transformation and Movement in Architecture: the Marriage Among Art, Engineering and Technology, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 51(2012), 1005-1010, ISSN:1877- 0428, doi: 10.1016/j.sbspro.2012.08.278
- Aslan, D., & Selçuk, S.** (2018). “A Biomimetic Approach to Rainwater Harvesting Strategies Through the Use of Buildings”, *Eurasian Journal of Civil Engineering and Architecture*, 2(1): 27-39.
- Badarnah, L.** (2015). A biophysical framework of heat regulation strategies for the design of biomimetic building envelopes. *Procedia Engineering*, 118, 1225-1235.
- Benyus, J.M.** (1997). *Biomimicry: Innovation Inspired by Nature*, New York, Morrow.
- Bianchini, R.** (2023). The Notre Dame du Haut Chapel in Ronchamp by Le Corbusier, Erişim tarihi 10 Mart 2024, <https://www.inexhibit.com/case-studies/notre-dame-du-haut-chapel-ronchamp-le-corbusier/>.
- Biomimicry Institute,** (2017). Biomimicry Design Spiral. Erişim tarihi 24 Mayıs 2024, <https://toolbox.biomimicry.org/methods/process/>.
- Cengiz, M.S.** (2021). The Use of Dayligh in Architecture and an Architect. *MAS Journal of Applied Sciences*, 6(4): 950-967, DOI: <http://dx.doi.org/10.52520/masjaps.128>.
- Cengiz, M.S.** (2022). Use of Daylight in Houses and Villas from Modern Architectural Buildings. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (38): 247-258, DOI: 10.31590/ejosat.1113599.
- Cinotti, A.** (2022). Qizhong Stadium, Erişim tarihi 23 Şubat 2023, <https://prezi.com/p/qunlrpyszqwq/qizhong-stadium/>.
- Cota-Larson, R.** (2017). Pangolin Species Identification Guide: A Rapid Assessment Tool for Field and Desk. *United States Agency for International Development*, Bangkok: USAID Wildlife Asia Activity.

- Çalış, R.** (2012). *Hareketli Çatıların Yapısal Özelliklerinin Sistematik Olarak İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- DeLuca, D.** (2016). The Power of the Biomimicry Design Spiral. Erişim tarihi 24 Mayıs 2024, <https://biomimicry.org/biomimicry-design-spiral/>.
- DPA Architecture**, (2024). Singapore's Cultural Nurve, Erişim Tarihi 10 Mart 2024, <https://www.dpa.com.sg/projects/esplanade-theatres-on-the-bay/>.
- Engin, S.** (2022). *Kinetik Cephelerin Yapı Performansına Günişığı, Kamaşma ve Enerji Performansı Üzerindeki Etkileri* (Yüksek Lisans Tezi), Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ersanlı, E.T, Ersanlı, C.C.** (2023). Biomimicry: Journey to the Future with the Power of Nature. *ISVOS Journal*, 7(2): 149-160, DOI: 10.47897/bilmes.1388402.
- Esplanade**, (2024). Esplanade Theatre Architecture, Erişim Tarihi 10 Mart 2024, <https://www.esplanade.com/architecture>.
- Fedakar, A. & Yamaçlı, R.** (2022). Sürdürülebilir Mimari Kapsamında Enerji Etkin Cephe Tasarımı: Biyomimetik Cepheler. *Modular Journal*, 5(1), 38-67, Online ISSN: 2791-6820.
- Gorostiza, E.A. Colomb, J. Brembs, B.** (2016). A Decision Underlies Phototaxis in an Insect, *Open Biology*, Royal Society Publishing, <http://dx.doi.org/10.1098/rsob.160229>.
- Gündoğdu, R., Arslan, H.D.,** (2020). Energy Efficient Facade and Biomimicry in Architecture, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(4): 922-935.
- Hamedani, Z., Solgi, E., Skates, H., Hine, T., Fernando, R., Lyons, J., & Dupre, K.** (2019). Visual discomfort and glare assessment in office environments: A review of light-induced physiological and perceptual responses. *Building and Environment*.
- Kanitakis, J.** (2002). Anatomy, histology and immunohistochemistry of normal human skin. *European Journal of Dermatology*, 12(4), 390-401.
- Keskin, G.** (2008). Mimarlıkta Doğanın En İyi Fikirlerinden Öğrenmek, *Arkitera*. Erişim tarihi 10 Şubat 2023, <https://v3.arkitera.com/g146-biomimicry.html?year=&aID=2677>.
- Kraiburg**, t.y. Hayvanlar İçin Aydınlatma Sistemi, Erişim tarihi 12 Haziran 2024, <https://kraiburg.com.tr/tr/hayvanlar-icin-aydinlatma-sistemi/>.
- Kumar, L.** (1997). Modelling Topographic Variation in Solar Radiation in a GIS Environment. *International Journal of Geographical Information Science*, 11(5): 475-497.
- Kutlu, R.** (2019). Bir Tasarım Ögesi Olarak Gün Işığı, *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication*, 9(2):226-233, DOI NO: 10.7456/10902100/015.
- Labster**, (t.y.). Layers of Epidermis. Erişim tarihi 18 Mayıs 2024, https://theory.labster.com/epidermis_layers/.
- Le Corbusier**, (1942). *La Maison des Hommes*, Librairie Plon.

- Lesso, R.** (2023). What Was The Crystal Palace. Erişim tarihi 21 Mayıs 2024, <https://www.thecollector.com/what-was-the-crystal-palace-london/>.
- Lynch, G.** (2020). Eastgate Centre. Erişim tarihi 10 Şubat 2023, <https://www.flickr.com/photos/gi0rtn/49603561891>.
- Mazzoleni, I., Maya, A., Bang, A., Molina, R., Barron, F., Pei Li, Y.,** (2011), Biomimetic Envelopes: Investigating Nature to Design Buildings, Proceedings of the First Annual Biomimicry in Higher Education Webinar, The Biomimicry Institute Webinar Document, 27- 32.
- Meyer, I.** (2024). Biomimicry Architecture – The Future of Sustainable Design, Erişim tarihi 10 Temmuz 2024, <https://artincontext.org/biomimicry-architecture/>.
- Öner, M., Kazanasmaz, T.** (2019). Illuminance and Luminance Based Ratios in the scope of Performance Testing of a Light Shelf-Reflective Louver System in a Library Reading Room, *Light&Engineering*, 27(3):39-46, <https://doi.org/10.33383/2018-067>.
- Park, J., Loftness, V., Aziz, A., Wang, T.H.,** (2021). Strategies to Achieve Optimum Visual Quality for Maximum Occupant Satisfaction: Field Study Findings in Office Buildings. *Build. Environ.*
- Phillips, D.** (2004). *Daylighting: Natural Light in Architecture*. Oxford, Elsevier.
- Plympton P. Conway S., Epstein K.** (2000). Daylighting in schools: improving student performance and health at a price schools can afford. [Report]. - [s.l.] : NREL Report CP-550-28059. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
- Radwan, G., Osama, N.** (2017). Biomimicry, An Approach, for Energy Efficient Building Skin Design, *Procedia Environmental Sciences*, DOI: 10.1016/j.proenv.2016.04.017.
- Reman, O.** (1984). Mimaride Güneş Kontrolü. *Journal of the Faculties of Engineering of Uludag University*, 1(1): 223-229.
- Scheer, D.** (2013). Illuminance - Learning about Lighting/Daylighting Analysis. Erişim tarihi 3 Haziran 2024, <https://autodesk.typepad.com/bpa/2013/04/illuminance-learning-about-lightingdaylighting-analysis-1.html>.
- Singh, P.** (2020). Biomimicry: Learning From Nature. *Journal of Engineering Sciences*, 11(6): 533-547.
- Souza, E.** (2010). AD Classics: National Assembly Building of Bangladesh/Louis Khan, Erişim tarihi 10 Mart 2024, <https://www.archdaily.com/83071/ad-classics-national-assembly-building-of-bangladesh-louis-kahn>.
- Solemma.** (2020). Annual glare. Erişim tarihi 4 Haziran 2024, <https://climatestudiodocs.com/docs/annualGlare.html>.
- Suk, J., Schiler, M., Kensek, K.** (2013). Development of new daylight glare analysis methodology using absolute glare factor and relative glare factor. *Energy Build.* 64, 113-122, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.04.020>.

- Sun, L.** (2024). Biomimicry as an Approach to Sustainable Architecture. *International Journal of High School Research*. DOI: 10.36838/v6i1.15.
- Ukpong, E.** (2017). Understanding the Design Variables That Affect Daylight Harvesting in Buildings is a Key to Green Affordable Housing, *57th Nigerian Institute of Architects' General Assembly and Conference*, Nijerya.
- Vincent, J. F., Bogatyrev, O., Pahl, A., Bogatyrev, N. R., & Bowyer, A.** (2005). Putting Biology into TRIZ: A Database of Biological Effects. *Creativity and Innovation Management*, 14, 66-72.
- Wotton E., Barkow B.** (1983). An investigation of the effects of windows and lighting in offices. *American Institute of Architects: Proceedings of the International Daylighting Conference*, 405–411.
- Yılmaz, B., Arpacioğlu, Ü.** (2023). Inspiration From Nature In Design: Analyzing Biomimicry Approach in Architectural Design, *Journal of Architectural Sciences and Applications*, IKSAD Publications.
- Yılmaz, B., Arpacioğlu, Ü.** (2024). Gün Işığı Kontrolünü Etkileyen Tasarım Parametrelerinin Biyomimikri Yaklaşımı Bağlamında İncelenmesi, 3. Uluslararası İpekyolu Bilimsel Araştırmalar Kongresi, ISBN: 978-625-367-663-6
- Yousef, H., Sharma, S.** (2017). Anatomy, Skin (Integument), Epidermis. National Library of Medicine, Statpearls Publishing.
- Yürekli, H., & Yürekli, F.** (2004). Mimarlık: Bir Entelektüel Enerji Alanı. İstanbul:Yapı Yayın.
- Zeytün, B.** (2014). *Mimari Tasarımda Biyomorfik Yaklaşımlar* (Yüksek Lisans Tezi), Yakın Doğu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, KKTC.
- Zöllner, F.** (2016). Leonardo Da Vinci: The Complete Paintings and Drawings. Taschen, Köln.

EKLER

EK 1 Pangolin cephenin Grasshopper’da modellenme adımları

EK 2: Epidermis cephenin Grasshopper’da modellenme adımları

EK 3: Saydam cepheli sanal ofis yapısının İstanbul ili haziran ayı aydınlanma analizleri

EK 4: Saydam cepheli sanal ofis yapısının İstanbul ili aralık ayı aydınlanma analizleri

EK 5: Saydam cepheli sanal ofis yapısının Antalya ili haziran ayı aydınlanma analizleri

EK 6: Saydam cepheli sanal ofis yapısının Antalya ili aralık ayı aydınlanma analizleri

EK 7: Saydam cepheli sanal ofis yapısının Erzurum ili haziran ayı aydınlanma analizleri

EK 8: Saydam cepheli sanal ofis yapısının Erzurum ili aralık ayı aydınlanma analizleri

EK 9: Pangolin cepheli sanal ofis yapısının İstanbul ili haziran ayı aydınlanma analizleri

EK 10: Pangolin cepheli sanal ofis yapısının İstanbul ili aralık ayı aydınlanma analizleri

EK 11: Pangolin cepheli sanal ofis yapısının Antalya ili haziran ayı aydınlanma analizleri

EK 12: Pangolin cepheli sanal ofis yapısının Antalya ili aralık ayı aydınlanma analizleri

EK 13: Pangolin cepheli sanal ofis yapısının Erzurum ili haziran ayı aydınlanma analizleri

EK 14: Pangolin cepheli sanal ofis yapısının Erzurum ili aralık ayı aydınlanma analizleri

EK 15: Epidermis cepheli sanal ofis yapısının İstanbul ili haziran ayı aydınlanma analizleri

EK 16: Epidermis cepheli sanal ofis yapısının İstanbul ili aralık ayı aydınlanma analizleri

EK 17: Epidermis cepheli sanal ofis yapısının Antalya ili haziran ayı aydınlanma analizleri

EK 18: Epidermis cepheli sanal ofis yapısının Antalya ili aralık ayı aydınlanma analizleri

EK 19: Epidermis cepheli sanal ofis yapısının Erzurum ili haziran ayı aydınlanma analizleri

EK 20: Epidermis cepheli sanal ofis yapısının Erzurum ili aralık ayı aydınlanma analizleri

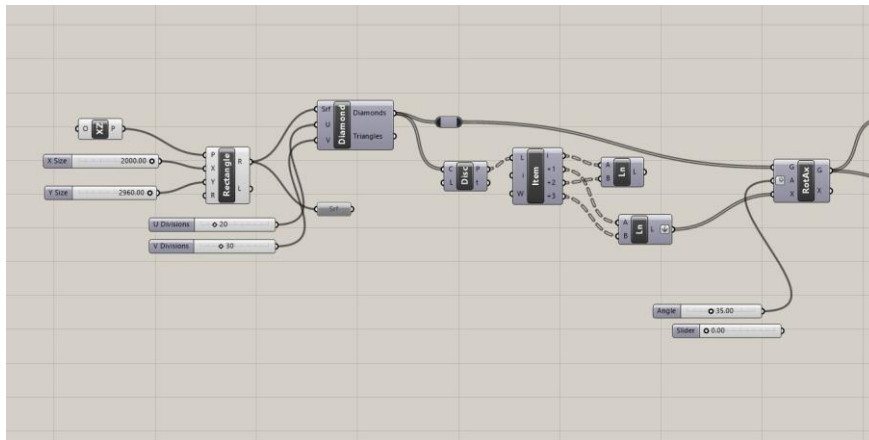
EK 21: Saydam cepheli sanal ofis yapısının İstanbul, Antalya ve Erzurum illeri kamaşma analizleri

EK 22: Pangolin cepheli sanal ofis yapısının İstanbul, Antalya ve Erzurum illeri kamaşma analizleri

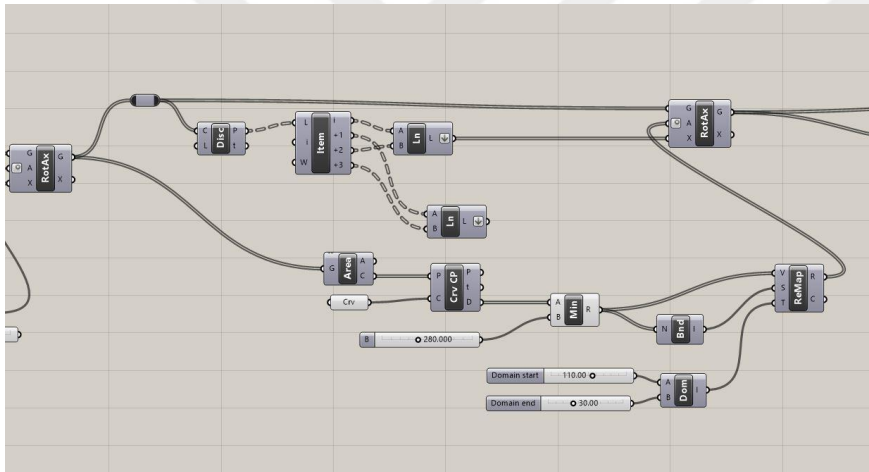
EK 23: Epidermis cepheli sanal ofis yapısının İstanbul, Antalya ve Erzurum illeri kamaşma analizleri

