

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**LEED SERTİFİKA SİSTEMİNDE
YAPI KABUĞU TASARIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ
VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÜZERİNDEKİ ROLÜ**

HAZIRLAYAN

ŞEYDA HATİPOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANKARA - 2025

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
MİMARLIK TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**LEED SERTİFİKA SİSTEMİNDE
YAPI KABUĞU TASARIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ
VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÜZERİNDEKİ ROLÜ**

HAZIRLAYAN

ŞEYDA HATİPOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖZGÜR YAKIN

ANKARA – 2025

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mimarlık Anabilim Dalı Mimarlık Tezli Yüksek Lisans Programı çerçevesinde Şeyda Hatipoğlu tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 20/ 06 / 2025

Tez Adı: Leed Sertifika Sisteminde Yapı Kabuğu Tasarımının Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik Üzerindeki Rolü

Tez Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu)

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Özgür Yakın

Başkent Üniversitesi (Danışman)

.....

Prof. Dr. Cüneyt Kurtay

Başkent Üniversitesi

.....

Prof. Dr. İdil Ayçam

Gazi Üniversitesi

.....

ONAY

Prof. Dr. Dilek ÇÖKELİLER SERDAROĞLU

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Tarih : ... / ... /

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 20/ 06 / 2025

Öğrencinin Adı, Soyadı : Şeyda Hatipoğlu

Öğrencinin Numarası : 22220036

Anabilim Dalı :Mimarlık

Programı :Mimarlık

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı : Dr. Öğr. Üyesi Özgür Yakın

Tez Başlığı : Leed Sertifika Sisteminde Yapı Kabuğu Tasarımının Enerji Verimliliği Ve Sürdürülebilirlik Üzerindeki Rolü

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans/Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 139 sayfalık kısmına ilişkin, 20/06/2025 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 7'dir. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:.....

ONAY

Tarih: 20 / 06 /2025

Öğrenci Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Özgür Yakın

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmam süresince yanımda olan, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen tüm sevdiklerime en içten teşekkürlerimi sunmak isterim.

Başta, her zaman yanımda olan, sevgileri ve sabırlarıyla bana güç veren canım anneme ve babama,

Hayatım boyunca ilham kaynağım olan, desteği ve sevgisiyle yolumu aydınlatan sevgili ablama,

Her daim yanımda olan, varlığıyla bana moral veren kardeşime,

İyi günde kötü günde desteğini hissettiğim, hayat yolculuğumu paylaşan değerli arkadaşlarıma,

Akademik yolculuğumda bilgileri, yönlendirmeleri ve sabırlarıyla beni her zaman motive eden başta danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Özgür YAKIN olmak üzere tüm hocalarıma ve özellikle, değerli bilgileri ve akademik rehberliğiyle üzerimde büyük emeği olan, ancak aramızdan erken ayrılan rahmetli Dr. Öğr. Üyesi Göktürk GÜLTEK hocama sonsuz minnet ve saygılarımı sunarım. Onların katkıları ve inançları olmasaydı, bu çalışmayı tamamlamak mümkün olmazdı.

ÖZET

Şeyda HATİPOĞLU

LEED SERTİFİKA SİSTEMİNDE YAPI KABUĞU TASARIMININ ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK ÜZERİNDEKİ ROLÜ

Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Mimarlık Anabilim Dalı

2025

İnşaat sektöründeki sürdürülebilirlik yaklaşımına ilişkin yansımalar, yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin giderek daha fazla popülerleşmesine sebep olmaktadır. Bu doğrultuda, LEED sertifikasyon sistemi, yüksek performans ile çevre dostu yapıların tasarlanması ve değerlendirilmesinde uluslararası alanda ve yaygın olarak kullanılan sistemlerden biri haline gelmiştir. Ancak Leed Sertifika Sistemi'nde, bina kabuğunu doğrudan değerlendiren bir kategori içermemekte; bina kabuğu enerji ve atmosfer, iç mekân çevre kalitesi, malzeme kullanımı, su yönetimi gibi birçok puan kategorisi ile dolaylı ama etkili bir ilişki kurmaktadır. Bu tez çalışması, LEED sertifikasyon sisteminde yapı kabuğu tasarımının sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği üzerindeki etkisini teorik bir çerçeve ve vaka analizi yoluyla incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında hem Türkiye'den hem de yurt dışından seçilen LEED sertifikalı toplam on adet bina detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu yapılar arasında Türkiye'den Gaziantep Ekolojik Bina, Via Green, Paragon Tower, TED Rönesans Koleji, Prokon Ekon Genel Müdürlük Binası; The Edge, Apple Park, Bosco Verticale, Bank of America Tower ve Empire State Binası gibi uluslararası örneklerle yer verilmiştir. İncelenen örnekler, bina kabuğunun pasif enerji stratejilerinin uygulanabilirliğini destekleyen ısı yalıtımı, gölgeleme sistemleri ve doğal havalandırma gibi performans kriterlerini içerdiğini ortaya koymuştur. Gün ışığı optimizasyonu, malzeme seçimi, ısı adası etkisinin azaltılması, yağmur suyu yönetimi gibi birçok sürdürülebilirlik kriteri ile de doğrudan ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Bulgular, bina kabuğunun sadece mimari bir dış örtü olmadığını, aynı zamanda yeşil bina performansının taşıyıcı bileşenlerinden biri olduğunu göstermektedir. LEED v4 sisteminde bina kabuğunun daha sistematik ve görünür bir şekilde değerlendirilmesi, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada önemli bir adım olacaktır. Bu bağlamda, çalışmanın sonuçları, bina kabuğu odaklı yeni alt kriterlerin

geliştirilmesi ve bunların sertifikasyon süreçlerine entegre edilmesi ihtiyacını vurgulamaktadır.

ANAHTAR KELİMELER; Yapı kabuğu, LEED, Sürdürülebilirlik, Yeşil Bina Sertifika Sistemleri

ABSTRACT

Şeyda HATİPOĞLU

THE ROLE OF BUILDING ENVELOPE DESIGN ON ENERGY EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY IN LEED CERTIFICATION SYSTEM

Başkent University Institute of Science

Department of Architecture

2025

Reflections on the sustainability approach in the construction sector cause green building certification results to become increasingly popular. In this direction, the LEED certification system has become a widely used system for designing high-performance, environmentally friendly buildings and evaluating them internationally. However, the Leed Certification System does not include a category that directly evaluates the building envelope; the building envelope establishes an indirect but effective relationship with many score categories such as energy and atmosphere, indoor environment categories, material use, and water management. This thesis study provides an examination of the sustainability and energy efficiency of the LEED certification system building envelope design through a mathematical framework and case study. Within the scope of the study, 200 buildings from both Türkiye and abroad are included in detail. Gaziantep Ecological Building, Via Green, Paragon Tower, TED Rönesans College, Prokon Ekon General Directorate Building from Türkiye; International examples such as The Edge, Apple Park, Bosco Verticale, Bank of America Tower, and Empire State Building are included. The examined examples reveal performance criteria such as thermal insulation, shading systems, and natural ventilation that support the applicability of passive energy options of the building envelope. Direct sales were determined with many sustainability criteria such as daylight diversity, material selection, reduction of heat effect, and rainwater management. The findings show that the building envelope is not only an architectural appearance but also one of the places where the green building is hidden. A more systematic and visible evaluation of the building envelope of the LEED v4 system will be an important step in achieving sustainability. This planning, product results, the presentation of new sub-criteria focused on the building envelope, and the possibilities of integrating their certifications are emphasized.

KEYWORDS; Building Envelope, LEED, Sustainability, Green Building Certification Systems

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. LEED V4 SERTİFİKASYON SİSTEMİ VE YAPI KABUĞU TASARIMI.....	5
2.1. Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemleri.....	5
2.2. LEED Sertifikasyon Sisteminin Genel Tanıtımı.....	7
2.3. Yapı Kabuğu Tasarımının Sürdürülebilir Bina Tasarımındaki Rolü.....	12
2.4. LEED v4 Sertifikasyon Sisteminin Temel İlkeleri	13
2.5. LEED v4'te Yapı Kabuğu Tasarımını Etkileyen Kriterler	14
2.6. Entegratif Süreç ve Yapı Kabuğu Tasarımı	17
3. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE YAPI KABUĞU TASARIMI.....	19
3.1. Yapı Kabuğu Tasarımının Enerji ve Atmosfer Üzerindeki Etkileri	19
3.2. Yapı Kabuğu Tasarımında Isı Adası Etkisini Azaltma Stratejileri.....	22
3.3. Yapı Kabuğu Tasarımında Enerji Performansı Optimizasyonu	24
3.4. Doğal Aydınlatma ve Görsel Konforun Sağlanması	26
3.5. Isı Yalıtımı ve Gölgeleme Stratejilerinin Rolü.....	28
3.6. İç Mekân Çevre Kalitesi ve Yapı Kabuğu Tasarımı	30
3.7. Yenilenebilir Enerji ve Yapı Kabuğu Uygulamaları.....	32
3.8. Sürdürülebilir Malzeme Seçimi ve Yapı Kabuğu Tasarımı	34
3.8.1. LEED Kapsamında Malzeme Seçiminin Önemi	36
3.8.2. Sürdürülebilir Yapı Kabuğu Malzemeleri: Geri Dönüştürülebilirlik Ve Düşük Karbon Ayak İzi.....	43
3.8.3. Yapı Kabuğu Sistemlerinde Kullanılan Yenilikçi Malzemeler.....	48
3.9. Yapı Kabuğu Tasarımının Su Yönetimi Üzerindeki Etkileri.....	49
3.9.1. Yağmur Suyu Yönetimi ve Yapı Kabuğu Tasarımı.....	55
3.9.2. Su Verimliliği Sağlayan Yapı Kabuğu Sistemleri	61
3.9.3. LEED Kapsamında Su Kullanımının Azaltılması Stratejileri.....	64
4. ÖRNEK VAKALAR.....	72
4.1. Türkiye ve Dünyadan Sürdürülebilir Yapı Kabuğu Tasarımı Örnekleri ...	73

4.1.1. The Edge	73
4.1.2. Empire State Building	78
4.1.3. Bosco Verticale	82
4.1.4. Apple Park	87
4.1.5. Bank of America kulesi.....	91
4.1.6. Prokon Ekon.....	95
4.1.7. Ted Rönesans Koleji	103
4.1.8. Via Green	108
4.1.9. Paragon	112
4.1.10. Gaziantep pasif ev (ekolojik bina)	118
4.2. Kabuk Performanslarının Değerlendirmesi	124
5. SONUÇ	129
KAYNAKLAR.....	134
EKLER	143
EK 1: Türkiye’de Bulunan LEED Sertifikalı Yapılar Listesi	
EK 2: Görüşmelerde Sorulan Sorular	
EK 3: Prokon Ekon Şirketler Grubundan Temin Edilen LEED Sunumu	
EK 4: Gaziantep Ekolojik Binası Detay Çizimleri	

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. LEED v1 ve LEED CS arasındaki farklar.....	12
Tablo 4.1. Empire State Building LEED sertifikaları	79
Tablo 4.2. Örnek vakalar LEED puanları.....	124
Tablo 4.3. İncelenen yapı kabuklarının leed kriterlerine etkilerinin kıyaslanması.	125

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. 2018 Yılı Yeşil Yapı Sertifika sistemleri dünya üzerinde kullanım miktarları.....	1
Şekil 1.2. Araştırmanın yöntemi.....	3
Şekil 2.1. Leed yeşil bina sertifikasyon sisteminin kategorileri..	7
Şekil 2.2. Leed Sertifikasyon sisteminin puan yüzdeleri.	8
Şekil 2.3. Pasif aktif sistemler.	18
Şekil 3.1. Farklı türdeki alanlarda öğleden sonra sıcaklıkları.	20
Şekil 3.2. Kentsel yüzey enerji transferi türleri.	21
Şekil 3.3. Doğal havalandırma türleri	24
Şekil 3.4. Doğal aydınlatma diyagramı	27
Şekil 3.5. The edge binası kesit çizimi.	37
Şekil 3.6. The edge binası atrium.	38
Şekil 3.7. Edge kütle oluşum kararları diyagramı.	39
Şekil 3.8. Powerhouse Brattørkaia binası cephesi.....	40
Şekil 3.9. Powerhouse Brattørkaia binası kesiti.	41
Şekil 3.10. Powerhouse Brattørkaia binası tavan.	42
Şekil 3.11. Empire State renevasyon süreci.	44
Şekil 3.12. Mjøstårnet iç mekân görselleri.	46
Şekil 3.13. Mjøstårnet binası dış cephe görüntüsü.	46
Şekil 3.14. Yeşil çatı ile betonarme çatı karşılaştırma diyagramı.	47
Şekil 3.15. EcoCity Augustenborg projesi genel çerçevesi.....	51
Şekil 3.16. EcoCity Augustenborg Yeşil çatı uygulaması.	51
Şekil 3.17. Haydarabad'ın yöresel "klima"ları.....	52
Şekil 3.18. Bosco Verticale.	53
Şekil 3.19. Bosco Verticale diyagram çalışmaları.....	54
Şekil 3.20. Bosco Verticale sulama diyagramı.....	55

Şekil 3.21. CH2 Melbourne şehir konseyi evi.....	56
Şekil 3.22. CH2 Melbourne Şehir Konseyi Evi.	57
Şekil 3.23. CH2 Melbourne şehir konseyi evi sistem diyagramları.	58
Şekil 3.24. Yeşil çatı tüzüğü.....	59
Şekil 3.25. Bo01, Malmö, İsveç.	63
Şekil 3.26. One Bryant Park'taki Bank of America Kulesi.	65
Şekil 3.27. CH2 duş kulesi.	66
Şekil 3.28. 1 Angel Square.	67
Şekil 3.29. 1 Angel Square Sistem kesit diyagramı	68
Şekil 3.30. Apple Park, Cupertino Kaliforniya.	69
Şekil 3.31. Apple Park, Cupertino Kaliforniya yerleşim.....	70
Şekil 3.32. Apple Park güneş panelleri.....	70
Şekil 4.1. The Edge yapısı.	74
Şekil 4.2. The Edge kütle oluşum diyagramı.	75
Şekil 4.3. The Edge mimari diyagram.....	75
Şekil 4.4. The Edge mimari çizimleri.....	76
Şekil 4.5. The Edge 4. kat sıcaklık haritası.	77
Şekil 4.6. The Edge Leed sertifikası.....	78
Şekil 4.7. Empire State.	79
Şekil 4.8. Empire State Mimari Planları.....	80
Şekil 4.9. Empire State alüminyum panellerin değiştirilmesi.	81
Şekil 4.11. Empire State Leed Sertifikası.....	82
Şekil 4.13. Dikey kesit ve tipik kat planı Bosco Verticale	83
Şekil 4.14. Bosco Verticale yerleşim planı.....	84
Şekil 4.15. Yeşil balkon Bosco'nun dikey kesiti Dikey.....	85
Şekil 4.16. Simüle edilmiş yıllık enerji tüketimi Bosco Dikey.	85
Şekil 4.17. Bosco Verticale LEED sertifikası.	87

Şekil 4.18. Apple Park kampüsü.	87
Şekil 4.19. Apple Park mimari plan.	88
Şekil 4.20. Apple park vaziyet planı.....	89
Şekil 4.21. Apple Park Leed sertifikası.	91
Şekil 4.22. Bank of Amerika kulesi.....	92
Şekil 4.23. Bank of Amerika Kulesi kesiti.	92
Şekil 4.24. Bank of Amerika Kulesi Leed sertifikası.	94
Şekil 4.25. Prokon Ekon Şirketler Grubu yapısı	95
Şekil 4.26. Prokon Ekon Şirketler Grubu yapısı mimari çizimleri.....	96
Şekil 4.27. Gün ışığı bacaları.	99
Şekil 4.28. Solar Wall.....	100
Şekil 4.29. Güneş kırıcılar	100
Şekil 4.30. Prokon Ekon Leed sertifikası.	103
Şekil 4.31. Ted Rönesans projesi.....	103
Şekil 4.32. Ted Rönesans Koleji mimari çizimleri.....	105
Şekil 4.33. Ted Rönesans Projesi	106
Şekil 4.34. Ted Rönesans iç mekân fotoğrafları.....	107
Şekil 4.35. Ted Rönesans Koleji Leed sertifikası.....	108
Şekil 4.36. Via Green	109
Şekil 4.37. Via Green 3.bodrum katı su toplama depoları	110
Şekil 4.38. Via Green	111
Şekil 4.39. Via Green Leed sertifikası.....	112
Şekil 4.40. Paragon Tower.	113
Şekil 4.41. Ofis alanı cephe detayları	114
Şekil 4.42. Güneş Kırıcılar	116
Şekil 4.43. Kat Bahçeleri	117
Şekil 4.44. Paragon Tower	118

Şekil 4.45. Gaziantep pasif ev	119
Şekil 4.46. Gaziantep Pasif Ev cephe görünüşleri.....	120
Şekil 4.47. Gaziantep pasif ev yalıtım detayları.....	121
Şekil 4.48. Gaziantep pasif ev	122
Şekil 4.49. Gaziantep Pasif Ev Leed sertifikası.....	123

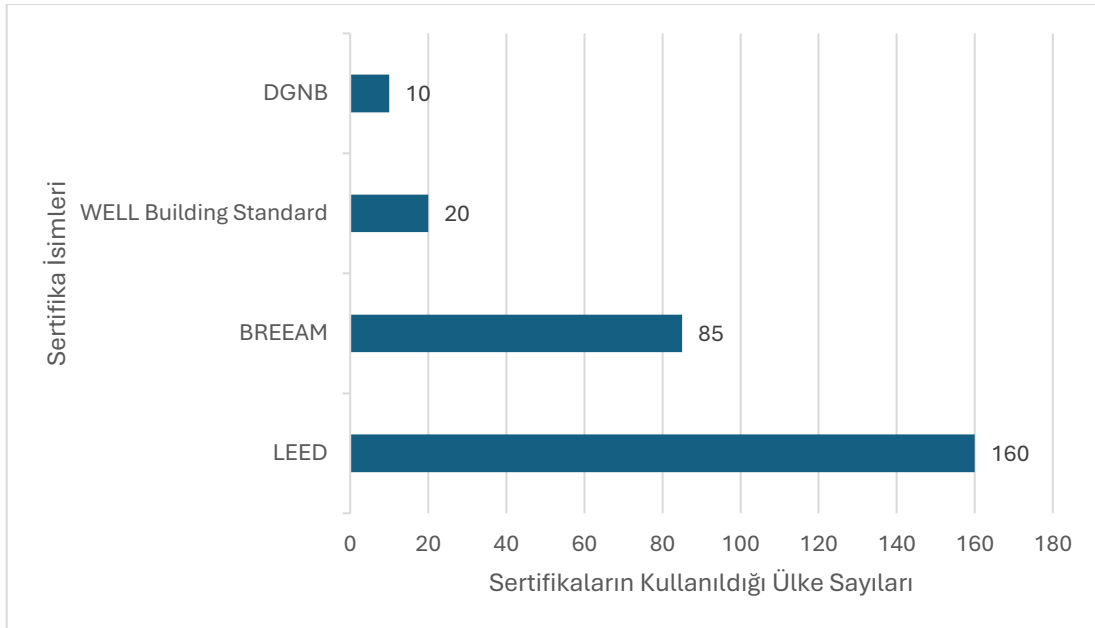
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
B.E.S.T.	Building Environmental Assessment System for Sustainable Homes
BIPV	Building Integrated Photovoltaics
BRE	Building Research Establishment
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
°C	Derece Celsius
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency
CHP	Combined Heat and Power
CI	Commercial Interiors
CLT	Cross-Laminated Timber
cm	Cantimetre
CO ₂	Karbondioksit
CTBUH	Council on Tall Buildings and Urban Habitat
ÇEDBİK	Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
ÇAS	Çok Amaçlı Salon
DGNB	Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen
EDGE	Excellence in Design for Greater Efficiencies
EPS	Expanded Polystyrene
EQ	Indoor Environmental Quality
ft ²	square foot
GBCS	Green Building Certification Systems
GBTool	Green Building Tool
H ₂ O	Water (Dihydrogen Monoxide)
HVAC	Heating, Ventilation, and Air Conditioning
KSE	Kentsel Sürdürülebilirlik Endeksi
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-hour
LED	Light Emitting Diode
LEED	Leadership In Energy And Environmental Design
LEED BD+C	Leadership in Energy and Environmental Design – Building Design and Construction
LEED CS	Leadership In Energy And Environmental Design Core & Shell
LEED-EB	Leadership in Energy and Environmental Design – Existing Buildings: Operations & Maintenance
LEED H	Leadership In Energy And Environmental Design for Homes
LEED ID+C	Leadership In Energy And Environmental Design for Interior Design and Construction
LEED-NC	Leadership in Energy and Environmental Design – New Construction and Major Renovation
LEED ND	Leadership In Energy And Environmental Design for Neighborhood Development
LEED O+M	Leadership In Energy And Environmental Design for Operations and Maintenance
Low-E	Low-Emissivity
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
mm	Milimetre
MW	Megawatt

NC	New Construction
O ₂	Oxygen (Molecular Oxygen)
PCM	Phase Change Materials
PET	Polyethylene Terephthalate
PV	Photovoltaic
SBTool	Sustainable Building Tool
SEEB-TR	Sustainable Energy Efficient Buildings
SEED	Sustainability in Energy and Environmental Development
TIMs	Transparent Insulation Materials
TiO ₂	Titanium Dioxide
U	Thermal Transmittance
USGBC	U.S. Green Building Council
UV	Ultraviolet
VAV	Variable Air Volume
VRF	Variable Refrigerant Flow
VRV	Variable Refrigerant Volume
VOC	Volatile Organic Compounds
W/m ² K	Watt bölü metrekare Kelvin
W/m ²	Watt bölü metrekare
XPS	Extruded Polystyrene

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde kullanılan toplam küresel enerji tüketiminin yaklaşık %40'ının yapı sektörü tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu durum göz önüne alındığında mimarlık ve yapı sektörü tarafından sürdürülebilirlik ilkelerinin benimsenmesi ve uygulanması bir gereklilik haline gelmiştir [1]. Sanayi devrimiyle başlayan ham madde ihtiyacı ve iklim değişikliği kriziyle 1972 yılında Dünya Çevre Konferansı'nda kullanılan sürdürülebilirlik terimi diğer disiplinlerde olduğu gibi mimarlık alanında da önemli bir yer tutmaya başlamıştır. Binaların malzeme, enerji, geliştirme alanı ve ekosistem kullanımında çevresel etkilerini en aza indirmeyi amaçlayan mimari tasarımda kullanılan sürdürülebilirlik kavramı, endüstriyel ve mimari tasarımlarda kullanılan önemli yöntemlerden biri olmaya başlamıştır. Sürdürülebilir mimari, inşa edilmiş çevrenin tasarımında enerji ve ekolojik korumaya bilinçli bir yaklaşım kullanır. Özellikle ekonomik kalkınma, kentleşme ve nüfus artışı, inşaat sektöründe yüksek bir gelişme düzeyi göstermiştir. Binaların ve kentleşmenin artması, şehirlerde ve binalarda önlem alma ihtiyacını doğurmuştur. Yapıların kaynak kullanımlarını en aza indirmek için bazı önlemlere başvurulmuştur [2]. Bu kapsamda bilinç geliştirme amacıyla çeşitli sertifika sistemleri geliştirmiştir. Bu çalışma dünya çapında en çok kullanılan Yeşil Sertifika sistemi (Şekil 1.1) olduğu için LEED (Leadership In Energy And Environmental Design) sertifika sistemini ele almaktadır.



Şekil 1.1. 2018 Yılı Yeşil Yapı Sertifika sistemleri dünya üzerinde kullanım miktarları.

LEED Sertifikası, Amerika Birleşik Devletleri menşeli 1998'de uygulamaya konulan bir Yeşil Yapı Sertifika sistemidir. Elde edilen puana göre dört farklı sertifika seviyesi tanımlanır: yalın, gümüş, altın veya platin. Bu sertifika özellikle yeni yapılar, ticari alanlar, mevcut yapılar ve kapsamlı yenileme projeleri için geçerlidir ve daha sonra bir değerlendirme süreciyle sisteme dahil olmak mümkündür. [3]; [4]. Bu çalışma LEED v4 sertifikasyon sisteminde yapı kabuğu tasarımının enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik üzerindeki rolü: entegre süreçler ve tasarım stratejileri kapsamında inceleyerek yeni öneriler geliştirmeyi hedeflemektedir.

Tezin Amacı ve Kapsamı

Yapılan araştırmalar, 2000 yılından sonra yaşanan küresel rekabet ve ilerleyen teknoloji ile birlikte, birbiri ardına yapılan yüksek yapılarda sürdürülebilir tasarım kriterlerinin birçok kez göz ardı edildiğini göstermektedir [5]. Çalışma, yapı kabuğunun LEED sertifika sistemine katkısını ölçmek amacıyla, Türkiye'den ve yurtdışından toplam on LEED sertifikalı yapının değerlendirilmesini kapsamaktadır. Bu yapılarda kullanılan cephe sistemleri bağlamında incelenmiş; yapı kabuğu tasarımının bina performansı üzerindeki etkisi vaka analizi yöntemiyle ortaya konulmuştur.

Bu doğrultuda, çalışmanın amacı yalnızca yapı kabuğunun mimari bir öge olarak değerlendirilmesini değil, aynı zamanda sürdürülebilir bina performansını şekillendiren aktif bir tasarım aracı olarak konumlandırılmasını sağlamak ve bu doğrultuda LEED gibi uluslararası yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin gelecekteki sürümlerine katkı sunabilecek öneriler geliştirmektir. Araştırmanın temel hedefi, yapıların sürdürülebilirlik düzeylerini artırmak için bu sistem üzerinden değerlendirmeler yaparak çeşitli öneriler sunmaktır.

Tezin Kısıtları

Leed-CS Çekirdek ve Kabuk olarak ayrı bir değerlendirmesi olsa da bu çalışmada Leed sertifika programının ana değerlendirme sistemindeki alt başlıklarıyla yapı kabuğu ilişkisi araştırılması hedeflenmiştir. Leed sertifika sisteminde yer alan Yerleşim ve Ulaşım (Location and Transportation) başlığı araştırmanın konusuyla ilişkilenmediği için bu çalışmanın dışında bırakılmıştır.

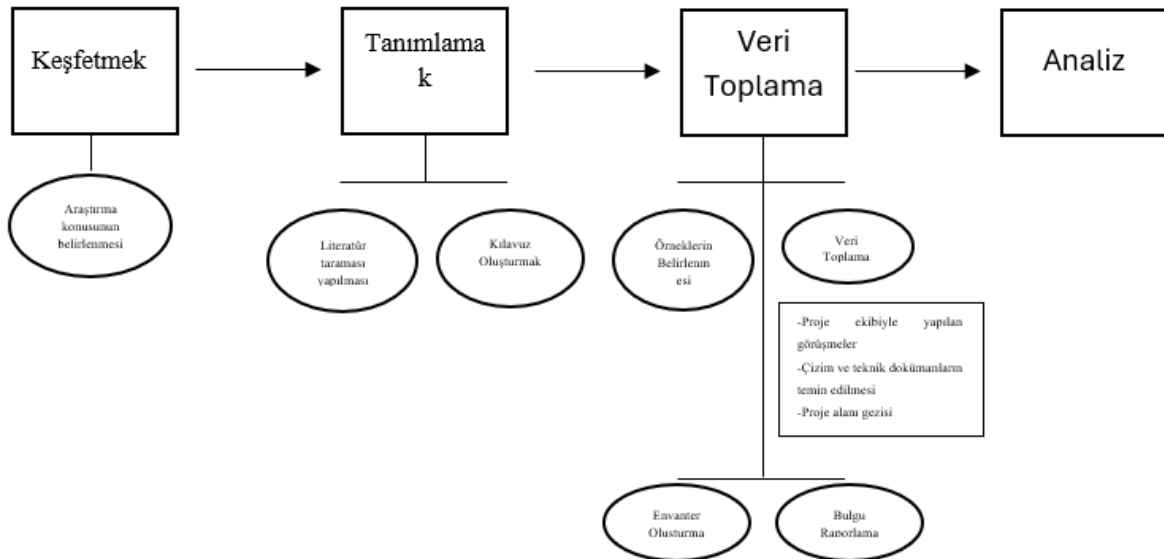
Tezin Yöntemi

Bu çalışma, LEED v4 sertifikasyon sisteminin yapı kabuğu tasarımına yönelik kriterlerin bütüncül bir şekilde ele alınmamış olmasına odaklanmakta ve bu eksikliği entegratif bir mimari değerlendirme yaklaşımıyla irdelemektedir. Araştırma süreci, nitel bir yöntem çerçevesinde hem teorik hem de uygulamalı katmanları kapsayacak şekilde tasarlanmıştır.

İlk olarak, sürdürülebilir mimarlık ve yeşil bina sertifikasyon sistemleri üzerine kapsamlı bir literatür taraması yapılmış; yapı kabuğunun enerji performansı, çevresel denetim işlevi ve termal konfor üzerindeki etkileri teorik bağlamda incelenmiştir. Bu aşamada, LEED'in yapı kabuğunu dolaylı bir şekilde ele almasının, çalışmanın ana problemini oluşturduğu tespit edilmiştir.

İlerleyen süreçte, ABD Yeşil Binalar Konseyi ile iletişime geçilerek güncel LEED v4 ve v4. 1 kılavuzları incelenmiş; Türkiye'de LEED sertifikası almış yapılar belirlenerek (Ek-1) örnek vakalar oluşturulmuştur. Bu yapılarda görev almış mimarlar, mühendisler, danışmanlar ve kullanıcılarla yarı yapılandırılmış görüşmeler gerçekleştirilmiştir (Ek-2).

Seçilen yapılar yerinde incelenmiş, mimari proje verileri, cephe detayları ve malzeme spesifikasyonları üzerinden detaylı analizler yapılmıştır. Bu analizler, LEED kriterlerinin yapı kabuğuyla olan ilişkisi doğrultusunda yapı bazında değerlendirilmiş ve karşılaştırmalı tablolarla desteklenmiştir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Araştırmanın yöntemi.

Araştırma bulguları, yapı kabuğunun sürdürülebilirlik performansına katkısını net bir şekilde ortaya koymakla kalmayıp, aynı zamanda LEED sisteminin entegratif tasarım süreçlerine nasıl daha etkili bir şekilde entegre edilebileceğine dair öneriler de sunmaktadır. Bu bağlamda çalışma hem teorik hem de uygulamalı düzeyde mimari tasarım sürecine yön verebilecek bütüncül bir yöntemsel zemin sağlamaktadır.

2. LEED V4 SERTİFİKASYON SİSTEMİ VE YAPI KABUĞU TASARIMI

Sürdürülebilir kalkınma kavramı ‘Ortak Geleceğimiz’ başlıklı raporda 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu için tanımlanmıştır. Rapor gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğini tehlikeye atmadan bugünün ihtiyaçlarını karşılamak için kalkınmayı sürdürülebilir hale getirebilmeyi öngörür. Hızla artan nüfus, kaynaklar üzerindeki baskıyı artırabilir ve yaşam standartlarındaki herhangi bir artışı yavaşlatabilir. Bu nedenle, nüfus büyüklüğü ekosistemin değişen potansiyeliyle uyumluysa sürdürülebilir kalkınma izlenebilir [6]. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınma, doğanın taşıma kapasitesiyle uyumlu olarak insan yaşam standartlarının devamlılığını sağlar. Sürdürülebilir mimarinin, her koşulda gelecek nesilleri düşünen, çevreye duyarlı su, enerji, malzeme ve araziye etkili bir şekilde kullanan, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eden ve insanların sağlığını ve konforunu koruyan binalar ve şehirler üretmek olduğu söylenebilir. Sürdürülebilir bina tasarımının üç temel ilkesi vardır: kaynak yönetimi, yaşam döngüsü tasarımı ve insanlar için tasarım. Bu ilkelerin kullanılması, binaların çevreye verdikleri zarar azaltacaktır [7].

Sürdürülebilir mimari ve bina üretimi için yeşil bina önemli bir kavramdır. Önemi 19. yüzyılın sonu ve 20. yüzyılın başında yaygın olarak anlaşılan kavram, binanın tüm yaşam döngüsü boyunca kaynakların korunması, insanlar için en uygun miktarda sağlıklı, konforlu ve verimli mekân kullanımının sağlanması, çevrenin korunması ve kirliliğin azaltılması, doğayla uyumlu bir bütünlük anlamına gelmektedir [8]. Yeşil bina, bir yapının arazi koşullarına ve yerel iklime göre şekillendirilmesidir. 1980’lerde kalkınmaya ve sürdürülebilir tasarıma katkısının kanıtlanmasıyla yeşil bina kavramının önemi anlaşılmıştır [9]. Geleneksel yapılara göre %35-40 daha az enerji tüketen yeşil binalar daha verimlidir ve daha düşük işletme maliyetlerine sahiptir [10]. Bu bölümde önce Leed v4 sertifikasyon sisteminin temel ilkelerini analiz edilerek bu başlıkların yapı kabuğuna etkisi incelenecektir.

2.1. Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemleri

Yeşil bina sertifikasyon sistemleri (GBCS), sürdürülebilir inşaat metodolojilerini değerlendirmek ve uygulamasını yaygınlaştırmak için 20. yüzyılda önemli hale gelmiştir. Sürdürülebilir kentlerin inşası kendine özgü zorluklara sahiptir. Gelişmekte olan ülkeler, parlak bir gelecek için uygun, uygun fiyatlı ve ilham veren mimari sağlamanın yenilikçi

yollarını aramaktadır. Yeşil binaları sertifikalandırma sistemleri, bir yapının performansını çevresel ve sürdürülebilir bir bakış açısıyla değerlendirmek için tasarlanmıştır. Bir yapının kaynak verimliliğini ve çevresel etkisini değerlendirmek için araçlar ve teknikler sunmak için çaba gösterirler. Malzeme performansından enerji tüketimine kadar her şeyin standartlaştırılmış ölçümleri, tasarım alternatifleri arasında mümkün olan en iyi karşılaştırmaları sağlar. Kalitelerini göstermek için, standartları karşılayan binalar yerel veya uluslararası bir yeşil bina otoritesi tarafından sertifikalandırılır.

En yaygın GBCS'ler LEED ve BREEAM'dir (Tablo 1.1). ABD ve Birleşik Krallık için geliştirilmiş olan her iki sertifika sistemi de günümüzde 50'den fazla ülkede kullanılmaktadır. Uluslararası ortamda tasarlanmış olan GBCS'ler standartlaştırılmış ve etkili bir değerlendirmeye izin verirken, ülkelerin ihtiyaçlarını karşılamak yetersiz kalır. Avrupa ve Kuzey Amerika başta olmak üzere gelişmiş ekonomiler için mega karbon salınımı ve fosil yakıt tüketimi gibi özellikler dikkate alınarak kriterler oluşturulmuştur. Gelişmekte olan, kamu sektörü ve düşük gelirli konut projelerinin büyümeyi hızlandırdığı ülkelerde uluslararası sertifika almak zor veya pahalı olabilir. Kenya merkezli Build Studio'dan Carolin Schramm "İdeal olarak yeşil bina sertifikaları yerel koşullara ve bina politikalarına göre uyarlanmalıdır." demiştir.

Uluslararası derecelendirme sistemleri genel olarak tarihi, çevresel, kültürel ve ekonomik ortamlarına uyarlanmamıştır. Pakistan'ın "Sustainability in Energy and Environmental Development" (SEED) gibi sertifikasyon sistemleri, standartlar üzerinde geliştirilmiş olsa bile bunların koşullarına hitap edemedi. Bağlama duyarlı sürdürülebilirlik kriterleri güney ülkeleri için açıkça zamanın ihtiyacıdır.

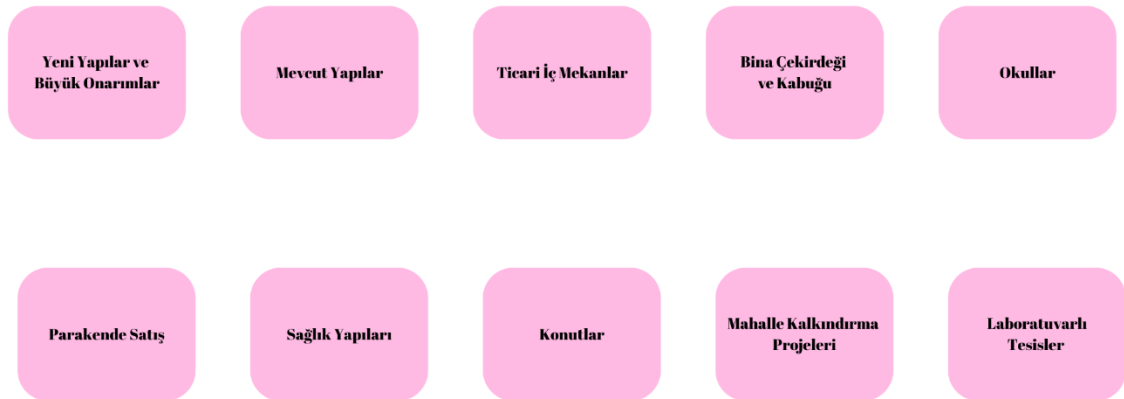
Ülkeler büyüyen konut talepleri sürdürülebilir bir şekilde karşılamak için düşük karbonlu, yerel yapı malzemeleri ve tekniklerine yönelik ortak bir ihtiyaca sahiptir. Altyapı projeleri, dünyanın bir sonraki megakentlerinde endişe verici bir oranda büyüyor ve çevre dostu yenilikler gerektiriyor. Bölgenin tropikal, ılıman ve kurak iklim bölgelerinin özel olarak dikkate alınması, yerel olarak ilgili yapı teknolojilerinden daha fazla yararlanmaya yardımcı olacaktır.