EK 1

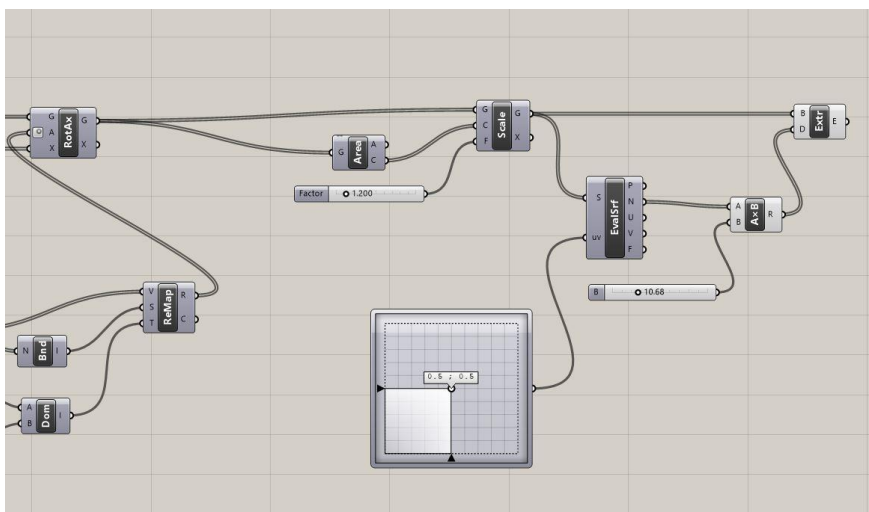
Pangolin Cephenin Grasshopper'da Modelleme Adımları



Düzlemin
tanımlanması
ve lunchbox
aracı ile
birimlerin
oluşturulup
sıklıklarının
ayarlanması



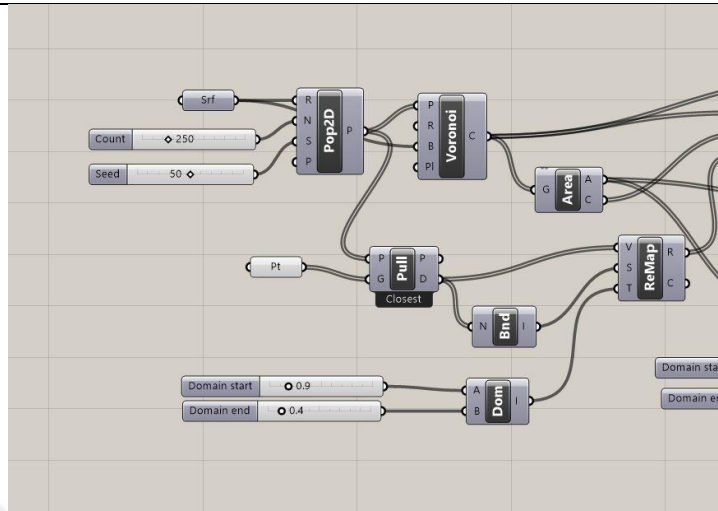
Sıklıkları
ayarlanan
birimlerin
cephede duruş
açılarının
ayarlanması



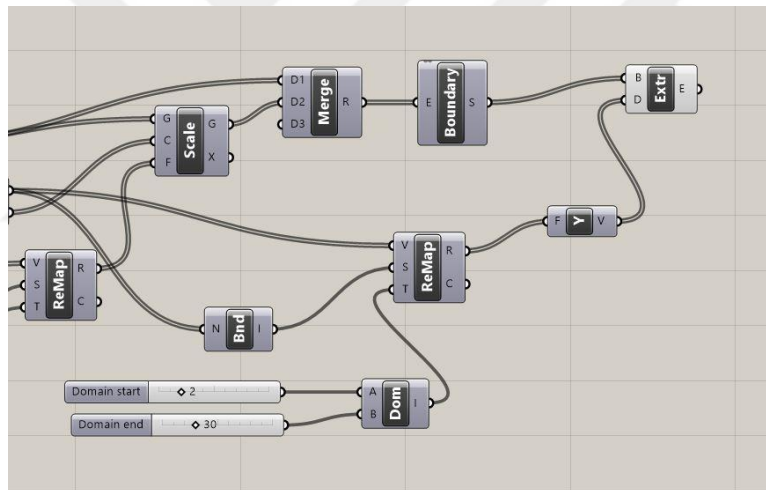
Sıklıkları ve açıları ayarlanan birimlerin yüzey kalınlıklarının belirlenmesi

EK 2

Epidermis Cephenin Grasshopper'da Modelleme Adımları



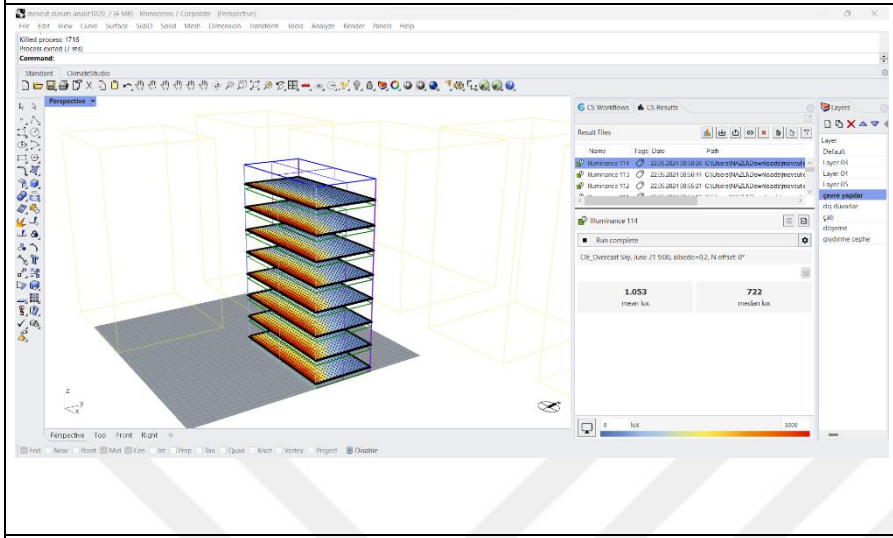
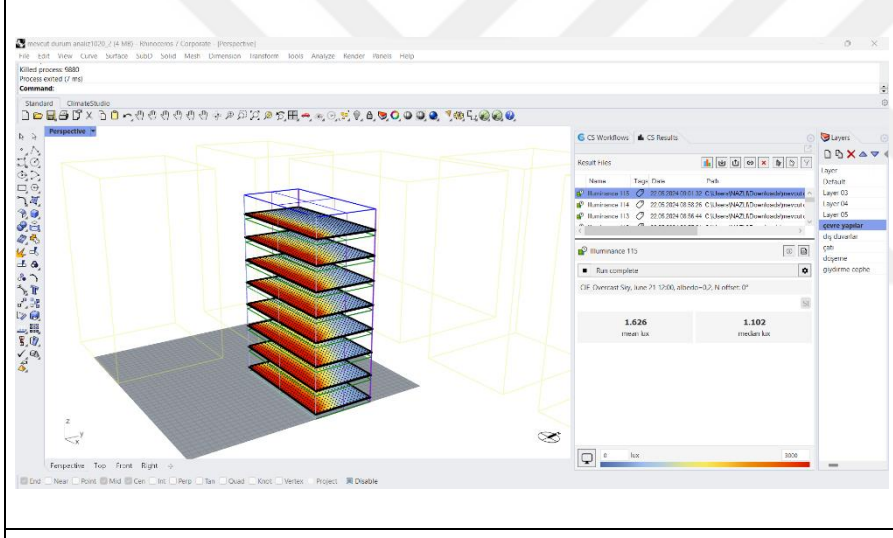
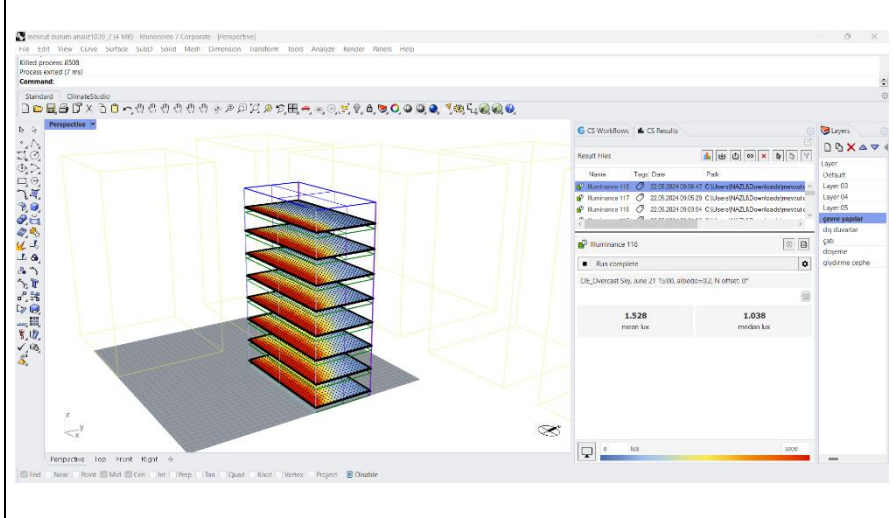
Voronoi aracı ile cephedeki epidermis benzeri birimlerin oluşturulması, açıklıklarının ayarlanması ve dalgalı görünümü sağlayan noktaların tanımlanması



Oluşturulan birimlerin kalınlıklarının ayarlanması ve ölçüklerinin tanımlanması

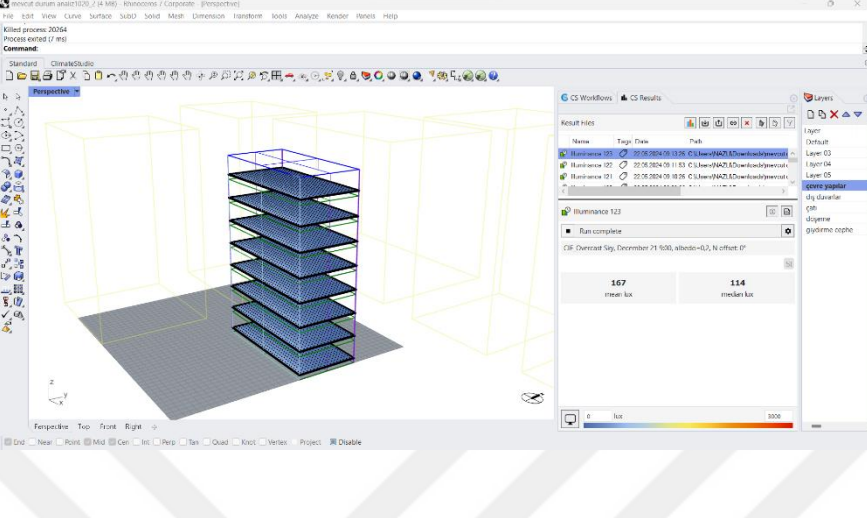
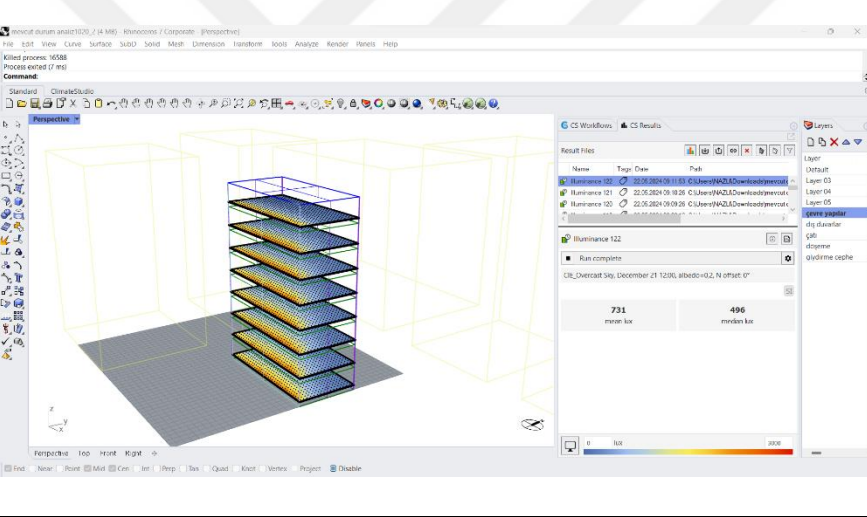
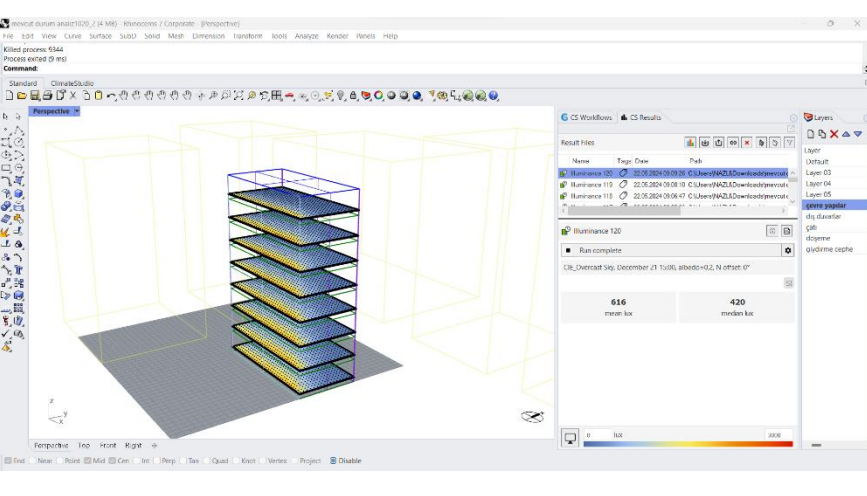
EK 3

Saydam Cephehi Sanal Ofis Yapısının İstanbul İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 1078 lux
	12.00 Ortalama lux: 1626 lux
	15.00 Ortalama lux: 1528 lux

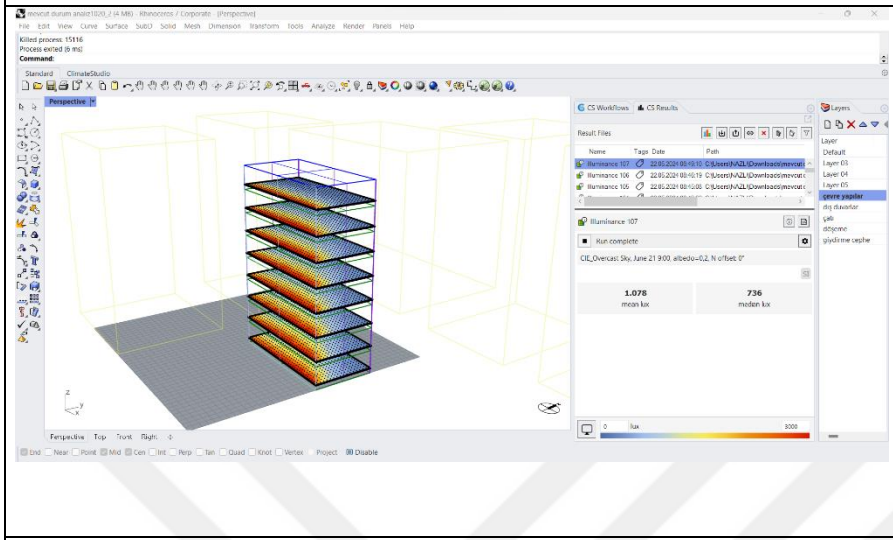
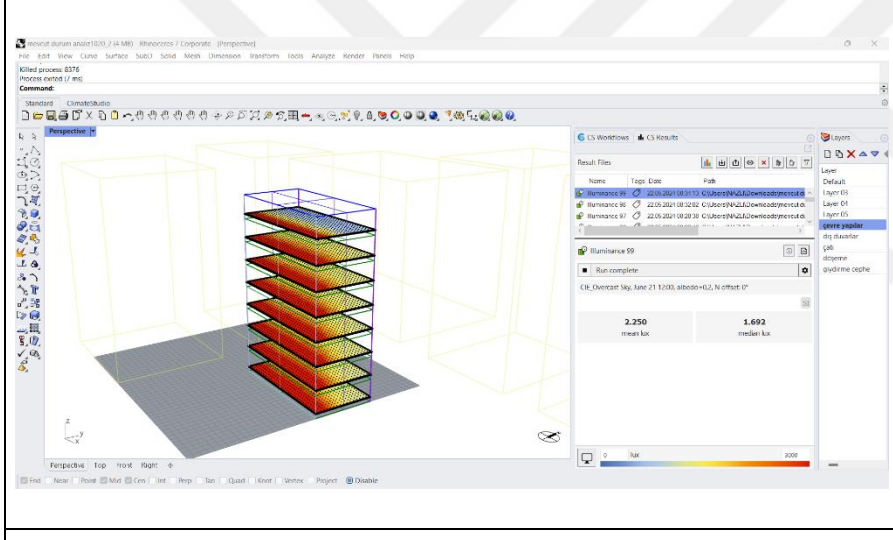
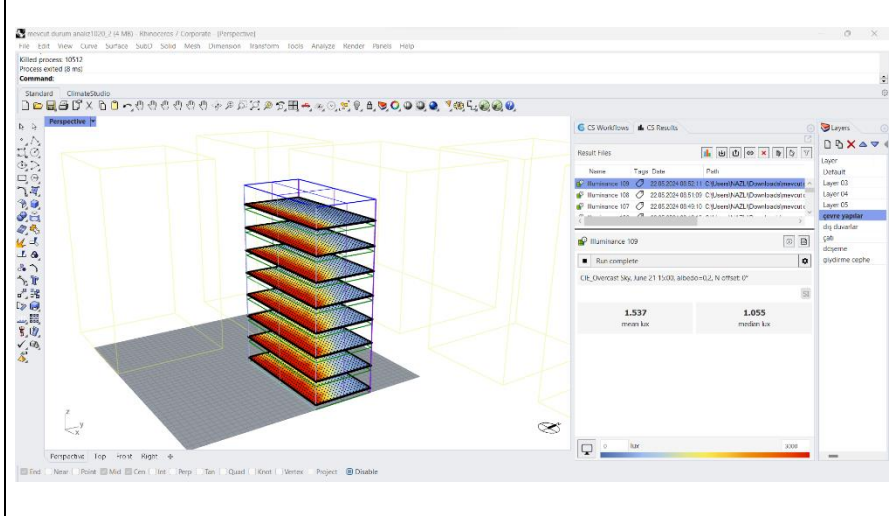
EK 4

Saydam Cephe1i Sanal Ofis Yapısının İstanbul İli Aralık Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 167 lux
	12.00 Ortalama lux: 731 lux
	15.00 Ortalama lux: 616 lux

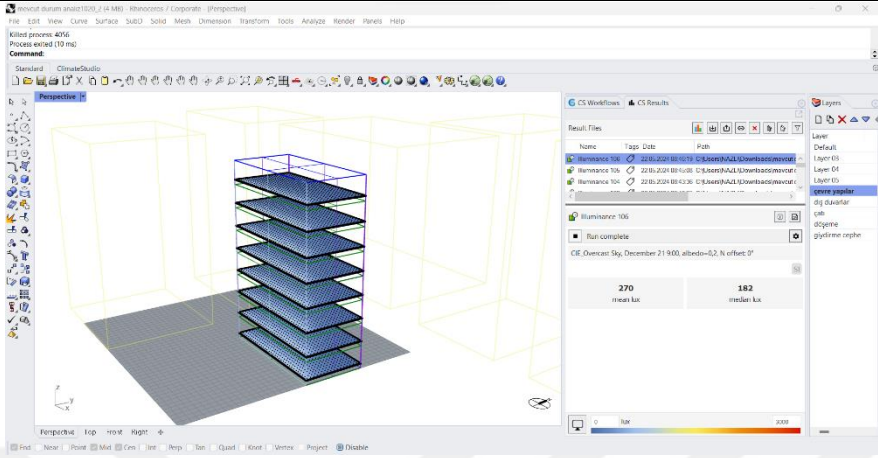
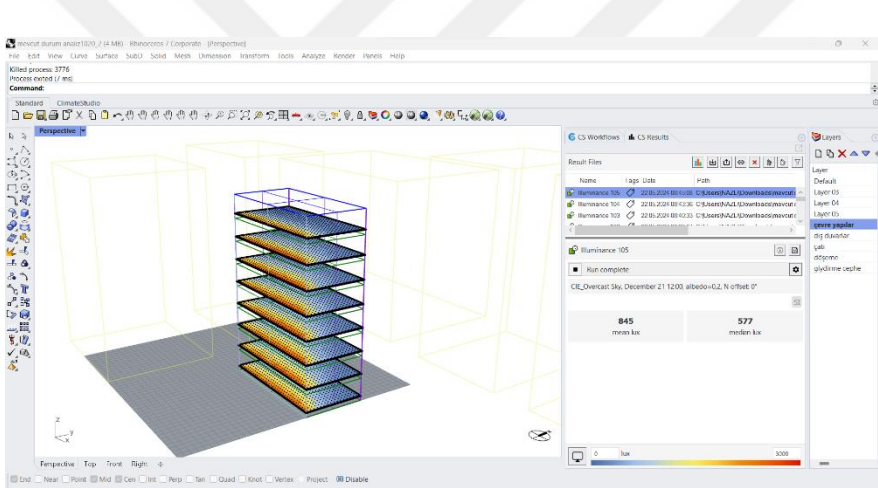
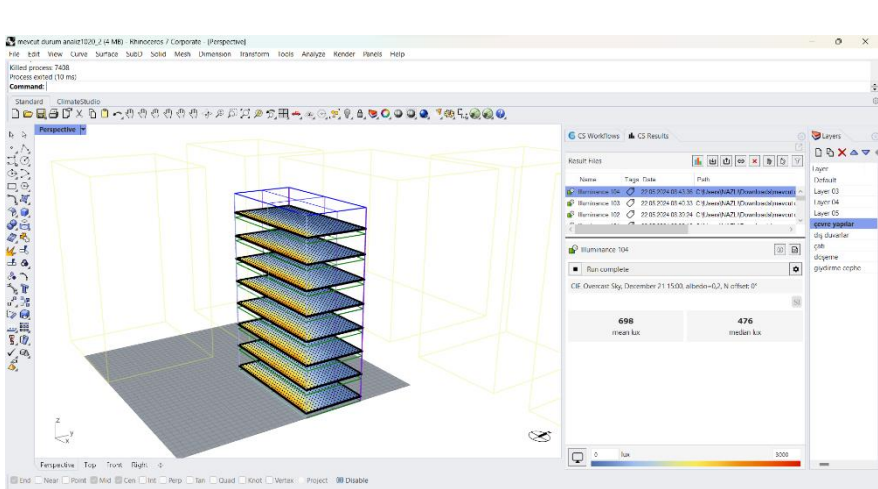
EK 5

Saydam Cephehi Sanal Ofis Yapısının Antalya İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 1078 lux
	12.00 Ortalama lux: 2250 lux
	15.00 Ortalama lux: 1537 lux

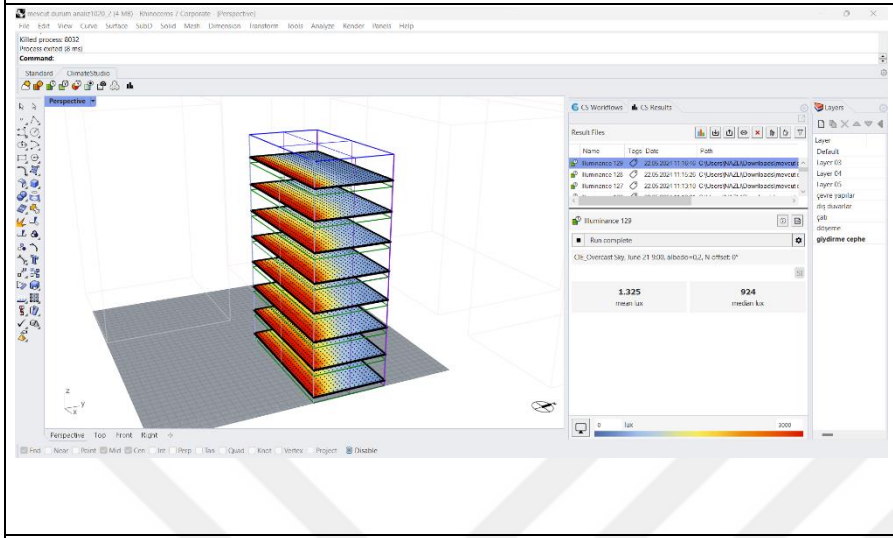
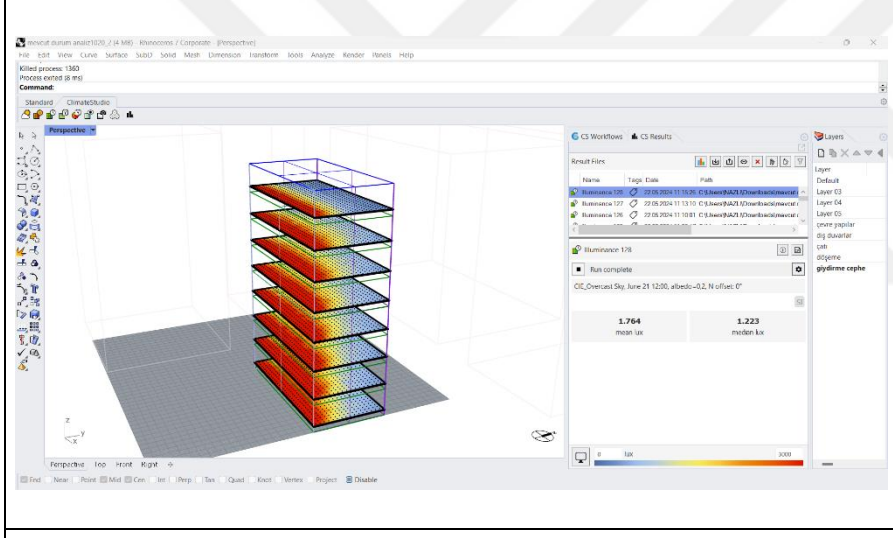
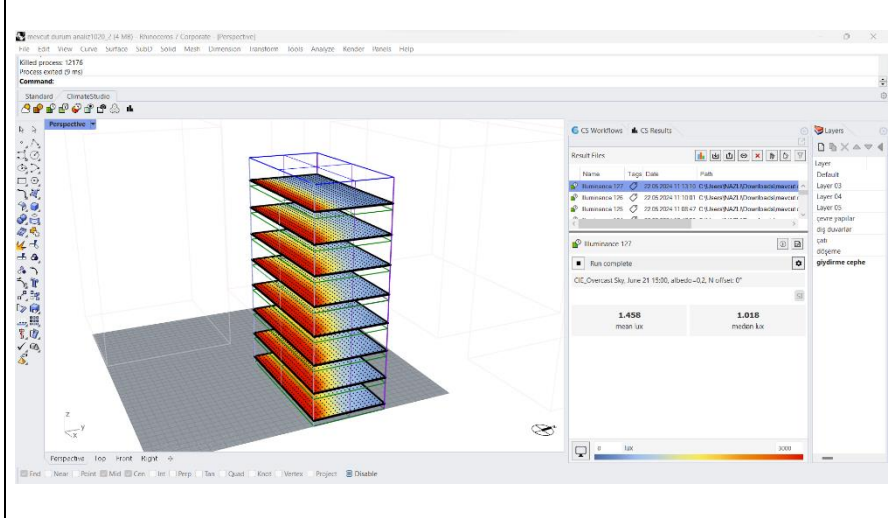
EK 6

Saydam Cepheİ Sanal Ofis Yapısının Antalya İli Aralık Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 270 lux
	12.00 Ortalama lux: 845 lux
	15.00 Ortalama lux: 698 lux