Güney'deki proje paydaşlarının uluslararası yeşil standartları karşılaması veya aşması genellikle zordur. Ülkelerin, bireysel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için özel ve erişilebilir yeşil bina kriterlerine ihtiyaçları vardır. Schramm, "Gelişmekte olan ekonomilerde, sertifika almayı amaçlayan projeleri desteklemek için finansman veya yeşil krediler kullanılabilir" dedi. "Uzun vadede, sektör sürdürülebilirliği norm haline getirmek için yapı yönetmeliklerinde bir değişiklik yapılmasını savunmalıdır" diye ekledi.

Yeşil binayı teşvik etme ihtiyacına yanıt olarak Dünya Bankası Grubu, Uluslararası Finans Kuruluşu aracılığıyla 2012 yılında Daha Yüksek Verimlilik için Tasarımda Mükemmellik (EDGE) sistemini tasarladı. Sertifika, uygun fiyatlılık ve yerel bulunabilirliğin projelerin sertifika almasını kısıtladığı Küresel Güney ülkeleri gibi özellikle gelişmekte olan pazarlar için oluşturuldu [11].

2.2. LEED Sertifikasyon Sisteminin Genel Tanıtımı

1998 yılında ABD Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından Leed Sertifikasyon Sistemi, kurulmuştur. Uluslararası kabul görmüş bir yapı sertifikasyon sistemidir. Sertifikasyon sisteminin amacı, inşaat sektöründe çalışan tüm birey ve kuruluşların çevresel değerlere dikkat çekerek doğal çevreyi korumaya yönelik kararlar almasını sağlamaktır. Breeam sertifikasyon sisteminde olduğu gibi bir otorite ile çalışma zorunluluğu yoktur. Hem tasarım hem de inşaat aşamalarından sonra sertifikasyon için başvuru yapılabilir. Sertifikasyon sisteminin tercih edilmesinin başlıca nedenlerinden biri de budur. Leed Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemi, Şekil 2.1'de belirtildiği gibi binanın kullanım türü ve konumuna göre kategorilere sahiptir [12].

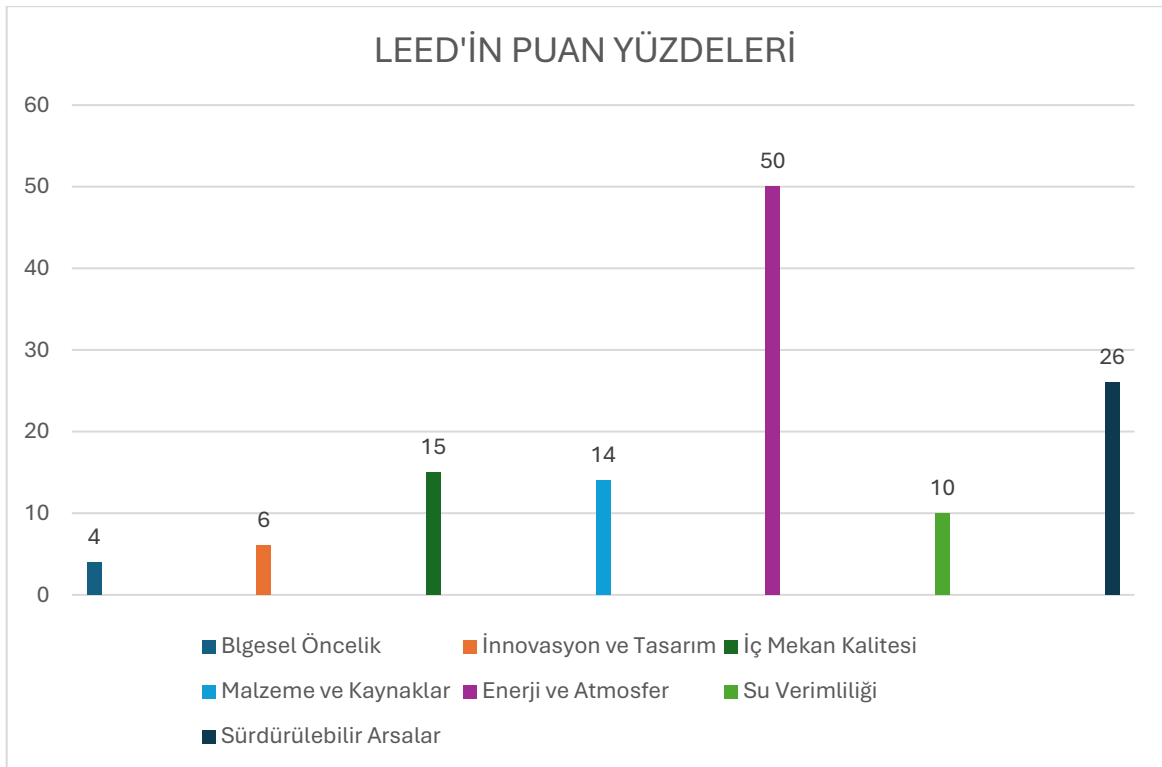


Şekil 2.1. Leed yeşil bina sertifikasyon sisteminin kategorileri. Yazar tarafından Ürük & Külünkoğlu İslamoğlu makalesinden referans alınarak yapılmıştır.

Bu sertifikasyon sistemleri Türkiye’de ve dünyada en çok tercih edilen sertifika sistemlerindendir. Dünyada ilk olarak 1998 yılında ABD’de bulunan Dünya Ticaret Merkezi yeşil bina kimliğini almıştır. Türkiye’de yeşil çevre dostu kimliği olan yapılar üzerine sertifika çalışmaları 2008’de başlamıştır. Türkiye’nin ilk yeşil bina sertifikalı yapıları;

- THY Teknik HABOM,
- Teknopark İstanbul,
- THY Teknik TEC Uçak Motoru Bakım Merkezi,
- Avrasya Tüneli Operasyon Bakım Merkezi,
- Milli Takımlar Riva Kamp Tesisleri,
- İstanbul Finans Merkezi'dir.

LEED sertifikası için yapıların tüm ön koşulları karşılaması ve en az 32 puan alması gerekmektedir. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi puan yüzdeleri şu şekilde değerlendirilmektedir; Enerji ve Atmosfer %50, Sürdürülebilir Araziler %26, İç Mekan Kalitesi %15, Malzemeler ve Kaynaklar %14, Su Verimliliği %10, Yenilik ve Tasarım %6, Bölgesel Öncelik %4. LEED yeşil bina sertifikasını alabilmek için binanın Şekil 2.1'de belirtilen ana başlıkların alt başlıklarındaki bölümlerde tüm ön koşulları karşılamak için gereken en az 32 puanı alması gerekmektedir [12].



Şekil 2.2. Leed Sertifikasyon sisteminin puan yüzdeleri. (Yazar tarafından Ürük & Külünkoğlu İslamoğlu'nun tablosundan esilenerek yapılmıştır)

LEED v4.1 Sertifikasyon Sistemi: Kategoriler ve Uygulama Alanlarının İncelemeleri

- Yeni Binalar - Bina Tasarımı ve İnşaatı (LEED BD+C) LEED v4.1 kapsamında yeni inşa edilmiş veya soyutlanmış yapılar için “Bina Tasarımı ve İnşaatı” (BD+C) başlıkları altında birkaç alt kategori bulunmaktadır:
- Yeni Binalar (Yeni İnşaat- NC): Yeni inşa edilmiş veya büyük yenileme yapıları bu kapsamda değerlendirilir. Bu kategori, dokuz kattan fazla konut üretimi gibi yüksek dirençli konut projelerini içerir. Özellikle, HVAC hücrelerinin yenilenmesi, yapı kabuğundaki değişiklikler ve iç tasarımda kapsamlı dönüşümler bu kapsamda öne çıkar.
- Çekirdek ve Kabuk (CS): Mekanik, elektrik, sıhhi tesisat ve ürün koruma ürün geliştirmelerinin proje tarafından tasarlandığı, ancak iç düzenlemelerin son kullanıcılara bırakıldığı ve bu başlık altında sertifikalandırılır.
- Okullar (Schools): Bu, ilkokul ve ortaokul (K-12) eğitim kurallarının birincil ve genel öğrenme alanlarını içeren yapılar için geliştirilmiş bir sistemdir. Ayrıca döngüdeki yükseköğretim yapılarının akademik olmayan birimlerine de uygulanabilir.
- Sağlık Yapıları: Acil ve uzun süreli yatarak tedavi hizmeti veren, 7/24 hizmet veren sağlık merkezleri için özel olarak eğitilmiş bir sertifikasyon türü.
- Perakende (Retail): Mağazalar, bankalar, restoranlar, tekstil ve benzeri sektörlere hizmet eden ticari yapıların tasarımı ve inşasına odaklanan bir kategori.
- Veri Merkezleri (Data Centers): Sunucu kabinleri gibi bilgi işlem altyapılarını içeren ve yüksek enerji ve soğutma ihtiyacı olan veri merkezi yapıları için genişletilmiş bir sertifikasyon türü.
- Depolar ve Dağıtım Merkezleri (Warehouses and Distribution Centers): Endüstriyel, ucuz, hammadde veya kişisel eşyaların depolandığı yapılara özgü sürdürülebilirlik kriterlerini gösterir.
- Konaklama (Hospitality): Yiyecek hizmeti verilmediği için kısa süreli konaklama hizmeti veren otel, motel ve pansiyon gibi yapılar için geçerli bir sertifikasyon sistemi.

Mevcut Binalar - İşletme ve Bakım için LEED (O+M)

Bu kategori, şu anda kullanılabilir binaların sürdürülebilirlik seviyelerine odaklanır ve işletme ve bakım ayrıntılarına odaklanır:

- Mevcut Binalar (Existing Buildings): Genel kullanımda olan ancak perakende, veri merkezleri, eğitim kurumları veya konaklama işletmeleri olmayan binalar için geçerlidir.
- Mevcut Okullar: K-12 düzeyindeki eğitim binalarının işletme ve bakımı kapsamındadır. Ayrıca Üniversite Öncüleri içindeki akademik birimler için de geçerlidir.
- Mevcut Konut Binaları: Yirmiden fazla birimi olan mevcut konut binaları bu alt kategoriye girer.
- Mevcut Perakende: Şu anda faaliyet gösteren mağazaları, sergi salonları ve teslimat/depolama birimleri olan ticari birimler bu yetenekleri sunar.
- Mevcut Veri Merkezleri: Enerji dahil olmak üzere bilgi işleme, su ve klima yönetimi için mevcut binaların bir değerlendirmesini sağlar. Bu sertifika yalnızca tüm binanın korunması için geçerlidir.
- Mevcut Depo ve Dağıtım Merkezleri: Depolama tesisi olarak kabul edilen mevcut binaların günlük süreçleri bu veriler altında sunulmaktadır.
- Mevcut Binalar: Otel ve benzeri hizmetler sunan mevcut binaların sürdürülebilir iş uygulamalarına göre değerlendirildiği bir konaklama sistemidir.

İç Tasarım ve İnşaat - LEED ID+C

Bu kategori yalnızca iç mekanları hedefleyen sürdürülebilirlik stratejilerini içerir:

- Ticari İç Mekanlar (Commercial Interiors): Perakende ve konaklama dışındaki iç mekân tasarım projeleri için uygundur.
- Perakende İç Mekanları: Ticari satış alanları, showroom'lar ve lojistik hazırlık alanları gibi müşteriyle doğrudan temas halinde olan iç mekanlar bu yeteneğe sahiptir.
- Konaklama İç Mekanları: Otel ve misafirhane gibi kısa süreli konaklama olanağı sunan iç mekanlar için tasarım ve inşaat süreçlerini kapsar.

Mahalle ve Kentsel Dönüşüm - LEED ND (Mahalle Geliştirme)

Bina işletmesinin ötesine geçen ve mahalle/şehir projelerinde yer alan projeler için detaylandırılan bu kategori, konut birimlerinin sürdürülebilirliğini değerlendirir:

- LEED Planı (Plan Aşamasındaki Projeler): %0 ile %75 arasında uluslararası inşaat süreci olan projeler dahildir. Bu aşamada, projeleri pazara sunarken sürdürülebilirlik iddialarını belgelemek için kullanılabilir.
- LEED İnşa Edilen Projeler: Tamamlanmaya yakın veya son üç yıl içinde olan projeler için geçerlidir. Amaçlı, sürdürülebilir, bağlantılı ve yaşanabilir özel alanlar yaratmak.

Konut - LEED for Homes (LEED H)

Bu kategori farklı tipolojilerdeki konut ürünlerini ele alır:

- Müstakil Konut: Tek bir aileye hizmet etmeyen bağımsız konut yapıları.
- Düşük Yoğunluklu Çok Aileli Konut: 1 ila 3 katlı apartman ve kat mülkiyeti yapıları.
- Orta Yoğunluklu Çok Aileli Konut: 4 ila 6 katlı çok aileli konut yapıları.

LEED Uygunluk Kriterleri

LEED sistemine dahil edilecek sistemler aşağıdaki ön koşulları karşılamalıdır:

- İlgili çevre yasaları ve yönetmelikleri,
- Bütünsel ve kalıcı, istikrarlı bir yapı veya alan,
- Proje sınırlarının net bir şekilde dağıtılması,
- Minimum iç mekân alanı gereksinimleri karşılanmalıdır (NC: $\geq 1000 \text{ ft}^2$; CI: $\geq 250 \text{ ft}^2$),
- En az bir kişi hizmet sağlamalıdır,
- Enerji ve su tüketim verileri USGBC ile paylaşılmalıdır,
- En az %2 iç/dış mekân alanı [13]

Yapıları birçok farklı başlıkta ele alan Leed sertifika sisteminin yapı kabuğuyla ilişkilenen başlıkları olsa bile Tablo 2.1’te açıkça gözüktüğü üzere direkt yapı kabuğuyla ilgili bir alt başlığı bulunmamaktadır. Yapı kabuğunu Leed CS başlıklı başka bir kategoride değerlendirilmeye alınsa dahi bu değerlendirme hem yetersizdir hem de kullanıcılar tarafından tercih edilmemektedir (Tablo 2.1). Bu çalışma Leed v4 sertifikasyon sisteminde

yapı kabuğu tasarımının enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik üzerindeki rolünü araştırmayı hedeflemektedir.

Tablo 2.1. LEED v1 ve LEED CS arasındaki farklar.

Kriter	LEED v4	LEED Core & Shell (CS)
Hedef Kitle	Genel bina projeleri (konut, ticari, kamu binaları)	Ticari ve kiralanabilir büyük ölçekli binalar
Odak Alanı	Enerji, su tasarrufu, iç hava kalitesi, malzeme yönetimi	Bina kabuğu ve merkezi sistemler, iç mekân kiracılara bırakılır
Sertifikasyon Alanı	Binanın tamamı değerlendirilir	Sadece çekirdek ve kabuk ele alınır, iç mekân dahil değildir
Malzeme Seçimi	Genel sürdürülebilir malzemeler	Çekirdek ve kabuk malzemelerine odaklı, kiracılar iç mekân seçimlerini yapar
Su Yönetimi	Tüm bina genelinde su tasarrufu önlemleri	Ortak alanlar için su tasarrufu, kiracılara yönelik teşvikler
Esneklik	Tüm bina için katı kriterler içerir	Kiracılara sürdürülebilir iç mekân tasarımı için teşvik sunar

2.3. Yapı Kabuğu Tasarımının Sürdürülebilir Bina Tasarımındaki Rolü

İnsanoğlu ilk çağlardan beri mekân oluştururken yapı kabuğu ve bu kabukta kullanılan malzeme üzerine çalışmışlardır. Milattan önce 7000'den itibaren insanlar Kil, toprak ve samanı birleştirip güneşin altında kuruttıkları kerpiç tuğlalardan yararlanmaya başladıklarında sürdürülebilir malzemenin ilk adımını attılar. Sanayi devrimiyle beraber başlayan ve giderek artan enerji sorunuyla sürdürülebilirlik kavramı mimarlığa da girmiş malzemelerin geçirdiği inavasyonlarla çok gelişmiştir. Kerpiçten akıllı malzemenin gelişimi ilerlerken bu malzemelerin getirdiği imkânlar sayesinde cephe tasarımı da pek çok kez değişip gelişmiştir. Tarih boyunca her dönemin cephe tasarım ve malzemelerini inceleyerek o toplumun yaşam koşullarına dair çok fazla bilgi elde edilebilir.

Yapı kabuğu yapay çevre ile doğal çevre arasında bir filtreleme görevi üstlenir. Değişken özelliklere sahip bina kabukları, kullanıcı konforunu artırma ve enerjinin verimli kullanımı konusunda olumlu özellikler sunar. Kabuktaki değişkenlik, değişen dış çevre

koşullarına göre yapılandırılmasına ve iç konfor seviyesinde çalıştırılmasına olanak tanır.

Bu tür gelişmiş cephe sonuçlarının özellikleri şunlardır:

- Isıl konforu artırırken etkin güneş kontrolü ile soğutma yükünü kontrol etmek ve ihtiyaç duyulan ışık düzeyini büyük oranda gün ışığı ile sağlamak
- Doğal havalandırma çözümleri ile hava kalitesini artırmak ve soğutma yükünü azaltmak
- Gün ışığı-ısıl konfor arasında optimizasyon sağlayarak ışıklandırma, soğutma ve ısıtma için gereken enerji yüklerini minimize etmek ve işletme giderlerini azaltmak
- Kullanıcı sağlığını, konforunu ve performansını iyileştiren iç ortam koşullarını sağlamak [14].

Çalışmanın bir sonraki bölümünde yapı kabuklarının bu kriterler üzerine Leed v4 sertifikasyon sistemindeki alt başlıkları üzerine incelenecektir.

2.4. LEED v4 Sertifikasyon Sisteminin Temel İlkeleri

Gelişmiş ülkeler, enerji ve doğal kaynakların etkin kullanımını ve çevresel etkilerin sistematik değerlendirilmesini sağlamak amacıyla çeşitli yeşil bina sertifikasyon sistemleri geliştirmişlerdir. Bu alanda ilk örnek, 1990 yılında Birleşik Krallık'ta Building Research Establishment (BRE) tarafından geliştirilen BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) olmuştur. Bunu takiben 1998 yılında ABD'de U.S. Green Building Council (USGBC) tarafından LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) sistemi oluşturulmuştur. Japonya'da ise 2001 yılında kamu otoritelerinin öncülüğünde CASBEE (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) sistemi geliştirilmiştir. Aynı şekilde 2003 yılında Australian Green Building Council tarafından Green Star, 2007 yılında Almanya'da kurulan DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen), 1998 yılında 14 ülkenin katılımıyla başlatılan GBTool değerlendirme yöntemi, 7 ülkenin katkısıyla toplam 21 ülkenin ortak çalışmasıyla geliştirilen SBTool sistemine dönüşmüştür. Bu sistemler inşaat sektöründe sürdürülebilirlik kriterlerinin standartlaştırılmasına önemli katkılar sağlamıştır. Ülkemizde ise Türk Standartları Enstitüsü'nün geliştirdiği Güvenli Yeşil Bina Sertifikası, ÇEDBİK (Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği) Konut Sertifikası (B.E.S.T.), Mimar Sinan Üniversitesi Yapı Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından geliştirilen SEEB-TR ve Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından geliştirilen Binalar ile Yerleşmeler için Yeşil Sertifika Yönetmeliği bulunmaktadır [15]. LEED Yeşil Bina Sertifika Sistemi, yapıların inşaatı ve

kullanım sırasında oluşturdıkları çevresel etkileri azaltmayı ve bu konuda bilinçlendirmeyi hedeflemektedir. LEED yeşil bina sertifika sistemi günümüzde en çok tercih edilen yeşil bina sertifika sistemidir. Sertifikanın ilk versiyonu LEED v.01'dir. Ardından 2002 yılında LEED v2.1, 2005 yılında LEED v2.2 versiyonları düzenlenmiştir. 2009 yılında v3 ve 2014 yılında güncel versiyon türü v4 versiyonları oluşturulmuştur. LEED sertifikası farklı bina tiplerine, sektöre ve proje kapsamına göre çeşitlenmektedir; LEED-NC (Yeni İnşaat ve Renovasyon), LEED-EB (Mevcut Yapılar), LEED-CS (Çekirdek ve Kabuk), LEED-H (Konutlar), LEED-CI (İç Tasarım) ve LEED-ND (Mahalle Gelişimi) [8] (Tablo 2.1). Sertifika toplam 110 puandan oluşmaktadır. Binalar aldıkları puan seviyelerine göre dört farklı sertifika seviyesi alabilirler. Bunlar; 40-49 puan Sertifikalı, 50-59 puan Gümüş, 60-70 puan Altın ve 80-110 puan Platin LEED sertifikalarıdır [16] (Şekil 2.2).

2.5. LEED v4'te Yapı Kabuğu Tasarımını Etkileyen Kriterler

LEED değerlendirme yaparken dokuz temel kategori üzerinde durmaktadır. 2016 yılına kadar bu krediler altı temel kategoriden oluşmaktayken son yapılan güncellemelerle sayısı artırılmıştır. Bu temel kategorilere ek olarak ilave kategorilerde bulunmaktadır. Fakat puanlandırmanın temeli dokuz krediden oluşur [17].

Sürdürülebilir araziler (sustainable sites)

Sürdürülebilir arazi kategorisinde arazilerin çevresel olarak değerlendirildiği inşaat kirliliğinin azaltılmasına yönelik çalışmaların yapıldığı, ısı adası ve ışık kirliliklerinin önlenmesinin hedeflendiği, binanın konum olarak çevreye zarar vermeyecek yerleşimin yapılmasını içeren bir kategoridir;

- İnşaat Kirliliğinin Önlenmesi
- Çevre Etüdü Yapılması (Okul, hastane vb.)
- Doğal Yaşamın Korunması
- Açık Alanlar (Bina çevresinde proje alanının % 30' u kadar açık alan sağlanması vb.)
- Yağmur Suyu Yönetimi
- Isı Adası Etkisi Azaltma
- Işık Kirliliğinin Azaltılması

Su verimliliği (water efficiency)

Bu kategori, yapının hem iç hem de dış mekânlarındaki su kullanımının verimli hale getirilmesini hedeflemektedir. İç mekânlarda su tüketiminin minimize edilmesi, sızıntıların önlenmesi ve dış mekânlarda alternatif su kaynaklarının (örneğin yağmur suyu) yeniden değerlendirilmesi temel amaçlardandır. Ayrıca, su kullanımının düzenli olarak izlenmesi ve raporlanması da bu kategori kapsamında teşvik edilmektedir.

- İç Mekân Su Kullanımının Azaltılması
- Dış Mekân Sulama İhtiyacının Azaltılması
- Su Tüketiminin Ölçümü (Aylık ve Yıllık Ölçeklerde)

Enerji ve atmosfer (energy and atmosphere)

Bu kategori, binalarda enerji verimliliğini artırmak ve sera gazı salımlarını azaltmak amacıyla geliştirilen sistemleri kapsamaktadır. Enerji performansının izlenmesi, temel devreye alma süreçlerinin yürütülmesi ve bina otomasyon sistemlerinin uygulanması yoluyla enerji kayıplarının önüne geçilmesi hedeflenir. Aynı zamanda ozon tabakasına zarar veren soğutucu akışkanların kullanımına karşı önlemler alınmasını da içerir.

- Temel Devreye Alma Süreçlerinin Yürütülmesi
- Minimum Enerji Performansı Gerekliliklerinin Sağlanması
- Enerji Kullanımının Ölçümü ve İzlenmesi
- Temel Soğutucu Yönetimi Politikalarının Uygulanması

İç mekân çevre kalitesi (indoor environmental quality)

Kullanıcı sağlığı, konforu ve üretkenliğini önceleyen bu kategori; iç hava kalitesi, gün ışığı kullanımı, yapay aydınlatma kontrolü ve akustik konfor gibi parametrelerin iyileştirilmesine odaklanmaktadır. Özellikle eğitim ve sağlık yapıları gibi hassas kullanıcı gruplarının bulunduğu projelerde bu kriterler daha da önem kazanmaktadır.

- Minimum İç Hava Kalitesinin Güvence Altına Alınması
- Sigara Dumanı Geçişinin Kontrolü
- Minimum Akustik Performansın Sağlanması (Eğitim, sağlık yapıları vb.)

Malzeme ve kaynaklar (materials and resources)

Yapı üretim sürecinde malzeme döngüsellliğini ve atık yönetimini esas alan bu kategori, çevresel etkisi düşük, yeniden kullanılabilir veya geri dönüştürülmüş içerikli malzemelerin tercih edilmesini teşvik eder. Ayrıca inşaat ve yıkım süreçlerinde ortaya çıkan atıkların azaltılması ve geri dönüşüm oranlarının artırılması da temel hedeflerdendir.

- Geri Dönüştürülebilir Atıkların Kaynağında Ayırıştırılması
- İnşaat ve Yıkım Süreçlerine Yönelik Atık Yönetimi Uygulamaları

Tasarımda yenilik (innovation in design)

Bu kategori, mevcut sertifikasyon kriterlerinin ötesinde sürdürülebilirlik katkısı sunan yenilikçi stratejilerin uygulanmasını ödüllendirir. Tasarım sürecine entegre edilen yaratıcı çözümler ve çevresel performansı artıran özgün uygulamalar bu başlık altında değerlendirilir.

Bütüncül süreç (integrative process)

Enerji ve su sistemleri başta olmak üzere yapı performansını etkileyen tüm unsurların tasarımın ilk aşamalarında disiplinler arası bir yaklaşımla ele alınmasını teşvik eder. Bu süreç, enerji modelleme ve su bütçesi analizleriyle karar süreçlerinin daha verimli yönetilmesini amaçlar.

Yerleşim ve ulaşım (location and transportation)

Yapının bulunduğu konumun, ulaşım ağlarına ve temel hizmetlere yakınlığı değerlendirilerek; bireysel araç kullanımını azaltmak, toplu taşımayı teşvik etmek ve karbon salımını düşürmek hedeflenir. Ayrıca bisiklet yolları, elektrikli araç şarj istasyonları gibi sürdürülebilir ulaşım destekleyici unsurlar bu kapsamda yer alır.

Bölgesel öncelik kredileri (regional priority credits)

Coğrafi bölgelere özgü çevresel önceliklerin dikkate alınması amacıyla oluşturulmuş bu kategori, yerel iklim, kaynak kullanımı, doğal afet riski gibi faktörlere duyarlı uygulamaları ödüllendirmektedir. Her bölge için tanımlanan öncelikli krediler aracılığıyla projelerin yerel sürdürülebilirlik hedeflerine daha etkili biçimde katkı sağlaması beklenmektedir [2].

2.6. Entegratif Süreç ve Yapı Kabuğu Tasarımı

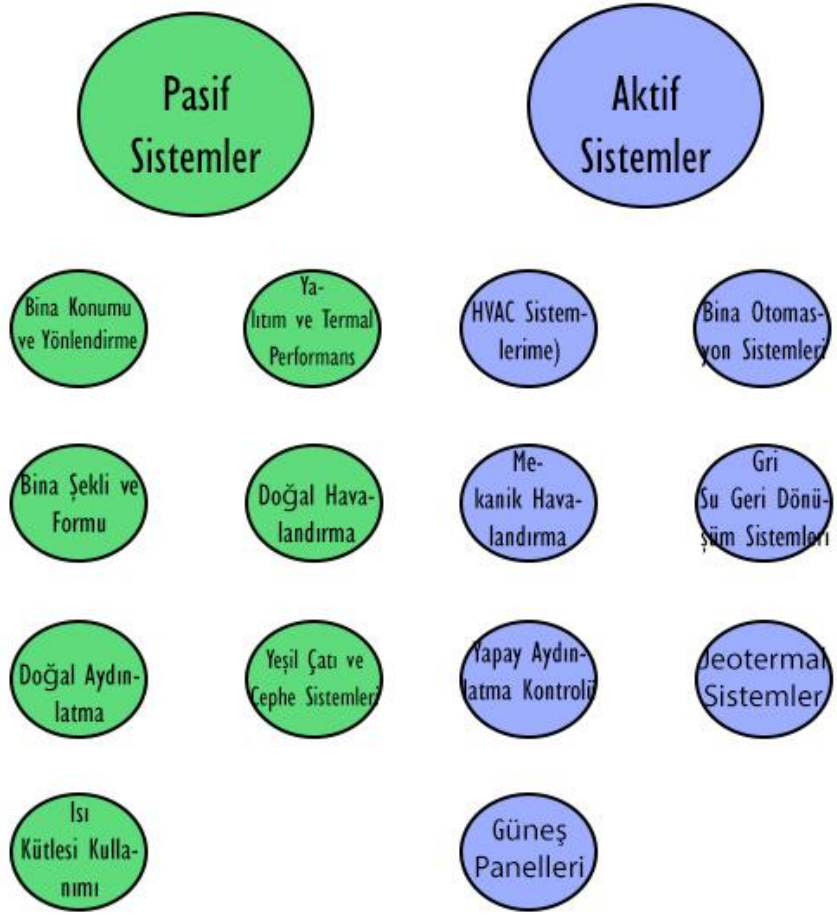
Entegratif süreç ve yapı kabuğu tasarımı, sürdürülebilir ve enerji etkin bina tasarımlarının temelini oluşturan iki önemli yaklaşımdır. Bu kavramlar, bina tasarım sürecinde disiplinler arası bir iş birliği sağlayarak, bina performansını optimize etmeyi amaçlar. Entegratif süreç, mimarlar, mühendisler, müteahhitler ve kullanıcıların erken aşamalardan itibaren bir araya gelmesini teşvik ederek, enerji verimliliği, su tasarrufu ve iç mekân kalitesi gibi kritik unsurların bütüncül bir şekilde ele alınmasını sağlar [18].

Bu yaklaşım, özellikle LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) gibi yeşil bina sertifikasyon sistemlerinde önemli bir yer tutmakta ve projelere puan kazandırmaktadır [16]. Tasarımın başlangıç aşamasından itibaren tüm tarafların aktif katılımı, yapının performansına doğrudan katkı sağlar. Böylece, tasarım kararlarının erken safhalarda verilmesi, sonradan yapılacak değişikliklerin maliyetini azaltırken, projenin genel verimliliğini de artırır.

Yapı kabuğu, bir yapının enerji verimliliğini belirleyen kritik bir unsurdur [17]. Yapının dış cephesi olan yapı kabuğu, termal ısı yalıtımı, gölge kontrolü, doğal havalandırma ve doğal aydınlatma gibi özellikleriyle binanın enerji ihtiyacını azaltabilir. Sıcak ve soğuk iklimlere göre farklı stratejiler geliştirilerek, bu elemanların etkisi maksimuma çıkartılabilir. Örneğin, sıcak iklimlerde gölge elemanlarının kullanılması, iç mekânın fazla ısınmasını önlerken soğutma ihtiyacını azaltabilir. Aynı şekilde, soğuk iklimlerde iyi bir yalıtım ve doğru cephe yönlendirmesi ile ısıtma yükleri düşürülebilir.

Pasif ve aktif sistemlerin uyumlu bir şekilde entegre edilmesi, enerji etkin bina tasarımının başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesinde önemli bir rol oynar [16]. Pasif sistemler, yapının konumu, şekli, yönlendirilmesi ve malzeme seçimi gibi tasarım unsurlarını kapsarken, aktif sistemler mekanik ve elektrikli ekipmanlarla enerji verimliliğini artırmayı hedefler. Bu iki sistemin dengeli bir şekilde kullanılması, yapının toplam enerji tüketimini azaltarak daha sürdürülebilir bir çözüm sunar (Şekil 2.3).

Enteraktif süreç ve yapı kabuğu tasarımı, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik hedefleri açısından kritik bir öneme sahiptir. Disiplinler arası iş birliği ve bütüncül tasarım yaklaşımı ile yapının çevresel etkileri azaltılabilir, aynı zamanda kullanıcı konforu artırılabilir [18]. Bu kapsamda, enerji etkin yapı tasarım kriterlerinin belirlenmesi ve uygulanması, sürdürülebilir mimarlık için önemli bir adımdır.



Şekil 2.3. Pasif aktif sistemler (Yazar tarafından hazırlanmıştır).

3. ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE YAPI KABUĞU TASARIMI

Önceki bölümde incelendiği üzere Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafında 1987 yılında hazırlanan ‘Ortak Geleceğimiz’ başlıklı rapordan günümüze yapı kabuğunun enerji verimliliğini arttırmak için yapılan inovasyonlar günümüzde boyut atlamak zorunda kalmıştır. Çünkü sanayi devriminden günümüze geçen süreç içerisinde yanlış yapılaşmanın bir sonucu olarak şehirlerde kentsel mikro iklim kavramları oluşmuştur.

Kentsel mikro iklim değişikliği: Yapılı çevrenin büyük ölçekli iklim koşulları üzerindeki etkisidir. Bu yerel koşullar daha büyük ölçekli iklim koşullarından büyük ölçüde sapma gösterir. Kentsel ısı adası oluşumu, hava kirliliği, kent gürültüsü, şehir rüzgarları bir şehrin tasarımı mikro iklimi doğrudan etkiler; dolayısıyla kentsel çevrenin dikkatli tasarımı, orada yaşayan insanların fiziksel refahına önemli ölçüde katkıda bulunabilir. Yapı kabuğu iç mekân ile bulunduğu çevre arasında bir zar olmaktan çıkmış; yapıların ihtiyaç duyduğu enerjiyi minimuma indirme amacı güden, insan sağlığı ve konforunu korumaya çalışan bir eleman haline gelmiştir.

3.1. Yapı Kabuğu Tasarımının Enerji ve Atmosfer Üzerindeki Etkileri

Doğal kaynakların kullanımı açısından yapı sektörü büyük bir paya sahiptir. İnşaat sektörü günümüzde doğadan elde edilen ham maddenin %50’sini, küresel enerjinin %40’ını, suyun %16’sını tüketmekte ve üretilen atıkların %50’sinden sorumludur [19]. Kaynakları korumayı hedefleyen “Yeşil Bina” kavramı da bu noktada önem kazanmaktadır. Yapı sektöründe enerji ve su verimliliğine önem veren hem kullanıcı sağlığını gözeten hem de malzeme seçimiyle çevreye olan olumsuz etkiyi azaltan, arazi seçimi ve inşaat uygulamalarına müdahale ederek doğal çevreyi koruyan uygulamalar “Yeşil Bina” kavramı çerçevesinde değerlendirilmektedir [20].

Yapı kabuğu tasarımı, binaların enerji verimliliği ve atmosfer üzerindeki etkilerini belirleyen kritik bir unsurdur. Binaların toplam enerji tüketiminin büyük bir kısmı, yapı kabuğu üzerinden gerçekleşir; bu nedenle, doğru tasarım yaklaşımlarıyla enerji ihtiyacını minimize etmek mümkündür. Yapı kabuğu, dış ortam ile iç mekân arasındaki enerji akışını kontrol ederek, ısıtma ve soğutma yüklerini azaltır [21].

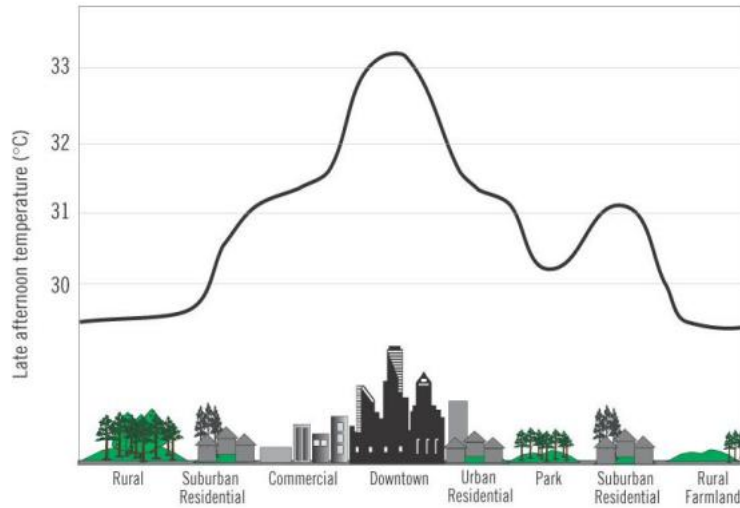
Enerji verimliliği hedefleyen tasarım uygulamalarında, yapı kabuğunun etkin kullanımı önemli bir rol oynar. İklim koşullarına uygun malzeme seçimi ve tasarım detayları, enerji tasarrufunun en önemli adımlarından biridir. Sıcak iklimlerde gölge elemanları ve

yansıtıcı yüzeyler kullanılarak soğutma ihtiyacı azaltılabilirken, soğuk iklimlerde doğru yalıtım malzemeleri ile enerji kaybının önüne geçilir [22].

Yapı kabuğu tasarımında doğal aydınlatma stratejileri de dikkate alınmalıdır. Güneş enerjisinin etkin kullanımıyla enerji üretimi desteklenirken, doğru pencere ve cephe yönlendirmeleri ile gündüz aydınlatma ihtiyacı minimize edilebilir. Bu tasarımlar, sera gazı emisyonlarını azaltarak atmosfer üzerinde olumlu bir etki yaratır [23].