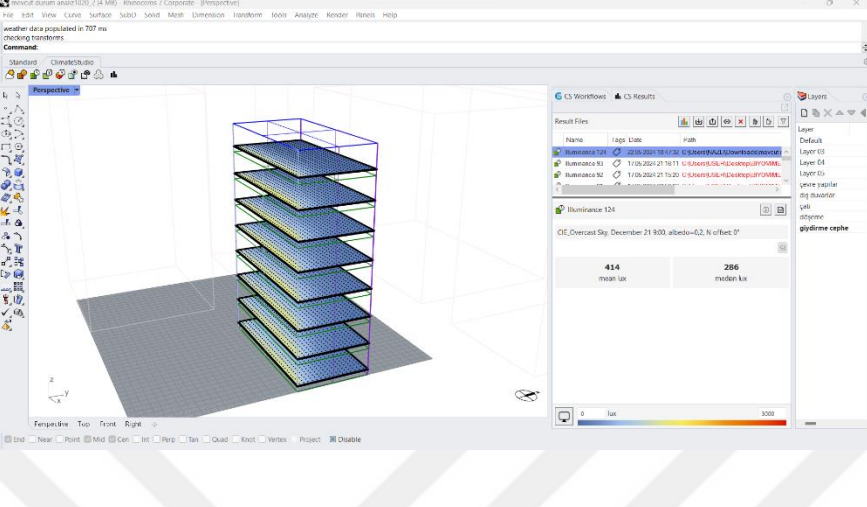
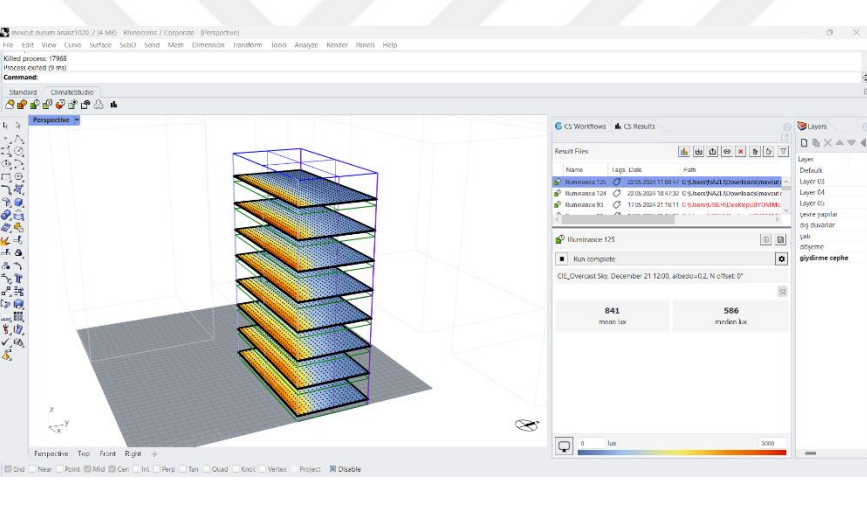
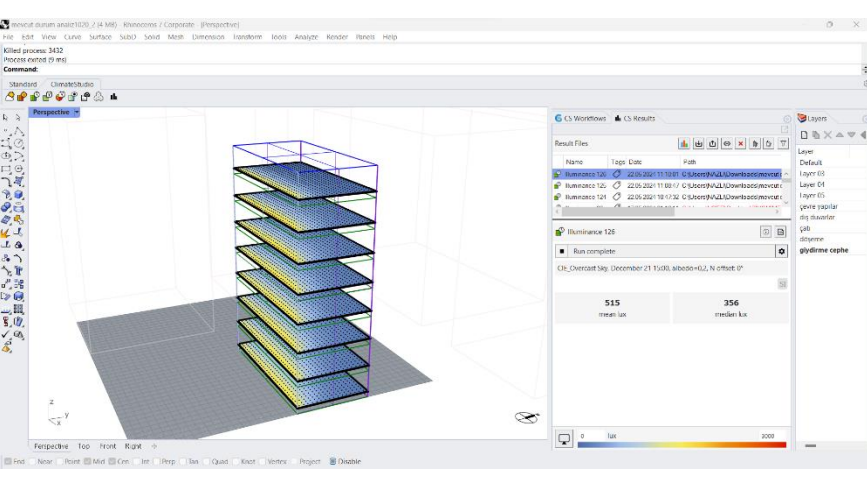
EK 7

Saydam Cepheli Sanal Ofis Yapısının Erzurum İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 1325 lux
	12.00 Ortalama lux: 1764 lux
	15.00 Ortalama lux: 1458 lux

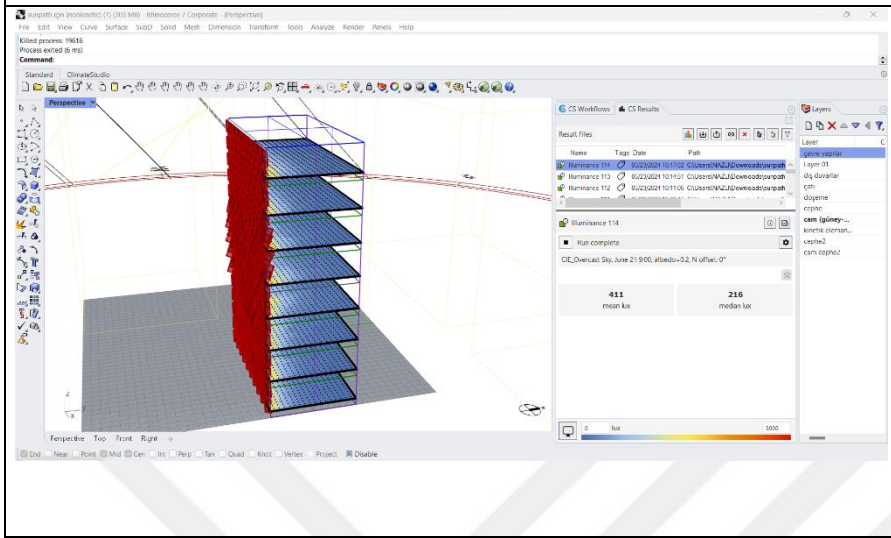
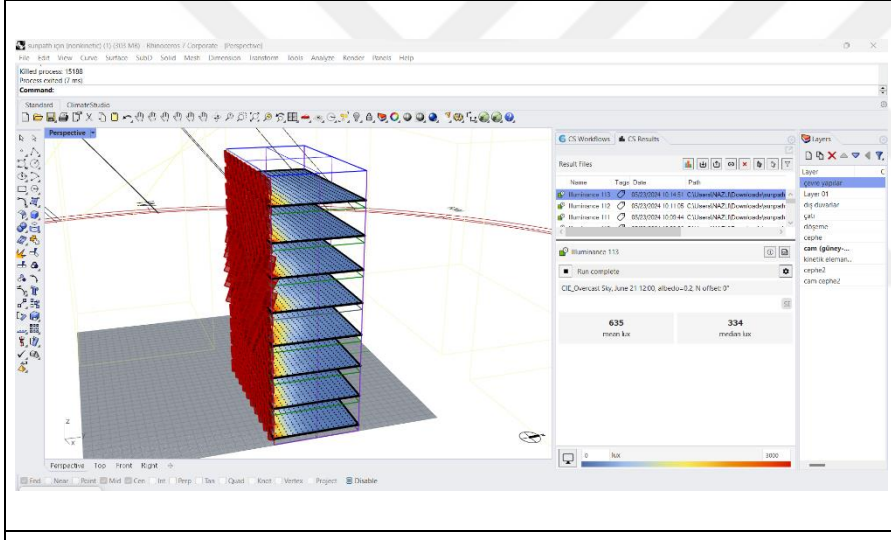
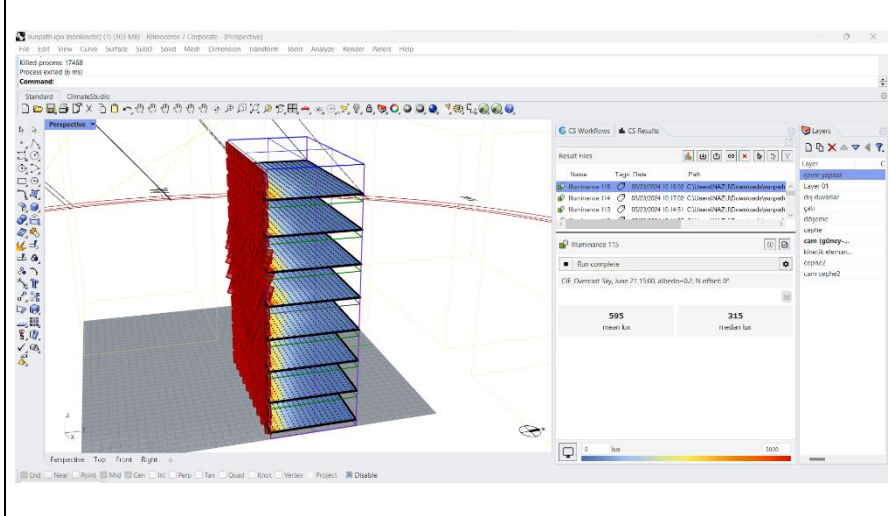
EK 8

Saydam Cepheli Sanal Ofis Yapısının Erzurum İli Aralık Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 414 lux
	12.00 Ortalama lux: 841 lux
	15.00 Ortalama lux: 515 lux

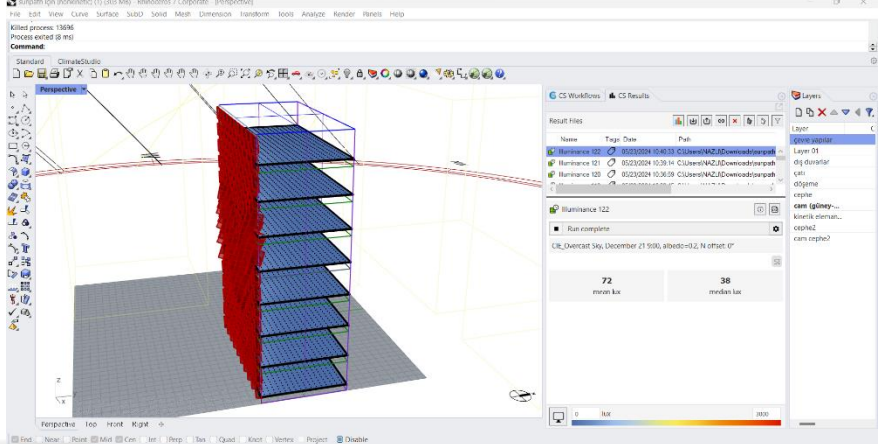
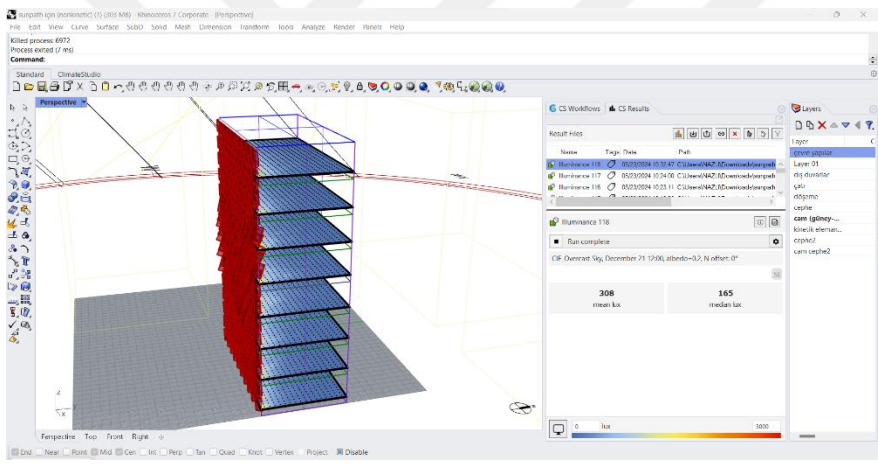
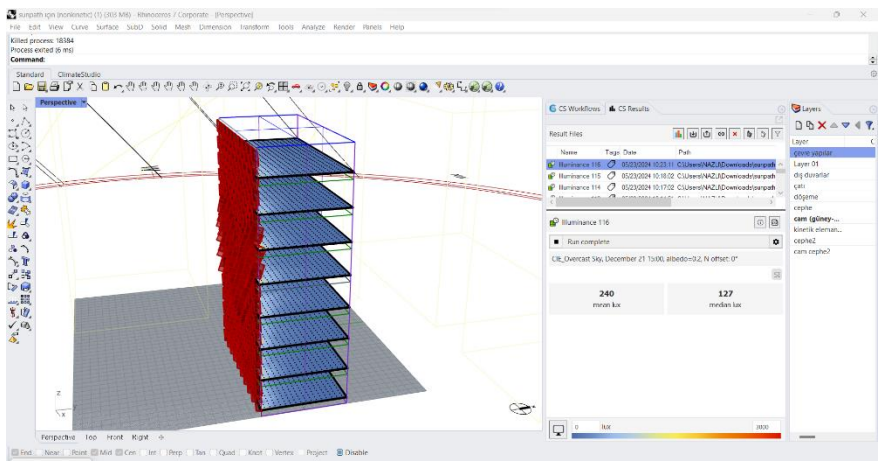
EK 9

Pangolin Cepheli Sanal Ofis Yapısının İstanbul İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri

 CS Workflows CS Results <table><tr><th>Name</th><th>Tag</th><th>Date</th><th>Path</th></tr><tr><td>Simulation 114</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr><tr><td>Simulation 113</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr><tr><td>Simulation 112</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr><tr><td>Simulation 111</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr><tr><td>Simulation 110</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr></table> Run complete CIE_Overcast Sky, June 21 9:00, albedo=0.2, N offset: 0° 411 mean lux 216 median lux	Name	Tag	Date	Path	Simulation 114	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	Simulation 113	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	Simulation 112	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	Simulation 111	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	Simulation 110	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	09.00 Ortalama lux: 411 lux
Name	Tag	Date	Path																						
Simulation 114	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						
Simulation 113	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						
Simulation 112	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						
Simulation 111	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						
Simulation 110	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						
 CS Workflows CS Results <table><tr><th>Name</th><th>Tag</th><th>Date</th><th>Path</th></tr><tr><td>Simulation 115</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr><tr><td>Simulation 114</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr><tr><td>Simulation 113</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr><tr><td>Simulation 112</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr><tr><td>Simulation 111</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr></table> Run complete CIE_Overcast Sky, June 21 12:00, albedo=0.2, N offset: 0° 635 mean lux 334 median lux	Name	Tag	Date	Path	Simulation 115	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	Simulation 114	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	Simulation 113	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	Simulation 112	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	Simulation 111	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	12.00 Ortalama lux: 635 lux
Name	Tag	Date	Path																						
Simulation 115	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						
Simulation 114	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						
Simulation 113	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						
Simulation 112	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						
Simulation 111	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						
 CS Workflows CS Results <table><tr><th>Name</th><th>Tag</th><th>Date</th><th>Path</th></tr><tr><td>Simulation 115</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr><tr><td>Simulation 114</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr><tr><td>Simulation 113</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr><tr><td>Simulation 112</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr><tr><td>Simulation 111</td><td>0</td><td>06/20/2024 10:11:01</td><td>C:\Users\N42J\Documents\pangolin</td></tr></table> Run complete CIE_Overcast Sky, June 21 15:00, albedo=0.2, N offset: 0° 595 mean lux 315 median lux	Name	Tag	Date	Path	Simulation 115	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	Simulation 114	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	Simulation 113	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	Simulation 112	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	Simulation 111	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin	15.00 Ortalama lux: 595 lux
Name	Tag	Date	Path																						
Simulation 115	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						
Simulation 114	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						
Simulation 113	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						
Simulation 112	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						
Simulation 111	0	06/20/2024 10:11:01	C:\Users\N42J\Documents\pangolin																						