Yapı kabuğu tasarımında sürdürülebilirlik ve enerji etkinliği kavramları da göz önünde bulundurulmalıdır. Çevreye duyarlı, geri dönüştürülebilir yapı malzemeleri kullanarak yapı ürünlerinin verimliliği ve konforu artırılabilir. Bu yaklaşım, yapıların çevrede oluşturduğu olumsuz etkileri en aza indirir [22].

Yapıların oluşturulurken kirlilik üretiminin artması, atmosferin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişmesi ve dünya yüzeyinin kaplanması nedeniyle çevre üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Tüm bu faktörlerden kaynaklanan kümülatif ısınma etkisine kentsel ısı adası etkisi adı verilmektedir. Kentsel ısı adası, çevredeki doğal kırsal alanla karşılaştırıldığında "serin denizde" yer alan belirgin bir "sıcak ada" ile sonuçlanan insan yapımı herhangi bir alandaki sıcaklık artışıdır [24], [25] (Şekil 3.1).



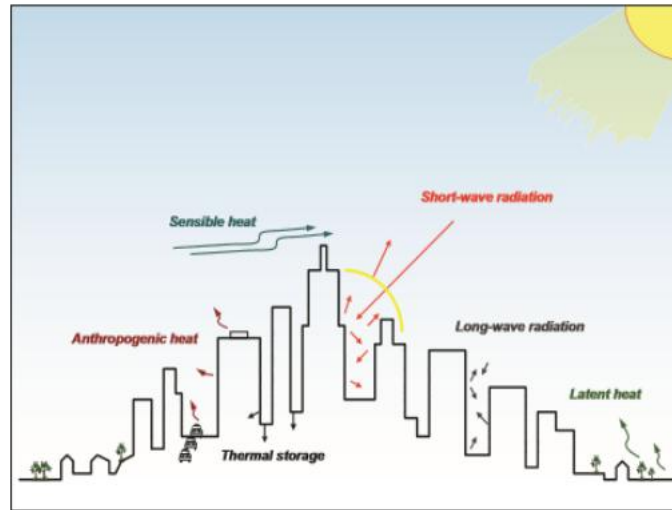
Şekil 3.1. Farklı türdeki alanlarda öğleden sonra sıcaklıkları [26].

Kentsel ısı adasını iki ana türe ayırabiliriz; yüzey ve atmosferik kentsel ısı adaları [27]. Yüzey Kentsel ısı adasında önemli bir etkiye sahiptir çünkü maruz kalan kentsel yüzeyler havadan daha sıcak olabilir. Yüzey sıcaklıkları genellikle uzaktan algılama yoluyla dolaylı olarak ölçülür. Günün sonunda kentsel yüzeylerin hapsedtiği ısı yavaş yavaş serbest

bırakıldığında atmosferik KSE etkisi ortaya çıkıyor. Kirli hava ve ağaç örtüleri, sıcak havayı şehir yüzeyine yakın tutuyor ve yerel olarak daha yüksek ortam sıcaklıklarına neden oluyor. Hava sıcaklıkları genellikle doğrudan sabit meteoroloji istasyonlarıyla ölçülür. KSE etkisini etkileyen birçok faktör vardır [27], bunlar şunları içerir:

- Kentsel malzeme özellikleri
- Bitki örtüsü
- Hava durumu ve coğrafi konum
- Kent geometrisi
- Antropojenik ısı

Kent geometrisi, binaların kentteki boyutlandırılmasını ve ayılmasını ifade eder. Yüksek yoğunluklu şehirlerde serin gökyüzüne yönelik görüş faktörü sınırlıdır. Bina yüzeyleri genellikle çevredeki binalar tarafından engellenir, bu da ısıнын atmosfere kaçmak yerine diğer binalara yayılması anlamına gelir (Şekil 3.2). Kentsel malzeme özellikleri güneş ışığının nasıl yansıtıldığını yayıldığını ve depolandığını etkiler. Güneş yansıması yüzey sıcaklığının en önemli belirleyicisidir ancak kentsel malzemelerin termal emisyonu ve ısı kapasitesi de KSE'yi etkiler. Çoğu kentsel malzeme, kırsal malzemelere göre daha yüksek bir ısı kapasitesine sahiptir ve bu nedenle dahili olarak çok fazla ısı depolar [28].



Şekil 3.2. Kentsel yüzey enerji transferi türleri [27].

Sonuç olarak, yapı kabuğu tasarımının enerji ve atmosfer üzerindeki etkileri, doğru yaklaşımlarla çevresel fayda sağlayan bir unsur olarak öne çıkmaktadır. Yapı kabuğunun optimize edilmesiyle, binaların enerji performansı artmakta, enerji maliyetleri düşmekte ve çevresel etkiler azaltılmaktadır.

3.2. Yapı Kabuğu Tasarımında Isı Adası Etkisini Azaltma Stratejileri

Isı adası etkisi, özellikle kentsel alanlarda, şehirlerin yoğun yapısı nedeniyle çevresel sıcaklıkların artışı ifade eder. Bu etki, asfalt, beton ve diğer yapı malzemelerinin güneş ışığını emmesi ve ısıyı hapsederek çevredeki sıcaklıkları yükseltmesiyle ortaya çıkar [29]. Yüksek sıcaklıklar, binaların iç mekanlarına da yansyarak, ısıtma ve soğutma sistemlerinin daha fazla enerji harcamasına yol açar [30]. Örneğin, New York ve Los Angeles gibi büyük şehirlerde, sıcaklıkların, kırsal alanlardan 2–5°C daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir [31].

Bu durum, yalnızca enerji maliyetlerini artırmakla kalmaz, aynı zamanda hava kirliliğini de yoğunlaştırır, çünkü daha yüksek sıcaklıklar, zararlı gazların daha uzun süre havada kalmasına neden olabilir [32].

Isı adası etkisini azaltmak için, yapı kabuğu tasarımında bir dizi strateji uygulanabilir. Bu stratejiler, ısının emilmesini engelleyerek veya yansıtarak çevresel sıcaklıkları dengelemeyi amaçlar [32]. Yapı kabuğunda yapılacak değişiklikler, binaların çevresel performansını artırabilir ve enerji verimliliğini sağlayabilir [29]. Bu bağlamda, en etkili stratejilerden biri yalıtım malzemelerinin kullanımıdır. Yapılarda, duvarlar, çatılar ve zeminler gibi dış yüzeylerde kullanılan yüksek kaliteli yalıtım malzemeleri, dış ortamdan gelen sıcaklığı iç mekâna geçirmeyerek enerji tüketimini azaltır [30]. Bununla birlikte, yüksek yalıtım gücüne sahip malzemeler, kışın iç mekanların sıcaklığını da düzenleyerek yıl boyu enerji tasarrufu sağlar [29]. Örneğin, termo-reflektif boyalar ve yalıtım kaplamaları, güneş ışığını yansıtarak binaların iç sıcaklıklarını dengelemeye yardımcı olur [32]. Bu yöntemler hem soğutma ihtiyacını hem de ısıtma ihtiyacını azaltarak önemli oranda enerji tasarrufu sağlar.

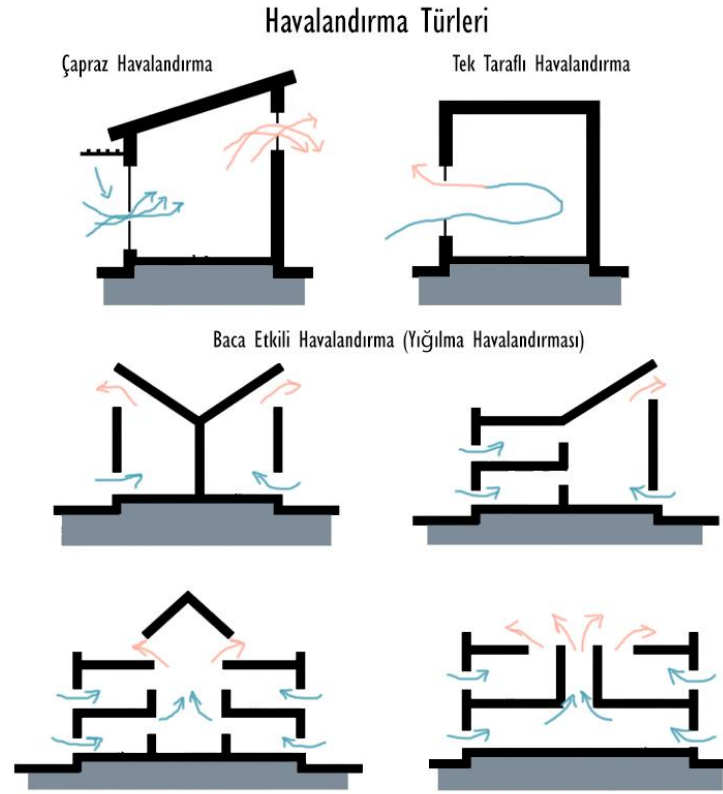
Yeşil çatılar ve yeşil cepheler, yapı kabuğunda ısı adası etkisini azaltmak için kullanılan bir diğer önemli stratejidir. Bu tür yapılar, bitkilerle kaplanarak doğal bir izolasyon sağlar [32]. Yeşil çatılar, yağmur suyunun emilmesini artırarak çevresel su yönetimi sağlar ve bitkiler, yüzey sıcaklıklarını düşürerek çevrede serinletici bir etki yaratır [30]. Örneğin, Almanya'da uygulanan yeşil çatılar, şehri daha serin tutarak hava kalitesini artırmış ve enerji maliyetlerini %30'a kadar düşürmüştür [31]. Bu yapılar, binaların enerji

verimliliğini artırırken, çevresel etkiyi de azaltır. Ayrıca, yeşil çatılar, binaların estetik görünümünü iyileştirir ve biyolojik çeşitliliği destekler [29]. Yeşil cepheler ise binaların dış duvarlarında yer alan bitki örtüleriyle doğrudan etkileşimi teşvik eder ve doğal gölgeleme sağlayarak iç mekanların sıcaklıklarını düşürür [32].

Reflektif yüzeyler, ısı adası etkisini azaltmak için bir başka etkin yöntemdir. Reflektif kaplama ve yüzeyler, güneş ışığını yansıtarak binaların yüzey sıcaklıklarının yükselmesini engeller [32]. Beyaz çatı kaplamaları ve reflektif boyalar, binalarda yaygın olarak kullanılmaktadır ve güneş ışığının büyük kısmını yansıtarak çevresel sıcaklıkları düşürür [30]. Örneğin, Los Angeles'ta uygulanan beyaz çatı kaplama stratejisi, şehirdeki sıcaklıkları %5 oranında azaltmıştır [31]. Reflektif malzemeler, özellikle sıcak iklimlerde binaların iç mekanlarını serin tutar, böylece soğutma ihtiyacını azaltır ve enerji tüketimini düşürür [29]. Reflektif yüzeylerin bir diğer avantajı, gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farklarını dengelemeleri ve böylece sıcaklık dalgalanmalarını daha stabil hale getirmeleridir [32].

Doğal havalandırma, ısı adası etkisini azaltmaya yönelik başka bir stratejidir. Binalarda doğal havalandırma sistemlerinin tasarımı, iç mekân sıcaklıklarını dengelemenin yanı sıra hava kalitesini de artırır [31]. Bu sistemler, yapıları daha serin tutarak, klimaya duyulan ihtiyacı azaltır ve enerji tasarrufu sağlar [32]. Örneğin, Hong Kong'daki yüksek binalarda, doğal havalandırma stratejileri sayesinde iç mekân sıcaklıkları %10 oranında azalmıştır [30]. Ayrıca, doğal havalandırma, iç mekânda taze hava akışını sağlayarak daha sağlıklı yaşam alanları yaratır [29]. Bu yöntem, mekânın sıcaklığını dengelemenin yanı sıra, enerji verimliliğini artırmaya da olanak sağlar (Şekil 3.3).

Yapı kabuğu tasarımındaki bu stratejiler, ısı adası etkisini azaltmanın yanı sıra, sürdürülebilir ve enerji verimli yapılar inşa etmek için önemlidir. Bu çözümler, şehirlerin çevresel performansını artırır ve insan sağlığına olumlu katkılarda bulunur [32]. Örneğin, Paris'te uygulanan yeşil çatı ve reflektif yüzey projeleri hem enerji tasarrufu sağlamış hem de şehri daha yaşanabilir hale getirmiştir [30]. Ancak, her şehirde uygulanacak çözümler yerel iklim koşullarına, yapıların tipolojisine ve malzeme seçimlerine göre özelleştirilmelidir [29]. Her bir stratejinin etkinliği, yerel çevresel faktörler göz önünde bulundurularak değerlendirilmeli ve uygun çözüm yolları seçilmelidir [31]. Isı adası etkisini azaltmak, yalnızca çevresel faydalar sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sosyal ve ekonomik faydalar da getirir. Sıcaklıkların azaltılması, enerji maliyetlerinin düşmesine, hava kalitesinin artmasına ve daha sağlıklı yaşam alanlarının oluşmasına yol açar [32]. Isı adası etkisinin azaltılması, aynı zamanda daha düşük sera gazı emisyonları ile şehirlerin iklim değişikliğine karşı direncini artırır [30].



Şekil 3.3. Doğal havalandırma türleri (Yazar tarafından hazırlanmıştır).

3.3. Yapı Kabuğu Tasarımında Enerji Performansı Optimizasyonu

Yapı kabuğu tasarımı, bir binanın enerji performansını belirleyen en kritik unsurlardan biridir. Yapı kabuğunun malzeme seçimi, yalıtımı, hava geçirgenliği ve güneş kontrolü gibi faktörler, binanın ısıtma, soğutma ve aydınlatma gereksinimlerini doğrudan etkiler [32]. Enerji performansının optimizasyonu, sürdürülebilir bina tasarımının temel hedeflerinden biri olup, enerji tüketimini azaltarak çevresel etkileri en aza indirmeyi amaçlar [34]. Yapı kabuğunun iyi tasarlanması hem enerji verimliliğini artırır hem de bina sakinlerinin konforunu yükseltir [35].

Yapı kabuğunun enerji performansını artırmanın en etkili yollarından biri ısı yalıtımıdır. Isı yalıtımı, binanın iç ortam sıcaklığını daha stabil hale getirerek ısıtma ve soğutma ihtiyacını azaltır [33]. Kaliteli yalıtım malzemeleri, ısı kayıplarını minimize ederek enerji tasarrufu sağlar. Örneğin, yüksek yalıtımlı cepheler ve çatı sistemleri, yazın sıcak havanın içeri girmesini kışın ise dışarı çıkmasını engelleyerek enerji tüketimini önemli

ölçüde azaltabilir [34]. Avrupa'da yapılan çalışmalar, iyi yalıtılmış yapıların enerji tüketiminde %40'a varan azalmalar sağlayabileceğini göstermektedir [35].

Güneş kontrolü, yapı kabuğu tasarımında enerji optimizasyonunu sağlamak için bir diğer kritik faktördür. Güneş ışığının kontrolsüz bir şekilde iç mekâna girmesi, yaz aylarında aşırı ısınmaya neden olabilir ve soğutma ihtiyacını artırabilir [33]. Güneş kırıcılar, çift camlı pencereler ve dinamik cephe sistemleri gibi pasif tasarım stratejileri, güneş kazançlarını kontrol altında tutarak iç mekân sıcaklıklarını optimize eder [34]. Örneğin, cam yüzeylere entegre edilen düşük emisyonlu kaplamalar, güneş ışınlarını yansıtarak iç mekanların aşırı ısınmasını önler ve soğutma yüklerini azaltır [35].

Doğal havalandırma ve hava geçirgenliği de enerji performansı optimizasyonunda önemli bir rol oynar. Hava sızdırmazlığı iyi sağlanmamış binalar, ısı kayıplarına neden olarak ısıtma ve soğutma sistemlerinin daha fazla çalışmasına sebep olur [34]. Bu nedenle, yapı kabuğunun hava sızdırmazlık seviyesinin optimize edilmesi, enerji performansını artırır. Ayrıca, doğal havalandırma stratejileri ile mekanik havalandırmaya olan bağımlılık azaltılabilir [33]. Çift cidarlı cepheler veya rüzgâr yönlendirme elemanları gibi tasarımlar, doğal hava akışını artırarak enerji tüketimini düşürebilir [35].

Enerji optimizasyonunda dinamik yapı kabuğu sistemleri de son yıllarda önemli bir gelişme kaydetmiştir. Akıllı cam teknolojileri, fotokromik ve termokromik camlar gibi yenilikçi çözümler, gün boyunca değişen iklim koşullarına göre şeffaflık seviyelerini ayarlayarak iç mekân sıcaklığını optimize edebilir [33]. Ayrıca, yeşil cepheler ve dikey bahçeler gibi biyofilik tasarım unsurları, bina kabuğunun termal kütlesini artırarak enerji tüketimini azaltabilir [34]. Yeşil cepheler, yaz aylarında güneş ışığını emerek iç mekân sıcaklıklarını düşürürken, kış aylarında ek bir yalıtım katmanı sağlayarak ısı kayıplarını azaltır [35].

Binalarda yenilenebilir enerji entegrasyonu, yapı kabuğu ile doğrudan ilişkilendirilebilir. Fotovoltaik panellerin cepheye entegre edilmesi, binanın kendi enerjisini üretmesine olanak tanırken, enerji bağımlılığını da azaltır [33]. Özellikle güneş ışığına açık güney cephelerinde kullanılan entegre fotovoltaik sistemler, binanın enerji ihtiyacının önemli bir kısmını karşılayabilir [34]. Rüzgâr türbinleri, jeotermal ısı pompaları ve yağmur suyu toplama sistemleri gibi yenilenebilir enerji çözümleri de yapı kabuğu tasarımına entegre edilerek binanın sürdürülebilirliği artırılabilir [35].

Malzeme seçimleri, yapı kabuğunun enerji performansını doğrudan etkileyen bir faktördür. Düşük termal iletkenlik katsayısına sahip malzemeler, ısı kayıplarını en aza indirerek iç mekân sıcaklıklarını daha stabil hale getirir [33]. Hafif ve yansıtıcı yüzeylere

sahip malzemeler, özellikle sıcak iklimlerde güneş ışınlarının emilimini azaltarak soğutma yüklerini düşürür [34]. Örneğin, albedo değeri yüksek malzemeler, güneş ışığını geri yansıtarak kentsel ısı adası etkisini azaltır ve iç mekân sıcaklıklarını optimize eder [35].

Yapı kabuğu tasarımında enerji performansını optimize etmek, binaların çevresel etkilerini minimize etmek ve enerji tüketimini azaltmak adına kritik bir stratejidir. Isı yalıtımı, güneş kontrolü, hava geçirgenliği, dinamik yapı kabuğu sistemleri ve yenilenebilir enerji entegrasyonu gibi yöntemler, bina enerji verimliliğini artırarak sürdürülebilir bir yapılaşmaya katkıda bulunur [33]. Doğru malzeme seçimi ve tasarım stratejileri ile yapı kabuğu hem enerji tasarrufu sağlar hem de kullanıcıların konforunu artırır [34].

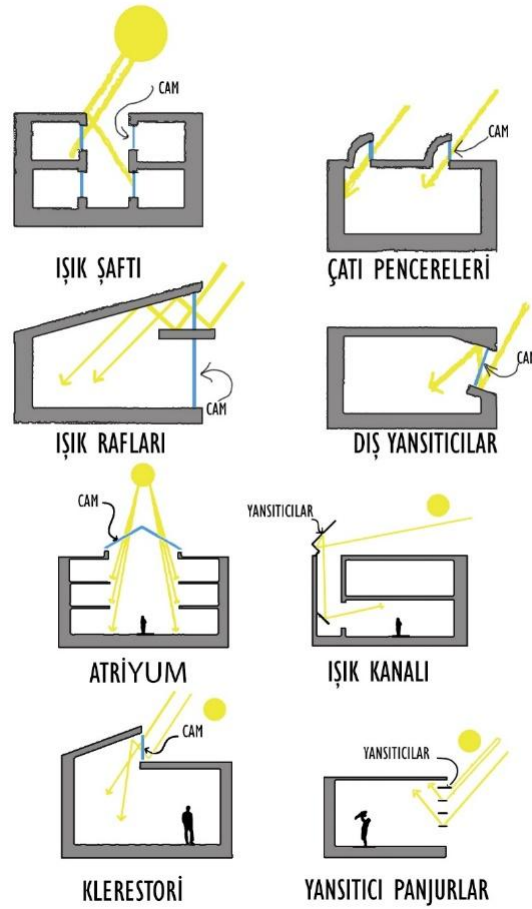
3.4. Doğal Aydınlatma ve Görsel Konforun Sağlanması

Doğal aydınlatma, bir yapının iç mekanlarını güneş ışığı ile aydınlatma sürecidir ve hem enerji tasarrufu sağlamak hem de kullanıcı konforunu artırmak için kritik bir tasarım bileşenidir [36]. Doğal ışık, görsel konforun yanı sıra insanların biyolojik ritimlerini düzenleyerek fiziksel ve psikolojik sağlık üzerinde olumlu etkiler yaratır [37]. Doğru şekilde tasarlanmış bir yapı kabuğu, iç mekanlara yeterli miktarda gün ışığı girmesini sağlarken, istenmeyen parlamaları ve aşırı güneş ışığını önleyerek görsel konforu optimize edebilir [38]. Bu nedenle, doğal aydınlatma stratejileri, yapı kabuğu tasarımında dikkatle ele alınmalı ve görsel konfor kriterleriyle uyumlu hale getirilmelidir [39] (Şekil 3.4).

Doğal aydınlatmanın en önemli avantajlarından biri, enerji tasarrufunu artırmasıdır. Yapay aydınlatma sistemlerinin aşırı kullanımı, binalarda enerji tüketimini artıran önemli bir faktördür [36]. Ancak, gün ışığının etkin bir şekilde iç mekanlara yönlendirilmesi, yapay aydınlatmaya olan ihtiyacı azaltarak enerji tüketimini minimize edebilir [38]. Örneğin, yüksek verimli cam sistemleri ve ışık rafları gibi pasif aydınlatma çözümleri, iç mekanlara homojen bir gün ışığı dağılımı sağlayarak enerji performansını iyileştirebilir [37]. Bunun yanı sıra, akıllı aydınlatma kontrol sistemleri ile doğal ışık seviyesine bağlı olarak yapay aydınlatma ihtiyacı otomatik olarak ayarlanabilir [39].

Pencere tasarımı, doğal aydınlatmanın etkinliğini belirleyen en önemli faktörlerden biridir. Pencerelerin boyutu, konumu ve yönelimi, iç mekanlara giren ışığın miktarını ve kalitesini doğrudan etkiler [36]. Güney cepheye yerleştirilen geniş pencereler, kış aylarında maksimum güneş ışığı alırken, yaz aylarında aşırı ısınmayı önlemek için gölgelendirme elemanları ile desteklenmelidir [38]. Doğu ve batı cephelerinde, sabah ve akşam saatlerinde gelen düşük açılı güneş ışığının parlamaya neden olmaması için uygun güneş kontrol

sistemleri tasarlanmalıdır [37]. Ayrıca, tavan pencereleri ve ışık tüpleri gibi yenilikçi çözümler, derin planlı binalarda gün ışığını iç mekanlara yönlendirmede etkili olabilir [39].



Şekil 3.4. Doğal aydınlatma diyagramı [40]'dan esinlenilerek yazar tarafından oluşturulmuştur.

Görsel konfor, doğal aydınlatmanın sağladığı faydaları en üst düzeye çıkarabilmek için dikkate alınması gereken bir diğer kritik konudur. Parlama, dengesiz ışık dağılımı veya aşırı kontrast gibi faktörler, kullanıcıların görsel algısını olumsuz yönde etkileyebilir [36]. Görsel konforun sağlanması için iç mekânlarda yansıtıcı yüzeyler, açık renkli malzemeler ve difüz ışık sağlayan cam kaplamaları gibi unsurlar kullanılmalıdır [38]. Örneğin, ışığı yumuşatarak iç mekâna dağıtan mat yüzeyli camlar, doğrudan güneş ışığının neden olduğu parlamayı azaltarak daha konforlu bir aydınlatma ortamı sunabilir [37]. Aynı zamanda, gün ışığının iç mekânda dengeli bir şekilde dağılmasını sağlamak için iç duvar ve tavan yansıtıcılık değerleri optimize edilmelidir [39].

Gölgeleme sistemleri, doğal aydınlatmayı yönetmek ve görsel konforu artırmak için kullanılan önemli tasarım elemanlarıdır. Dış gölgelikler, brise-soleil paneller, hareketli

perde sistemleri ve akıllı cam teknolojileri, iç mekanlara giren ışığın miktarını ve kalitesini kontrol etmek için etkili çözümler sunar [36]. Örneğin, dinamik elektro-kromik camlar, dış ortam ışık seviyesine bağlı olarak şeffaflıklarını değiştirerek iç mekanlarda optimum aydınlatma koşullarını sağlayabilir [38]. Ayrıca, bina cephesine entegre edilen ışık rafları, gün ışığını tavana yönlendirerek daha homojen bir aydınlatma elde edilmesine yardımcı olabilir [37].

Yapay aydınlatma ile entegrasyon, doğal aydınlatma stratejilerinin başarısını artıran bir diğer unsurdur. Yapay aydınlatma sistemleri ile gün ışığının yeterli olmadığı durumlarda, dengeli bir aydınlatma ortamı oluşturulmalıdır [36]. Gün ışığı sensörleri ile entegre edilmiş LED sistemleri, iç mekandaki mevcut ışık seviyesini algılayarak aydınlatma yoğunluğunu dinamik olarak ayarlayabilir [36]. Böylece hem enerji tasarrufu sağlanır hem de iç mekanlarda sürdürülebilir bir aydınlatma sistemi oluşturulabilir [37].

Malzeme seçimi, doğal aydınlatma performansını doğrudan etkileyen bir diğer faktördür. Cam yüzeylerin ışık geçirgenliği, iç mekanların aydınlatma seviyelerini belirleyen kritik bir özelliktir [36]. Düşük demir oksit içeren yüksek şeffaflığa sahip camlar, iç mekanlara daha fazla gün ışığı girmesini sağlarken, UV filtreli camlar zararlı ışınları engelleyerek kullanıcıların sağlığını koruyabilir [38]. Aynı zamanda, iç mekanda kullanılan mobilya ve yüzey malzemelerinin yansıtma özellikleri de gün ışığının dağılımını etkileyerek homojen bir aydınlatma sağlayabilir [37].

Sonuç olarak, doğal aydınlatma ve görsel konfor, yapı kabuğu tasarımında hem enerji verimliliğini hem de kullanıcı konforunu artıran önemli unsurlardır. Doğru pencere tasarımı, gölgelendirme sistemleri, malzeme seçimleri ve yapay aydınlatma entegrasyonu ile doğal ışık, iç mekanlara verimli bir şekilde yönlendirilebilir [36]. Bu stratejiler, binalarda enerji tüketimini azaltırken, kullanıcıların sağlık ve konfor seviyelerini de artırarak sürdürülebilir ve yaşanabilir mekanlar yaratılmasını sağlar [38].

3.5. Isı Yalıtımı ve Gölgeleme Stratejilerinin Rolü

Isı yalıtımı ve gölgeleme stratejileri, yapı kabuğunun enerji verimliliğini artırarak hem iç mekân konforunu iyileştiren hem de enerji tüketimini azaltan kritik tasarım unsurlarıdır [33]. Doğru ısı yalıtımı, bina içerisindeki ısı kayıplarını minimize ederken, gölgeleme sistemleri ise aşırı güneş kazançlarını önleyerek yaz aylarında serinletme yüklerini azaltır [34]. Bu iki unsurun dengeli bir şekilde kullanılması, sürdürülebilir yapı tasarımında enerji performansını optimize etmek için hayati bir rol oynar [35].

Isı yalıtımı, yapı kabuğunun iç ve dış ortam arasındaki ısı transferini azaltmasını sağlayarak iç mekân sıcaklığının stabil kalmasına yardımcı olur [33]. Yetersiz yalıtım, yaz aylarında aşırı ısınmaya, kış aylarındaysa ısı kayıplarına neden olarak enerji tüketiminin artmasına yol açar [34]. Özellikle duvarlar, çatı, döşeme ve pencereler gibi bina kabuğunun farklı bileşenlerinde yüksek performanslı yalıtım malzemelerinin kullanımı, ısı kaybını ve kazancını azaltarak enerji maliyetlerini düşürebilir [35]. Örneğin, düşük termal iletkenlik katsayısına sahip malzemeler, iç mekân sıcaklığının korunmasına katkıda bulunarak ısıtma ve soğutma yüklerini minimize edebilir [33]. Geleneksel ısı yalıtım malzemeleri arasında taş yünü, cam yünü, ekstrüde polistiren (XPS) ve genişletilmiş polistiren (EPS) gibi malzemeler öne çıkmaktadır [34]. Son yıllarda, aerogeller, vakum yalıtım panelleri ve biyobazlı yalıtım malzemeleri gibi yenilikçi çözümler de enerji performansını artırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır [35]. Örneğin, yüksek performanslı bir vakum yalıtım paneli, geleneksel yalıtım malzemelerine kıyasla çok daha ince bir katman ile benzer yalıtım seviyeleri sunabilir [33]. Ayrıca, faz değişimli malzemeler (PCM'ler) gibi yenilikçi çözümler, fazla ısıyı depolayarak iç mekân sıcaklık dalgalanmalarını azaltabilir [41].

Gölgeleme stratejileri, iç mekân sıcaklık kontrolünü optimize etmek için kullanılan pasif tasarım çözümleri arasında yer alır. Doğru uygulanmış bir gölgelendirme sistemi, doğrudan güneş ışığını kontrol ederek aşırı ısınmayı önler ve soğutma ihtiyacını azaltır [34]. Gölgeleme elemanları, sabit veya hareketli olabilmekte olup, binanın bulunduğu iklim bölgesine ve yapı fonksiyonuna bağlı olarak farklı tasarım çözümleriyle entegre edilebilir [35].

Sabit gölgeleme elemanları arasında brise-soleil paneller, geniş saçaklar, pergolalar ve dış cephe panjurları yer almaktadır [33]. Bu sistemler, özellikle sıcak iklimlerde güneş ışığının doğrudan cam yüzeylere ulaşmasını engelleyerek iç mekânların aşırı ısınmasını önler [34]. Örneğin, güney cephede geniş çıkıntılı saçakların kullanılması, kışın güneş ışığını iç mekâna alırken, yazın yüksek açılı güneş ışınlarını bloke ederek optimum termal konfor sağlar [35].

Hareketli gölgeleme sistemleri ise panjurlar, perdeler, elektro-kromik camlar ve otomatik gölgeleme panelleri gibi dinamik çözümlerden oluşur [33]. Akıllı cam teknolojileri, güneş ışığı yoğunluğuna göre şeffaflıklarını değiştirerek iç mekânlara giren ışık miktarını optimize edebilir [33]. Örneğin, fotokromik camlar, gün içinde güneş ışığına bağlı olarak renk değiştirerek parlamayı önler ve iç mekân sıcaklığını dengeler [35]. Son araştırmalar, akıllı camların enerji verimliliğini artırmada geleneksel gölgeleme elemanlarına kıyasla daha esnek ve etkili bir çözüm sunduğunu göstermektedir [42].

Bunların yanı sıra, bitkisel gölgeleme sistemleri, sürdürülebilir mimari çözümler arasında önemli bir yere sahiptir. Yeşil cepheler ve dikey bahçeler, bina kabuğuna entegre edilerek güneş ışığını absorbe eder ve iç mekân sıcaklıklarını düşürerek enerji tüketimini azaltır [33]. Ayrıca, ağaçlandırma stratejileri, özellikle doğu ve batı cephelerinde doğal bir gölgeleme sağlayarak bina çevresindeki mikroiklim koşullarını iyileştirebilir [34]. Isı yalıtımı ve gölgeleme stratejilerinin entegre kullanımı, bina enerji performansını en üst seviyeye çıkarmak için oldukça önemlidir. Örneğin, Avrupa’da yapılan çalışmalar, yüksek performanslı yalıtım malzemeleri ile etkin gölgeleme stratejilerinin birleşimi sayesinde enerji tüketiminin %50’ye kadar azaltılabileceğini göstermektedir [35]. Benzer şekilde, ABD’de yapılan bir araştırmada, gelişmiş yalıtım malzemeleri ve akıllı gölgeleme sistemlerinin kullanımıyla ticari binalarda enerji maliyetlerinin %30 oranında düşürülebileceği ortaya konmuştur [43]. Pasif tasarım çözümlerinin etkili kullanımı, sağlıklı ve sürdürülebilir yaşam alanları oluştururken enerji tasarrufu sağlar ve bina kullanıcılarının termal konforunu da artırır [33]. Sonuç olarak, ısı yalıtımı ve gölgeleme stratejileri, yapı kabuğunun enerji verimliliğini artıran en temel unsurlardan biridir. Yüksek performanslı yalıtım malzemelerinin kullanımı, ısı kayıplarını ve kazançlarını minimize ederken, akıllı gölgeleme sistemleri iç mekân sıcaklıklarını dengede tutarak soğutma yüklerini azaltır [34]. Bu stratejilerin birlikte uygulanması hem enerji tasarrufu sağlar hem de sürdürülebilir bina tasarımına katkıda bulunur [35].

3.6. İç Mekân Çevre Kalitesi ve Yapı Kabuğu Tasarımı

İç mekân çevre kalitesi, bir yapının kullanıcılarının fiziksel ve psikolojik iyilik halleri üzerinde doğrudan etkisi olan çevresel faktörleri ifade eder. İç mekânın çevre kalitesi, doğal ışık, hava kalitesi, ses seviyeleri, termal konfor ve görsel estetik gibi unsurları kapsar [44]. Yapı kabuğu tasarımı, bu faktörlerin tümünü etkileyerek iç mekân çevre kalitesini belirler ve dolayısıyla kullanıcıların sağlığı, konforu ve genel yaşam kalitesi üzerinde önemli bir rol oynar [45]. Yapı kabuğunun tasarımı, özellikle malzeme seçiminden, pencere yerleşimlerine ve dış cephelerin yalıtımına kadar bir dizi faktöre dayanır ve iç mekân çevre kalitesini doğrudan etkiler [46].

Bir yapının iç mekân çevre kalitesini iyileştirmek için yapı kabuğunda yapılacak çeşitli tasarımlar büyük önem taşır. Doğal ışık, iç mekanların en önemli çevresel faktörlerinden biridir. Doğal ışık, insanların biyolojik ritimlerini düzenler, psikolojik iyilik hallerini artırır ve yapay aydınlatma ihtiyacını azaltır [46]. Yapı kabuğunda pencere boyutları, pencere

yerleşimleri ve ışık geçiren malzemeler, doğal ışığın iç mekanlara girişini doğrudan etkiler [45]. Özellikle büyük cam yüzeyler, iç mekanlara gün ışığını alırken, aynı zamanda enerji verimliliğini de artırabilir. Bu, yapının enerji tüketimini azaltır ve çevreye olan etkisini en aza indirir [44].

Hava kalitesi, iç mekân çevre kalitesini etkileyen bir diğer kritik faktördür. Havadar ve iyi havalandırılan bir iç mekan, sağlıklı bir yaşam alanı yaratır [46]. Yapı kabuğunda doğal havalandırma çözümleri, iç mekanların temiz hava ile beslenmesini sağlar ve karbon dioksit birikimini engeller. Bu, solunum yolları hastalıklarının önlenmesinde önemli bir rol oynar [44]. Ayrıca, iç mekanlarda kullanılan malzemelerin, düşük emisyonlu, sağlığa zararsız ve çevre dostu olması, hava kalitesinin iyileştirilmesinde önemli bir etkindir [44]. Doğal havalandırmanın yanı sıra, mekânın enerji verimli bir şekilde havalandırılmasını sağlayacak ısı geri kazanım sistemleri de iç mekân çevre kalitesini iyileştiren tasarımlar arasındadır [45].

Termal konfor, iç mekân çevre kalitesinin önemli bir bileşenidir. Yapı kabuğunda ısı yalıtımının düzgün uygulanması, iç mekanların konforlu bir sıcaklıkta tutulmasına yardımcı olur [46]. Yapı kabuğunun izolasyonu, hem yazın serin, kışın ise sıcak bir iç ortam sağlar ve enerji tüketimini azaltır. İyi tasarlanmış bir yapı kabuğu, iç mekân sıcaklıklarının doğal bir şekilde düzenlenmesine olanak tanır. Örneğin, güneş ışığını daha fazla içeri alarak kışın ısıtma ihtiyacını azaltan pasif güneş ısısı tasarımı, iç mekanlarda konforu artırır ve enerji verimliliğine katkı sağlar [44]. Ayrıca, termal konforu artıran malzemelerin kullanımı, iç mekanların sıcaklık ve nem seviyelerinin daha stabil olmasını sağlar [45].

İç mekân çevre kalitesini etkileyen bir diğer önemli faktör ise ses seviyeleridir. Gürültü kirliliği, özellikle şehir içi bölgelerde, iç mekanlarda konforu olumsuz yönde etkiler [46]. Yapı kabuğunda kullanılan ses yalıtım malzemeleri, iç mekanların dışarıdan gelen gürültülerden korunmasını sağlar. Ses yalıtımı, ofislerde, okullarda ve konutlarda daha verimli çalışmayı ve daha kaliteli bir yaşamı destekler [45]. Ayrıca, iç mekanlarda, sesin dağılmasını ve yankılanmasını engelleyen tasarımlar, akustik konforu artırarak, insanların daha rahat ve verimli bir şekilde ortamda bulunmalarını sağlar [44].

Bunların yanı sıra, yapısal malzeme seçimleri de iç mekân çevre kalitesini doğrudan etkiler. Doğal, organik malzemeler, iç mekanlarda daha sağlıklı bir ortam yaratır [46]. Düşük VOC (uçucu organik bileşen) emisyonlarına sahip malzemeler, iç mekân hava kalitesini artırırken, toksik maddelerden kaçınılmasını sağlar [43]. Çevre dostu malzemeler kullanarak, binaların hem enerji verimliliği artar hem de iç mekân çevre kalitesi iyileştirilir [45].

İç mekân çevre kalitesini artıran bir diğer önemli faktör ise iç mekanın görsel estetiğidir. İyi tasarlanmış ve işlevsel iç mekanlar, kullanıcıların ruh halini olumlu yönde etkiler. Örneğin, doğal malzemeler ve renkler, iç mekanlarda rahatlatıcı bir atmosfer yaratır [46]. Ayrıca, mekanların işlevselliği, iç mekân tasarımında estetikle birleşerek, kullanıcının yaşam kalitesini artırır [44].

Yapı kabuğunun tasarımında dikkat edilmesi gereken bu faktörler, iç mekân çevre kalitesinin iyileştirilmesinde kritik öneme sahiptir. Doğal ışık, hava kalitesi, termal konfor, ses yalıtımı ve malzeme seçimleri gibi unsurlar, iç mekânın yaşam kalitesini doğrudan etkiler [45]. İç mekân çevre kalitesinin artırılması, hem bireylerin sağlığını ve konforunu artırır, hem de sürdürülebilir şehirlerin inşasında önemli bir rol oynar [44]

3.7. Yenilenebilir Enerji ve Yapı Kabuğu Uygulamaları

Yapı kabuğu, binaların enerji performansını doğrudan etkileyen en önemli unsurlardan biri olup, yenilenebilir enerji sistemleriyle entegre edilmesi, sürdürülebilir mimarlık açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır [47]; [48] Geleneksel yapı sistemleri, yüksek enerji tüketimi ve karbon salınımı ile çevresel yük oluşturmaktadır. Bu nedenle, yenilenebilir enerji kaynaklarının yapı kabuğu ile bütünleşik kullanımı, hem enerji verimliliğini artırmakta hem de çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır [49]; [50] Yenilenebilir enerji kaynakları (Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji ve biyokütle vb.) yapı kabuğuna entegre edilerek binaların kendi enerjisini üretmesini ve dışa bağımlılığını azaltmasını sağlayabilir [51].

Fotovoltaik (PV) panellerin yapı kabuğuna entegrasyonu, yenilenebilir enerji kullanımının en yaygın yöntemlerinden biridir [47];[52]. Güneş ışığını doğrudan elektriğe çeviren PV paneller, bina çatılarına, cephelerine ve hatta cam yüzeylere uygulanarak elektrik üretimine katkı sağlamaktadır [49];[53]. Örneğin, Almanya’da uygulanan BIPV (Building Integrated Photovoltaics) sistemleri, bina cepheleri ile uyumlu hale getirilerek estetik ve işlevsellik açısından entegre çözümler sunmaktadır [51]. Ayrıca, yarı geçirgen güneş panelleri, cam cepheli binalarda hem doğal aydınlatmayı optimize etmek hem de elektrik üretmek için etkili bir çözüm sunmaktadır [47]. Çalışmalar, BIPV sistemlerinin binaların enerji ihtiyacını %20 ila %50 oranında azaltabileceğini göstermektedir [48].

Güneş enerjisinden yararlanmanın bir diğer yolu, güneş kolektörleri ile sıcak su üretimidir. Bu sistemler, özellikle konut ve ticari binalarda sıcak su ihtiyacını karşılamak amacıyla çatı veya cephe yüzeylerine entegre edilmektedir [49]; [54]. Termal güneş

panelleri, suyu veya özel bir ısı transfer akışkanını ısıtarak bina içi kullanım için sıcak su sağlar [51]. Özellikle Akdeniz iklim kuşağındaki ülkelerde, bu sistemler sayesinde yıllık enerji tüketiminde %40'a varan tasarruf sağlanabilmektedir [47]; [55]

Rüzgâr enerjisinin yapı kabuğuna entegrasyonu, yenilenebilir enerji uygulamalarında daha az yaygın olmakla birlikte, özellikle yüksek binalarda ve rüzgar potansiyeli yüksek bölgelerde etkili bir çözüm sunmaktadır [49]; [56]. Dikey eksenli rüzgar türbinleri, bina çatılarına veya cephelere entegre edilerek düşük rüzgar hızlarında bile enerji üretebilmektedir [51]; [57]. Örneğin, İngiltere'de yapılan bir çalışma, rüzgar türbinlerinin bina çatılarında kullanılmasıyla yıllık elektrik ihtiyacının %20'sinin karşılanabileceğini ortaya koymuştur [47]; [58]

Jeotermal enerji sistemleri, yapı kabuğuna doğrudan entegre edilmese de, bina temelleri ve zemin ısı değiştiricileri ile birlikte çalışarak binaların ısıtma ve soğutma yüklerini azaltmaktadır [49]; [59]. Yüzeysel jeotermal sistemler, bina çevresine döşenen borular aracılığıyla yer altı sıcaklığından faydalanarak iç mekân sıcaklığını dengeler [51]; [60]. Örneğin, Kuzey Avrupa'da yaygın olarak kullanılan jeotermal ısı pompaları, düşük enerji maliyetleri ile yüksek verimli ısıtma ve soğutma sağlamaktadır [47]; [8].

Yeşil çatı ve cephe sistemleri hem pasif enerji stratejileri hem de yenilenebilir enerji sistemleri ile bütünleşik çalışarak yapı kabuğunun enerji performansını artırmaktadır [49]; [60]. Yeşil çatılar, bina içi sıcaklık dengesini sağlayarak soğutma ihtiyacını azaltırken, aynı zamanda güneş panelleriyle birlikte kullanıldığında panel verimliliğini artırarak enerji üretimine katkıda bulunmaktadır [51]; [52]. Örneğin, Japonya'da yapılan bir araştırma, yeşil çatı ile entegre edilen PV panellerin, yüzey sıcaklığını düşürerek enerji üretim verimini %10 artırdığını göstermiştir [47]; [63].

Yenilenebilir enerji sistemlerinin yapı kabuğu ile bütünleşik kullanımı, enerji tüketimini azaltmanın yanı sıra, binaların karbon ayak izini düşürerek çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir [49]; [50]. Avrupa Birliği tarafından belirlenen Neredeyse Sıfır Enerjili Binalar (nZEBs) hedefi doğrultusunda, yenilenebilir enerji entegrasyonu giderek zorunlu hale gelmektedir [51]; [64]. Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte, akıllı bina sistemleri ve enerji depolama çözümleri sayesinde, üretilen yenilenebilir enerjinin verimli bir şekilde kullanımı mümkün hale gelmektedir [47]; [48].

Sonuç olarak, yenilenebilir enerji sistemleri ile yapı kabuğu tasarımının entegrasyonu, sürdürülebilir mimarlık ve enerji verimliliği açısından büyük bir potansiyel sunmaktadır. Fotovoltaik paneller, güneş kolektörleri, rüzgâr türbinleri, jeotermal enerji sistemleri ve yeşil çatı çözümleri, yapı kabuğuna entegre edilerek binaların kendi enerjisini üretmesini ve fosil

yakıt tüketimini minimize etmesini sağlamaktadır [49]; [61]. Bu sistemlerin yaygınlaşması, enerji maliyetlerini düşürmenin yanı sıra, iklim değişikliği ile mücadelede de kritik bir rol oynamaktadır [51]; [63].

3.8. Sürdürülebilir Malzeme Seçimi ve Yapı Kabuğu Tasarımı

Sürdürülebilir malzeme seçimi, yapı kabuğu tasarımının çevresel etkilerini azaltarak enerji verimliliğini artıran temel unsurlardan biridir [65]. Günümüzde yapı sektörü, yüksek karbon salınımı, enerji tüketimi ve doğal kaynakların tükenmesi gibi ciddi çevresel sorunlarla karşı karşıyadır [66].

Bu nedenle, sürdürülebilir yapı malzemelerinin kullanımı, binaların yaşam döngüsü boyunca çevreye olan etkilerini minimize etmekte ve sürdürülebilir mimari anlayışını desteklemektedir [67].

Yapı kabuğu, binanın dış ortam ile iç mekân arasındaki termal, akustik ve görsel performansını belirleyen en kritik bileşenlerden biridir [65]. Malzeme seçimi, yapı kabuğunun enerji tüketimini ve çevresel ayak izini doğrudan etkileyerek, binanın karbon salınımını azaltabilir [66]. Doğal, geri dönüştürülebilir ve düşük karbon ayak izine sahip malzemeler, yapı kabuğunun sürdürülebilirliğini artıran temel unsurlar arasında yer almaktadır [67].

Ahşap ve bambu kullanımı

Ahşap, yenilenebilir bir kaynak olması ve karbon tutma kapasitesi nedeniyle sürdürülebilir yapı malzemeleri arasında öne çıkmaktadır [65]. Çapraz lamine ahşap (CLT) gibi yeni nesil ahşap ürünleri hem taşıyıcı sistemlerde hem de yapı kabuğu elemanlarında yüksek mukavemet ve ısı yalıtımı sunarak beton ve çeliğe alternatif bir çözüm oluşturmaktadır. [66]. Norveç'teki Mjøstårnet binası, 85 metre yüksekliğiyle dünyanın en yüksek ahşap binası olarak, sürdürülebilir yapı kabuğu tasarımında ahşabın potansiyelini göstermektedir [67].

Bambu ise, hızlı büyüme hızı ve yüksek dayanımı ile özellikle sıcak iklim bölgelerinde sürdürülebilir bir yapı kabuğu malzemesi olarak kullanılmaktadır [65]. Geleneksel yapı sistemlerinde hafiflik ve esneklik avantajı sağlayan bambu, Asya ve Güney Amerika'da yerel sürdürülebilir mimaride sıkça tercih edilmektedir [66].

Geri dönüştürülmüş malzemeler

Geri dönüştürülmüş malzemeler, mevcut yapı atıklarının yeniden kullanımı ile hem çevresel yükü azaltmakta hem de enerji tüketimini düşürmektedir [66]. Geri dönüştürülmüş tuğla, metal ve cam malzemeler, yeni yapı üretiminde hammadde ihtiyacını azaltarak döngüsel ekonomi prensiplerine katkı sağlamaktadır [65].

Geri dönüştürülmüş alüminyum cephe panelleri, geleneksel alüminyuma kıyasla %90 daha az enerji tüketerek üretilmekte ve bina kabuğunun hafif olmasını sağlamaktadır [66]. Cam yünü ve geri dönüştürülmüş PET malzemelerinden üretilen yalıtım panelleri, ısı performansını artırırken atık plastiklerin değerlendirilmesini mümkün kılmaktadır [67].

Toprak ve kerpiç kullanımı

Toprak bazlı malzemeler, düşük karbon ayak izi ve yüksek termal kütle özellikleriyle, özellikle sıcak ve kurak bölgelerde enerji verimli yapı kabukları için etkili bir çözümdür [65]. Sıkıştırılmış toprak (rammed earth) ve kerpiç, yerel malzemelerin kullanımı sayesinde transport kaynaklı karbon salınımını düşürerek sürdürülebilir yapı tasarımına katkı sağlamaktadır [66].

Fas ve İran'daki geleneksel toprak yapılar, gündüz sıcaklıklarını absorbe edip gece boyunca iç mekâna yayarak doğal bir ısı dengeleme sistemi oluşturmakta ve soğutma ihtiyacını azaltmaktadır [67].

Biyobazlı malzemeler

Biyobazlı malzemeler, doğal kaynaklardan elde edilen ve geri dönüşebilir özellik taşıyan malzemelerdir [65]. Kenevir bazlı yalıtım panelleri, mantar bazlı kompozitler ve keten lifi takviyeli duvar kaplamaları, yapı kabuğunda yüksek termal ve akustik performans sağlayarak enerji verimliliğini artırmaktadır [66].

Özellikle mantardan üretilen paneller, hafif, nefes alabilir ve suya dayanıklı özellikleriyle geleneksel petrol bazlı yalıtım malzemelerine çevreci bir alternatif oluşturmaktadır [67]. Fransa ve Portekiz'de yapılan çalışmalara göre, mantar paneller ile kaplanan binalarda, iç mekân sıcaklığının daha stabil olduğu ve enerji tüketiminin %25 oranında azaldığı gözlemlenmiştir [65].

Sürdürülebilir kaplama ve yalıtım malzemeleri

Yapı kabuğunda doğal ve düşük VOC (uçucu organik bileşik) içeren kaplama malzemeleri, iç mekân hava kalitesini artırarak sağlıklı yaşam alanları oluşturmaktadır [66]. Kil bazlı sıvalar, kireç bazlı boyalar ve doğal taş kaplamalar, kimyasal içeriği düşük, nefes alabilir ve geri dönüştürülebilir malzemeler arasında yer almaktadır [67].

İsveç'te geliştirilen fotokatalitik kaplamalar, bina yüzeylerindeki hava kirleticileri emerek dış cephelerin **kendini temizlemesini** ve **hava kalitesini iyileştirmesini** sağlamaktadır [65].

Sonuç olarak, sürdürülebilir malzeme seçimi, yapı kabuğunun enerji performansını artırarak karbon ayak izini azaltan önemli bir faktördür [66]. Ahşap, bambu, geri dönüştürülmüş malzemeler, toprak bazlı çözümler ve biyobazlı yalıtım sistemleri, çevre dostu bina tasarımlarında ön plana çıkmaktadır [67]. Bu malzemelerin yerel iklim koşullarına ve bina fonksiyonuna uygun şekilde kullanılması, enerji verimli, düşük karbon emisyonlu ve sağlıklı yaşam alanlarının oluşturulmasına katkı sağlamaktadır [65].

3.8.1. LEED Kapsamında Malzeme Seçiminin Önemi

LEED, binaların çevresel sürdürülebilirliğini değerlendiren ve enerji verimli tasarım süreçlerini teşvik eden uluslararası bir yeşil bina sertifikasyon sistemidir [16]. Yapı malzemelerinin seçiminde enerji tüketimi, karbon ayak izi, geri dönüştürülebilirlik, sağlığa etkiler ve yerel kaynak kullanımı gibi kriterler, LEED kapsamında değerlendirilen temel unsurlar arasında yer almaktadır [64]. LEED sertifikasyonu, yapı kabuğunun enerji performansını, iç mekân hava kalitesini ve çevresel sürdürülebilirliğini artıran malzeme seçimlerini teşvik ederek, binaların yaşam döngüsü boyunca ekolojik etkilerini minimize etmektedir [66].

Geri dönüştürülmüş ve yeniden kullanılmış malzemelerin önemi

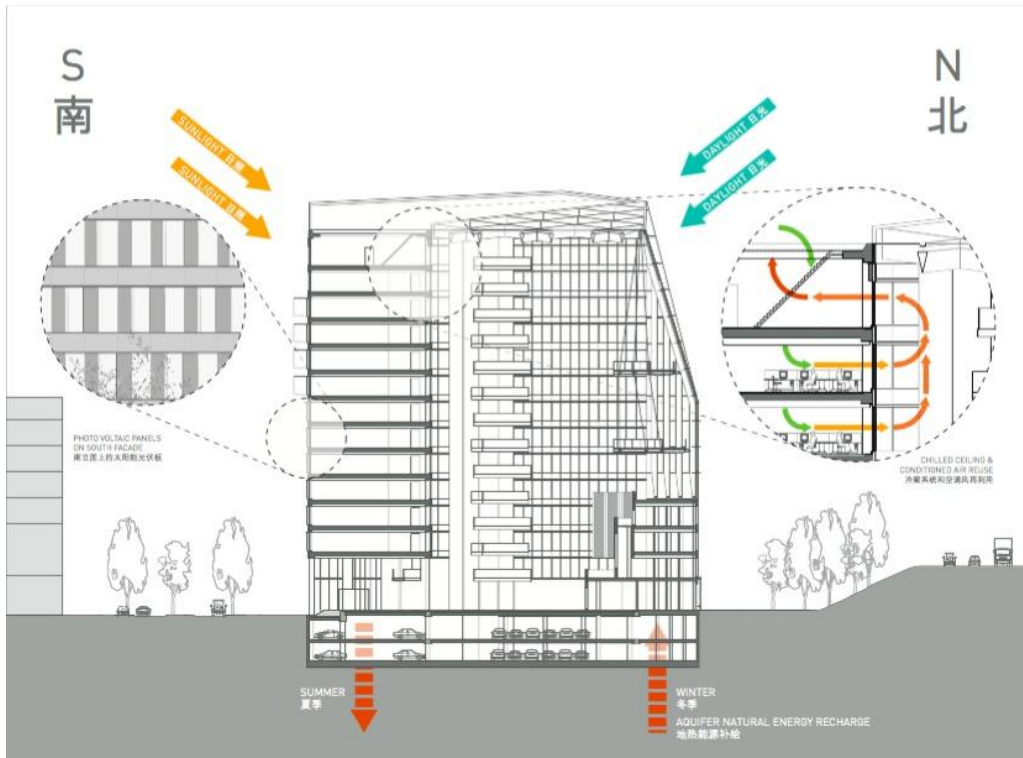
LEED sertifikalı binalarda, geri dönüştürülmüş ve yeniden kullanılmış malzemelerin tercih edilmesi, kaynak tüketimini azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır [66]. LEED v4 ve v4.1 sürümleri, yapı malzemelerinin geri dönüştürülmüş içerik oranını, ömrü boyunca enerji performansını ve toksik içerik miktarını değerlendirerek puanlandırma yapmaktadır [16].

Geri dönüştürülmüş alüminyum paneller, geleneksel üretime kıyasla %95 daha az enerji harcayarak üretildiği için, LEED kapsamında binaların malzeme ve kaynaklar

(Materials and Resources - MR) kategorisinde ek puan kazandırmaktadır [65]. Geri dönüştürülmüş cam ve plastikten üretilen kompozit kaplama panelleri, hem atık yönetimini desteklemekte hem de enerji tüketimini azaltarak yapı kabuğunun sürdürülebilirliğini artırmaktadır [66].

Düşük VOC içeren ve sağlığa zararsız malzeme kullanımı

LEED sertifikasyon sürecinde, uçucu organik bileşikler (VOC) içermeyen veya düşük VOC seviyesine sahip malzemelerin kullanımı, iç mekân hava kalitesini artırarak kullanıcı sağlığını koruma açısından önemli bir kriterdir [16]. Su bazlı boyalar, doğal reçinelerle üretilen yapıştırıcılar ve toksik madde içermeyen zemin kaplamaları, bina sakinlerinin sağlığını koruyarak LEED iç mekân çevre kalitesi (Indoor Environmental Quality - EQ) kategorisinde ek puan kazandırmaktadır [67]. Şekil 5'te gözüktüğü üzere LEED Gold sertifikalı The Edge Binası (Amsterdam, Hollanda), düşük VOC içeren kaplamalar ve hava temizleyici fotokatalitik yüzeyler kullanarak iç mekân hava kalitesini optimize etmiştir [66].



Şekil 3.5. The edge binası kesit çizimi [67].

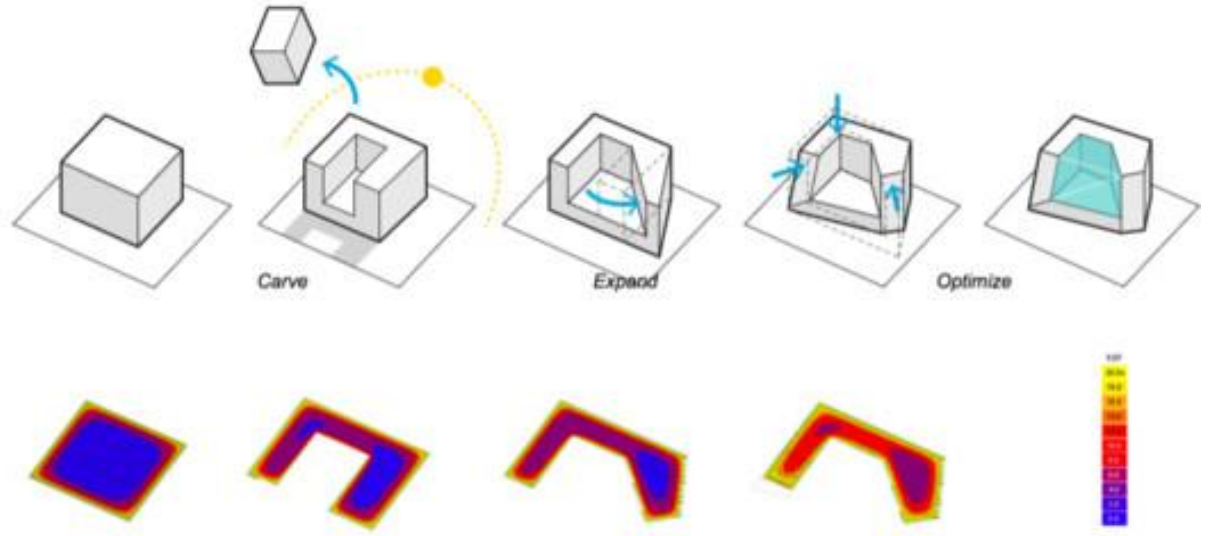
The Edge 15 katlı atriumuyla şehre açılan bir ofis binasıdır. (Şekil 3.6) Bu atrium aynı zamanda yeni dünyanın çalışma düzenine uyum sağlayan dijital sistemlerle beraber

tasarlanmıştır. LEED Gold sertifikası kazanan yapı Building Research Establishment (BRE) tarafından şimdiye kadar kaydedilen en yüksek dereceyi kazanmıştır.



Şekil 3.6. The edge binası atrium [68].

Edge'in şeklini ve yönelimini ince ayarlamak, genel merkezin olağanüstü iklim ve enerji performansına ulaşma yolunda atılan ilk adımdı. (Şekil 3.7) Büyük 15 katlı kuzeye bakan bir atriyum etrafında düzenlenmiş büyük kat plakalarının düzenlenmesi, doğal gün ışığının ofis alanlarının büyük çoğunluğuna ulaşmasını sağlarken, yük taşıyan yapı ve güneşe bakan cephelerin daha küçük camlı açıklıkları termal kütle ve gölge sağlar. Atriyum, binanın akciğeridir ve ofis alanını havalandırırken hem yaz hem de kış aylarında enerji kullanımını azaltan bir şekilde dış mekanla bir tampon oluşturur. Enerji açısından nötr sıcaklık kontrolünün, enerji tasarruflu tasarımının ve yeşil enerji üreten teknolojisinin yanı sıra, Edge yağmur suyunu toplar ve yer altına depolayarak tuvaletleri sifonlamak ve iç ve dış bahçelerdeki bitkileri sulamak için kullanır [68].



Şekil 3.7. Edge kütle oluşum kararları diyagramı [68].

Yerel ve doğal malzeme kullanımı

LEED kapsamında **yerel kaynaklardan elde edilen malzemeler**, ulaşım sırasında oluşan karbon emisyonlarını azaltarak sürdürülebilir malzeme kullanımını teşvik etmektedir [16]. Ahşap, taş, kerpiç ve doğal kil bazlı sıvalar gibi yerel malzemeler hem bölgesel ekonomik kalkınmayı desteklemekte hem de yapı kabuğunun çevresel etkilerini minimize etmektedir [66].

Norveç'teki Powerhouse Brattørkaia binası, bölgeden çıkarılan taş ve sürdürülebilir sertifikalı ahşap malzemeler kullanarak, LEED sertifikasyonunun malzeme ve kaynak kullanımı kriterlerinde yüksek puan elde etmiştir [67].

Powerhouse Brattørkaia binası 18.000 m²' lik bir ofis yapısıdır. Bir cephesi liman tarafında olan yapının arka cephesi de bir yaya köprüsüyle Trondheim Merkez İstasyonu'na bağlanmaktadır. Su kıyısındaki cephe, binanın en ince yüzü olup, projenin komşularıyla benzer bir ölçekte okunmasını sağlar. Siyah alüminyum ve güneş panelleriyle kaplı cephe, bitişikteki Trondheim Fiyordu'na yansır. Powerhouse Brattørkaia, ortalama olarak günlük tükettiğinden iki kat daha fazla elektrik üretecek ve yerel bir mikro şebeke aracılığıyla kendisine, komşu binalara, elektrikli otobüslere, arabalara ve teknelere yenilenebilir enerji sağlayacaktır.

Projenin üç temel hedefi bulunuyor; yapının sağladığı temiz enerji miktarını maksimum seviyeye çıkarmak, işletme için gereken enerjiyi en aza indirmek ve kiracıları ve

halk için davetkar bir mekân sunmak. Yapının konumu güneşe maksimum maruziyetine sağlanmak üzere özellikle seçilmiştir [69].

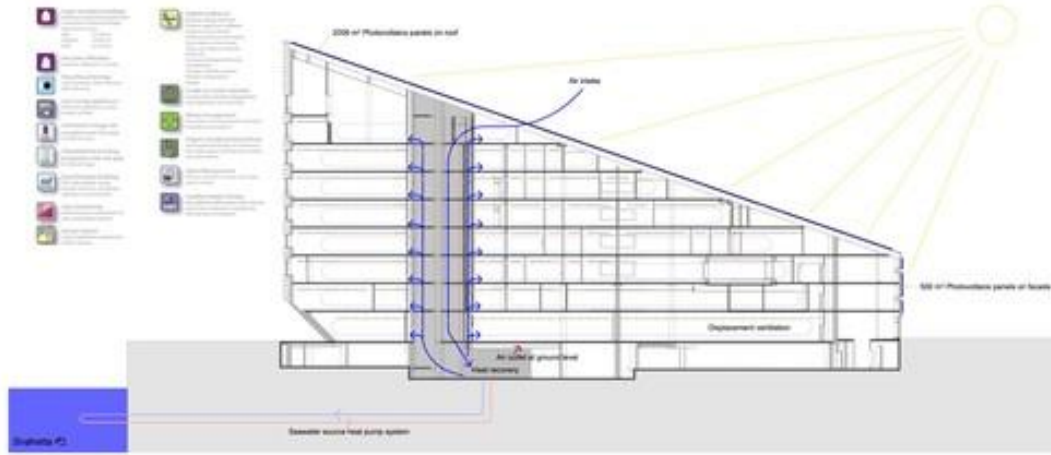
Yapının eğimli, beşgen formundaki çatısı ve cephesinin üst kısmı, mümkün olduğunca fazla güneş enerjisinden faydalanacak şekilde stratejik olarak yerleştirilmiş yaklaşık 3.000 m²'lik güneş panelleriyle kaplıdır (Şekil 3.8). Bir yıl boyunca bu, temiz, yenilenebilir enerjiyle toplam yaklaşık 500.000 kWh'ye denk gelir. Aslında, bina şehrin ortasında küçük bir enerji santrali olarak da işlev görmektedir. Bina ayak izine enerji depolama için geniş bir alan yerleştirilmiştir ve bu sayede neredeyse tamamen gün ışığının olduğu yaz aylarında fazladan enerji depolanabilir ve daha sonra gün ışığının en az olduğu kış aylarında kullanılabilir.



Şekil 3.8. Powerhouse Brattørkaia binası cephesi [69].

Bina, günlük operasyonları için enerji kullanımını azaltmak için teknolojiden yararlanarak son derece enerji verimlidir. Bu, binayı maksimum verimlilik için yalıtarak, ısıtma ihtiyacını azaltmak için hava akışı için akıllı çözümler kurarak, havayı ve gri suyu (tuvaletler hariç tüm kaynaklardan gelen atık su) havalandırmak için ısı geri kazanım çözümleri kullanarak, ısıtma ve soğutma için deniz suyu kullanarak ve yalnızca enerji

tasarruflu elektrikli cihazlar uygulayarak gerçekleştirilir [68]. Gün ışığı koşulları bina tasarımı boyunca optimize edilir ve yapay ışık kullanımı minimumda tutulur (Şekil 3.9).

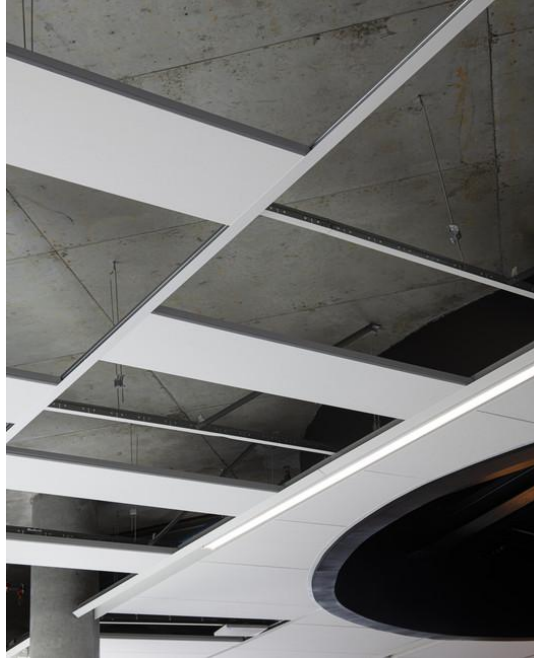


Şekil 3.9. Powerhouse Brattørkaia binası kesiti [69].

Powerhouse, temiz hava ve termal konfora odaklanmasını aşırı enerji verimliliğiyle dengeleyen stratejilerle binanın sakinlerinin fiziksel konforunu ve refahını önceliklendirir. Havalandırma sistemi, iç mekanlara hoş ve temiz hava sağlar ve Trondheim'in ılıman ve nemli iklimine uyum sağlar. Ofis manzarası, havalandırmayı düzenleyen hava temini için teknik tesisatlar içerir. Hava, düşük hızda zemine yakın bir yerden dışarı verilirken, tahliye, merdiven boşluklarındaki bastırma ile merkezi olarak gerçekleşir. Ayrıca, binanın yapısal sistemi, tavadaki stratejik kesiklerden açığa çıkan termal kütleden (düşük emisyonlu beton) oluşur (Şekil 3.10). Kütle, ısıyı ve soğuğu emer ve tutar ve elektrik kullanmadan binadaki sıcaklığı düzenlemeye yardımcı olur [69].

Enerji Verimli Yalıtım Ve Kaplama Malzemeleri

LEED sertifikası kapsamında ısı yalıtımı ve yapı kabuğunun enerji performansı, binaların sürdürülebilirlik seviyesini belirleyen kritik faktörlerden biridir [16]. Yüksek performanslı termal yalıtım malzemeleri, pasif tasarım stratejileriyle birleştiğinde, yapı kabuğunun enerji tüketimini düşürerek LEED sertifikasyonunda önemli bir avantaj sağlamaktadır [66].



Şekil 3.10. Powerhouse Brattørkaia binası tavan [69].

Almanya'daki Passivhaus projelerinde kullanılan yüksek yoğunluklu mantar ve selüloz bazlı yalıtım malzemeleri, ısı kayıplarını %30 oranında azaltarak LEED ve diğer yeşil bina sertifikasyon sistemleri için yüksek enerji verimliliği sağlamaktadır [67].

PassivHaus sistemi, güneşe bakan pencereler ve gölgeleme elemanları gibi pasif tasarım özelliklerini içerir. Ancak en önemli fark, PassivHaus'un ısıtma gereksiniminin taze, önceden ısıtılmış hava ile karşılanmasıdır. Başka bir deyişle, PassivHaus'taki havalandırma sistemi aynı zamanda bir ısıtma ortamı olarak da kullanılır. Bu tamamen aktif bir yaklaşımdır [70].

Ayrıca, düşük ısı geçirgenlik katsayısına sahip cam cephe sistemleri, yazın soğutma, kışın ise ısıtma yüklerini azaltarak bina enerji performansını iyileştirmekte ve LEED sertifikasyonunda enerji puanı kazandırmaktadır [65].

Sonuç olarak, LEED sertifikasyonu kapsamında yapı malzemelerinin seçiminde sürdürülebilir, sağlıklı ve enerji verimli kriterler ön planda tutulmaktadır [16]. Geri dönüştürülmüş ve yerel malzemelerin kullanımı, düşük VOC içeren kaplamalar, enerji verimli yalıtım malzemeleri ve toksik içermeyen bileşenler, LEED sertifikalı binaların çevresel performansını artırarak sürdürülebilir yapı tasarımına katkı sağlamaktadır [66].

3.8.2. Sürdürülebilir Yapı Kabuğu Malzemeleri: Geri Dönüştürülebilirlik Ve Düşük Karbon Ayak İzi

Sürdürülebilir yapı kabuğu malzemeleri, çevresel etkileri minimize etmek, enerji verimliliğini artırmak ve binaların yaşam döngüsü boyunca karbon ayak izini düşürmek amacıyla tasarlanan malzemelerden oluşmaktadır [65]. LEED sertifikasyonu kapsamında, geri dönüştürülebilir ve düşük karbon salınımına sahip yapı malzemelerinin tercih edilmesi, sürdürülebilir bina tasarımının temel ilkelerinden biridir [16]. Malzeme seçimi, binaların karbon emisyonlarını azaltmada önemli bir rol oynayarak, ekolojik dengeyi korumaya katkı sağlamaktadır [66].

Geri dönüştürülebilir malzemelerin yapı kabuğunda kullanımı

Geri dönüştürülebilir malzemeler, atıkların tekrar değerlendirilmesini sağlayarak doğal kaynak kullanımını azaltmakta ve sürdürülebilir yapı tasarımını desteklemektedir [67]. Yapı kabuğunda kullanılan geri dönüştürülebilir malzemeler hem enerji tasarrufu sağlamakta hem de bina ömrü boyunca çevresel etkinin en aza indirilmesine yardımcı olmaktadır [71].

Geri dönüştürülmüş çelik, geleneksel çelik üretimine kıyasla yaklaşık %75 daha az enerji kullanılarak üretilir ve bu da karbon emisyonlarını önemli ölçüde azaltır [65]. Empire State Binası'nın yenilenmesi sırasında geri dönüştürülmüş çelik ve cam panellerin kullanımı binanın performansının artırılmasına katkıda bulunmuş ve nihayetinde LEED Altın sertifikası kazanılmasını sağlamıştır [16]. 2010 yılında bina 550 milyon dolarlık bir yenilemeden geçmiştir ve bunun 120 milyon doları özellikle çevresel verimliliği ve sürdürülebilirliği iyileştirmeye ayrıldı. Yeşil yenileme, eskiyen pencerelerin çift kanatlı, açılıp kapanabilen kanatlı pencerelerle değiştirilmesini ve enerji tasarruflu bir ısıtma ve soğutma sisteminin kurulmasını içeriyordu. 6.500 pencerenin tamamı, gün ışığına izin verirken ısıyı engelleyecek şekilde yeniden üretildi ve bunun sonucunda sıcak günlerde klima maliyetleri düşürüldü ve yenileme yatırımından anında 17 milyon dolar geri kazanıldı.

Eylül 2011'de, ikonik Art Deco tarzındaki Empire State Binası, LEED Gold sertifikası alan Amerika Birleşik Devletleri'ndeki en yüksek bina oldu. Yenileme çalışmaları sonucunda binanın enerji tüketimi yaklaşık %40 oranında azaltıldı. Bu iyileştirmeler, enerji kullanımını %38 oranında azaltmayı, enerji maliyetlerinde yıllık 4,4 milyon dolar tasarruf sağlamayı ve 15 yıllık bir süre içinde karbon emisyonlarını 105.000 ton azaltmayı amaçlıyordu. Enerji altyapısı iyileştirmelerine ek olarak, sürdürülebilir operasyonel

uygulamalar da enerji ihtiyaçları Green Mountain Energy'den yıllık 55 milyon kilovatsaat yenilenebilir enerji satın alınarak karşılanan bu simge yapının yönetimine entegre edildi (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Empire State renevasyon süreci [72].

Yeni geri dönüşüm pogramı bulunan ofislerin iç mekânında düşük VOC (çevreye ve insan sağlığına zarar verebilecek kimyasallar) ve geri dönüştürülmüş malzemeler boyalarda, halılarda ve duvar kaplamalarında kullanılır. Binanın içindeki ofis alanları da yenilenerek, LEED Ticari İç Mekân Sertifikası için yeşil alanlar haline getirildi. Empire State Binası'ndaki yetkililer, yeşil renovasyon konusunda şeffaf bir yaklaşım sergiledi ve analitik modeli açık kaynak durumuna getirerek diğer binaların da yararlanmasını sağladı [72].

Benzer şekilde, geri dönüştürülmüş ahşap ve kompozit malzemeler, yeni kesim yapılmadan bina kabuğunda doğal ve estetik bir görünüm sağlarken, karbon depolama kapasitesi sayesinde çevresel fayda sunmaktadır [66].

Bunun yanı sıra, geri dönüştürülmüş cam paneller, yapı kabuğunda ışık geçirgenliği ve estetik özellikleri iyileştirirken, üretim aşamasındaki karbon emisyonlarını düşürmektedir [66]. Hollanda'da yer alan The Edge binasında kullanılan düşük demir içerikli geri dönüştürülmüş cam paneller, binanın doğal aydınlatma performansını artırırken, karbon ayak izini minimuma indirmiştir [71].