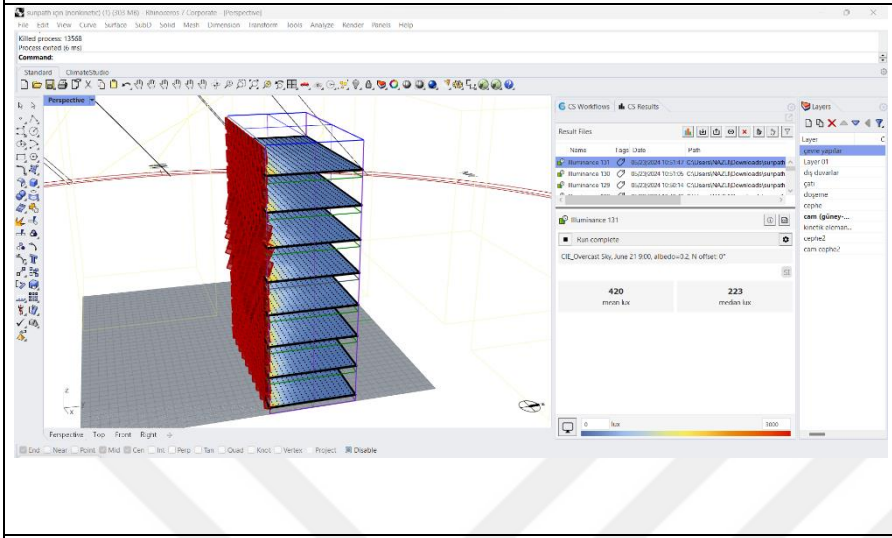
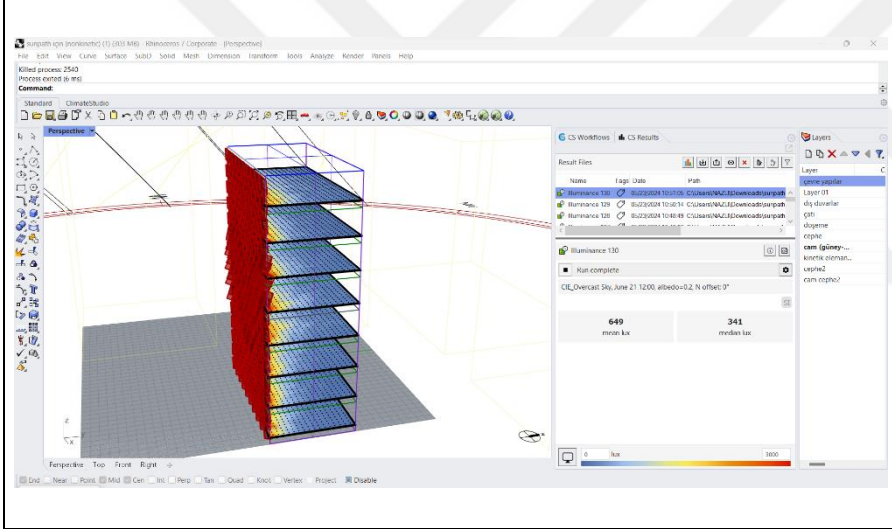
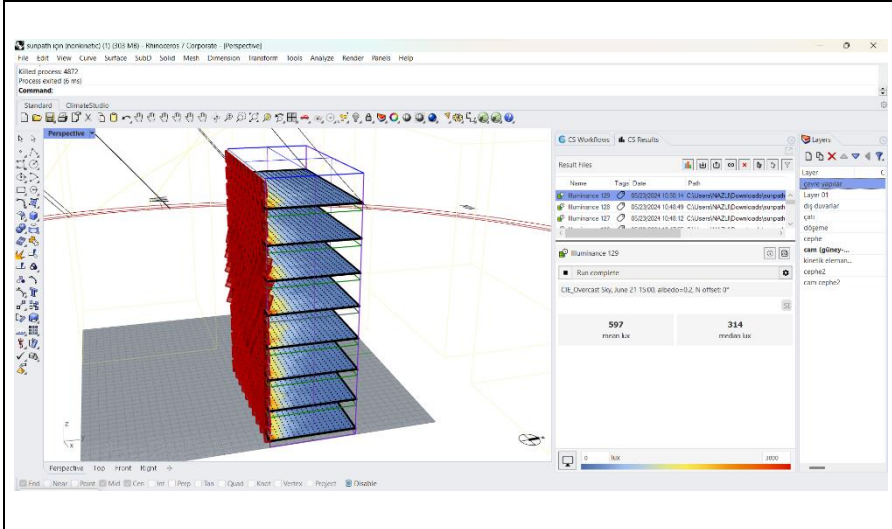
EK 10

Pangolin Cepheli Sanal Ofis Yapısının İstanbul İli Aralık Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 72 lux
	12.00 Ortalama lux: 308 lux
	15.00 Ortalama lux: 240 lux

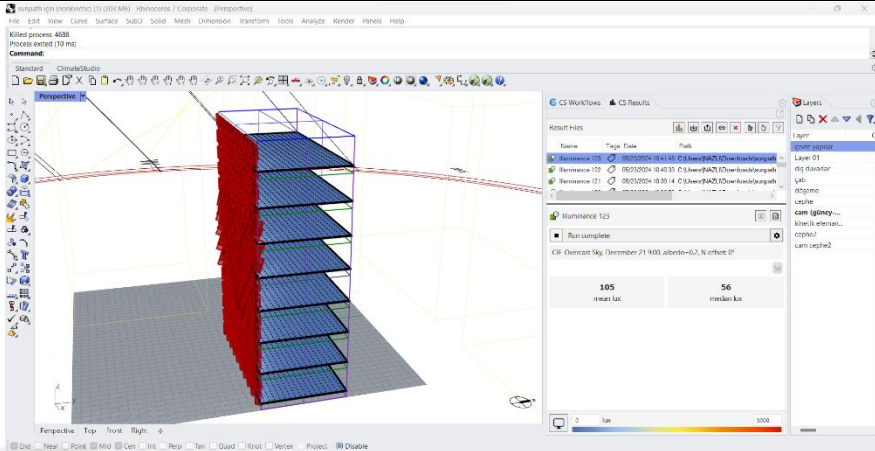
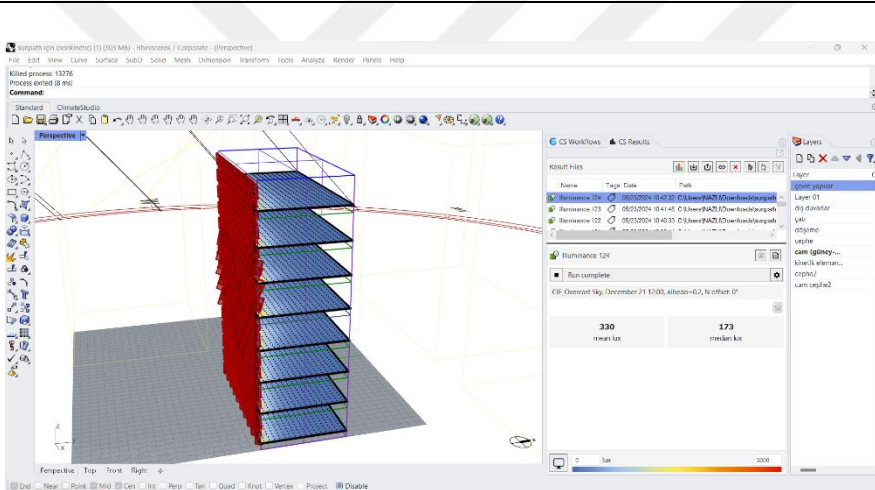
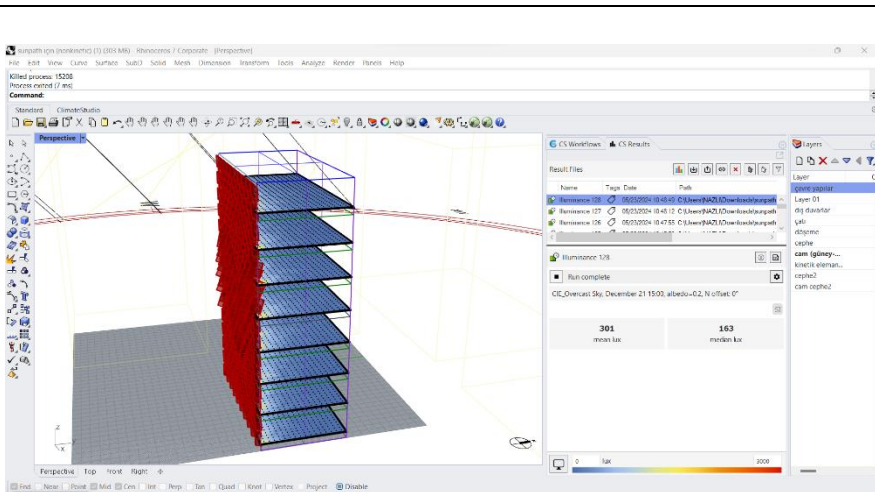
EK 11

Pangolin Cepmeli Sanal Ofis Yapısının Antalya İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 420 lux
	12.00 Ortalama lux: 649 lux
	15.00 Ortalama lux: 597 lux

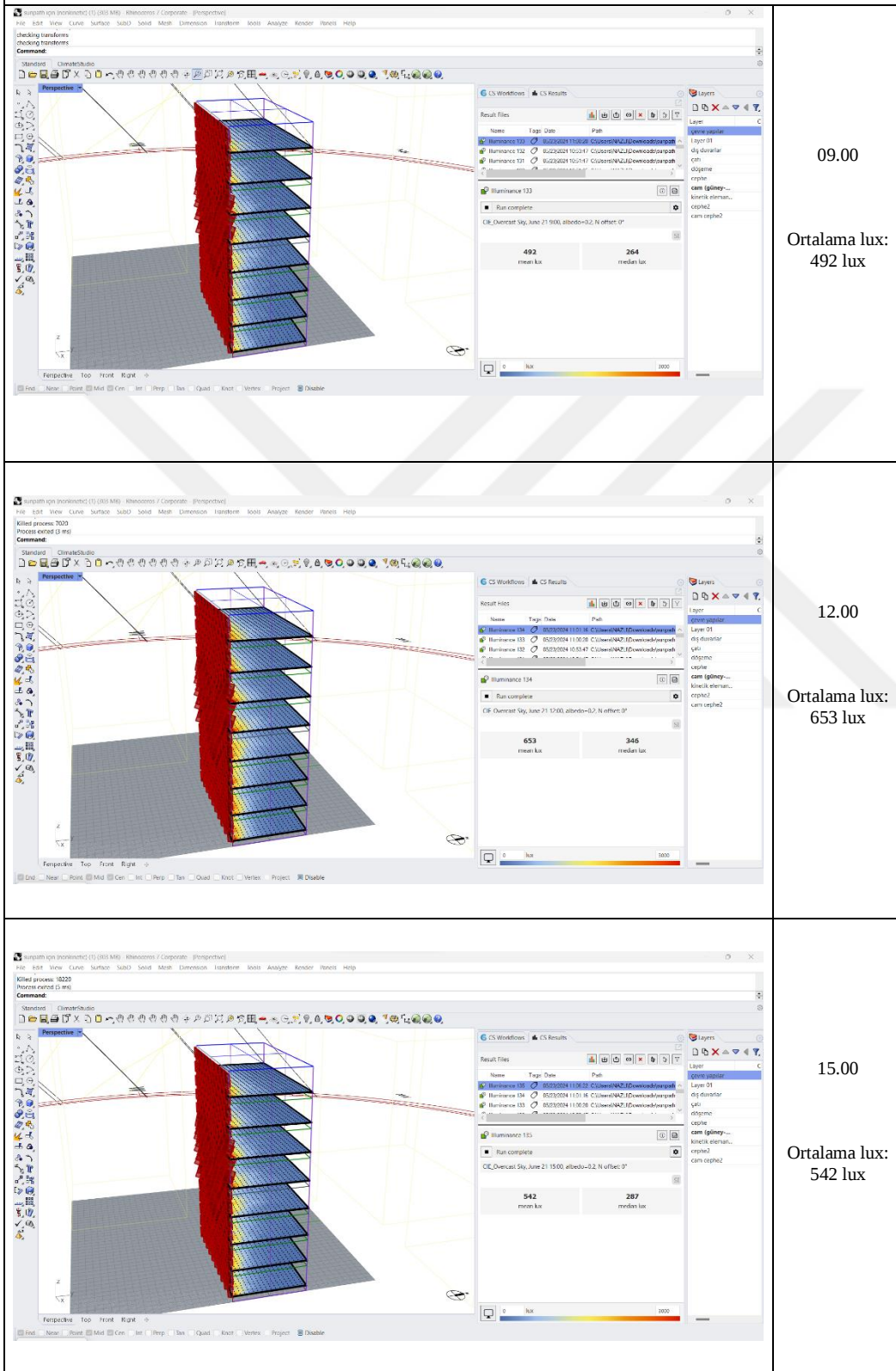
EK 12

Pangolin Cepheli Sanal Ofis Yapısının Antalya İli Aralık Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 105 lux
	12.00 Ortalama lux: 330 lux
	15.00 Ortalama lux: 301 lux