Düşük karbon ayak izine sahip malzemelerin önemi

Binaların karbon ayak izi, malzeme üretimi, nakliyesi, inşası ve işletimi sırasında ortaya çıkan sera gazı emisyonlarını ifade etmektedir [16]. Yapı kabuğunda kullanılan düşük karbon ayak izine sahip malzemeler, bina inşaatının çevresel etkilerini azaltarak sürdürülebilirliği desteklemektedir [66].

Bambu ve sıkıştırılmış toprak malzemeleri, düşük enerji tüketimiyle üretildiği için karbon ayak izini büyük ölçüde azaltmaktadır [65]. Çin'de yapılan sürdürülebilir konut projelerinde sıkıştırılmış toprak duvar sistemlerinin kullanımı hem doğal ısı yalıtımı sağlamış hem de yerel kaynak kullanımını teşvik ederek karbon salınımını düşürmüştür [67].

Bir diğer düşük karbon malzemesi olan yüksek performanslı ahşap paneller (CLT - Cross Laminated Timber), geleneksel betonarme sistemlere kıyasla %50'ye varan karbon emisyonu azalımı sağlamaktadır [71]. Norveç'te inşa edilen Mjøstårnet binası, CLT malzemeleri sayesinde dünyanın en yüksek sürdürülebilir ahşap yapısı olarak düşük karbon ayak iziyle öne çıkmaktadır [16].

Mjøstårnet, yerel halkın ve ziyaretçilerin faydalanabileceği imkanları olan, karma kullanımlı modern bir kuledir. 18 kattan oluşan 85,4 metre yüksekliğindeki kulenin katlarının taban alanı yaklaşık 640 m²'dir. Kulenin toplam programı yaklaşık 10 500 m²'dir ve ek olarak 4 500 m²'lik bir halk banyosu vardır [73] (Şekil 3.12).

Yapı Yüksek Binalar ve Kentsel Habitat Konseyi'ne göre, dünyanın en yüksek ahşap binası olmuştur. Mjøstårnet yaklaşık 3.500m³ keresteden veya yaklaşık 14.000 µs'den yapılmıştır. Bu nedenle, Mjøstårnet ve diğer ahşap binalar gibi bir projenin başarılı olması için planlı ve sürdürülebilir ormancılık kurgulanmalıdır (Şekil 3.13).

Ayrıca, kil bazlı sıvalar ve doğal taş kaplamalar, sentetik malzemelere kıyasla üretim sürecinde çok daha az enerji tüketmekte ve binaların çevresel etkisini azaltmaktadır [73]. İspanya'da sürdürülebilir yapı projelerinde yerel kireç sıvaları ve doğal taş kaplamalar kullanılarak hem malzeme taşıma maliyetleri hem de karbon emisyonları azaltılmıştır [73].



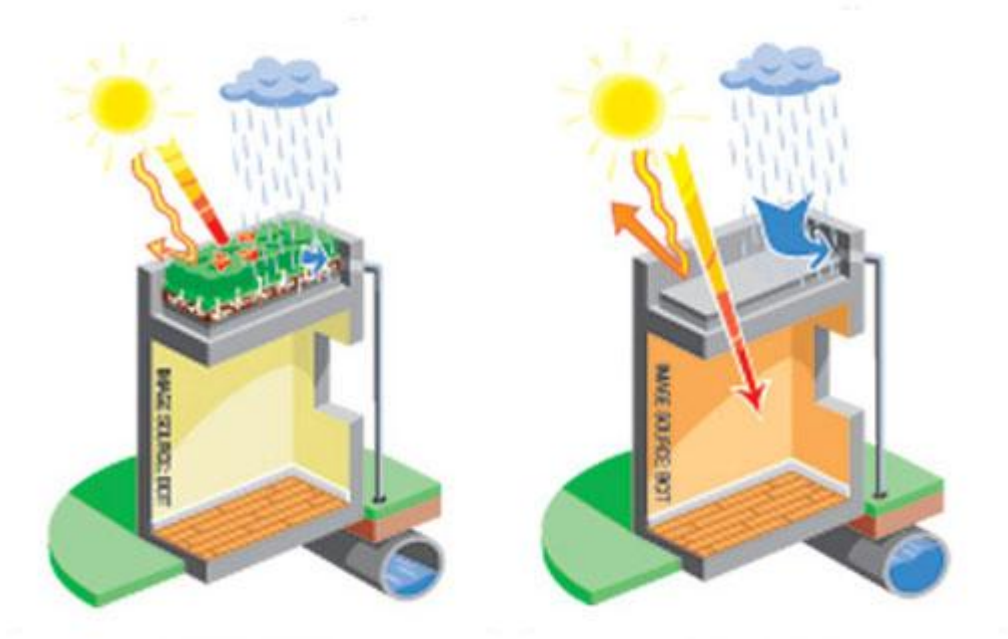
Şekil 3.12. Mjøstårnet iç mekân görselleri [73].



Şekil 3.13. Mjøstårnet binası dış cephe görüntüsü [73].

Yeşil çatılar ve düşük karbon malzemelerle ısı adası etkisini azaltma

Düşük karbon ayak izine sahip malzemelerin yeşil çatı sistemleri ile entegrasyonu, binaların termal performansını artırarak kentsel ısı adası etkisini azaltmaktadır [70]. Bitki bazlı yalıtım malzemeleri (keten, kenevir ve mantar bazlı paneller), yeşil çatı ve dikey bahçe sistemleriyle birlikte kullanıldığında, binaların enerji ihtiyacını azaltarak LEED sertifikasyon sürecinde ek puan kazandırmaktadır [16] (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Yeşil çatı ile betonarme çatı karşılaştırma diyagramı [74].

Almanya’da bulunan Hamburg Hafencity projesinde kullanılan yeşil çatı sistemleri, yağmur suyu yönetimini iyileştirirken, karbon emisyonlarını da düşürmüştür [66]. Benzer şekilde, Fransa’nın Paris kentinde uygulanan yeşil çatı projeleri, geleneksel çatı kaplamalarına kıyasla %40 daha düşük karbon ayak izi sağlamaktadır [67].

Sonuç olarak, sürdürülebilir yapı kabuğu malzemeleri, geri dönüştürülebilirlik ve düşük karbon ayak izi odaklı tasarım anlayışıyla binaların çevresel etkisini azaltmaktadır [16]. Geri dönüştürülmüş çelik, cam, ahşap ve kompozit malzemeler, sürdürülebilir bina kabuğunda yaygın olarak kullanılan düşük karbon seçenekleri arasındadır [65]. Bunun yanı sıra, sıkıştırılmış toprak, doğal taş, CLT ve yeşil çatı gibi yenilikçi çözümler, bina enerji performansını artırarak sürdürülebilir yapı tasarımına önemli katkılar sunmaktadır [66].

3.8.3. Yapı Kabuğu Sistemlerinde Kullanılan Yenilikçi Malzemeler

Yapı kabuğu sistemlerinde kullanılan yenilikçi malzemeler, binaların enerji verimliliğini artırmak, çevresel etkilerini azaltmak ve sürdürülebilirliği desteklemek amacıyla geliştirilmiştir [65]. LEED sertifikasyon sürecinde, yenilikçi yapı kabuğu malzemeleri binaların performans kriterlerini iyileştirdiği için önemli bir rol oynamaktadır [16]. Bu malzemeler, ısı yalıtımı, güneş kontrolü, ses yalıtımı ve yapısal dayanıklılık gibi çeşitli işlevleri optimize ederek bina performansına katkıda bulunmaktadır [66].

Şeffaf izolasyon malzemeleri (TIMS - transparent insulation materials)

Şeffaf izolasyon malzemeleri (TIMs), geleneksel yalıtım malzemelerine kıyasla daha fazla ışık geçirgenliği sağlarken, ısı yalıtım performansını artıran yenilikçi bir çözümdür [71]. Polikarbonat paneller, aerogel dolgulu cam sistemleri ve mikro-prizmatik yapıdaki yalıtım malzemeleri, bina kabuğunda doğal aydınlatma seviyesini artırırken ısı kayıplarını minimize etmektedir [72].

Örneğin, İsviçre'deki Federal Teknoloji Enstitüsü tarafından geliştirilen aerogel dolgulu cam paneller, geleneksel çift camlı sistemlere göre %50 daha iyi yalıtım sağlamaktadır [16]. Almanya'daki Solar Decathlon projelerinde kullanılan şeffaf izolasyon malzemeleri, binaların gün ışığını maksimum seviyede kullanmasına ve enerji ihtiyacını azaltmasına katkı sağlamıştır [66].

Biyobazlı ve akıllı malzemeler

Biyobazlı malzemeler, doğal kaynaklardan üretilen ve biyolojik olarak parçalanabilen sürdürülebilir yapı malzemeleri olarak öne çıkmaktadır [65]. Örneğin, keten, mantar ve kenevir bazlı paneller, yüksek ısı yalıtımı sağlarken, karbon emisyonlarını da önemli ölçüde azaltmaktadır [67]. Fransa'da yapılan sürdürülebilir konut projelerinde, kenevir bazlı duvar panelleri kullanılarak hem hafif yapı elemanları elde edilmiş hem de yapının enerji verimliliği artırılmıştır [71].

Akıllı malzemeler ise ortam koşullarına uyum sağlayarak bina performansını optimize eden yenilikçi malzemeler arasında yer almaktadır [16]. Özellikle termokromik ve fotokromik camlar, gün ışığı yoğunluğuna ve sıcaklığa bağlı olarak opak veya şeffaf hale gelerek enerji yönetimini optimize etmektedir [66]. Hollanda'da uygulanan The Edge binasında kullanılan akıllı cam sistemleri, iç mekân aydınlatma ihtiyacını %30 oranında azaltarak enerji verimliliğini artırmıştır [65].

Faz değiştiren malzemeler (PCM - phase change materials)

Faz değiştiren malzemeler (PCM'ler), ısıyı depolayarak ve gerektiğinde serbest bırakarak bina kabuğunun termal performansını iyileştiren yenilikęi malzemelerdir [66]. Malzemeler, gün boyunca ısıyı absorbe ederek i mekân sıcaklığının stabil kalmasını sağlamakta ve ısıtma-soğutma yüklerini azaltmaktadır [71].

İsveç'te uygulanan sürdürülebilir konut projelerinde, duvar panelleri içerisine PCM entegre edilerek kış aylarında ısı depolama kapasitesi artırılmış, yaz aylarında ise serinletici etkisi güçlendirilmiştir [66]. ABD'de yapılan pasif ev projelerinde kullanılan PCM içeren yapı kabuğu elemanları, geleneksel yalıtım malzemelerine kıyasla %20 daha fazla enerji tasarrufu sağlamıştır [16].

Kendi kendini temizleyen malzemeler

Kendi kendini temizleyen yapı kabuğu malzemeleri, bina yüzeylerinin kirlenmesini önleyerek bakım maliyetlerini düşüren ve uzun ömürlü mler sunan yenilikęi malzemeler arasında yer almaktadır [65]. Özellikle titanyum dioksit (TiO_2) kaplamalı camlar, fotokatalitik özellikleri sayesinde yüzeyde biriken organik kirleri parçalayarak bina kabuğunun temiz kalmasını sağlamaktadır [67].

Japonya'da inşa edilen sürdürülebilir ofis binalarında, TiO_2 kaplamalı cam paneller kullanılarak bina kabuğunun uzun süre temiz kalması sağlanmış ve bakım maliyetleri %40 oranında azaltılmıştır [71]. Benzer şekilde, İtalya'nın Milano kentinde uygulanan yeşil bina projelerinde, kendi kendini temizleyen cephe panelleri sayesinde estetik görünüm korunarak enerji tüketimi optimize edilmiştir [66].

Sonuç olarak, yenilikęi yapı kabuğu malzemeleri, binaların enerji verimliliğini artırarak sürdürülebilir yapı tasarımına katkıda bulunmaktadır [16]. şeffaf izolasyon malzemeleri, biyobazlı ve akıllı malzemeler, PCM'ler ve kendi kendini temizleyen yapı elemanları gibi teknolojik mler hem bina performansını iyileştirmekte hem de çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir [65]. Gelecekte, bu tür yenilikęi malzemelerin daha yaygın kullanılması, yapı sektörünün karbon ayak izini azaltarak sürdürülebilir kentleşmeye önemli katkılar sağlayacaktır [66].

3.9. Yapı Kabuğu Tasarımının Su Yönetimi zerindeki Etkileri

Yapı kabuğu tasarımı, sürdürülebilir su yönetimi stratejilerinin uygulanmasında kritik bir rol oynar yağmur suyu hasadı, gri su kullanımı, geçirgen yüzeyler ve buharlaşmalı

soğutma gibi yöntemlerin entegrasyonuna olanak tanımaktadır [65]. Bu stratejiler, su tüketimini azaltarak su kaynaklarının korunmasına, binaların iklim değişikliğine adaptasyonuna ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanmasına katkıda bulunmaktadır [16]. Özellikle LEED ve BREEAM gibi yeşil bina sertifikasyon sistemleri, su verimliliği sağlayan yapı kabuğu tasarım çözümlerini teşvik etmekte ve binaların su ayak izini minimize etmeyi hedeflemektedir [66].

Yağmur Suyu Hasadı ve Gri Su Kullanımı

Yapı kabuğuna entegre edilen yağmur suyu toplama sistemleri, suyun doğrudan bina içinde yeniden kullanımını sağlayarak su tasarrufuna katkıda bulunmaktadır [67]. Örneğin, Almanya'daki "Berlin Adlershof Bilim ve Teknoloji Parkı"nda uygulanan yağmur suyu toplama sistemleri, bina kabuğu üzerinden toplanan suyun depolanarak tuvalet sifonları ve sulama sistemlerinde kullanılmasını sağlamaktadır [71].

Benzer şekilde, gri suyun geri dönüştürülerek kullanılması, bina ölçeğinde su yönetimini optimize etmektedir [65]. Japonya'da uygulanan yeşil bina projelerinde, çatı ve cephelerden toplanan gri suyun filtrelenerek binaların soğutma sistemlerinde ve bahçe sulamalarında kullanılması, toplam su tüketimini %30 oranında azaltmıştır [16]. Bu tür sistemler, su kıtlığı yaşayan bölgelerde sürdürülebilir kentsel gelişimi destekleyen kritik çözümler arasında yer almaktadır [66].

Geçirgen Cephe ve Zemin Tasarımı

Yapı kabuğu tasarımında geçirgen malzemelerin kullanımı, suyun doğal döngüsüne katkıda bulunarak şehirlerde sel riskini azaltmaktadır [67]. Özellikle su geçirgen cephe malzemeleri ve yeşil çatı sistemleri, yüzey akışını azaltarak suyun doğal olarak filtrelenmesini ve yer altı su kaynaklarına ulaşmasını sağlamaktadır [71].

İsveç'in Malmö kentinde uygulanan Augustenborg Ekolojik Konut Projesi'nde, binaların yapı kabuğuna entegre edilen geçirgen paneller ve yeşil çatı sistemleri sayesinde yağmur suyu yönetimi optimize edilmiş ve su baskınları %50 oranında azaltılmıştır [66].

İsveç'in en kapsamlı kentsel sürdürülebilirlik projelerinden biri olan EcoCity Augustenborg'un sosyalliğini artırırken ekonomik ve çevresel olarak sürdürülebilir olan bir mahalle haline getiren bir program grubudur (Şekil 3.15).

Adı	EcoCity Augustenborg
Çalışmanın yeri	Malmö, İsveç
Ölçek	Mikro ölçek; İlçe/mahalle düzeyi
Ele Alınan Toplumsal Zorluklar/konular	- o Yağış suyu yönetimi - o Su kalitesinin iyileşmesi - o Habitatlar ve biyolojik çeşitliliğin korunması - o Yeşil alan oluşturma ve/veya yönetimi - o Eski sanayi bölgelerinin dönüştürülmesi - o Sosyal etkileşim - o Sosyal adalet ve eşitlik
Kullanılan Doğa Temelli Çözüm Yaklaşımları	- o Yeşil çatılar - o Mahalle parkları/Cep parkları - o Göller/göletler - o Sürdürülebilir kentsel drenaj sistemleri

Şekil 3.15. EcoCity Augustenborg projesi genel çerçevesi [75].

Proje kapsamında, yeşil çatılar ve göletlerle birleştirilmiştir. Açık yağmur suyu kanallarıyla bölgedeki taşkınlar durdurularak biyolojik çeşitlilik zenginleştirilip estetik bir ortam yaratılması amaçlanmıştır. [75]



Şekil 3.16. EcoCity Augustenborg Yeşil çatı uygulaması [75].

Buharlaşmalı soğutma ve doğal nem dengeleyici sistemler

Yapı kabuğunun su yönetimi üzerindeki bir diğer önemli etkisi, buharlaşmalı soğutma sistemleri aracılığıyla bina içi ve dışı sıcaklık dengesini optimize etmesidir [67]. Özellikle kurak ve sıcak iklimlerde, yapı kabuğuna entegre edilen su bazlı soğutma sistemleri, iç mekân sıcaklığını düşürerek enerji verimliliğini artırmaktadır [71].

Hindistan'ın Hyderabad kentinde yer alan sürdürülebilir konut projelerinde, yapı kabuğuna entegre edilen buharlaşmalı soğutma yüzeyleri, gün boyunca ısıyı absorbe ederek gece boyunca suyun buharlaşmasını sağlamış ve iç mekân sıcaklığını ortalama 5°C düşürmüştür [66].

Hâkim rüzgârları evin içine almak için kullanılan yüksek bacalar / “rüzgâr toplayıcıları”, “Haydarabad'ın Klimaları” (Airconditioners of Hayderabad) başlığı ile zikredilerek, yüzyıllar boyunca kullanılan doğal havalandırmanın, yüksek-teknolojik iklimlendirme sistemlerinden çok daha fonksiyonel ve çok daha ekonomik olduğu mesajı verilir (Şekil 3.17) [76].



Şekil 3.17. Haydarabad'ın yöresel “klima”ları [76].

Yeşil cepheler ve su tutucu yapı elemanları

Yeşil cephe sistemleri, hem yağmur suyu yönetimine katkı sağlamakta hem de bina yüzeyindeki ısı yükünü azaltarak enerji tüketimini düşürmektedir [64]. Özellikle suyu depolayabilen ve yavaş salınım sağlayan cephe panelleri, aşırı yağış durumlarında suyun kontrollü bir şekilde emilmesini ve buharlaşarak serinletici etki yaratmasını mümkün kılmaktadır [67].

İtalya'nın Milano kentindeki Bosco Verticale projesinde, yeşil cephe sistemleri ile yağmur suyu depolanarak dikey bahçelerde kullanılmakta ve şehirdeki mikro iklim koşulları iyileştirilmektedir [71].

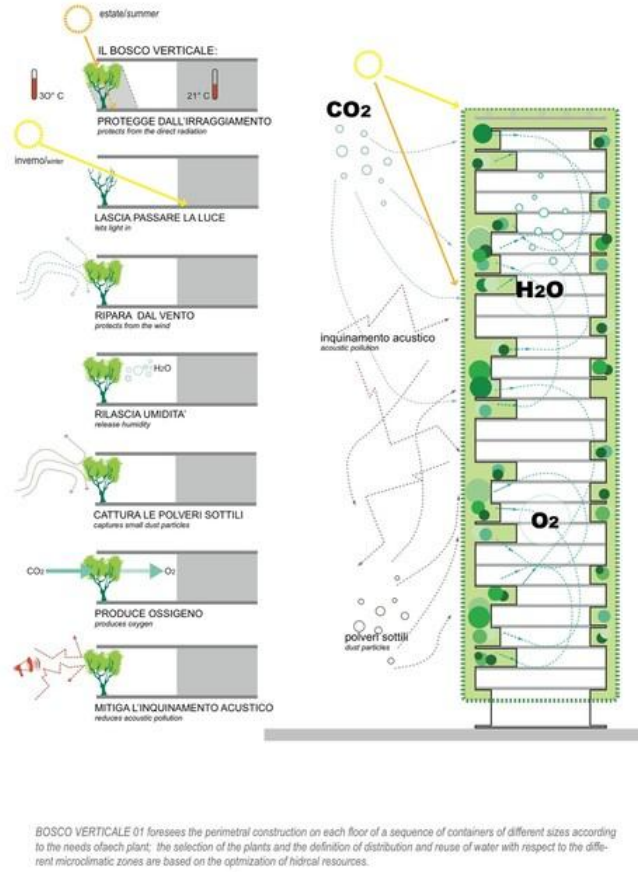
Ekim 2014'te Milano'nun Porta Nuova Isola bölgesinde açıldı. Dikey Ormanı projesinde büyük, orta ve küçük boy olmak üzere 780 ağaç, 11.000 bitki ve 5.000 çalı bulunduruyor. Proje 80 ve 112 metrelik iki kuleden oluşan proje 1.500 m2'lik bir kentsel yüzeyde 20.000 m2 orman ve çalılık alanına eşdeğer (Şekil 3.18) [77].



Şekil 3.18. Bosco Verticale [77].

Dikey Orman biyolojik çeşitliliği artırır. Çeşitli bitki türlerinin ayrı bir dikey ortam yarattığı, ancak mevcut ağ içinde çalışan, kuşlar ve böceklerin (ilk tahmine göre 1.600 kuş ve kelebek türü) yaşayabildiği bir kentsel ekosistemin oluşumunu teşvik eder. Bu şekilde, şehrin flora ve faunasını yeniden canlandırmak için kendiliğinden bir faktör oluşturur. Dikey Orman, bir mikro iklim oluşturmaya ve kentsel ortamda bulunan ince parçacıkları filtrelemeye yardımcı olur. Bitki çeşitliliği, nem üreten, CO2 ve parçacıkları emen, oksijen

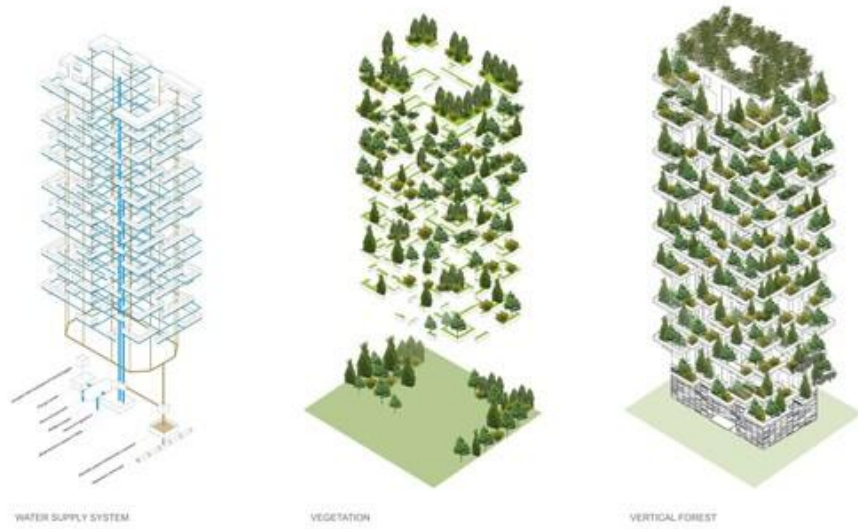
üreten ve radyasyon ve gürültü kirliliğine karşı koruyan mikro iklimin gelişmesine yardımcı olur (Şekil 3.19) [77].



Şekil 3.19. Bosco Verticale diyagram çalışmaları [77].

Bitkilerin yetiştiği havzaların yönetimi, her türlü bitki örtüsünün bakımı, yenilenmesi ve her havza için yetiştirilen bitki sayısı kat mülkiyetinin sorumluluğundadır. Mikrometeorolojik çalışmalar sonrasında iklimsel özellikler incelenerek sulama ihtiyacının hesaplanması yapılmış olup, her cephenin bakısına ve her kattaki bitki örtüsünün dağılımına bağlı olarak çeşitlendirilmiştir (Şekil 3.20) [77].

Yapı kabuğu tasarımı, su yönetimi stratejileriyle entegre edildiğinde binaların su tüketimini azaltmakta ve doğal kaynakların korunmasına katkı sağlamaktadır [16]. Yağmur suyu hasadı, gri su kullanımı, geçirgen cephe malzemeleri, buharlaşmalı soğutma sistemleri ve yeşil cephe çözümleri, sürdürülebilir su yönetimi için önemli tasarım stratejileri olarak öne çıkmaktadır [65]. Bu çözümlerin yaygınlaştırılması, küresel ölçekte su krizine karşı daha dirençli şehirler ve yapılar oluşturulmasına katkıda bulunacaktır [66].



Şekil 3.20. Bosco Verticale sulama diyagramı [77].

3.9.1. Yağmur Suyu Yönetimi ve Yapı Kabuğu Tasarımı

Yağmur suyu yönetimi, sürdürülebilir yapı tasarımının temel bileşenlerinden biri olarak, su kaynaklarının korunması, şehirlerde su taşkınlarının önlenmesi ve bina ölçeğinde su verimliliğinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır [16]. Yapı kabuğu tasarımında kullanılan geçirgen yüzeyler, yeşil çatı sistemleri, yağmur suyu toplama sistemleri ve suyu yeniden kullanıma kazandıran akıllı malzemeler, yağmur suyunun etkin bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır [65]. Bu yöntemlerin uygulanması, hem suyun doğal döngüsüne katkı sağlamakta hem de binaların ekolojik ayak izini azaltarak sürdürülebilir kentselmeye olanak tanımaktadır [66].

Yağmur suyu toplama ve geri kullanım sistemleri

Yapı kabuğu tasarımına entegre edilen yağmur suyu toplama sistemleri, suyun doğrudan depolanarak bina içinde yeniden kullanılmasını sağlamakta ve su tüketimini önemli ölçüde azaltmaktadır [67]. Avustralya'daki "CH2 (Council House 2)" binasında, çatıdan toplanan yağmur suyu filtrelenerek bina içinde tuvalet sifonlarında, soğutma sistemlerinde ve peyzaj sulamasında kullanılmaktadır [71]. Bu sistem sayesinde bina, toplam su ihtiyacının %45'ini yağmur suyu geri kazanımı ile karşılamaktadır [66].

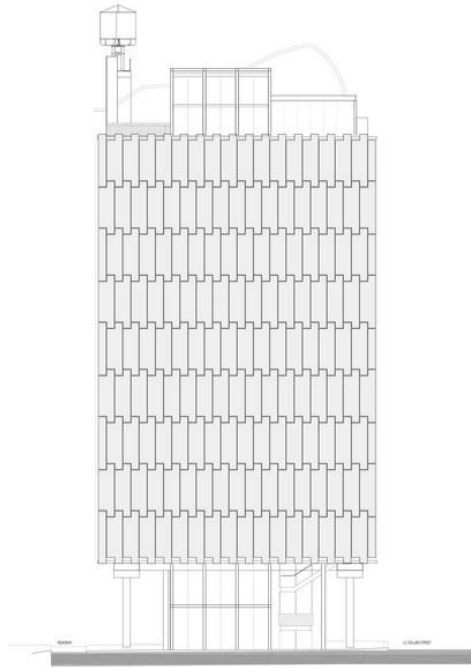
Melbourne Şehri, 2020 yılına kadar belediye için sıfır emisyonu ulaşmayı hedefliyor. Bu stratejiye önemli bir katkı, ticari binaların enerji tüketiminin %50 oranında azaltılmasıdır.

CH2, yerel kalkınma pazarı için çalışan bir örnek sağlama çabasıyla pilot olarak uygulandı [78].



Şekil 3.21. CH2 Melbourne şehir konseyi evi [78].

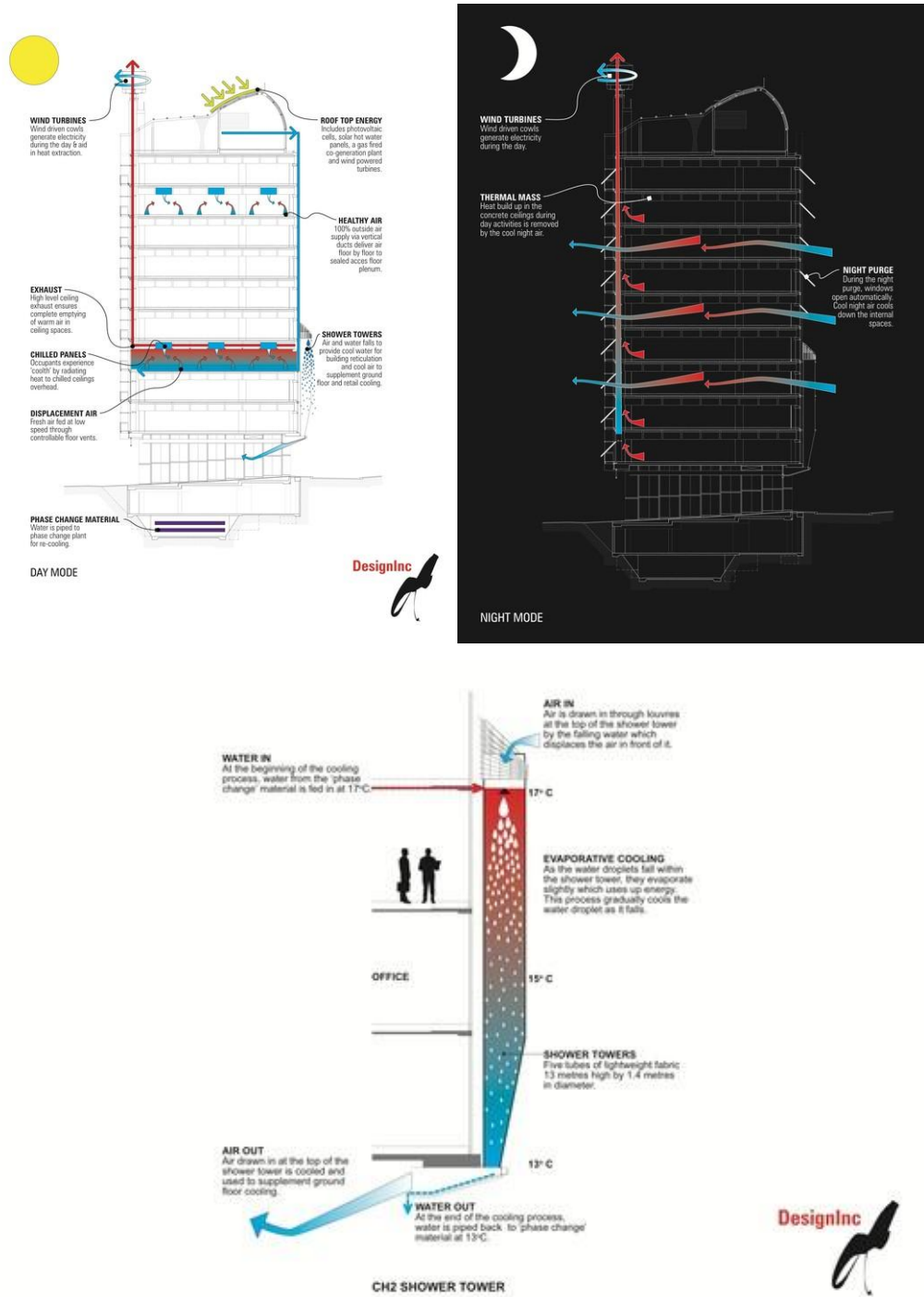
CH2, mimari kompozisyonunda çevresel niyetlerin hem gerçek hem de mecazi ifadelerini kullanır. Doğa, iklimi ılımlılaştıran cepheler için ilham kaynağı olarak kullanılır, konik havalandırma kanalları gün ışığı stratejileriyle bütünleşir ve binanın ısınma ve soğumasında merkezi bir rol oynayan çağrışımlı dalgalı beton zemin yapısı. Avustralya'da Green Building Council of Australia tarafından yönetilen altı yıldızlı derecelendirme sistemini karşılayan ve aşan ilk yeni ticari ofis binasıydı. Çevresel özellikleri kadar önemli olan bir diğer şey de her yarım saatte bir tam hava değişimiyle tüm sakinlere %100 temiz hava sağlamasıdır (Şekil 3.22) [78].



Şekil 3.22. CH2 Melbourne Şehir Konseyi Evi [78].

Üstün iç hava kalitesinin sağladığı faydalar ve enerji maliyetlerindeki muhafazakâr tahminler sayesinde bina, tüm inovasyon maliyetini beş ila on yıl içinde karşılayacaktır (Şekil 3.23) [78].

Benzer şekilde, Almanya'nın Freiburg kentinde uygulanan Vauban Ekolojik Yerleşim Projesi'nde, yapı kabuğu üzerinde entegre edilen su toplama sistemleri ile yağmur suyu, filtrelenerek binaların gri su sistemlerine entegre edilmiştir [16]. Bu uygulamalar, yeraltı su seviyelerinin korunmasına ve kentsel alanlardaki su tüketiminin azaltılmasına büyük katkı sağlamaktadır [78].



Şekil 3.23. CH2 Melbourne şehir konseyi evi sistem diyagramları [78].

Geçirgen cepheler ve su tutucu malzemeler

Yapı kabuğu tasarımında kullanılan geçirgen cephe malzemeleri, yağmur suyunun bina yüzeylerinde birikmesini önleyerek doğal filtrasyon süreçlerini desteklemekte ve suyun yavaşça toprağa sızmasını sağlamaktadır [71]. Örneğin, Singapur'daki yeşil bina

projelerinde, suyu emen ve yavaş salınım sağlayan seramik bazlı cephe kaplamaları kullanılarak, suyun kontrollü bir şekilde yüzeyden toprağa karışması sağlanmıştır [66].

İsveç'te gerçekleştirilen Augustenborg Ekolojik Konut Projesi'nde, yapı kabuğuna entegre edilen yağmur suyu tutucu cephe panelleri ile suyun yüzey akışını azaltarak su baskınlarını önleyen bir sistem geliştirilmiştir [67]. Bu sistemler, özellikle yüksek yağış alan bölgelerde su yönetimini optimize etmekte ve su taşkınlarını minimize etmektedir [16].

Yeşil çatılar ve su depolama kapasiteleri

Yeşil çatı sistemleri, yağmur suyunun yüzey akışını azaltarak suyun doğal döngüsüne katkı sağlamakta ve suyun kontrollü bir şekilde tutulmasını mümkün kılmaktadır [65]. Özellikle büyük kentlerde yaygınlaşan bu sistemler, suyun bina yüzeylerinden hızlı bir şekilde akıp gitmesini engelleyerek yeraltı su kaynaklarının beslenmesini desteklemektedir [66].

Örneğin, Toronto'da uygulanan "Green Roof Bylaw" kapsamında, yeni yapılan binaların yeşil çatı kullanımı teşvik edilmiş ve bu sistemler sayesinde şehirdeki su taşkınları büyük ölçüde azalmıştır [16] (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Yeşil çatı tüzüğü [80].

Green Roof Bylaw 2009 yılında Toronto, yeşil çatıların inşasını zorunlu kılan ve yöneten bir yönetmelik kabul eden Kuzey Amerika'daki ilk şehir oldu. Yeşil Çatı Yönetmeliği,

Brüt taban alanı 2.000 m²'den büyük olan yeni geliştirmeler veya eklemeler için kademeli bir yeşil çatı gereksinimi belirler. Gereksinim, bir binanın Mevcut Çatı Alanının %20-60'ı arasında değişir.

Yeşil Çatılar şu alanlarda gereklidir:

- Minimum brüt taban alanı 2.000 m² olan yeni ticari, kurumsal ve konut geliştirme
- Yeni eklenen brüt kat alanının 2.000 m²'den fazla olduğu ticari, kurumsal ve konut geliştirmelerine yapılan yeni eklemeler
- Brüt taban alanı 2.000 m²'den büyük endüstriyel binalar [79].

Toronto'da 10 milyon metrekarelik çatı yeşil alanının oluşmasına neden oldu ve bu da Toronto'daki Canary Bölgesi'nin bir görüntüsü. [80] Benzer şekilde, Kopenhag'daki sürdürülebilir konut projelerinde, su tutucu yeşil çatı malzemeleri sayesinde binaların su tüketimi optimize edilmiş ve iç mekân sıcaklıkları dengelenmiştir [81].

Yağmur bahçeleri ve peyzaj stratejileri

Yağmur bahçeleri ve su yönetimini destekleyen peyzaj tasarımı, yağmur suyunun kontrollü bir şekilde emilmesini sağlayarak suyun yeraltına yönlendirilmesine yardımcı olmaktadır [71]. Özellikle geçirgen yüzey malzemeleri ve doğal filtreleme sistemleri ile entegre edilen peyzaj tasarımları, yağmur suyunun şehirlerdeki drenaj sistemlerine yük bindirmeden doğrudan toprak tarafından emilmesini sağlamaktadır [66].

ABD'nin Portland kentinde uygulanan “Green Streets” projesinde, yapı kabuğuna entegre edilen yağmur bahçeleri ile yüzey akışı azaltılarak suyun yavaşça emilmesi sağlanmıştır [16]. Benzer şekilde, Hollanda'nın Rotterdam kentinde uygulanan mavi-yeşil altyapı stratejileri sayesinde, yağmur suyu yönetimi optimize edilerek taşkın riskleri minimize edilmiştir [67].

Sonuç olarak, yapı kabuğu tasarımında yağmur suyu yönetimi stratejilerinin uygulanması, su kaynaklarının korunmasına ve bina ölçeğinde su verimliliğinin artırılmasına önemli katkılar sağlamaktadır [16]. Yağmur suyu toplama sistemleri, geçirgen yüzeyler, yeşil çatılar ve yağmur bahçeleri gibi sürdürülebilir çözümler, şehirlerdeki su taşkınlarını önlemekte ve binaların ekolojik ayak izini azaltmaktadır [65]. Bu tür uygulamaların

yaygınlaştırılması, suyun etkin yönetilmesi ve gelecekteki su krizlerine karşı daha dayanıklı kentsel yapılar oluşturulmasını sağlayacaktır [66].

3.9.2. Su Verimliliği Sağlayan Yapı Kabuğu Sistemleri

Su verimliliği, sürdürülebilir yapı tasarımında enerji tüketimi kadar önemli bir konu olup, yapı kabuğu sistemleri ile entegre edildiğinde su kaynaklarının korunmasına ve yapıların ekolojik ayak izinin azaltılmasına önemli katkılar sağlamaktadır [16]. Modern yapı kabuğu sistemleri, suyun etkin kullanımını destekleyen geçirgen yüzeyler, suyu geri kazanan akıllı malzemeler, nem kontrolü sağlayan cephe sistemleri ve yağmur suyunu toplayarak yeniden kullanan çözümler ile suyun verimli şekilde yönetilmesini mümkün kılmaktadır [65]. Uygulamalar sayesinde, binaların su tüketimi minimize edilmekte, atık su miktarı azaltılmakta ve suyun doğal döngüsüne katkı sağlanmaktadır [66].

Su toplama ve geri kazanım sistemleri

Yapı kabuğu tasarımında suyun etkin yönetilmesi, genellikle çatı ve cephe sistemlerine entegre edilen su toplama ve geri kazanım sistemleri ile mümkün olmaktadır [66]. Örneğin, Amsterdam'daki “The Edge” binasında, yapı kabuğuna entegre edilen yağmur suyu toplama sistemleri sayesinde bina içindeki su ihtiyacının %40'ı geri kazanılmış su ile karşılanmaktadır [71]. Bu sistemler, özellikle kurak bölgelerde su kaynaklarını korumak açısından büyük önem taşımaktadır [16].

Benzer şekilde, Singapur'daki “Marina Bay Sands” projesinde, bina cephelerine entegre edilen su toplama kanalları ile yağmur suyu depolanmakta ve filtrelenerek bina içinde kullanılmaktadır [66]. Bu uygulamalar sayesinde, bina ölçeğinde su döngüsü sağlanarak hem su tasarrufu artırılmakta hem de şebeke suyuna bağımlılık azaltılmaktadır [67].

Geçirgen cephe malzemeleri ve su tutucu yüzeyler

Su verimliliğini artıran bir diğer önemli strateji, yapı kabuğunda kullanılan geçirgen cephe malzemeleri ve suyu tutucu yüzeylerin kullanılmasıdır [71]. Özellikle beton, seramik ve biyolojik yüzey kaplamaları, yağmur suyunun doğal olarak tutulmasını ve yavaşça buharlaşmasını sağlayarak nem dengesini korumakta ve suyun boşa gitmesini önlemektedir [65].

Almanya'nın Freiburg kentinde uygulanan Vauban Ekolojik Yerleşim Projesi'nde, yapı kabuğunda suyu emebilen ve depolayan cephe panelleri kullanılarak, bina yüzeylerinde suyun daha uzun süre tutulması sağlanmıştır [66]. Bu tür sistemler, suyun buharlaşmasını geciktirerek mikro iklim dengesini sağlamakta ve bina çevresinde serinletici bir etki oluşturmaktadır [67].

Nem yönetimi ve buhar geçirgen cepheler

Yapı kabuğunun su verimliliğini artırmada en önemli faktörlerden biri de nem yönetimidir [16]. Özellikle buhar geçirgenliği sağlayan cephe sistemleri, su buharının kontrollü bir şekilde dışarı çıkmasını sağlayarak bina içinde yoğuşmayı önlemekte ve enerji verimliliğini artırmaktadır [71].

İsveç'in Malmö kentindeki Bo01 sürdürülebilir yerleşim bölgesinde, yapı kabuklarına entegre edilen akıllı nem yönetim sistemleri, iç mekanlarda yoğuşmayı önleyerek suyun en verimli şekilde kullanılmasını sağlamaktadır [66]. Bu sistemler sayesinde, yapı elemanlarının ömrü uzamakta ve bina bakım maliyetleri düşmektedir [67].

Bölgenin topografyasının bir kısmı, denize veya merkezi kanala doğal bir akış sağlamak için özel olarak tasarlanmıştır. Yeşil çatılar, boşaltılacak yağmur suyu miktarını azaltmaya yardımcı olur. Her bina, kamusal alanın tasarımının bir parçası olan bir olukla çevrilidir.

Tüm evlerde su ve enerji tüketim verilerine hızlı erişim sağlamak için internet bağlantısı vardır. Hoş ve sürdürülebilir dış mekân alanlarıyla birleştiğinde, bu, sürdürülebilir bir bölgede farkındalığı ve hoş bir yaşamı mümkün kılmaya yardımcı olur [82].

Yeşil çatılar ve su yönetimi

Yeşil çatı sistemleri, yapı kabuğunun su verimliliğini artırmada önemli bir rol oynamaktadır [64]. Bitkisel bazlı yeşil çatı uygulamaları, suyun yüzey akışını azaltarak suyun kontrollü bir şekilde tutulmasını sağlamakta ve binanın su tüketimini minimize etmektedir [66].

Örneğin, Norveç'in Oslo kentinde uygulanan "Tjuvholmen Eco-District" projesinde, yeşil çatı sistemleri sayesinde yağmur suyu depolanmakta ve bina içinde gri su olarak yeniden kullanılmaktadır [67]. Bu sistemler, bina içindeki su döngüsünü optimize ederek sürdürülebilir yapı tasarımına büyük katkı sağlamaktadır [16].



Şekil 3.25. Bo01, Malmö, İsveç [82].

Yapı kabuğu sistemlerine entegre edilen su verimliliği çözümleri, binaların su tüketimini azaltarak sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmasına katkı sağlamaktadır [16]. Yağmur suyu toplama sistemleri, geçirgen cephe malzemeleri, nem yönetimi sağlayan akıllı cepheler ve yeşil çatı uygulamaları, suyun en verimli şekilde kullanılmasını mümkün kılmaktadır [64]. Bu tür yenilikçi çözümler, özellikle iklim değişikliğiyle mücadelede ve su kaynaklarının korunmasında büyük bir potansiyel taşımaktadır [66].

3.9.3. LEED Kapsamında Su Kullanımının Azaltılması Stratejileri

LEED sertifikasyon sistemi, yapıların su tüketimini azaltarak çevresel sürdürülebilirliği artırmayı hedefleyen çeşitli stratejileri teşvik etmektedir [16]. Bu kapsamda geliştirilen su verimliliği stratejileri, hem iç mekân su tüketiminin azaltılmasını hem de bina dışında suyun etkin kullanımını sağlamayı amaçlamaktadır [65]. LEED sertifikalı projelerde, düşük akışlı sıhhi tesisat armatürleri, gri su geri dönüşüm sistemleri, yağmur suyu toplama ve yeniden kullanım yöntemleri, peyzaj sulama optimizasyonu ve geçirgen yüzey uygulamaları gibi yenilikçi çözümler öne çıkmaktadır [66].

Düşük akışlı sıhhi tesisat ve su tasarruflu armatürler

LEED sertifikasyon kriterleri, binalarda kullanılan sıhhi tesisat sistemlerinin su verimliliğini artırmasını şart koşturmaktadır [16]. Bu kapsamda, düşük akışlı musluklar, çift kademeli sifonlar, sensörlü armatürler ve su tasarruflu duş başlıkları kullanılarak iç mekanlarda su tüketiminin %20-50 oranında azaltılması hedeflenmektedir [71].

Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunan Bank of America Tower, LEED Platinum sertifikası kapsamında düşük akışlı sıhhi tesisat sistemleri kullanarak yıllık su tüketimini %30 oranında azaltmayı başarmıştır [67].

One Bryant Park'taki Bank of America Kulesi'nin temel atma töreni 2 Ağustos 2004'te başladı ve Ağustos 2010 ortasında USGBC'nin en yüksek derecesi olan LEED Platin sertifikasını alan dünyanın ilk ticari gökdeleni oldu. “Bina, susuz pisuarlar ve düşük akışlı armatürler gibi cihazlar sayesinde yılda 10,3 milyon galon su tasarrufu sağlayacak. Gri su sistemi yağmur suyunun %100'ünü toplayacak, depolayacak ve yeniden kullanacak ve atık suyu ve bitkilendirilmiş çatıları geri dönüştürerek kentsel ısı adası etkisini azaltacak. Sonuç olarak, Bank of America Tower enerji tüketimini %50, içme suyu tüketimini %50 azaltacak ve net sıfır karbondioksit emisyonu yaratacak.” One Bryant Park'taki Bank of America Tower, New York Construction dergisi tarafından “2008'in En İyi Yeşil Projesi” seçildi [83].



Şekil 3.26. One Bryant Park'taki Bank of America Kulesi [83].

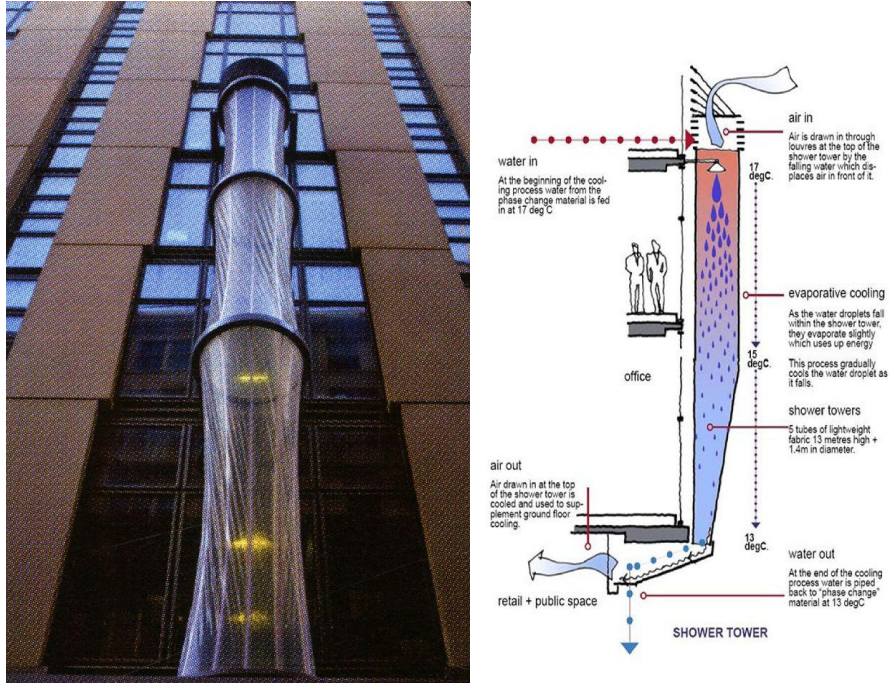
Benzer şekilde, Hindistan'daki Infosys Kampüsü'nde su tasarruflu armatürler sayesinde iç mekân su tüketimi %50'ye kadar düşürülmüştür [66].

Gri su geri dönüşüm sistemleri

LEED kapsamında su kullanımının azaltılması stratejilerinden biri de gri suyun geri kazanımı ve yeniden kullanılmasıdır [16]. Banyo lavaboları, duşlar ve çamaşır makinelerinden elde edilen gri su, özel arıtma sistemleri aracılığıyla filtrelenerek yeniden kullanım için uygun hale getirilmektedir [71]. Bu sistemler özellikle tuvalet rezervuarlarında, peyzaj sulamasında ve soğutma kulelerinde su tüketimini azaltmada etkili olmaktadır [67].Örneğin, Avustralya'nın Melbourne kentinde bulunan Council House 2 binasında, gri su geri dönüşüm sistemleri sayesinde yıllık su tüketimi %40 oranında azaltılmıştır [66]. Bu "gece temizliği" daha sıcak havayı doğrudan ofis ve mağaza

alanlarından dışarı atar ve betonun üst kütlelerini soğutur. Sıcak hava tavandaki açıklıklara yükselir ve daha sonra içi boş zeminlerden dikey bir shaftta ve sonunda çatı havalandırmalarına gider. Bu pasif işlem tek başına mekanları günün bir bölümünde konforlu tutmak için yeterlidir. Soğutulmuş temiz hava gün boyunca zemin kayıtlarından yukarı yükselir [84].

CH2 ayrıca binadaki havayı şartlandırmak için bir sıvının, suyun başka bir sıcaklık gradyanını kullanır. İlk olarak, su şehrin kanalizasyon kaynağından "çıkarılır", üç kez filtrelendir ve ardından tuvaletleri yıkamak, bitkileri sulamak ve havayı şartlandırmak için kullanılır. Klima suyu, buharlaşarak soğutulmuş havayı alt ticari alanlara iletmek için yapının dışından beş adet 15 metrelik "duş kulesi" (aşağıda) aracılığıyla akıyor [84] (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. CH2 duş kulesi [83].

Yağmur suyu hasadı ve yeniden kullanım sistemleri

LEED sertifikasyon sistemi, yağmur suyunun toplanarak bina içinde yeniden kullanımını teşvik eden uygulamalara da önem vermektedir [16]. Çatılara entegre edilen yağmur suyu toplama sistemleri, suyun filtrelenerek bina içinde gri su olarak kullanılmasına olanak sağlamaktadır [71].

Singapur'daki Gardens by the Bay projesinde, çatılardan toplanan yağmur suyu, bitkilerin sulanmasında ve iç mekân kullanımında değerlendirilerek su tüketimi %30 oranında azaltılmıştır [67].

Benzer bir uygulama, İngiltere'deki One Angel Square binasında gerçekleştirilmiş ve bina, yağmur suyu toplama sistemleri sayesinde yıllık 500.000 litre su tasarrufu sağlamıştır [66].

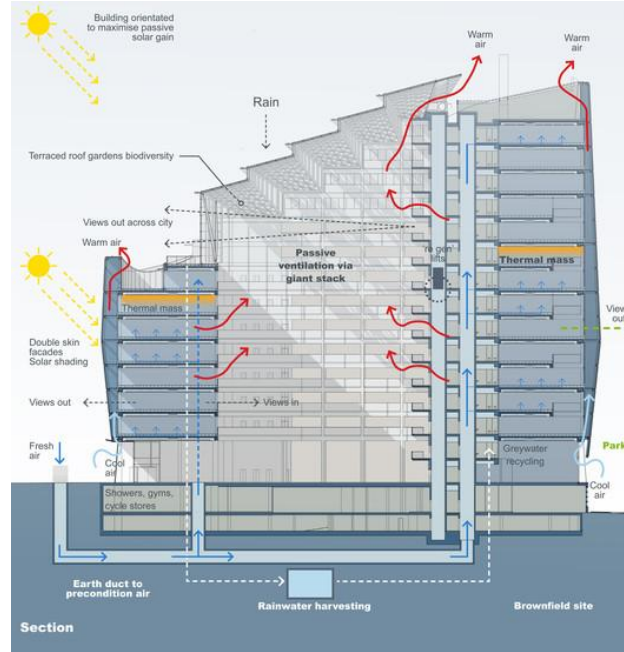
1 Angel Square, maksimum esneklik için özel olarak tasarlanmış 328.000 ft² yüksek kaliteli ofis alanı içerir (Şekil 3.28). Bina yapısı ve mekanik ve elektrik sistemleri, kullanıcıların konaklama yerlerini kolayca yeniden düzenlemelerine ve alanı bölmelerine olanak tanır, böylece ihtiyaçlar değiştiğinde bina, aşırı tadilat maliyetleri olmadan güncelliğini korur. 1 Angel Square, The Co-operative'in mevcut Manchester kompleksine kıyasla enerji tüketiminde %50 ve karbonda %80 azalma sağlamak üzere tasarlanmıştır .Bu, işletme maliyetlerinde %30'a kadar bir azalmaya yol açacaktır [85].



Şekil 3.28. 1 Angel Square [85].

3DReid, düşük su tüketimini garantilemek için kullanılmış su için bir geri dönüşüm sistemi ve bir yağmur suyu hasat sistemi dahil etti. Kooperatifin yerel kaynak ve sürdürülebilirlik ilkeleri, binanın CHP enerji santrali için yakıt üretmek amacıyla British Co-operative çiftliklerinden gelen kolza tohumunun kullanılmasıyla uygulamaya konulmuştur. Mahsulün kalan kabukları hayvan yemine geri dönüştürülecektir. Fazla enerji şebekeye geri verilebilir ve daha geniş NOMA gelişimi tarafından kullanılabilir, atık enerji ise binayı soğutmak için kullanılan bir emilim soğutucusundan geçirilir. Tasarımcılar küresel ısınma

sorununu ele aldılar ve binayı 2050 için öngörülen hava verilerine karşı geleceğe hazırladılar. Böylece bina yaz aylarındaki sıcaklıklarda 3-5 derecelik potansiyel artış ve kışın %30 daha fazla yağışla başa çıkabilir. Binanın dokusu ve çevresel sistemleri, yıllık ortalama sıcaklıklar arttıkça daha verimli hale gelecek şekilde tasarlandı (Şekil 3.29) [85].



Şekil 3.29. 1 Angel Square Sistem kesit diyagramı [85]

Dış mekân peyzaj sulamasında su verimliliği

LEED sertifikasyon sürecinde su tüketimini azaltan önemli bir kriter de dış mekân peyzaj sulama sistemlerinin optimizasyonudur [16]. Geleneksel sulama sistemleri yerine damla sulama teknolojileri, yağmur suyu kullanımı ve kuraklığa dayanıklı bitkilerin tercih edilmesiyle önemli oranda su tasarrufu sağlanabilmektedir [65]. Örneğin, Kaliforniya'daki Apple Park, peyzaj düzenlemelerinde kuraklığa dayanıklı bitkileri tercih ederek ve akıllı sulama sistemleri kullanarak dış mekân su tüketimini %50 oranında azaltmıştır [67]. 2017 yılında inşaatı tamamlanan proje Apple şirketinin kurumsal merkezidir. Apple Park'ı tasarlayan Norman Foster modern, sürdürülebilir ve yenilikçi mimarinin önemini vurgulayan dünyaca ünlü bir mimardır ve kendi şirketi olan Foster+Partners Şirketi bu projeyi üstlenmiştir (Şekil 3.30).



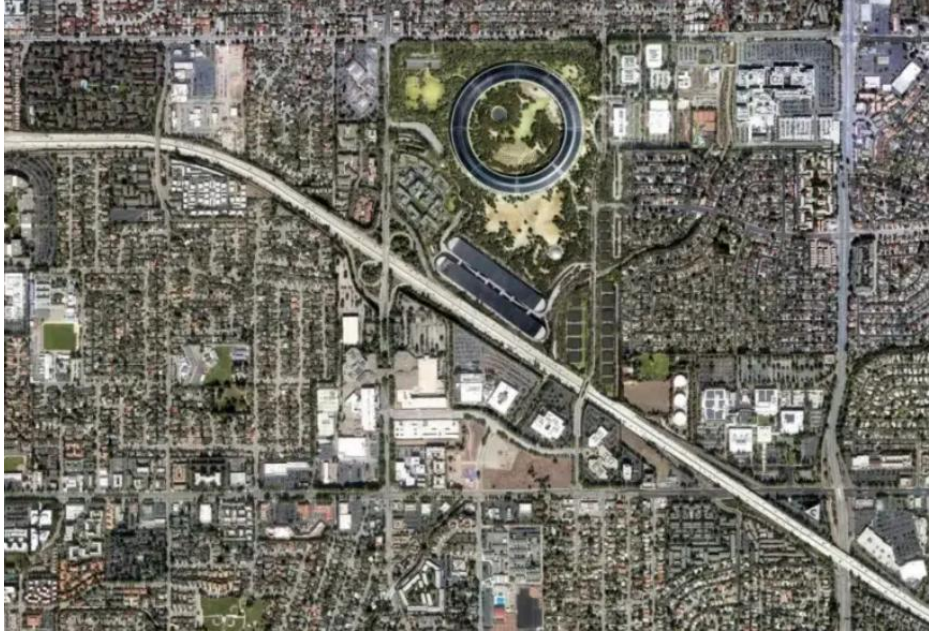
Şekil 3.30. Apple Park, Cupertino Kaliforniya [86].

Uzay gemisini andıran tasarımıyla kampüs, etrafındaki orman ve 700 bin güneş paneliyle karbon emisyonlarını en aza indirmeyi hedefliyor. Apple'ın kurucu ortağı ve CEO'su Steve Jobs, mimari ekipten kampüsün bir doğa barınağına benzemesini istemiştir. Bu istek üzerine, yapıyı dev bir daire şeklinde tasarlanmıştır. Medya bunu bir 'uzay gemisine' benzetmiş ve Apple bu ana kampüs binasına 'The Ring' adını vermiş.

Apple Park'ta ziyaretçiler için bir merkez, bir Apple Store ve kafeler bulunuyor. Çalışanlar için bir spor merkezi, araştırma ve geliştirme tesisleri, koşu parkurları, yer altı otoparkı, bir gölet ve personel kullanımı için 1000 bisiklet bulunuyor. 175 dönümlük bir arsa üzerine inşa edilmiş olan bu dev yapı 4 katlı ve 492 metre çapındadır. Yapının etrafını 800 adet 45 fit yüksekliğinde yuvarlak cam panel çevreliyor [86] (Şekil 3.31).

Sürdürülebilirlik ve yeşil alanı maksimize etme konusunda öncü olmayı hedefleyen Apple Park kampüsünde ve çevresindeki yapılarda 130 MW (megawatt) temiz enerji sağlamak için 'First Solar' ile ortaklık kurulmuştur. Çatılarda bulunan bu güneş panelleri kampüsün %75'ine yetecek kadar güç üretir. Doğal havalandırma sayesinde yılın dokuz ayı boyunca HVAC sistemlerine ihtiyaç duymadan iklimlendirme sağlanır [86] (Şekil 3.32).

Kuzey Amerika'daki en büyük LEED Platin Sertifikalı Ofis binası olan Apple Park enerji verimliliği konusunda öncü yenilebilir enerji ile çalışan binalardan biridir.



Şekil 3.31. Apple Park, Cupertino Kaliforniya yerleşim [86].



Şekil 3.32. Apple Park güneş panelleri [86].

Geçirgen zemin ve su tutucu malzemeler

LEED kapsamında su tüketiminin azaltılmasını sağlayan bir diğer strateji de geçirgen yüzeylerin ve su tutucu malzemelerin kullanılmasıdır [16]. Bu malzemeler sayesinde, yağmur suyu doğrudan kanalizasyona gitmek yerine toprak tarafından emilerek doğal su döngüsüne katkı sağlamaktadır [71]. Örneğin, Almanya'nın Hamburg kentinde bulunan Hafencity bölgesinde, suyun doğal olarak süzülmesini sağlayan geçirgen kaldırım taşları ve yeşil çatılar kullanılarak yağmur suyu yönetimi optimize edilmiştir [67]. Benzer bir sistem,

Japonya'daki Toyota Ecoful Town'da uygulanmış ve yer altı su seviyelerinin korunmasına katkı sağlanmıştır [66]. LEED sertifikasyonu kapsamında geliştirilen su yönetimi stratejileri, binaların su tüketimini azaltarak çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlamaktadır [16]. Düşük akışlı sıhhi tesisat sistemleri, gri su geri dönüşüm sistemleri, yağmur suyu hasadı, peyzaj sulama optimizasyonu ve geçirgen yüzey kullanımı gibi yöntemler, hem iç hem de dış mekanlarda su verimliliğini artırmaktadır [65]. Bu stratejiler, su kaynaklarının korunmasıyla, iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir rol oynamaktadır [66].

4. ÖRNEK VAKALAR

Araştırmanın bu bölümünde yukarıda verilen kriterler üzerine Leed Sertifikası almış projeler incelenecek olup, LEED Sertifikalı Binalarda Yapı Kabuğu Tasarımı Uygulamaları araştırılacaktır. Bu araştırmanın yöntemi olarak literatif taramasının yanında Leed sertifikasyon sürecinde aktif rol almış yapıların tasarımcıları, mühendisleri ve kullanıcılarıyla görüşmeler yapılmış; yapılar saha gezisiyle değerlendirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında yapı kabukları değerlendirme matrisleri belirlenmiş ve incelenen yapılar bu kapsamda değerlendirilmiştir. Yapıları değerlendirme kriterleri aşağıdadır;

KSE : Yoğun yapılaşma, yetersiz yeşil alanlar, yansıtıcı olmayan yüzeyler ve yüksek enerji tüketimi nedeniyle kent merkezlerinde sıcaklığın kırsal alanlara göre daha fazla arttığı olguyu ifade eder. Bina zarfı bu etkiyi azaltmada doğrudan rol oynar. Özellikle açık renkli, yansıtıcı malzemeler, yeşil çatı sistemleri, bitkilendirilmiş cepheler ve doğal havalandırma açıklıkları güneş radyasyonunu azaltarak termal konfor sağlar. LEED puanlarının “Sürdürülebilir Alanlar (SS)” kategorisindeki “Isı Adası Azaltma” kredisi bina zarfı stratejileri gibi.

Su Verimliliği : Hem binanın içinde hem de dışında su tüketimini azaltmayı amaçlar. Bu bağlamda, bina kabuğu tasarımı yağmur suyu toplama sistemleri, geçirgen cephe yüzeyleri, yeşil cephelerde damla sulama altyapısı ve cepheden gri su sirkülasyonu gibi uygulamalarla ilişkilendirilir. Bu sistemler hem su tüketimini azaltır hem de LEED'in "WE" kategorisinde puan alabilir. Su tasarruflu cephe sistemleri, özellikle sıcak ve kuru iklimlerde binanın ekolojik ayak izini önemli ölçüde azaltır.

Enerji Ve Atmosfer : LEED'in temel değerlendirme kriterlerinden biridir. Bina kabuğu, bina enerji kayıplarını azaltma, doğal aydınlatma ve havalandırma sağlama ve yenilenebilir enerji kaynaklarını (PV paneller, güneş kolektörleri) entegre etme açısından bu kategoride kritik bir rol oynar. Cephedeki termal yalıtım, düşük U değerli cam, güneş kırıcılar ve termal bölgelere uygun açıklık tasarımı enerji kullanımını en aza indirir. Aynı zamanda aktif sistemlerle (ısı pompası, otomasyon) doğrudan etkileşime giren kabuk sistemleri “Minimum Enerji Performansı” ve “Enerji Performansını Optimize Et” kredilerini destekler.

Malzemeler Ve Kaynaklar : Bina kabuğu, dış cephede kullanılan tüm malzemeler aracılığıyla “Malzemeler ve Kaynaklar” kategorisine katkıda bulunur. LEED, düşük VOC'li, yerel olarak üretilen, sertifikalı ve geri dönüştürülmüş malzemelerin kullanımını teşvik eder.

Pasif Sistemler : Pasif sistemler, çevresel koşullardan yararlanarak enerji tüketmeden konfor sağlamayı amaçlar. Bina kabuğu, pasif ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma gibi sistemlerin temel bileşenidir. Cephe yönlendirmesi, pencere yerleşimi, açıklık oranları, güneş kırıcılar, çift cidarlı sistemler, doğal ışık şaftları ve güneş duvarları gibi çözümler pasif tasarım stratejileriyle ilişkilidir. Bu sistemler, kullanıcı konforunu artırarak “İç Kalite (EQ)” puanlarını etkilerken, doğrudan EA ve SS kategorilerine katkıda bulunur.

Aktif Sistemler: Aktif sistemler, elektrik veya mekanik enerjiyle çalışan bina hizmet sistemlerini içerir. Yapı kabuğu, bu sistemlerle entegre çalışarak performansını artıran bir rol oynar. Örneğin:

- Fotovoltaik cephe panelleri (PV),
- Güneşliklerin otomatik açılıp kapanması,
- Işık sensörleriyle entegre akıllı aydınlatma,
- HVAC sistemleri dış cephe sıcaklıklarına bağlı olarak optimize edilir.

Bu tür entegrasyonlar, “EA”, “WE” ve “EQ” kategorilerinde LEED puanlamasında aktif bir rol oynar. Ayrıca, bina otomasyon sistemlerinin dış yüzey verileriyle eşleştirilmesi verimliliği en üst düzeye çıkarır.

İnovasyon : LEED sisteminde yapıların standart uygulamaların ötesine geçerek sürdürülebilirliği özgün yaklaşımlarla desteklemesini ifade eder.

LEED Kategorileri ile Doğrudan İlişkilendirilen Unsurlar: Yapı kabuğu tasarımı, LEED puanlandırma sisteminde doğrudan kategori olarak yer almasa da bir çok kategorilerle doğrudan ilişkilidir.

4.1. Türkiye ve Dünyadan Sürdürülebilir Yapı Kabuğu Tasarımı Örnekleri

4.1.1. The Edge

The Edge, Amsterdam'da bulunan ve PLP Architecture tarafından tasarlanan bir ofis binasıdır. Sürdürülebilirlik ve enerji verimliliği konularında dünya çapında örnek teşkil eden bina, LEED Platin Sertifikası ve BREEAM Outstanding derecesiyle ödüllendirilmiştir (Şekil 4.1).

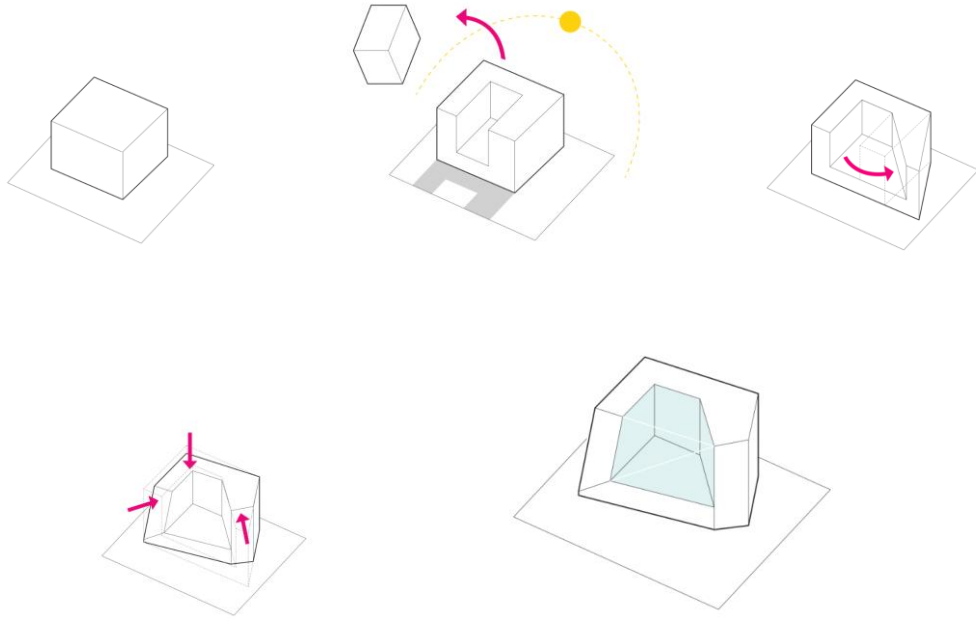


Şekil 4.1. The Edge yapısı [87].

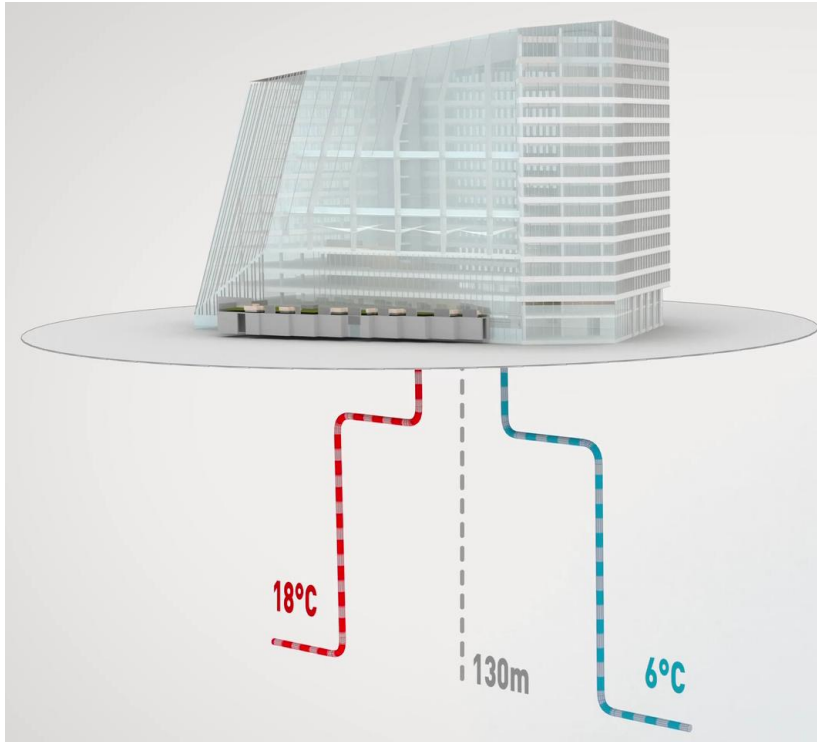
Mimari tasarım ve yapısal özellikler

The Edge, Deloitte'un Amsterdam'daki ofis merkezi olarak tasarlanmıştır. Bina, çalışanların esnek ve dijital çağın gereksinimlerine uygun bir çalışma ortamına sahip olmalarını hedeflemiştir(Şekil 4.2) .

- Güney cephesinde bir dizi güneş paneli ve pencere bulunur ve panel kaplı bir çatı ile donatılmıştır. Binanın yönelimi ve cam cephesi, iç sıcaklık kontrolünden ödün vermeden doğal ışığı en üst düzeye çıkarır(Şekil 45). Kalın yük taşıyan beton ve derin girintili pencereler ısıyı daha da düzenleyerek gölgelik ihtiyacını azaltır. Bu özellikler, güney tarafındaki süper verimli güneş panelleriyle birleştiğinde, The Edge'in tipik ofis binalarından %70 daha az elektrik tüketmesine katkıda bulunur.
- İki yeraltı su kaynağının sıcak ve soğuk su için termal enerji depolaması olarak hizmet verdiği 130 metre yer altında yer almaktadır. Bu akifer termal enerji depolama pompaları, iç ve dış koşullara göre suyu dolaştırarak binanın sıcaklığını düzenler. Kendi kendine üretilen güneş enerjisiyle çalışan bu sistem, her katta ayrıntılı sıcaklık ve nem okumaları sağlamak için sensörlü LED ışık panelleri kullanır. Bu hassas kontrol, özellikle pencerelerin yakınında doğal sıcak ve soğuk noktaları ortadan kaldırarak binanın iklim yönetimiyle ilgili çalışanların yüksek memnuniyetine katkıda bulunur (Şekil 4.3).



Şekil 4.2. The Edge kütle oluşum diyagramı [87].



Şekil 4.3. The Edge mimari diyagram [87].

- Binanın 6.000 düşük enerjili LED'i akıllıca gün ışığına, sıcaklığa, kızılotesine ve hareket sensörlerine bağlanır ve yalnızca ihtiyaç duyulduğunda etkinleşir. Bu akıllı LED'ler standart 500 lüks yerine 300 lüks aydınlatma sağlar ve tipik 8 W/m²'ye kıyasla 3,9 W/m²'lik etkileyici bir enerji verimliliğiyle sonuçlanır. Bu yenilikçi sistem yalnızca bireysel konforu artırmakla kalmaz, aynı zamanda enerji tüketimini de önemli ölçüde azaltır [87].
- **Toplam Alan:** 40.000 m²
- **Kat Planı:** 15 kat
 - Zemin kat: Ortak alanlar, restoran, kafe, konferans salonları
 - Ofis katları: Esnek çalışma alanları, bireysel ve grup çalışma odaları
 - Bodrum katlar: Otopark ve 500 bisiklet kapasiteli park alanı
- **Cephe Malzemeleri:** Düşük emisyonlu cam ve alüminyum paneller
- **Yapısal Sistem:** Betonarme ve çelik konstrüksiyon kombinasyonu



Şekil 4.4. The Edge mimari çizimleri [87].

Saha Seçimi ve Peyzaj

The Edge, Amsterdam'ın iş merkezi Zuidas'ta konumlanmıştır. Peyzaj tasarımında mevcut yeşil alanlar korunmuş ve doğal çevreyle uyumlu bir entegrasyon sağlanmıştır.

Ulaşım ve Çevresel Etkiler

- **Toplu Taşıma Teşviki:** Bina, toplu taşıma araçlarına yakın konumda olup çalışanların toplu taşıma kullanımını teşvik etmektedir.