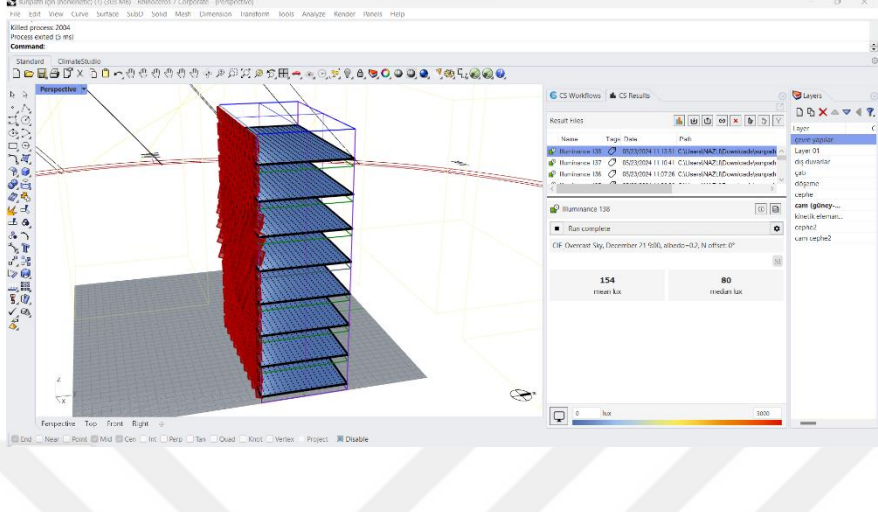
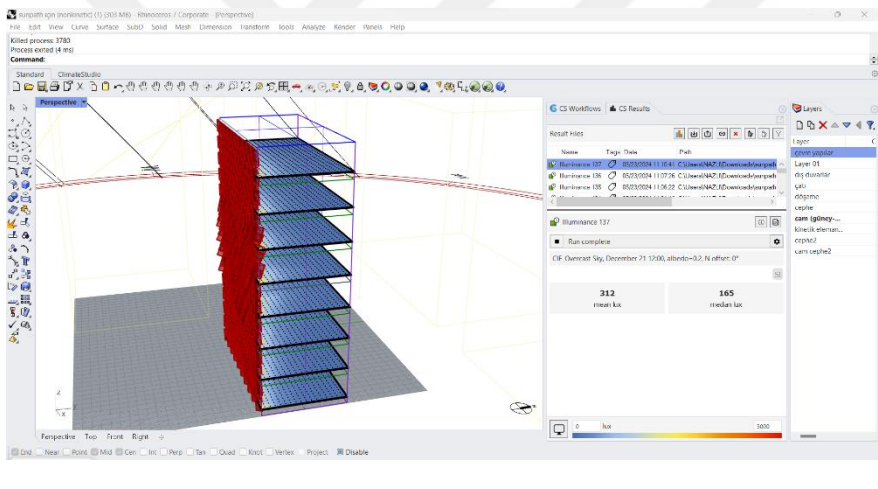
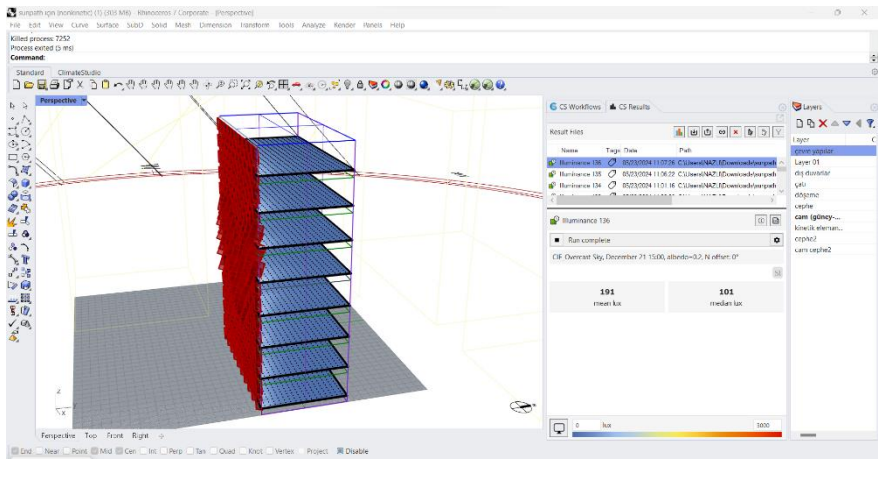
EK 13

Pangolin Cepheli Sanal Ofis Yapısının Erzurum İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri



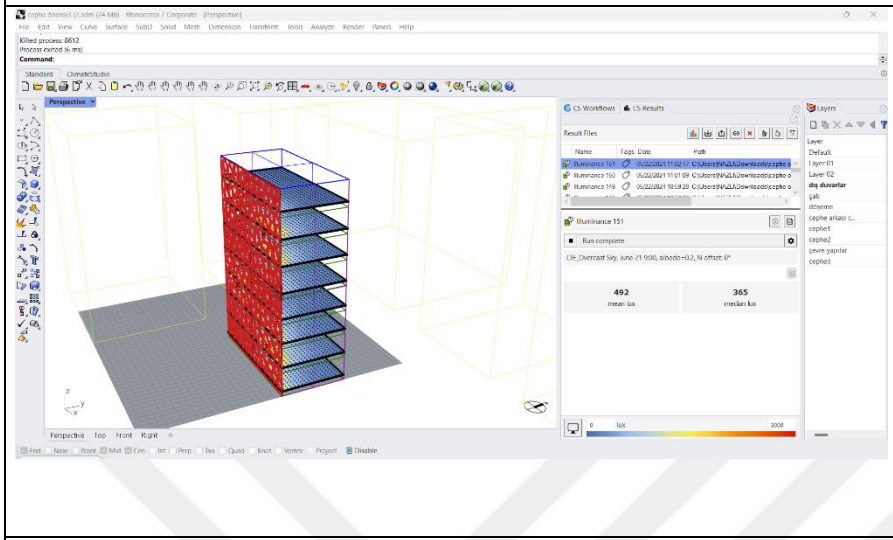
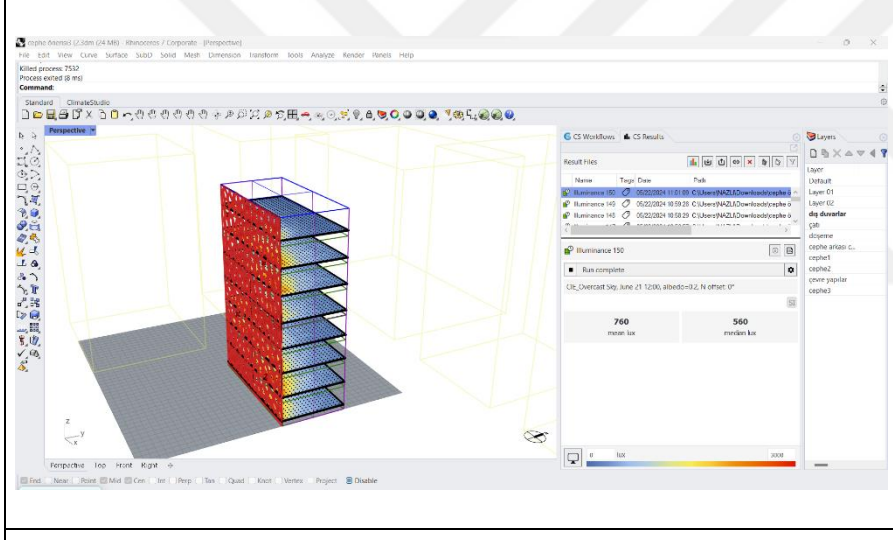
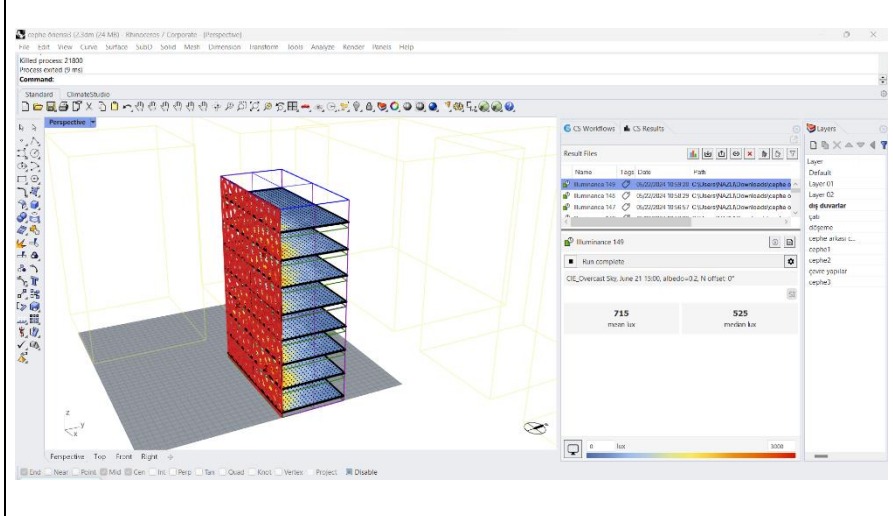
EK 14

Pangolin Cepheli Sanal Ofis Yapısının Erzurum İli Aralık Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 154 lux
	12.00 Ortalama lux: 312 lux
	15.00 Ortalama lux: 191 lux

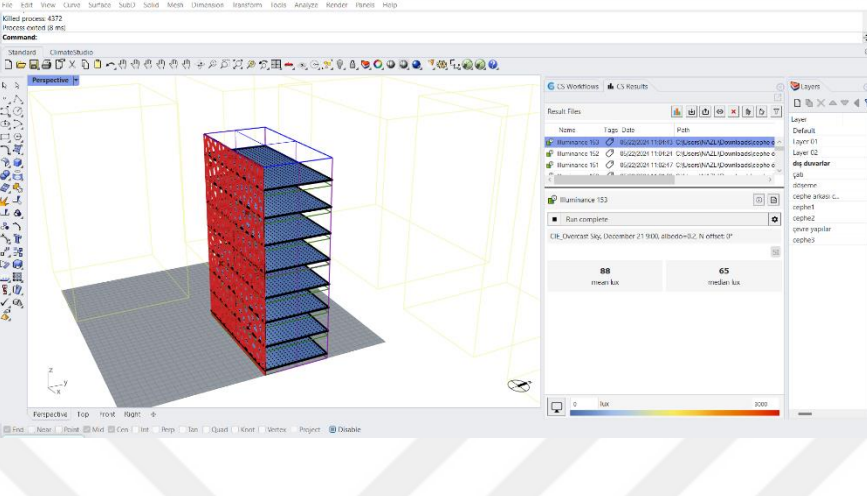
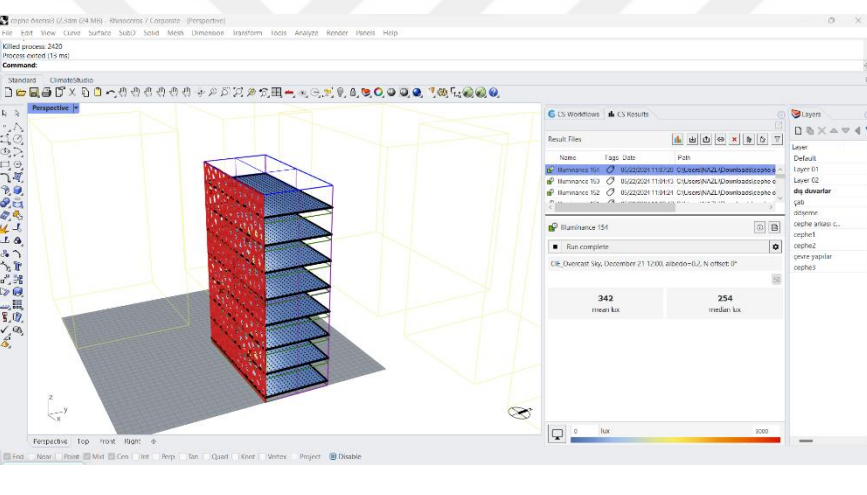
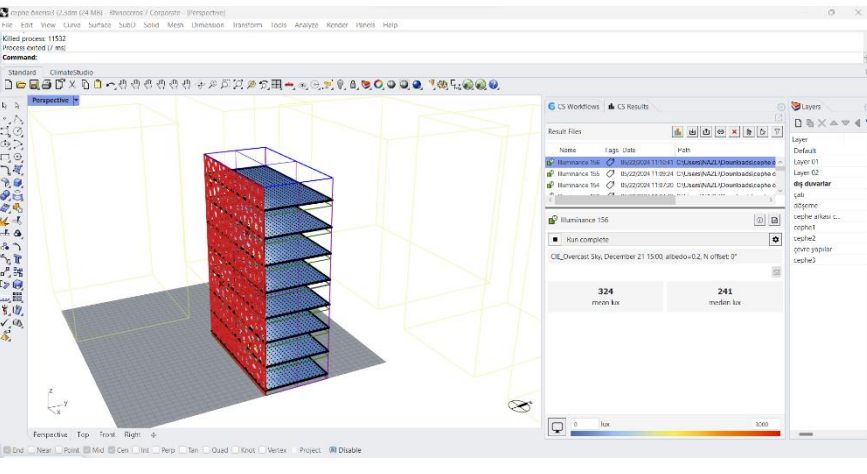
EK 15

Epidermis Cepheli Sanal Ofis Yapısının İstanbul İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 492 lux
	12.00 Ortalama lux: 760 lux
	15.00 Ortalama lux: 715 lux

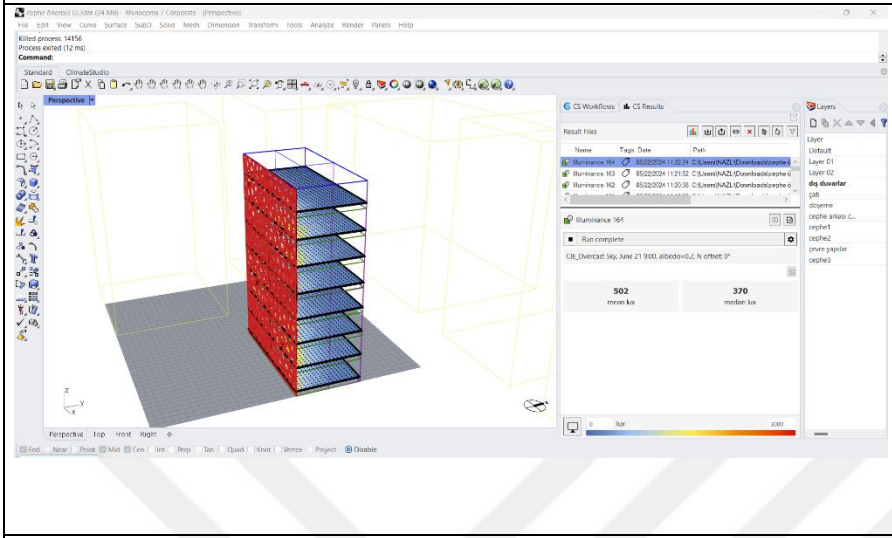
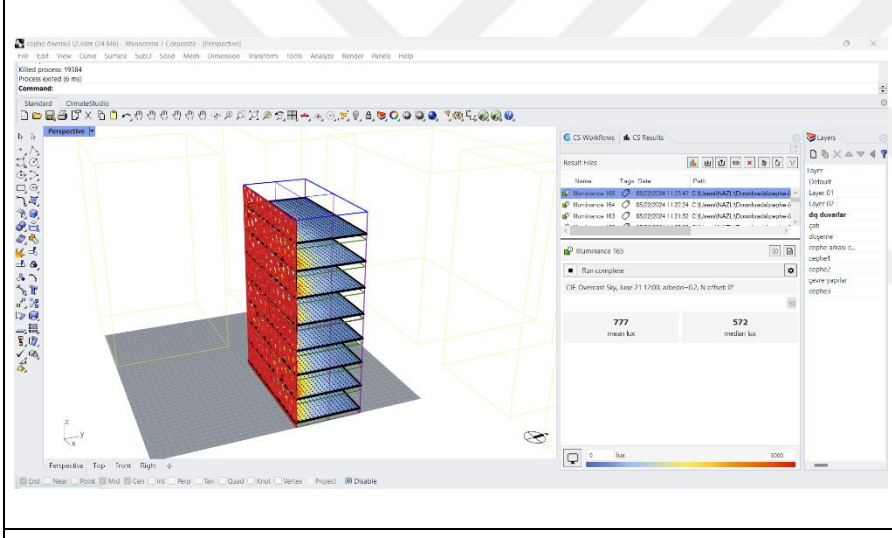
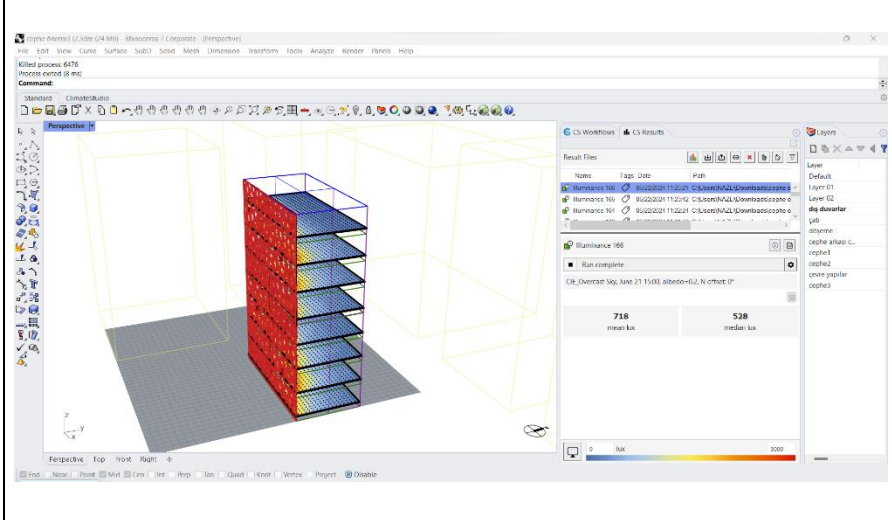
EK 16