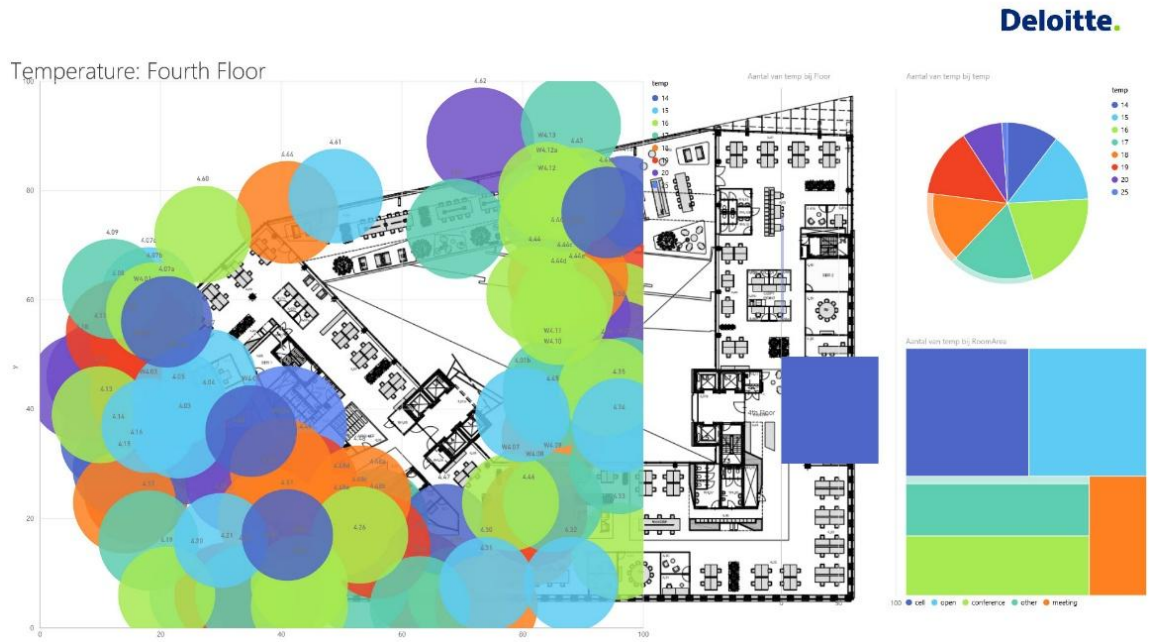
- **Bisiklet Park Alanları:** 500 bisiklet kapasiteli park alanı ile bisiklet kullanımını desteklemektedir.
- **Elektrikli Araç Şarj İstasyonları:** Otoparkta elektrikli araçlar için şarj istasyonları bulunmaktadır.

Su Verimliliği

- **Yağmur Suyu Yönetimi:** Çatıda toplanan yağmur suları, bina içinde yeniden kullanılmaktadır.
- **Su Tasarruflu Armatürler:** Düşük debili armatürler kullanılarak su tüketimi minimize edilmiştir.

Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Sistemleri

- **Fotovoltaik Paneller:** Çatıda ve güney cephesinde bulunan güneş panelleri ile enerji üretimi sağlanmaktadır.
- **Isı Geri Kazanım Sistemleri:** Havalandırma sisteminde atık ısının geri kazanımı ile enerji tasarrufu sağlanmaktadır.
- **Akıllı Bina Otomasyonu:** Çalışanların tercihlerine göre aydınlatma ve iklimlendirme sistemleri mobil uygulama üzerinden kontrol edilebilmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. The Edge 4. kat sıcaklık haritası [87].

Atık Yönetimi ve Malzeme Kullanımı

- **Geri Dönüşüm Programı:** Bina içinde atıkların ayrıştırılması ve geri dönüşümü için sistemler kurulmuştur.
- **Düşük VOC Malzemeler:** İç mekân hava kalitesini artıran düşük uçucu organik bileşiklere sahip malzemeler kullanılmıştır.
- **Yerel ve Geri Dönüşüm Malzemeleri:** Yapım aşamasında yerel ve geri dönüştürülmüş malzemeler tercih edilmiştir.

LEED Platin Sertifikası Puan Dağılımı

The Edge, LEED BD+C: Yeni İnşaat v3 - LEED 2009 sistemi kapsamında 84 puan alarak **Platin** sertifika almıştır (Şekil 4.6).

PLATİN LEED SERTİFİKASI

Platin Leed Sertifikası 84 Puan



Şekil 4.6. The Edge Leed sertifikası (Yazar tarafından oluşturulmuştur).

4.1.2. Empire State Building

Empire State Binası (Şekil 4.7), kapsamlı bir sürdürülebilirlik yenileme süreci sonucunda ilk olarak 2011 yılında LEED Gold sertifikası almıştır. Üç kez sertifikalanmıştır;

Tablo 4.1. Empire State Building LEED sertifikaları

Sertifika Türü	Derecesi	Puanı	Tarih
LEED V4 Yeniden Sertifikasyonu	Altın	76	28 Ocak 2020
LEED V4 Yeniden Sertifikasyonu	Gümüş	50	22 Haziran 2017
LEED-EB İşletme Ve Bakım	Altın	54	20 Temmuz 2011

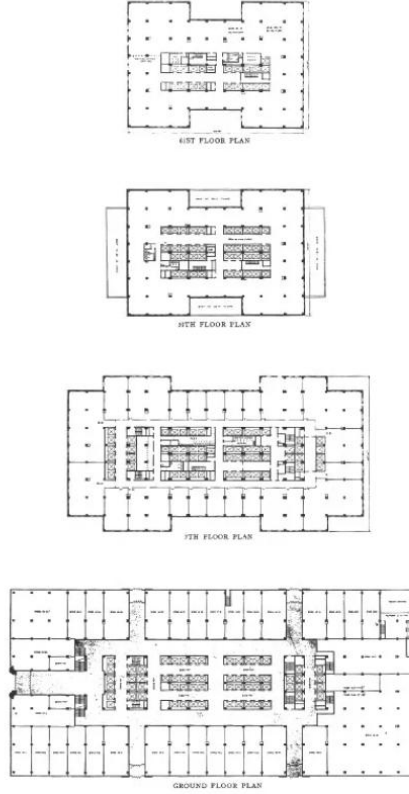
Bu süreçte yapılan enerji verimliliği iyileştirmeleri sayesinde bina, yıllık karbon emisyonlarını büyük ölçüde azaltmış ve enerji tüketiminde %38'lik bir düşüş sağlamıştır.



Şekil 4.7. Empire State [88].

Mimari tasarım ve yapısal özellikler

- **Toplam Alan:** Yaklaşık 265.000 m²
- **Kat Sayısı:** 102
- **Yapısal Sistem:** Çelik çerçeve üzerine taş kaplama (Şekil 4.8)



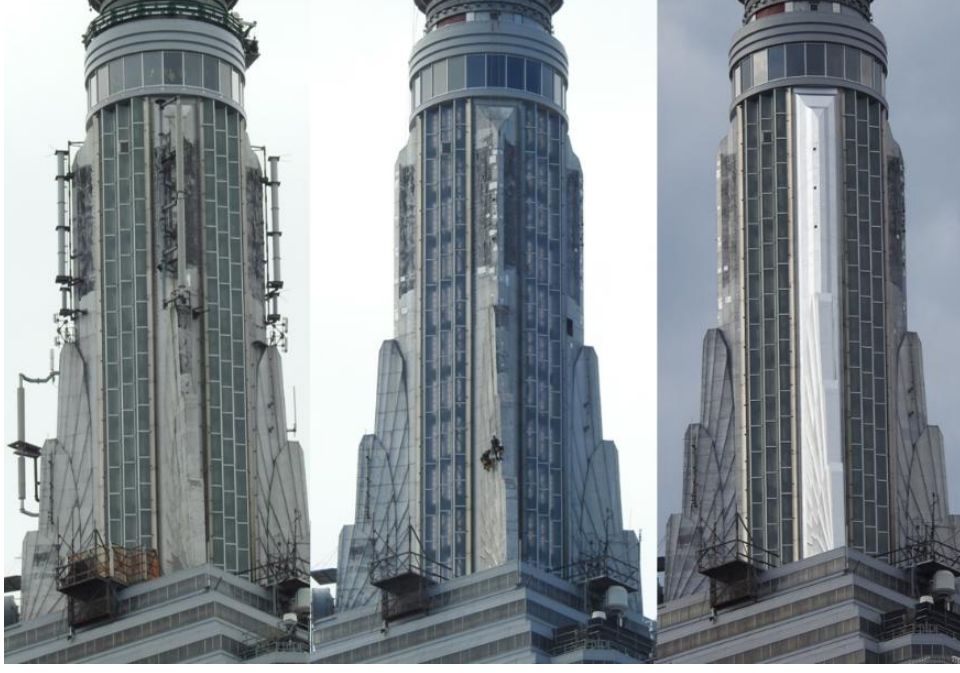
Şekil 4.8. Empire State Mimari Planları [88].

Enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik iyileştirmeleri

- **Pencerelerin Yenilenmesi:** 6.514 pencere, üçlü cam ile yalıtım performansını artırmak için yenilenmiştir (Şekil 4.9).
- **Isıtma Sistemleri:** Radyatörlerin arkasına yalıtım panelleri eklenerek ısı kaybı azaltılmıştır.
- **Soğutma Sistemleri:** Chiller sistemi modernize edilerek enerji verimliliği artırılmıştır.
- **Aydınlatma:** LED ve enerji tasarruflu aydınlatma sistemleri uygulanmıştır.
- **Asansörler:** Enerji geri kazanımlı asansör sistemleri ile enerji kullanımı optimize edilmiştir.

Su verimliliği

- **Düşük Akışlı Armatürler:** Banyolar ve mutfaklarda düşük akışlı su armatürleri kullanılarak su tüketimi azaltılmıştır.



Şekil 4.9. Empire State aliminyum panellerin değıştirilmesi [87].

Atık Yönetimi ve Malzeme Kullanımı

- **Geri Dönüşüm Programı:** Kiracı atıkları ve inşaat enkazlarının büyük bir kısmı geri dönüştürülmüştür.
- **Yeşil Temizlik Malzemeleri:** Düşük VOC içeren boyalar, yapıştırıcılar ve temizlik ürünleri tercih edilmiştir.

Leed gold sertifikası puan dağılımı

Empire State Binası, LEED v2008 Operations and Maintenance (O+M) değerlendirme sistemi kapsamında 76 puan alarak Gold sertifikasına hak kazanmıştır (Şekil 4.10).

Leed Gold Sertifikası

Leed Gold Sertifikası 76 Puan

-  Sürdürülebilir Arazi 10/26
-  Su Verimliliği 8/10
-  Enerji ve Atmosfer 33/35
-  Malzemeler ve Kaynaklar 9/14
-  İç Mekan Kalitesi 9/15
-  İnovasyon 4/6
-  Yerel Öncelik 4/4



Şekil 4.11. Empire State Leed Sertifikası (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)

4.1.3. Bosco Verticale

Bosco Verticale, İtalya'nın Milano şehrinde yer alan ve kentleşme sonucu kaybedilen yeşil alanları dikey olarak geri kazandırmayı amaçlayan yenilikçi bir konut projesidir. Stefano Boeri Architetti tarafından tasarlanmıştır ve yüksek çevresel standartları hedefleyen sürdürülebilir bir bina örneği olarak dikkat çekmektedir (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Bosco Verticale yapısı [89].

Projenin temel konsepti, yapı cephesine entegre edilmiş ağaçlar ve bitkilerle doğal bir mikro iklim yaratmak ve böylece hem binanın enerji performansını artırmak hem de kent ekolojisine katkıda bulunmaktır. İki kule, sırasıyla 111 metre ve 76 metre yükseklikte olup, toplam 800 adet ağaca, 5.000 çalı ve 15.000 bitkiye ev sahipliği yapmaktadır.

Mimari Tasarım ve Yapısal Özellikler

- Yapılar toplam 40.000 m² alanı kaplamakta olup, iki kulede sırasıyla 26 kat (yüksek kule) ve 18 kat (düşük kule) bulunmaktadır.
- Bina cephelerinde temel malzemeler olarak cam ve beton kullanılmış, bitkiler için özel tasarlanmış teraslar oluşturulmuştur (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Dikey kesit ve tipik kat planı Bosco Verticale [90]

Saha Seçimi

Bosco Verticale projesi, Milano'nun Porta Nuova bölgesinde kent dönüşümü kapsamında seçilen bir sahaya inşa edilmiştir. Bölgenin yenilenmesi ve ekolojik değerinin artırılması hedeflenmiş, çevresinde kamusal alanların peyzajı geliştirilerek kent merkeziyle uyum sağlanmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Bosco Verticale yerleşim planı [91].

Ulaşım

Proje, toplu taşıma bağlantılarının yüksek olduğu merkezi bir bölgede konumlandırılmıştır. Bu durum otomobil kullanımını azaltarak karbon emisyonlarının düşürülmesine katkıda bulunmuştur.

Yağmur Suyu Yönetimi

Bosco Verticale’de çatı ve teraslardan toplanan yağmur suyu depolanarak, sulama sistemi için tekrar kullanılmaktadır. Böylece su tüketimi önemli ölçüde azaltılmıştır.

Bina Cephesi Isıl Performansı

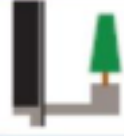
Bitki örtüsü, bina cephesinde doğal bir ısı yalıtım katmanı oluşturmaktadır. Bu durum, yaz aylarında güneş ışınlarını engellerken kışın da ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürmektedir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Yeşil balkon Bosco'nun dikey kesiti Dikey [91]

Isı Ve Soğutma Sistemleri

Bosco Verticale’de ısıtma ve soğutma için yüksek verimli, merkezi ısı pompası sistemleri kullanılmıştır. Bu sistemler binanın enerji verimliliğini maksimize ederken, enerji tüketimini minimize etmektedir (Şekil 4.16).

Varyant	Kış ısıtma talep etmek	Yaz soğ utma talep etmek	Elektrik tüketimi Isıtma / Soğ utma
	23,2 kWh/m2/yıl +%37,3	7,0 kWh/m2/yıl -68%	12,7 kWh/m2/yıl
	18,6 kWh/m2/yıl +%10,6	11,8 kWh/m2/yıl -42,2%	12,7 kWh/m2/yıl
	16,9 kWh/m2/yıl 100%	22,0 kWh/m2/yıl 100%	13,7 kWh/m2/yıl

Şekil 4.16. Simüle edilmiş yıllık enerji tüketimi Bosco Dikey [90].

Havalandırma Sistemi

Bina iç hava kalitesini artırmak için mekanik havalandırma sistemleri CO₂ sensörleri ile donatılmıştır. Bu sistemler, hava kalitesini sürekli izleyerek optimum seviyede tutmaktadır.

Yenilenebilir Enerji Sistemi

Çatılarda ve bazı teras alanlarında fotovoltaik paneller kullanılarak enerji ihtiyacının bir kısmı yenilenebilir kaynaklardan sağlanmaktadır.

Pasif Sistemler

- Bitki örtüsü ve teraslar doğal gölgeleme sağlayarak enerji tüketimini azaltmaktadır.
- Gün ışığından maksimum faydalanma hedeflenerek, iç mekânlarda aydınlatma için enerji kullanımı azaltılmıştır.

Malzeme Seçimleri

- Yapıda kullanılan malzemelerin büyük kısmı geri dönüştürülmüş ve yerel kaynaklardan sağlanmıştır.
- İç mekânlarda düşük VOC oranına sahip çevre dostu malzemeler tercih edilmiştir.

Atık Yönetimi

İnşaat sürecinde oluşturulan atıklar geri dönüştürülmüş, kullanım aşamasında ise konut sakinlerinin kat bazında atık ayrıştırması yapabilmesi için özel alanlar oluşturulmuştur.

İç Hava Kalitesi

- İç mekânlarda CO₂ sensörleri ve yüksek verimli filtreleme sistemleri kullanılmıştır.
- Tüm kapalı alanlarda sigara içimi yasaklanmıştır.

Tüm bu özellikler sayesinde Bosco Verticale projesi, sürdürülebilir mimaride dünya çapında örnek teşkil eden, yüksek enerji performansına sahip bir yapı olarak LEED Gold Sertifikası almaya hak kazanmıştır (Şekil 4.17).

Leed Gold Sertifikası

Leed Gold Sertifikası 75 Puan

-  Sürdürülebilir Arazi 10/26
-  Su Verimliliği 11/10
-  Enerji ve Atmosfer 33/35
-  Malzemeler ve Kaynaklar 13/14
-  İç Mekan Kalitesi 16/15
-  İnovasyon 6/6
-  Yerel Öncelik 4/4



Şekil 4.17. Bosco Verticale LEED sertifikası (Yazar tarafından oluşturulmuştur).

4.1.4. Apple Park

Apple Park, Kaliforniya'da bulunan Apple Inc.'in yeni genel merkez binasıdır. Tasarım sürecinin başında çevresel sürdürülebilirlik ön plana çıkarılmış ve LEED Platin Sertifikası hedeflenmiştir (Şekil 4.18).

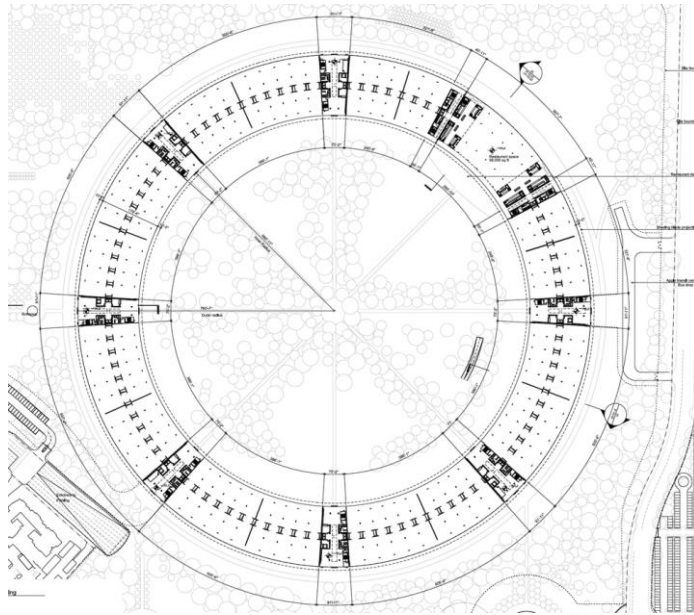


Şekil 4.18. Apple Park kampüsü [92].

Mimari tasarım ve yapısal özellikler

Apple Park'ın tasarımı ve mühendislik hizmetleri Foster + Partners tarafından gerçekleştirilmiştir. Yapının inşaatı ise DPR Construction tarafından yapılmıştır. Bina tasarımında Apple'ın inovatif ve çevreci yaklaşımı, yenilikçi mimari tasarım ve mühendislik çözümleri ile yansıtılmıştır (Şekil 4.19).

- Yapı dairesel formda olup yaklaşık 260.000 m²'lik bir alana yayılmaktadır.
- Kampüs 4 katlıdır ve 12.000'den fazla çalışana ev sahipliği yapmaktadır.
- Zemin katında sosyal alanlar, kafeteryalar, konferans salonları ve sergi alanları yer almaktadır.
- Üst katlar açık ofisler, yönetim ofisleri ve toplantı odalarından oluşmaktadır.
- • Kampüsün dış cephesi büyük oranda eğimli cam panellerden oluşmaktadır ve bu sayede doğal ışık kullanımı maksimum seviyededir.



Şekil 4.19. Apple Park mimari plan [93].

Saha Seçimi

Apple Park, Cupertino, Kaliforniya'da yaklaşık 710 dönümlük geniş bir arazi üzerine inşa edilmiştir. Eski Hewlett-Packard kampüsünün bulunduğu alan, yeniden değerlendirilerek doğal peyzajla bütünleşmiş bir çevreci kampüse dönüştürülmüştür. Alanda

9 binden fazla yerel ağaç türü ekilmiş ve peyzaj doğal ekosistemle uyumlu hale getirilmiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Apple park vaziyet planı [94]

Ulaşım

Kampüs içinde sürdürülebilir ulaşım yöntemleri teşvik edilerek, kampüs genelinde bisiklet yolları ve elektrikli araç şarj istasyonları bulunmaktadır. Ayrıca toplu taşıma kullanımı desteklenerek otomobil kullanımının azaltılması ve karbon ayak izinin düşürülmesi hedeflenmiştir.

Yağmur suyu yönetimi

Çatı ve çevresel yağmur suları toplanarak, kampüsün sulama sisteminde tekrar kullanılmaktadır. Gri su geri dönüşüm sistemleri kullanılarak, kampüs genelinde su tüketimi önemli ölçüde azaltılmıştır.

Bina cephesi ısıl performansı

Apple Park'ın dış cephesinde kullanılan özel eğimli cam paneller, yüksek performanslı yalıtım özelliklerine sahiptir ve enerji verimliliğini maksimize etmek için özel olarak geliştirilmiştir. Binanın dış cephesindeki camlarda özel güneş kontrol filmleri ve çift katmanlı lamine camlar kullanılmıştır.

Isıtma ve Soğutma Sistemleri

Apple Park, yüksek enerji verimliliğine sahip ısı pompası sistemleriyle donatılmıştır. Merkezi sistemle yönetilen klima tesisatları, ısı geri kazanımlı sistemlerle desteklenmektedir.

Yenilenebilir enerji sistemi

Kampüsün çatı yüzeyi dünyanın en büyük bina entegre güneş enerji sistemlerinden birine sahiptir. Yaklaşık 17 MW kapasiteli Fotovoltaik paneller tüm çatı boyunca yerleştirilmiş olup kampüsün enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamaktadır.

Pasif sistemler

Doğal havalandırma ve gün ışığı kullanımı maksimum seviyeye çıkarılarak bina içerisindeki enerji tüketimi düşürülmüştür. Kampüs içerisindeki açık alanlar ve yeşil çatı uygulamaları, bina içerisindeki iklimlendirme yükünü azaltarak enerji tasarrufuna katkıda bulunmaktadır.

Elektrik tesisatı

- Tüm kampüste enerji tasarruflu LED aydınlatmalar kullanılmaktadır.
- Bina otomasyon sistemi ile enerji tüketimi izlenerek sistemlerin verimliliği artırılmıştır.
- Aydınlatma ve iklimlendirme sistemlerinde otomatik sensörlü kontroller bulunmaktadır.

İnşaat atık yönetimi

- İnşaat sırasında oluşan atıklar, geri dönüştürülmek üzere özel alanlarda ayrıştırılarak toplanmıştır. İnşaat sürecinde üretilen atıkların %95'i geri dönüştürülmüştür.

Malzeme seçimleri

- Kullanılan yapı malzemelerinin büyük çoğunluğu sürdürülebilir kaynaklardan elde edilmiş olup, VOC oranı düşük ürünler tercih edilmiştir.
- Yerel malzemeler öncelikli olarak kullanılarak nakliye kaynaklı karbon salınımı azaltılmıştır.

İç hava kalitesi

- ASHRAE standartlarının üzerinde iç hava kalitesi sağlanmıştır.
- Kampüs genelinde CO2 sensörleri ve talep kontrollü havalandırma sistemleri kullanılmıştır.
- İç mekanlarda sigara kullanımına izin verilmemektedir.

Tüm bu sürdürülebilir tasarım ve mühendislik çözümleri sonucunda Apple Park, LEED Platin Sertifikası almıştır (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Apple Park Leed sertifikası (Yazar tarafından üretilmiştir).

4.1.5. Bank of America kulesi

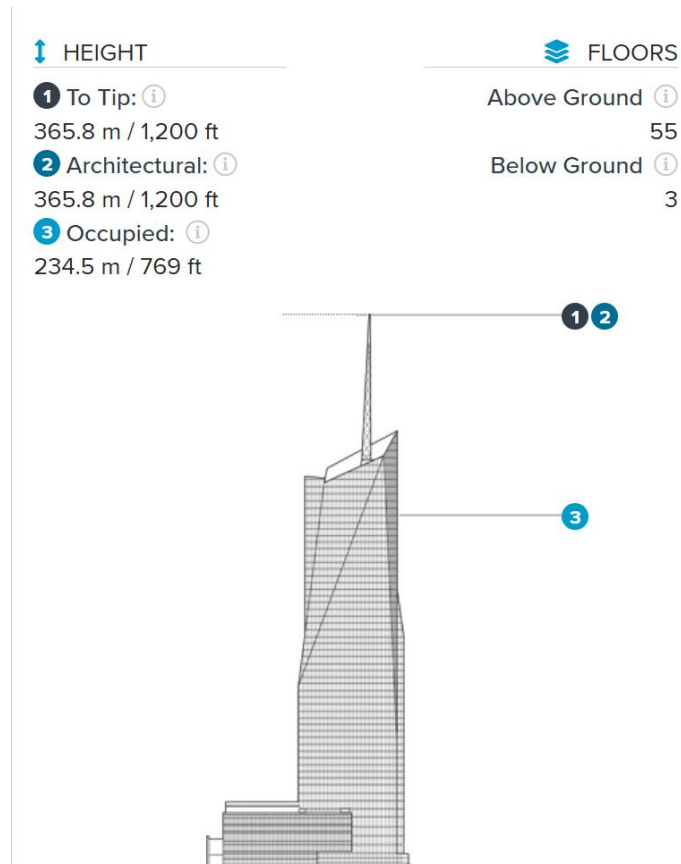
Amerika Birleşik Devletleri'nde LEED Platin sertifikası alan ilk ticari yüksek bina olarak öne çıkmaktadır. Bu başarı, binanın enerji verimliliği, su tasarrufu, iç mekân hava kalitesi ve sürdürülebilir malzeme kullanımı gibi çevresel performans kriterlerindeki üstünlüğünü göstermektedir(Şekil 4.22) [95].

Mimari tasarım ve yapısal özellikler

Bank of America Kulesi, New York City'nin Midtown Manhattan bölgesinde, Bryant Park'ın karşısında, 6. Cadde üzerinde yer almaktadır. 2009 yılında tamamlanan bu 55 katlı gökdelen, 2,2 milyon metrekarelik ofis alanına sahiptir ve Bank of America'nın ana ofislerini barındırmaktadır (Şekil 4.23) [97].



Şekil 4.22. Bank of Amerika kulesi [96].



Şekil 4.23. Bank of Amerika Kulesi kesiti [98].

Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Kullanımı

- **Kojenerasyon Tesisi:** Bina, yerinde bulunan 5,0 MW kapasiteli temiz yanan bir kojenerasyon tesisi ile yıllık elektrik ihtiyacının yaklaşık %65'ini karşılamakta ve gündüz saatlerindeki pik enerji talebini %30 oranında azaltmaktadır [97].
- **Termal Buz Depolama Sistemi:** Gece saatlerinde buz üreterek, gündüz saatlerinde buz eritip soğutma sağlayan bu sistem, şehrin elektrik şebekesindeki pik yükü azaltmaktadır.

Su Yönetimi ve Tasarrufu

- **Yağmur Suyu Toplama:** Çatı ve çevreden toplanan yağmur ve kar suları, gri su olarak tuvalet rezervuarlarında ve soğutma kulelerinde kullanılmaktadır. Bu strateji, yıllık yaklaşık 7,7 milyon galon içme suyu tasarrufu sağlamaktadır [99].
- **Düşük Akışlı Armatürler:** Banyolar ve mutfaklarda kullanılan düşük akışlı su armatürleri, su tüketimini minimize etmektedir.

İç Mekân Hava Kalitesi ve Konfor

- **Havalandırma Sistemi:** İç hava kalitesini artırmak amacıyla, ASHRAE standartlarının %30 üzerinde taze hava sağlayan havalandırma sistemleri kullanılmıştır.
- **CO₂ Sensörleri:** Ortamın taze hava ihtiyacını belirlemek için CO₂ sensörleri kullanılarak, havalandırma sistemleri talebe göre ayarlanmakta ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Malzeme Seçimi ve Atık Yönetimi

- **Geri Dönüştürülmüş Malzemeler:** Bina yapımında kullanılan malzemelerin %50'si geri dönüştürülmüş içerikten oluşmaktadır.
- **Yerel Malzemeler:** Malzemelerin %50'si, New York City'ye 500 mil (yaklaşık 800 km) mesafede temin edilerek, taşımadan kaynaklanan enerji tüketimi ve karbon salınımı azaltılmıştır.
- **İnşaat Atık Yönetimi:** İnşaat sürecinde atık yönetim planına uygun olarak atık alanları oluşturulmuş ve geri dönüştürülebilir malzemeler ayrıştırılarak toplanmıştır.

Pasif tasarım stratejileri

- **Doğal Işık Kullanımı:** Zemin kattan tavana kadar uzanan yalıtımlı cam paneller, doğal ışığın iç mekâna maksimum düzeyde girmesini sağlayarak aydınlatma ihtiyacını azaltmaktadır.
- **Güneş Kırıcılar:** Cephede kullanılan güneş kırıcı elemanlar, güneş ışınlarının doğrudan iç mekâna girişini kontrol ederek, soğutma yüklerini azaltmaktadır.

Yeşil Çatı ve Kentsel Habitat

- **Yeşil Çatı:** Binanın çatısında bulunan yeşil alan, ısı adası etkisini azaltarak doğal yalıtım sağlamakta ve yağmur suyunun emilimine katkıda bulunmaktadır.

Elektrik ve Aydınlatma Sistemleri

- **LED Aydınlatma:** İç ve dış mekânlarda enerji verimli LED aydınlatma armatürleri kullanılarak, elektrik tüketimi minimize edilmiştir.
- **Aydınlatma Otomasyonu:** Hareket, gün ışığı ve zamanlama sensörleri ile entegre edilen aydınlatma otomasyonu sayesinde, gereksiz enerji kullanımı önlenmiştir.

Bank of Amerika Kulesi 110 üzerinden 67 puan alarak 24 Ocak 2022’de Leed Gold sertifikasına uygun bulunmuştur (Şekil 4.24).

Leed Gold Sertifikası

Leed Gold Sertifikası 76 Puan

✓ INTEGRATIVE PROCESS CREDITS	1 / 2	
✓ LOCATION & TRANSPORTATION	17 / 20	
✓ WATER EFFICIENCY	4 / 12	
✓ ENERGY & ATMOSPHERE	25 / 81	
✓ MATERIAL & RESOURCES	6 / 13	
✓ INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY	7 / 17	
✓ REGIONAL PRIORITY CREDITS	3 / 4	
✓ INNOVATION	4 / 6	



Şekil 4.24. Bank of Amerika Kulesi Leed sertifikası (Yazar tarafından oluşturulmuştur).

4.1.6. Prokon Ekon

PROKON-EKON Şirketler Grubu'ndaki tüm işletmeleri tek bir çatı altında bir araya getirmek için bir merkez binası tasarlama ve inşa etme kararı alındı. LEED Platinum Sertifikalı yeşil bir bina olarak tasarlama kararı başlangıçta alındı (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Prokon Ekon Şirketler Grubu yapısı (Yazar tarafından çekilmiştir).

PROKON – EKON Şirketler Grubu Genel Müdürlük Binası tasarım ve mühendislik hizmetleri Prokon Mühendislik tarafından, Çelik konstrüksiyon imalatları Prokon İmalat tarafından, inşaatı ise Ekon tarafından yapılmıştır.

Mimari proje tasarımı sırasında binanın PROKON Mühendisliğin yaptığı işleri ve özellikle de çelik projelendirme ve çelik konstrüksiyondaki uzmanlığını ön plana çıkaracak bir bina olması özellikle vurgulanmaya çalışılmıştır.

- Binanın ön cephesinde 16m uzunluğunda 22m genişliğinde 8m yüksekliğinde konsol yapı bulunmaktadır.
- Bina 8000m² bodrum katlar, 8500m² üst katlar olmak üzere toplam 16.500 m² ve B+Z+5 katlıdır.
- Bodrum katlar; teknik hacimler, otopark, ÇAS,
- Zemin kat; sosyal alanlar; yemekhane, kafeterya, insan kaynakları, vb.
- 1.,2.,3. katlar; açık ofisler
- 4. kat; Genel Müdür ofisleri
- 5. kat; Yönetim kurulu ofisleri, VIP salon
- Bina cephesinde 3 cins malzeme kullanılmıştır: Cam, Alüminyum Kompozit Panel ve Seramik Kaplama (Şekil 4.26)

Ulaşım:

Şirket yönetimi tarafından personelin kullanması için optimum servis sayısı organize edilmiştir. Bireysel araç kullanımını en aza indirerek çevre kirliliği (CO₂ emisyonu) ve fosil bazlı yakıt kullanımı azaltılıp toplu taşıma desteklenmiştir.

Yağmur suyu yönetimi:

Sahada bina önü araç yolu dışında sert zemin mümkün olan en az miktarda kullanılmıştır. Çatı ve çevre yağmur suları toplanmış ve bahçe sulamada tekrar kullanılmıştır. Prokon-Ekon Şirketler Grubu Genel Müdürlük Binası yer olarak suyun az olduğu «Susuz» mahallesinde yer almaktadır. Bu nedenle su verimliliği birinci öncelik olarak değerlendirilmiş ve sertifika puanlamasından su verimliliği maddesinden tam puan almıştır.

Su verimliliği kapsamında kullanılan sistemler:

- Gri Su Sistemi
- Biyolojik Arıtma
- İçme Suyu Arıtma
- İnvertörlü Pompalar
- Tasarruflu Su Armatürleri
- Yağmursuyu Toplama Sistemi

Bina cephesi ısı performansı

Bina kabuğunun enerji performansı artırılarak enerji ihtiyacı ekonomik ölçülerde minimize edilmiştir. Dış duvarlarda 10cm taş yünü, çatılarda 16 cm XPS, zeminde ve ısıtılmayan mahallere bakan duvarlarda 10cm ısı yalıtımı yapılmıştır. Bina cephesinde güneş kontrollü ve yüksek performanslı ısıcamlar kullanılmıştır (Ek-3) . Cam kombinasyonu:

- Dış cam: Sunguard Super Neutral 62/34 (6mm temperli)
- Boşluk: 16mm Hava boşluğu
- İç cam: 4+4 mm lamine cam

Isıtma ve Soğutma Sistemleri

Bina kabuğundan kaynaklanan ısı kaybı ve kazancı minimize edildikten sonra kalan net enerji ihtiyacının karşılanması için, fosil yakıt tüketimi az olan, kışın 10 - 20°C, yazın 20-30°C arasındaki su ile çalışan ısı geri kazanımlı, değişken debili, merkezi klima tesisatı (VRF) ile ısıtma ve soğutma ihtiyacı karşılanmıştır.

Isıl depolama

240 m³ yangın deposu işlevselliği bozulmadan ısı depolama amaçlı kullanılmaktadır. Bu sistem Türkiye'deki ilk ve tek uygulamadır. VRF sistemi ve klima santralleri dış üniteleri ihtiyaç duydukları ısı enerjisini bu depodan alıyor. Depo şartlandırıldıktan sonra hiçbir sistem devreye girmeden yaklaşık 4 saat kullanılabilir. Burada depolanan ısı yaklaşık 2500 kW olmaktadır.

Trijenerasyon sistemi

Binada 70 kW elektrik ve 115 kW atık ısı kapasitesinde bir trijenerasyon sistemi kurulmuştur. Bu kapasite baz yükleri karşılamaktadır. Bu cihazdan elde edilen elektrik öncelikle VRF dış üniteler, fanlar, pompalar gibi cihazları beslemektedir. Cihazdan çıkan atık ısı, kışın ısıtmada, yazın 60kW kapasiteli absorpsiyonlu chiller vasıtasıyla soğutmada kullanılmaktadır.

Havalandırma sistemi

İç hava kalitesini artırmak için;

ASHRAE' nin öngördüğü hava miktarının %30 daha fazlası baz alınarak havalandırma tesisatı tasarımı yapılmıştır.

Enerji giderlerini azaltmak için;

Mahallerde CO₂ sensörleri ve VAV cihazları bulunmaktadır. Bu sayede iç hava kalitesi ölçülerek dış hava debisi ve fanların devir sayıları düşürülerek enerji ekonomisi sağlanmıştır. Klima santrallerinde frekans invertörlü fanlar ve ısı tekerlekli ısı geri kazanım cihazları kullanılmıştır. Talep kontrollü havalandırma esasına dayalı sistem kurulmuştur

Yenilenebilir enerji sistemi

14.000 m²'lik alanda 1,2MW'lık Fotovoltaik (PV) Paneller ile elektrik üretimi sağlanmakta, bunun 650kW'lık bölümü bina için kullanılmaktadır.

35 kW kapasiteli güneş Kolektörleri kullanım sıcak su ihtiyacı sağlanmaktadır.

Pasif sistemler

Gün ışığı bacaları - konferans salonu, otopark

Toprak altında gömülü olan ve doğal ışık alamayan konferans salonu ve otoparkda gün ışığı bacaları ile doğal ışık alınmıştır (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. Gün ışığı bacaları (Yazar tarafından çekilmiştir).

Solar Wall - Klima Santralleri Ön Isıtma

Solar Wall uygulaması ile klima santralleri taze havası önden 5-7°C ısıtılarak sisteme verilmektedir. Yıllık olarak %20 CO2 salınımı azaltılmaktadır (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Solar Wall (Yazar tarafından çekilmiştir).

Güneş kırıcılar

Binanın güney, güney-batı cephesinde güneş kırıcılar kullanılarak ışığın olumsuz etkileri azaltılmaya çalışılmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.29. Güneş kırıcılar (Yazar tarafından çekilmiştir).

Elektrik tesisatı

- Yapıda iç mekân ve dış aydınlatma sistemlerinde yüksek verimli LED armatürler kullanılmaktadır.
- Tüm binanın elektrik ve mekanik sistemlerini otomatik olarak aktifleştiren ve bakımını yapan bina otomasyon sistemine sahiptir. Yüksek verimliliğe sahip sistemlerin yıllık enerji tüketimini en aza indirmek için ana sisteme giren ve çıkan enerjilerin ölçümü, proseslerle aktivasyon sırası, süreleri vb. bina otomasyon sisteminde optimize edilmiştir. Böylece fan, pompa, kojenerasyon, kule gibi cihazların yıl boyunca verimliliği hesaplanabilmektedir.
- Gün ışığı en iyi şekilde değerlendirilerek elektrik tüketimi düşük seviyelere çekilmiştir. Konferans salonu ve otoparkta gün ışığı bacaları kullanılmıştır.
- Aydınlatma otomasyonu yapılmıştır. Varlık, gün ışığı ve zamanlama sensörleri kullanılmıştır
- Mevcut fabrika çatısına ve arka yamaca Fotovoltaik (PV) panel sistemi kurulmuştur. 14.000m²'lik alanda toplamda 1,2 MW'lık üretim sağlanmaktadır.