Epidermis Cepheli Sanal Ofis Yapısının İstanbul İli Aralık Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 88 lux
	12.00 Ortalama lux: 342 lux
	15.00 Ortalama lux: 324 lux

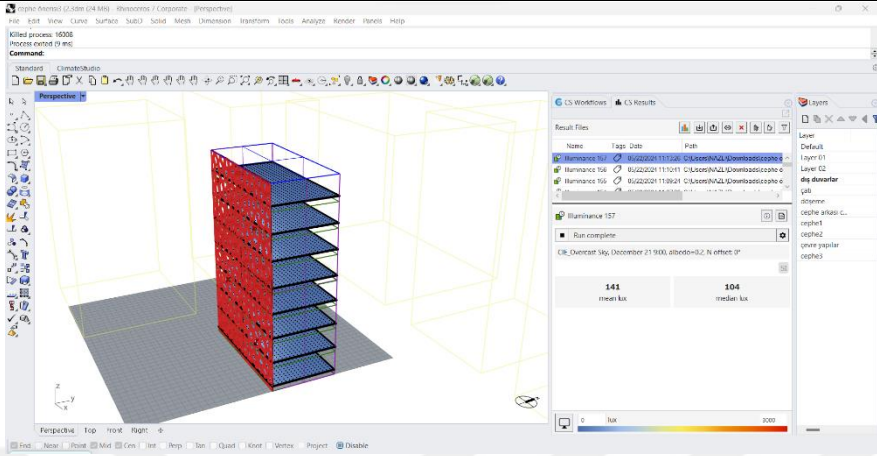
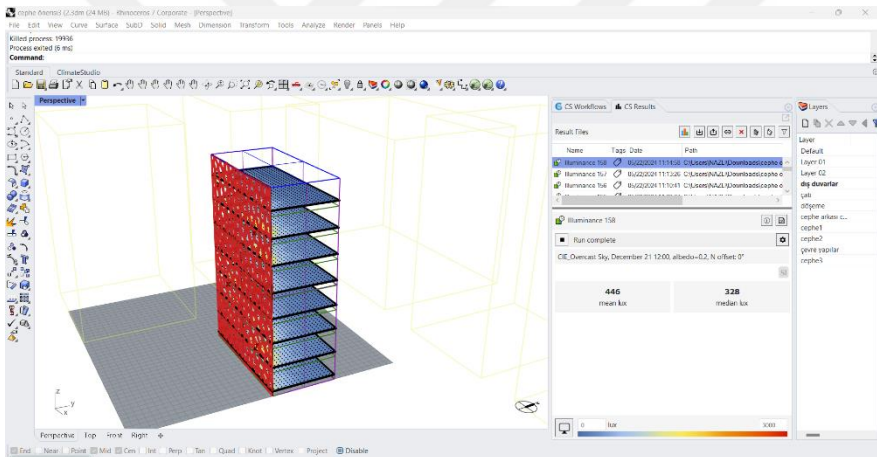
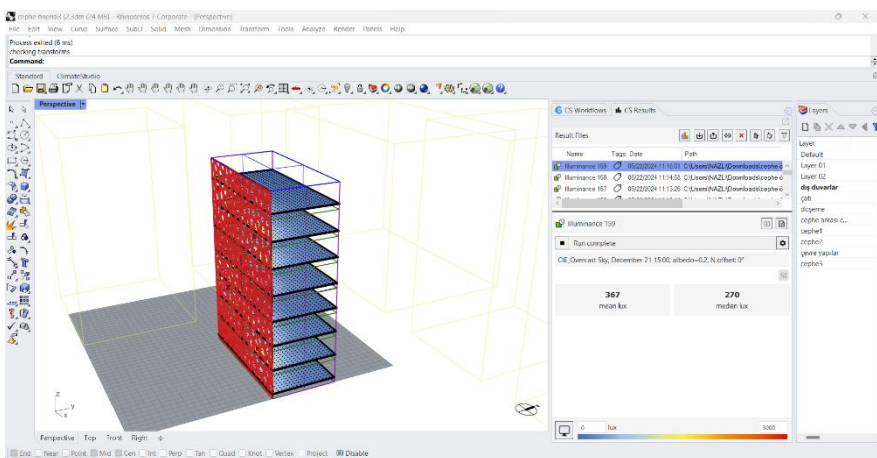
EK 17

Epidermis Cepheli Sanal Ofis Yapısının Antalya İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 502 lux
	12.00 Ortalama lux: 777 lux
	15.00 Ortalama lux: 718 lux

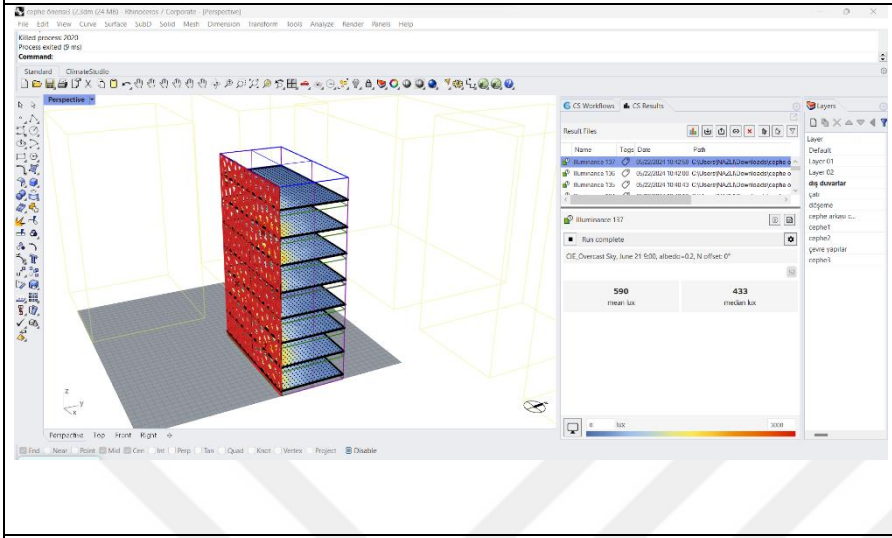
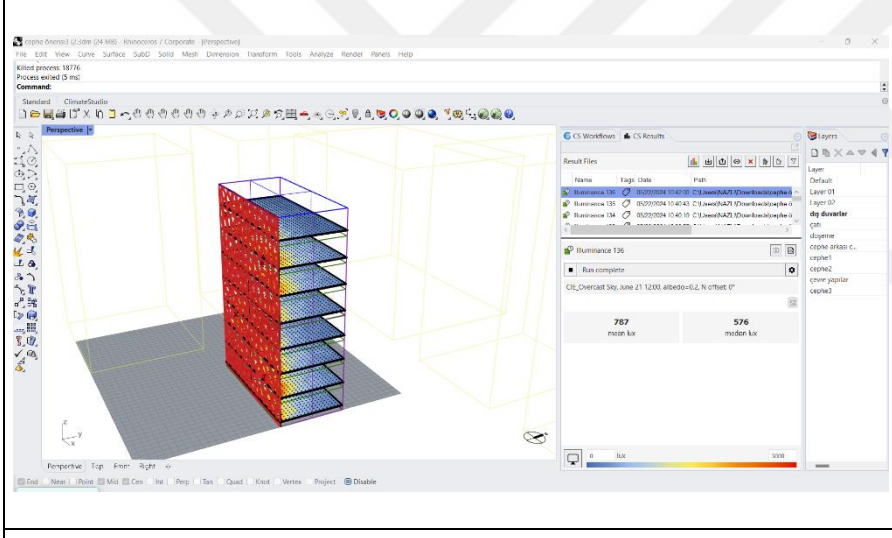
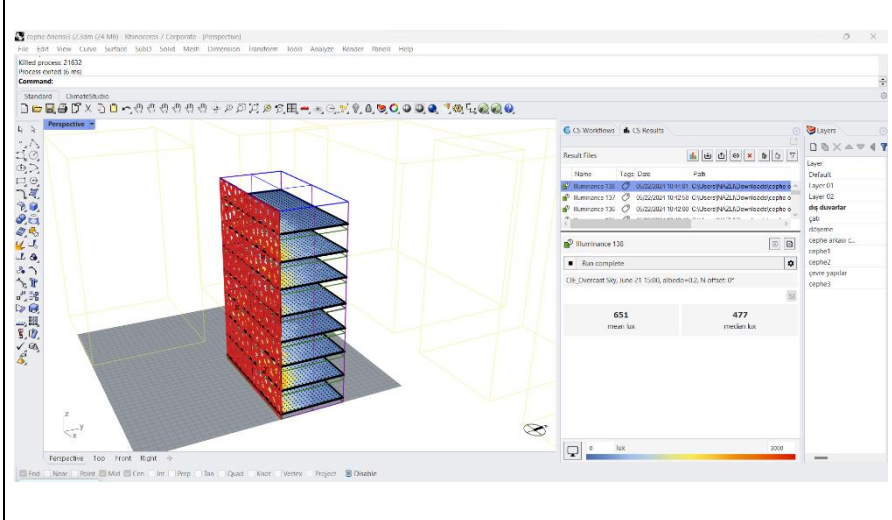
EK 18

Epidermis Cepheli Sanal Ofis Yapısının Antalya İli Aralık Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 141 lux
	12.00 Ortalama lux: 446 lux
	15.00 Ortalama lux: 367 lux

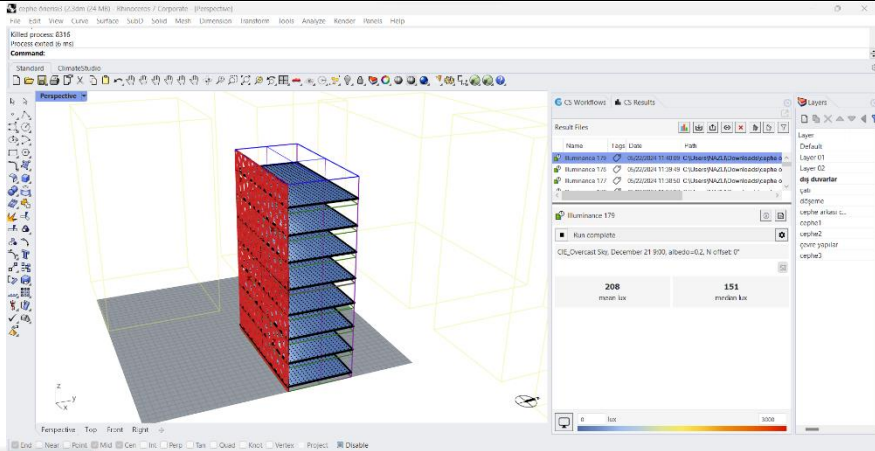
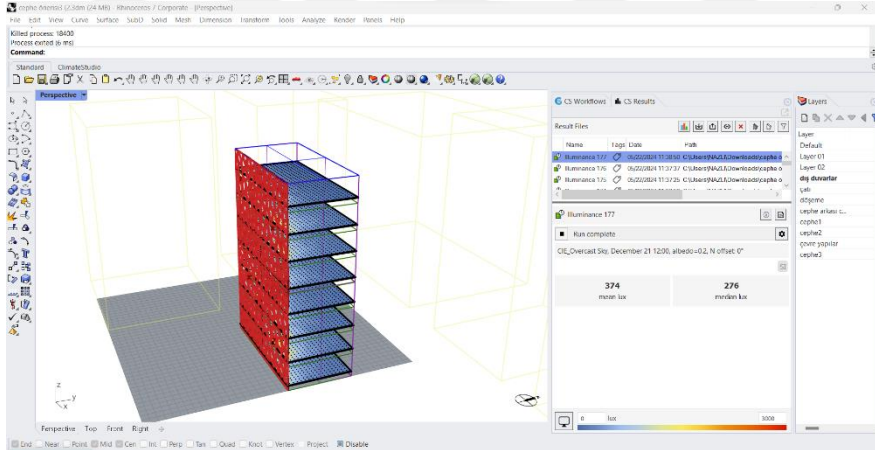
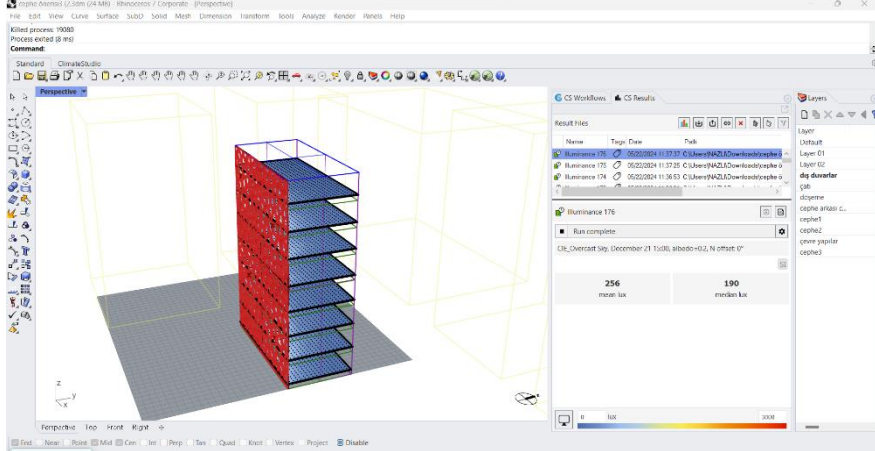
EK 19

Epidermis Cepheli Sanal Ofis Yapısının Erzurum İli Haziran Ayı Aydınlanma Analizleri

	09.00 Ortalama lux: 590 lux
	12.00 Ortalama lux: 787 lux
	15.00 Ortalama lux: 651 lux

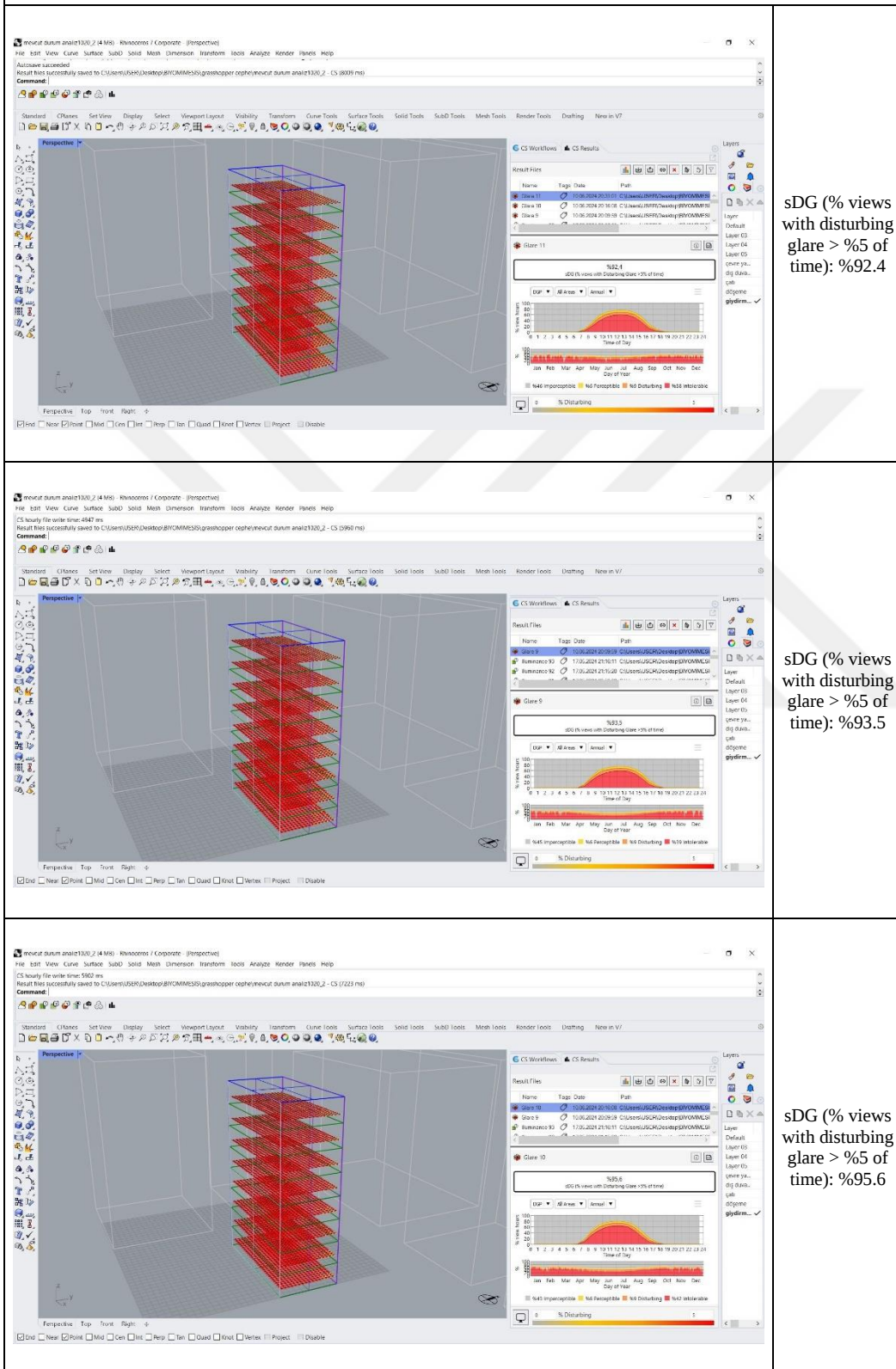
EK 20

Epidermis Cepheli Sanal Ofis Yapısının Erzurum İli Aralık Ayı Aydınlanma Analizleri

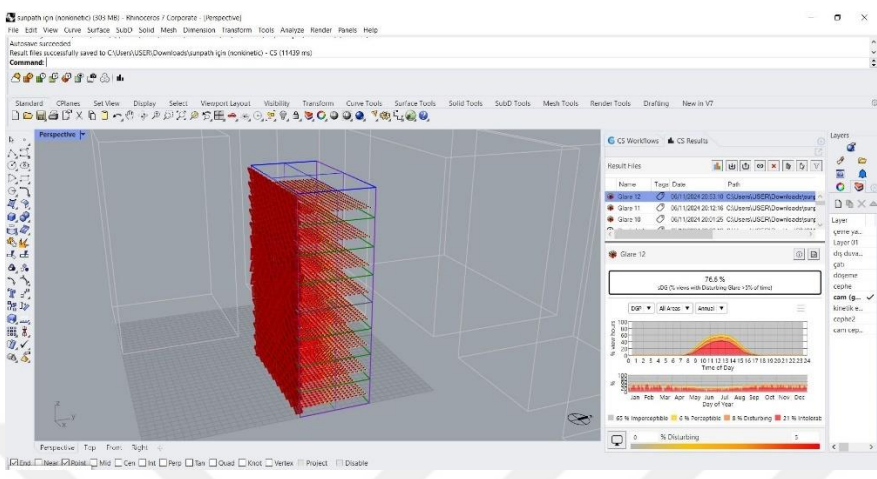
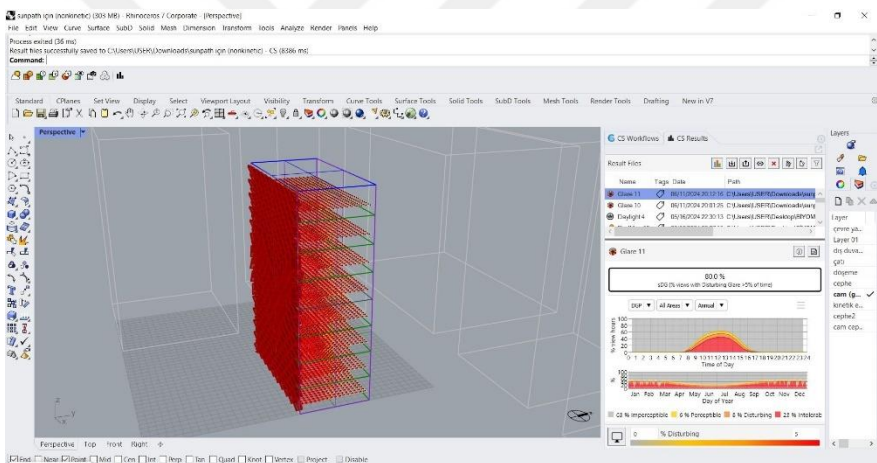
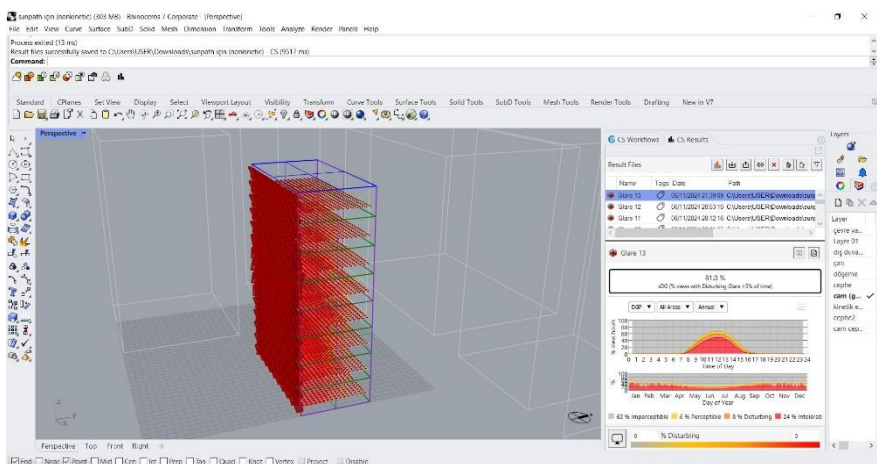
	09.00 Ortalama lux: 208 lux
	12.00 Ortalama lux: 374 lux
	15.00 Ortalama lux: 256 lux

EK 21

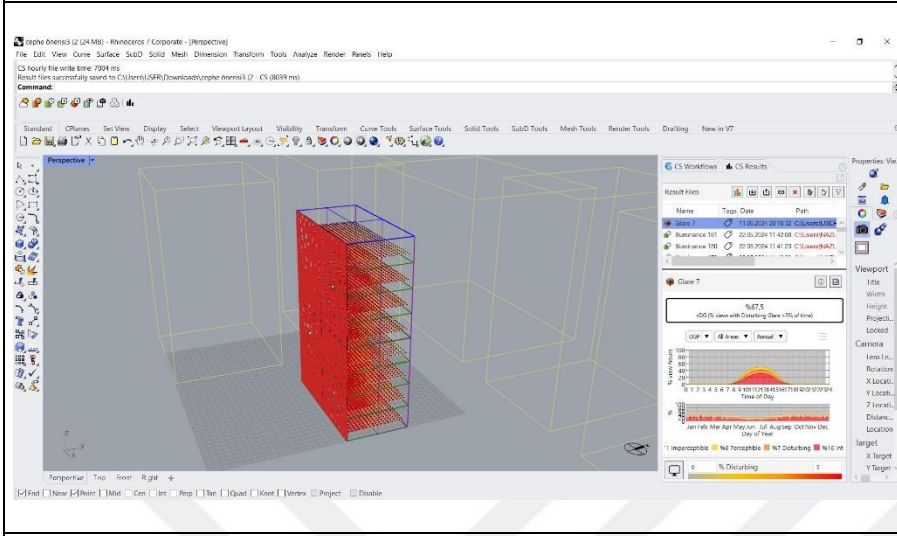
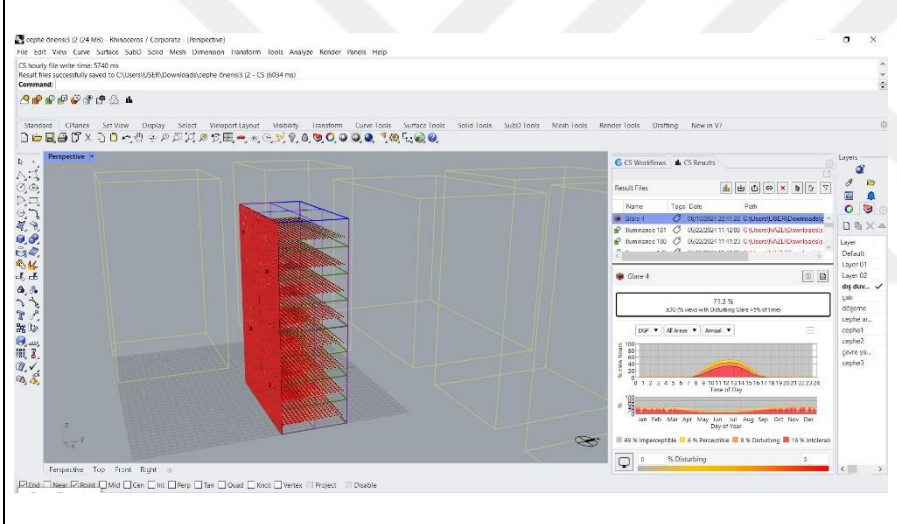
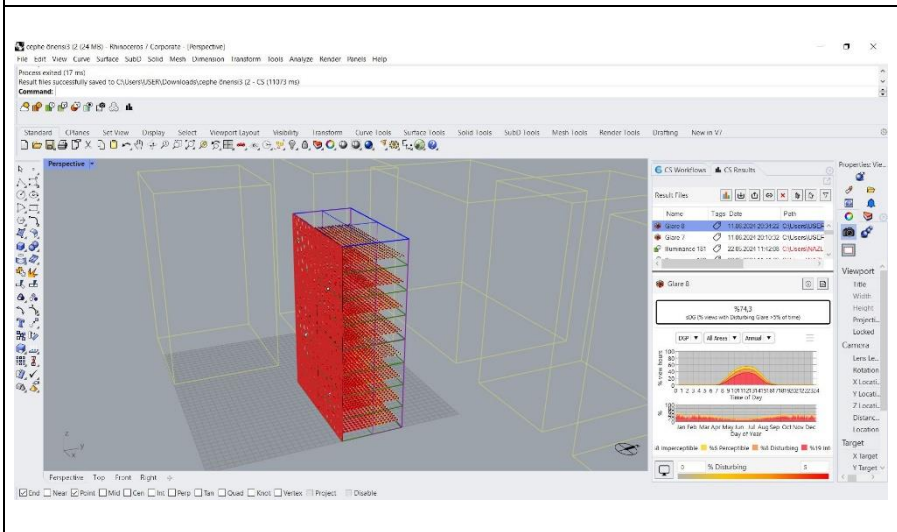
Saydam Cepheli Sanal OfisYapısının İstanbul, Antalya ve Erzurum İlleri Kamaşma Analizleri



Pangolin Cepheli Sanal Ofis Yapısının İstanbul, Antalya ve Erzurum İlleri Kamaşma Analizleri

	sDG (% views with disturbing glare > %5 of time): %76.6
	sDG (% views with disturbing glare > %5 of time): %80
	sDG (% views with disturbing glare > %5 of time): %81

Epidermis Cepheli Sanal OfisYapısının İstanbul, Antalya ve Erzurum İlleri Kamaşma Analizleri

	sDG (% views with disturbing glare > %5 of time): %67.5
	sDG (% views with disturbing glare > %5 of time): %71.3
	sDG (% views with disturbing glare > %5 of time): %74.3