İnşaat atık yönetimi

- İnşaat sırasında atık yönetim planına uygun olarak atık alanı oluşturulmuş ve geri dönüştürülebilecek olan atıklar bu alanda toplanmıştır (cam, alüminyum, demir, vb.).

Malzeme seçimleri

- Doğal kaynakların korunması amacıyla kullanılan malzemelerin **geri dönüştürülmüş malzemelerden** yapılmış olmasına dikkat edilmiştir. Kullanılan malzemelerin %33.75'i geri dönüştürülmüş ürünlerden elde edilmiş malzemelerdir

Donatı çeliğin Yapısal	%99'u %70'i %40'ı %2'si geri
Çeliğin Alüminyumun	dönüştürülmüş malzemedan imal
Ahşabın	edilmiştir

- **Yerel malzeme kullanımı** ile fiyat ve temin avantajı sağlanmış olup, hem de taşımadan kaynaklı yakıt tüketimi minimuma indirilmiştir. Kullanılan malzemelerin %57.21'ini yerli üretim malzemeler oluşturmaktadır.

- Malzeme seçimlerinde **VOC oranı düşük** malzemelerin kullanımına dikkat edilmiştir.
- Malzemelerin seçimlerinde Floorscore, Cradle to Cradle gibi sertifikalara sahip olanlar tercih edilmiştir

Atık yönetimi

- Bina içerisindeki her katta uygun yerlere ambalaj atıklarının toplanması ve geri dönüşümünün sağlanması için özel çöp kutuları konulmuştur. Özellikle mühendislik firması nedeniyle açık ofis salonlarının içerisinde dolap içlerine özel tasarım atık dolapları yerleştirilmiştir.
- Tüm atıklar cinslerine göre ayrıştırılmaktadır.
- Bu sayede atıkların %80'e yakını geri dönüşüme kazandırılmaktadır.

İç hava kalitesi

- Çalışanların sağlığı ve konforu düşünülerek havalandırma hesapları ASHRAE 62.1-2004 standardında öngörülen değerlerin %30 arttırılarak yapılmıştır.
- İç mekanlarda CO2 sensörleri konulmuştur. Ortamdaki CO2 miktarları hesaplanarak, ortamın taze hava ihtiyacına göre gerekli hava sağlanmaktadır.
- Talep kontrollü havalandırma sistemi kurulmuştur.

Malzeme seçimleri

- Malzeme seçimlerinde geri dönüştürülmüş ve VOC oranı düşük malzemelerin kullanımına dikkat edilmiştir. Ürünlerin Floorscore, vb. Sertifikalarının olmasına dikkat edilmiştir.

Tüm bu değerlendirmelerin sonucunda Prokon Ekon 89 puan alarak Platin Leed Sertifikası almıştır (Şekil 4.30).

PLATİN LEED SERTİFİKASI

Platin Leed Sertifikası 89 Puan

-  Sürdürülebilir Arazi 19/26
-  Su Verimliliği 10/10
-  Enerji ve Atmosfer 31/35
-  Malzemeler ve Kaynaklar 6/14
-  İç Mekan Kalitesi 13/15
-  İnovasyon 6/6
-  Yerel Öncelik 4/4



Şekil 4.30. Prokon Ekon Leed sertifikası. (Prokon Ekon Şirketler grubundan elde edilmiştir).

4.1.7. Ted Rönesans Koleji

TED Rönesans Koleji, eğitim alanında sürdürülebilirlik ve enerji verimliliğini ön planda tutan bir yaklaşımla tasarlanmış olup, yeşil bina konsepti benimsenerek LEED Gold Sertifikası almaya hak kazanmıştır (Şekil 4.31).



Şekil 4.31. Ted Rönesans projesi (Hatırlı Mimarlık'tan edinilmiştir).

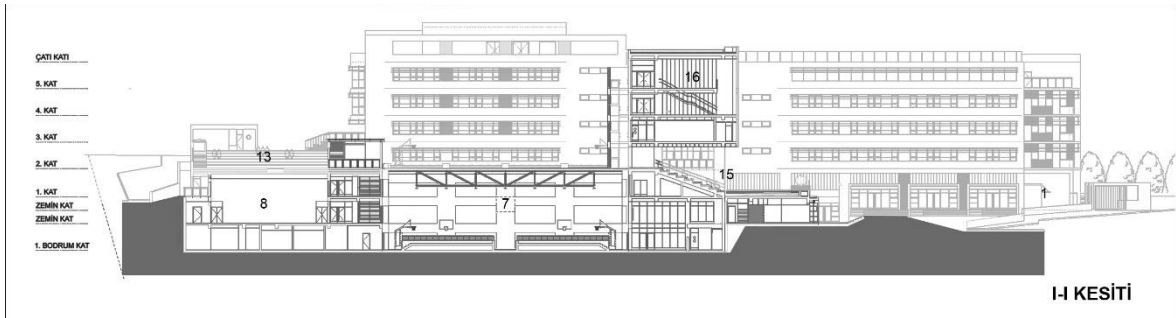
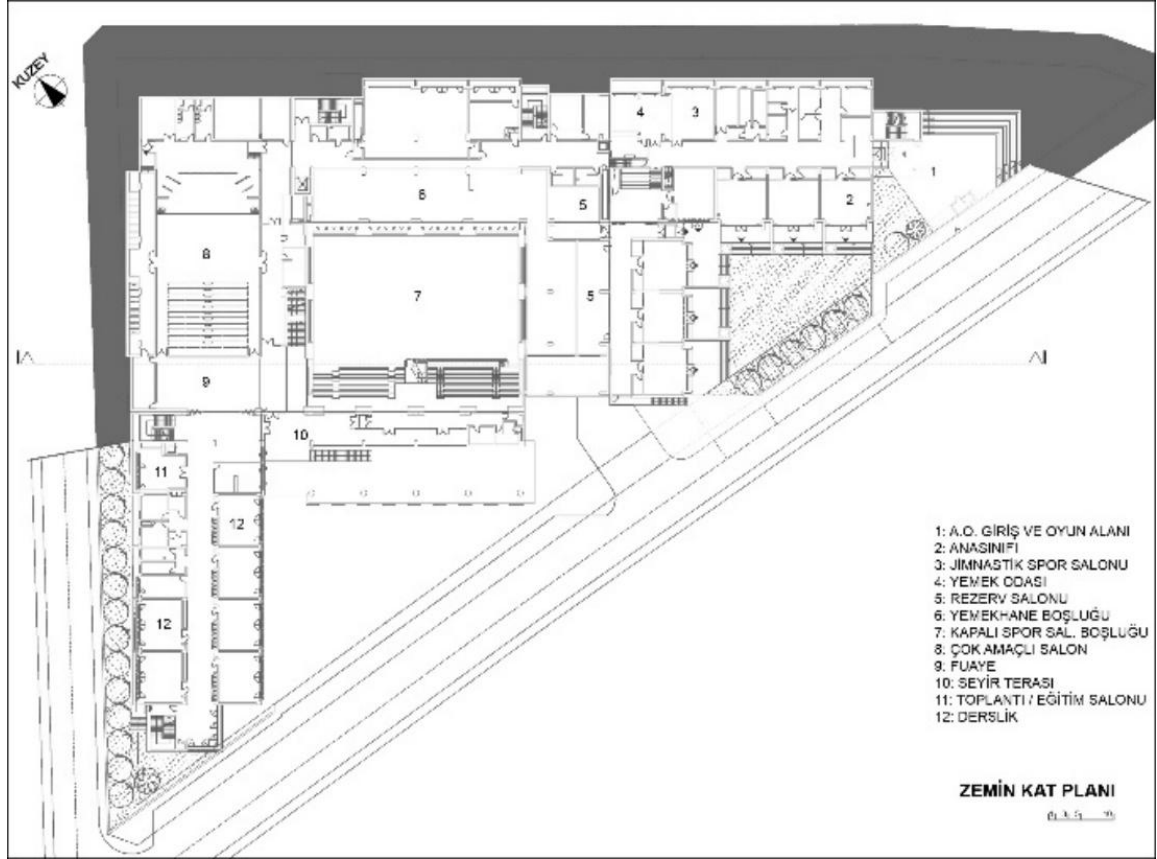
Hatırlı Mimarlık projeye başlarken yapı sahiplerine Leed veya başka bir yeşil bina sertifikası hedefi olup olmadığını soruyor. Sertifikasyon sistemi hedefi olmayınca mimarlarca belirlenen sürdürülebilirlik yaklaşımıyla tasarım aşaması biten yapının inşasına başlamadan önce proje sahipleri Leed sertifikası hedeflerini değiştiriyor. Bunun üzerine tasarımlar Leed sertifikasının check listinde bulunan maddelerin çoğu karşılanmış olduğu için hali hazır projeye hiçbir değişiklik yapmaksızın sertifikaya hak kazanıyor. Sertifika seviyesini Gold'a yükseltmek için park yeri ve fotoselli ıslak hacim bataryalarının değişimi gibi projeye küçük değişiklikler yapmışlardır.

Mimari tasarım ve yapısal özellikler

Türkiye'nin ilk Leed Gold sertifikalı koleji olan TED Rönesans Koleji binası, Rönesans Holding tarafından projelendirilmiş ve inşa edilmiştir. Tasarım sürecinde, enerji verimliliği, doğal aydınlatma, su tasarrufu ve ekolojik malzeme kullanımı ön planda tutulmuştur. Mimar ekibi Yapının tasarım ve inşa sürecinde;

- Cephelerde doğal ışığı organize edip yapının yönünü dikkate alarak cam seçimi, güneş kırıcı gibi önlemler
- Küçük bir arazide a sınıfı kesit projesidir zemin altında çok alan vardı. Yemekhane zeminin altında kaldı çatılar spor alanı gibi kütlelere kısmi çökertilmiş avlular güneş tüneller.
- Yağmur suyu toplama sistemi yapılsa bile gri su yapılması ön yatırım maliyetinden dolayı yatırımcı yanaşmadı.
- Eğitim yapılarının dayanıklılığı ön planları öğrenci kullanıcı olduğu için kendini temizleyen doğal ve gerçek malzeme kullanımına özen gösteriyor. Çok fazla kaplama malzeme yoktu yerel malzeme kullanarak karbon ayak izi oluşturmada maliyet açısından da hesaplı, dayanıklı, kendini temizlemesi ön planda olan malzemeleri seçmekte özen gösteriyor.
- Mekanik önlem alınarak Leed'de puan olursa bile bir yandan da elektrik harcıyor. Bu yüzden genel olarak pasif sistemler tercih ediliyor. Yapının akıllı tasarımı çok önem veriliyor yapısal kararlara tasarım kararlarından alınan önlemlerle ilerledi.
- **Toplam Alan:** 24.000 m²
- **Kat Planı:** B+Z+4 kat
 - Bodrum kat: Teknik hacimler, otopark, depo alanları
 - Zemin kat: Sosyal alanlar, yemekhane, kafeterya, spor salonu

- 1.-2. Katlar: Derslikler ve laboratuvarlar
- Kat: Öğretmenler odası, idari ofisler
- Kat: Kütüphane ve konferans salonu (Şekil 4.32)



Şekil 4.32. Ted Rönensan Koleji mimari çizimleri (Hatırlı Mimarlık’tan edinilmiştir).

- **Cephe Malzemeleri:** Cam, alüminyum kompozit panel, seramik kaplama
- **Yapısal Sistem:** Betonarme ve çelik konstrüksiyon kombinasyonu kullanılmıştır.

Saha seçimi ve peyzaj

Okul, şehir merkezine yakın ancak yeşil alanlarla çevrili bir bölgede konumlandırılmıştır. Mevcut doğal doku korunarak peyzaj tasarımı yapılmış, sert zemin kullanımı minimuma indirilmiştir. Yerel ve kuraklığa dayanıklı bitkiler tercih edilmiştir (Şekil 4.33).



Şekil 4.33. Ted Rönensans Projesi (Hatırlı Mimarlık'tan edinilmiştir)

Ulaşım ve çevresel etkiler

- **Toplu Taşıma Teşviki:** Servis kullanımı teşvik edilerek karbon emisyonu azaltılmıştır.
- **Bisiklet Park Alanları:** Öğrenciler ve personel için bisiklet park alanları oluşturulmuştur.
- **Elektrikli Araç Şarj İstasyonları:** Okul otoparkında elektrikli araç kullanımını teşvik eden istasyonlar bulunmaktadır.

Su verimliliği

- **Yağmur Suyu Yönetimi:** Çatı ve peyzaj alanlarından toplanan yağmur suları, bahçe sulamada kullanılmaktadır.
- **Su Tasarruflu Armatürler:** Kullanılan su tüketimini minimize eden düşük debili armatürler tercih edilmiştir.
- enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji sistemleri
- **Güneş Kırıcılar:** Güneş ısı kazançlarını azaltan pasif sistemler kullanılmıştır.
- **Isı Geri Kazanım Sistemleri:** Havalandırma sisteminde atık ısının tekrar kullanımı sağlanmaktadır.
- **Akıllı Bina Otomasyonu:** Aydınlatma, ısıtma-soğutma sistemleri optimize edilerek enerji tüketimi düşürülmüştür.

Atık yönetimi ve malzeme kullanımı

- **Geri Dönüşüm Programı:** Bina içerisinde ayrıştırma sistemleri kurularak atıkların %80'inin geri dönüşümü sağlanmıştır.
- **Düşük VOC Malzemeler:** İç mekanlarda hava kalitesini artıran düşük kimyasal emisyonlu malzemeler tercih edilmiştir.
- **Yerel ve Geri Dönüşüm Malzemeleri:** Kullanılan malzemelerin %60'ı yerel, %45'i geri dönüştürülmüş malzemelerden seçilmiştir (Şekil 4.34).



Şekil 4.34. Ted Rönensans iç mekân fotoğrafları (Hatırlı Mimarlık'tan edinilmiştir).

TED Rönesans Koleji, sürdürülebilirlik odaklı tasarımıyla, eğitim yapıları için çevreci bir model oluşturmuş ve 62 puan alarak LEED Gold Sertifikası ile ödüllendirilmiştir (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Ted Rönesans Koleji Leed sertifikası (Yazar tarafından oluşturulmuştur).

4.1.8. Via Green

Via Green projesi, tasarım aşamasından itibaren LEED Gold sertifikası hedeflenerek sürdürülebilir tasarım kriterlerine göre geliştirilmiştir. Proje, Ankara'nın Eskişehir Yolu üzerinde yer almakta ve bölgenin ilk LEED Gold sertifikalı iş merkezi olarak ön plana çıkmaktadır (Şekil 4.36).

Mimari tasarım yaklaşımları

Via Green, toplam 45.000 m² inşaat alanına sahip, iki bloktan oluşan karma bir kullanım projesidir. Projede ofis alanlarının yanı sıra, ticari üniteler ve sosyal alanlar bulunmaktadır.



Şekil 4.36. Via Green (Gökhan Aksoy Mimarlıktan alınmıştır).

Saha seçimi

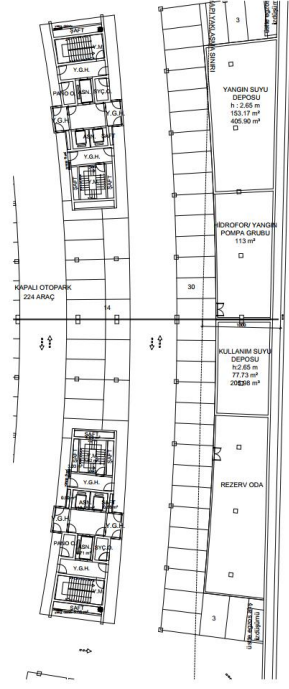
Projenin konumu, toplu taşıma araçlarına kolay erişim sağlayan ve çevresel sürdürülebilirlik ilkelerine uygun bir noktada seçilmiştir. Eskişehir Yolu üzerindeki konum, şehrin merkezi bölgelerine yakınlığı ve altyapı erişimi açısından avantaj sağlamaktadır.

Ulaşım

Via Green'in merkezi konumu sayesinde toplu taşıma kullanımı teşvik edilmiş, bu sayede bireysel araç kullanımından kaynaklanan çevresel etkiler ve karbon salınımı azaltılmıştır.

Yağmur Suyu Yönetimi ve Su Verimliliği

Binada yağmur suyu toplama ve gri su sistemleri bulunmaktadır. Toplanan yağmur suyu peyzaj sulamasında kullanılarak içme suyu kullanımını azaltmıştır. Projede ilave arıtma sistemi kullanılmama kararı alınmıştır (Şekil 4.37).



Şekil 4.37. Via Green 3.bodrum katı su toplama depoları (Gökhan Aksoy Mimarlıktan alınmıştır).

Cephe Tasarımı ve Isıl Performans

Cephe danışmanlarıyla birlikte yoğun bir çalışma yapılmış, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik ilkeleri ön planda tutulmuştur. Cephede çevre illerden sağlanan yerel traverten kullanılarak yerel malzeme kullanımı teşvik edilmiş ve nakliye kaynaklı karbon salınımı azaltılmıştır. Ayrıca binanın cephesinde yer alan bitkiler, doğal ışık kullanımını ve atmosferik konforu artırmıştır.

Isıtma ve Soğutma Sistemleri

Binanın cephe performansı sayesinde enerji tüketimi optimize edilmiştir. Enerji tüketimini daha da azaltmak için yüksek verimli iklimlendirme sistemleri kullanılmıştır.

Güneş Kontrolü ve Aydınlatma Stratejileri

Güneşin etkilerinden korunmak amacıyla balkonların içe çekilmesi gibi pasif tasarım yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca cephede güneş kırıcı paneller bulunmakta, gece aydınlatmalarında doğru ışık yönlendirmeleri kullanılarak ışık kirliliği engellenmiştir.

Doğal havalandırma

Doğal havalandırma öncelikli bir strateji olarak belirlenmiş, açılabilir pencereler kullanılarak kullanıcıların doğal havalandırma yapması sağlanmıştır. Böylelikle suni havalandırma sistemlerinin kullanımına duyulan ihtiyaç azaltılmıştır.

Pasif tasarım stratejileri

Projenin tasarımında iç bükey yapı formu ve iki ayrı blok tasarımıyla, doğal ışık ve yeşil alanlarla iç içe, yarı açık alanlar yaratılmıştır. Böylelikle enerji tüketimini azaltıcı pasif çözümler uygulanmıştır (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Via Green (Gökhan Aksoy Mimarlık tarafından alınmıştır).

Malzeme seçimleri

Projede geri dönüşümlü ve yerel malzemeler tercih edilmiştir. Çevresel etkisi düşük, sürdürülebilir malzemelerin kullanımı önceliklendirilmiş ve bu durum bina performansına olumlu katkılar sağlamıştır.

İç hava kalitesi

Bina içerisinde hava kalitesi, açılabilir pencereler ve doğal havalandırma çözümleriyle optimize edilmiştir. Bu sayede iç mekânlarda daha sağlıklı ve konforlu bir çalışma ortamı oluşturulmuştur.

Via Green projesi, tasarım ve mühendislik süreçlerinde Leed Core and Shell LEED Gold sertifikasyon kriterlerini başarıyla karşılamış, sürdürülebilir mimari ve çevre dostu uygulamalarla Ankara için önemli bir referans proje haline gelmiştir (Şekil 4.39).

Leed Gold Sertifikası

Leed Gold Sertifikası 72 Puan

▼ SUSTAINABLE SITES	24 / 28	
▼ WATER EFFICIENCY	10 / 10	
▼ ENERGY & ATMOSPHERE	18 / 55	
▼ MATERIAL & RESOURCES	6 / 13	
▼ INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY	5 / 12	
▼ INNOVATION	5 / 6	
▼ REGIONAL PRIORITY CREDITS	4 / 4	



Şekil 4.39. Via Green Leed sertifikası (Yazar tarafından yapılmıştır).

4.1.9. Paragon

The Paragon Tower, Ankara'nın Çukurambar semtinde, Gökhan Aksoy Mimarlık tarafından tasarlanan; estetik, mühendislik ve sürdürülebilirliğin bir araya geldiği prestijli bir ofis yapısıdır. Proje, LEED Core & Shell (CS) Gümüş Sertifika adayı olarak tasarlanmış ve inşa sürecinde çevresel sürdürülebilirlik önceliklendirilmiştir (Şekil 4.40).

Temel bilgiler

Konum: Çukurambar, Ankara

Toplam Alan: 45.050 m²

Ofis Alanı: 18.550 m²

Ticari Alan: 9.886 m²

Kat Sayısı: 27 Kat

Tipoloji: Ofis + Ticaret + Sosyal Alan

Yapı Tipi: Betonarme çekirdek etrafında çelik ve betonarme sistem birleşimi



Şekil 4.40. Paragon Tower (Gökhan Aksoy Mimarlıktan alınmıştır).

Mimari tasarım ve yapı organizasyonu

Paragon Tower'ın tasarımı, L-planlı iki kütleli çekirdeği sararak yukarıya doğru daralmasıyla oluşmuştur. Arazi eğimine duyarlı bir biçimde yerleştirilen yapı, iki farklı kotta giriş imkânı sunmaktadır: biri kule girişine, diğeri ise ofis kullanıcıları için yarı kamusal bir teras avluya açılmaktadır.

Kat Dağılımı:

Zemin + 1. Katlar: Ticari birimler (kafe, mağaza vb.)

2.–25. Katlar: Modüler açık ofis alanları

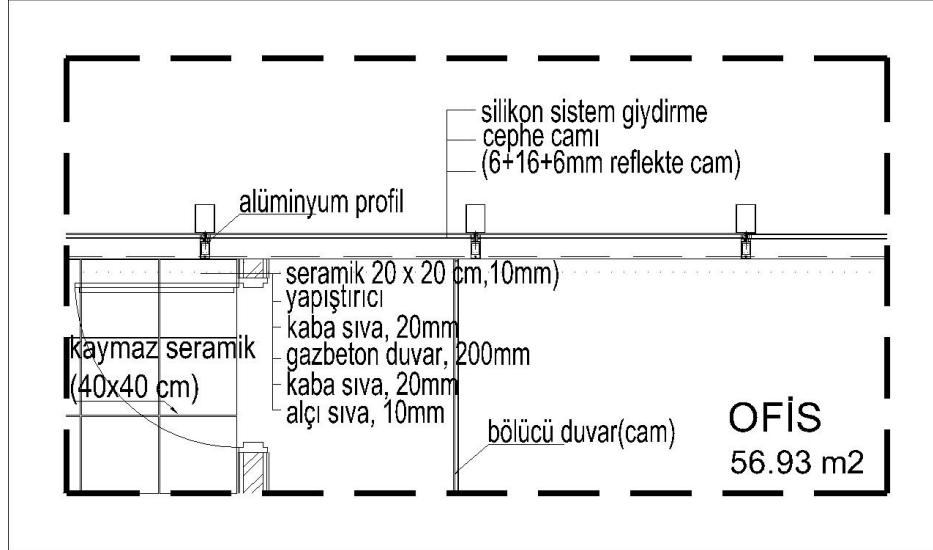
26.–27. Katlar: Toplantı salonları, business lounge ve yönetim birimleri

Kat alanları: 680 m² ile 850 m² arasında değişmektedir.

Kat yüksekliği: Brüt 3.65 m

Yapı kabuğu ve cephe sistemleri

Yapı kabuğu, enerji verimliliği ve estetik amaçlarla yüksek performanslı cam sistemleri ve alüminyum panellerle kaplanmıştır (Şekil 4.41).



Şekil 4.41. Ofis alanı cephe detayları (Gökhan Aksoy Mimarlıktan alınmıştır).

Cephe elemanları:

Düşük emisyonlu (low-e) yalıtımlı camlar

Isı yalıtımlı cephe sistemi

Seramik paneller

Alüminyum kompozit kaplama

Güneş kontrolü:

Güney ve batı cephelerde güneş kırıcı sistemler

Gölgeleme elemanları sayesinde ısı kazançlarının azaltılması

Enerji verimliliği ve ısıtma-soğutma sistemleri

Yapının LEED-CS puanlamasında öne çıkan noktası, enerji tasarruflu mekanik sistemleridir.

Isıtma-Soğutma:

- 4 borulu fan-coil sistem
- Dış hava ile çalışan merkezi havalandırma sistemleri

Havalandırma:

- ASHRAE 62.1-2004 standardına göre kişi başı 50 m³/h taze hava
- CO₂ sensörlü talep kontrollü sistemler
- VAV cihazları ile dinamik hava akışı kontrolü

Enerji İzleme:

Bina otomasyon sistemi ile tüm HVAC ve elektrik sistemleri sürekli olarak izlenmektedir.

- Su yönetimi
- LEED puanlamasında su verimliliği de önemli bir yer tutmaktadır. Paragon Tower'da kullanılan su yönetimi sistemleri:
- Düşük debili armatürler ve rezervuarlar
- Gri su ve yağmur suyu sistemleriyle sulama desteği (proje niyetiyle sınırlı)
- Su kaçağı algılama sistemleri

Yenilenebilir enerji ve otomasyon

- PV Paneller: Mevcut çatılarda güneş enerjisi potansiyeli değerlendirilmiş, pilot ölçekte uygulama yapılması hedeflenmiştir.
- Aydınlatma Otomasyonu: Gün ışığı sensörleri, hareket dedektörleri, zamanlayıcılar
- Aydınlatma Armatürleri: Yüksek verimli LED sistemleri

İç mekân kalitesi malzeme seçimi:

- VOC oranı düşük boyalar, kaplamalar, yapıştırıcılar
- Cradle to Cradle ve FloorScore sertifikalı ürünler
- Doğal Aydınlatma: Cepheye yakın ofis organizasyonu, gün ışığı erişimini maksimize etmektedir.

Malzeme ve atık yönetimi

- %20+ yerel üretim malzeme
- %30'a varan geri dönüştürülmüş içerik oranı
- İnşaat Atıkları:
- Ayır toplanan inşaat atıkları (alüminyum, cam, demir, ahşap)
- Atıkların %75'inin geri dönüşümü sağlanmıştır

Pasif tasarım stratejileri

Paragon Tower yapısında uygulanan pasif sistemler, enerji tüketiminin azaltılması ve iç mekân konforunun artırılması amacıyla mimari tasarım sürecine entegre edilmiştir. Yapının cephe tasarımında kullanılan yüksek performanslı yalıtım camları ve cephe elemanları, doğrudan güneş ışınlamını kontrol altına alarak iç mekânda oluşabilecek ısı kazançlarını minimize ederken, gün ışığından maksimum düzeyde faydalanılmasını sağlamaktadır. Güney ve batı cephelerinde yer alan güneş kırıcılar, (Şekil 4.42) güneş ışınlarının iç mekâna doğrudan girişini engelleyerek soğutma ihtiyacını azaltan etkili bir gölgeleme çözümüdür.



Şekil 4.42. Güneş Kırıcılar (Gökhan Aksoy Mimarlıktan alınmıştır).

Ofis alanlarının cepheye yakın konumlandırılması ve açılabilir pencere detayları sayesinde doğal havalandırma desteklenmiş, böylece mekanik havalandırmaya olan bağımlılık azaltılmıştır. Ayrıca, kat bahçeleri ve yarı-açık avlular (Şekil 4.41) aracılığıyla iç-dış mekân etkileşimi artırılmış, bu alanlar hem hava sirkülasyonuna katkı sağlamış hem de kullanıcılar için sağlıklı bir çalışma ortamı sunmuştur.



Şekil 4.43. Kat Bahçeleri (Gökhan Aksoy Mimarlıktan alınmıştır).

Binanın yukarı doğru daralan kütle formu (Şekil 4.44), güneşlenme ve rüzgâr yönlendirmesi açısından avantaj sağlarken, eğimli araziye uyumlu yerleşimi sayesinde doğal topografyanın iklimsel avantajlarından yararlanılmıştır. Peyzaj tasarımında ısı adası etkisini azaltmaya yönelik geçirgen zeminler ve yeşil alanlar tercih edilmiş, böylece dış kabuk yüzeylerinin güneşle olan etkileşimi azaltılarak mikroklimatik iyileştirme hedeflenmiştir. Tüm bu pasif tasarım stratejileri, yapının enerji verimliliğini artırmakla kalmayıp, LEED Core & Shell Gümüş Sertifikası almasına katkı sağlayan temel unsurlar arasında yer almaktadır.

Ulaşım ve erişilebilirlik

- Toplu Taşıma: Metro ve otobüs duraklarına yürüme mesafesi
- Bisiklet Alanları: Bisiklet park yerleri ve duş alanları
- Araç Otoparkı: 40 m² ofis alanına 1 adet kapalı otopark hakkı

The Paragon Tower, tasarım kalitesi, çevresel sürdürülebilirliği ve kullanıcı dostu mekanlarıyla Ankara'nın önemli iş merkezlerinden biridir. LEED-CS Gümüş Sertifika adayı olarak Türkiye’de yeşil bina uygulamalarının gelişimini destekleyen örneklerden biri olarak dikkat çekmektedir.



Şekil 4.44. Paragon Tower (Gökhan Aksoy Mimarlıktan alınmıştır).

4.1.10. Gaziantep pasif ev (ekolojik bina)

Gaziantep Pasif Ev projesi (Şekil 4.45), Türkiye’nin ilk pasif ev konseptiyle geliştirilen kamu yapısıdır. Gaziantep Büyükşehir Belediyesi’nin öncülüğünde tasarlanarak hem Passive House hem de LEED Platin sertifikasyon kriterlerine uygun biçimde geliştirilmiştir. Yapı, Gaziantep’in yerel iklim koşullarını göz önünde bulunduran sürdürülebilir tasarım prensipleriyle oluşturulmuştur.



Şekil 4.45. Gaziantep pasif ev (EG Mimarlıktan alınmıştır).

Genel bilgiler

- **Konum:** Gaziantep, 100. Yıl Atatürk Kültür Parkı
- **Yatırımcı:** Gaziantep Büyükşehir Belediyesi
- **Mimari Koordinasyon:** Seda Müftüoğlu Güleç (Yeşil Bina Uzmanı, Sertifikalı Pasif Ev Tasarımcısı)
- **Sürdürülebilirlik Danışmanı:** Mimta EcoYapı
- **İnşaat Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:** Temmuz 2012 – Eylül 2013
- **LEED Sertifikası:** Platin (86/110 puan)
- **Pasif Ev Sertifikası:** Almanya PassivHaus Enstitüsü tarafından onaylı
- **Kullanım Amacı:** İnsan Kaynakları Merkezi, eğitim ve bilgilendirme merkezi
- **Toplam Kapalı Alan:** 320 m²
- **Enerji Performansı:** %90 enerji tasarrufu, %65 su verimliliği

Saha seçimi ve kentsel bağlam

Gaziantep Ekolojik Bina, 100. Yıl Atatürk Kültür Parkı içerisinde, doğayla iç içe ve şehir merkezine yakın konumlanmıştır. Bu stratejik konum, binanın eğitim ve bilgilendirme amaçlarını destekleyerek ziyaretçiler için erişim kolaylığı sağlar. Çevresindeki geniş yeşil alanlar ve peyzaj düzenlemeleri, sürdürülebilir kentsel gelişimi desteklemekte ve bölgenin mikro iklim koşullarını iyileştirmektedir.

Ulaşım ve erişilebilirlik

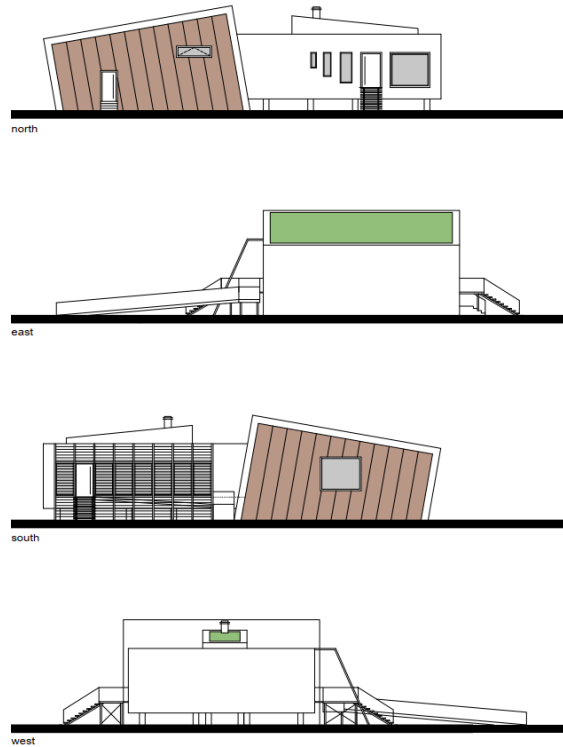
Yapı, şehir merkezine ve toplu taşıma olanaklarına yakın konumlandırılmıştır. Böylelikle, çevre dostu ulaşım yöntemleri teşvik edilerek çevresel etkiler minimize edilmektedir.

Yağmur suyu yönetimi ve su verimliliği

Binada yağmur suyu toplama ve kullanımı için entegre sistemler bulunmaktadır. Toplanan yağmur suyu, peyzaj alanlarının sulanmasında kullanılarak içme suyu tüketimini azaltmaktadır. Ayrıca bina içinde kullanılan düşük akışlı armatürler ve su tasarrufu sağlayan sistemler, genel su tüketimini ciddi oranda düşürmektedir.

Cephe tasarımı ve iklimsel uyum

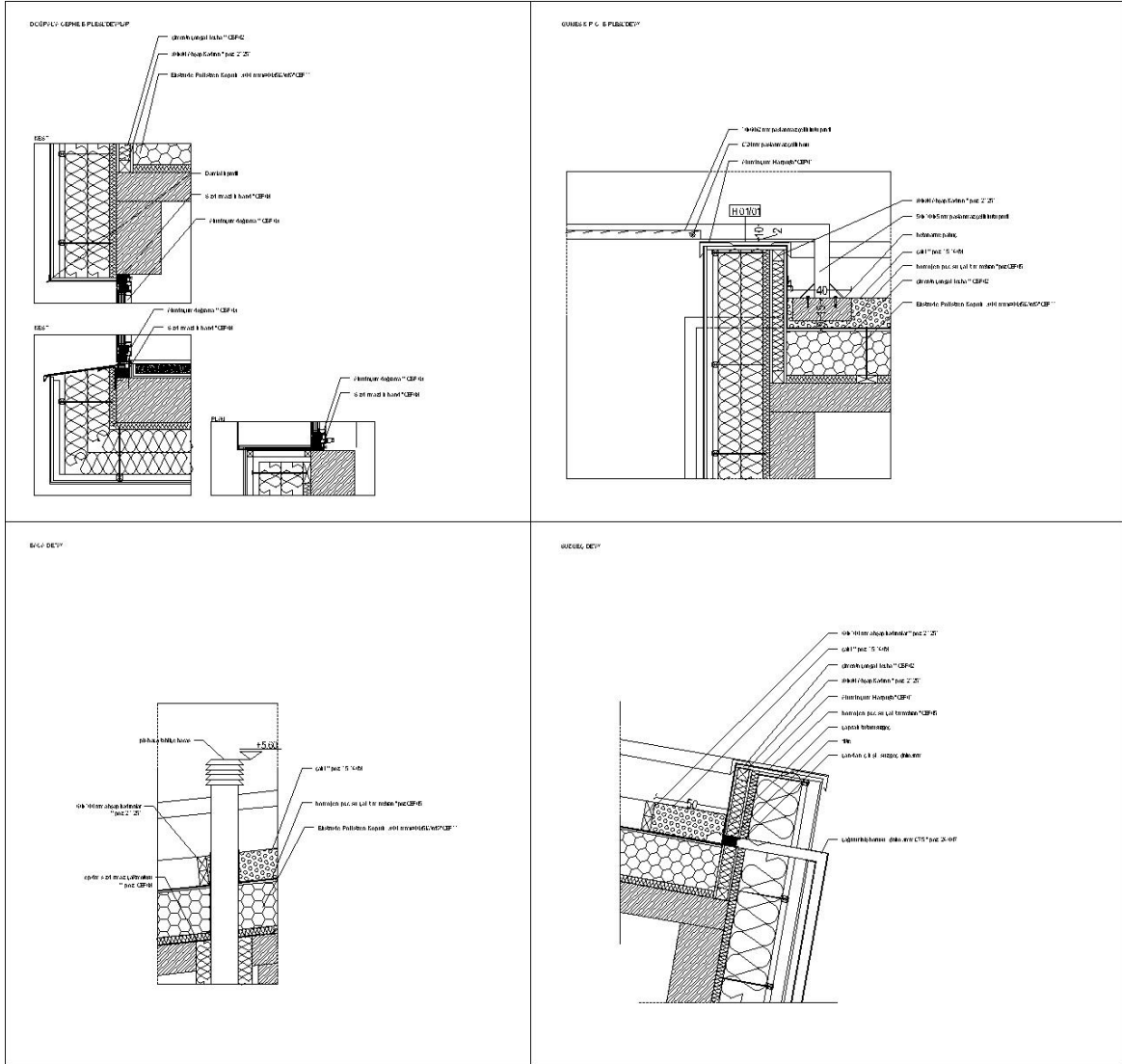
Binanın cephe tasarımı (Şekil 4.46), Gaziantep'in sıcak-kurak iklim koşullarına pasif yöntemlerle yanıt verecek biçimde geliştirilmiştir. Başlangıç tasarımında önerilen geniş konsollar, enerji performansını artırmak üzere daha kompakt bir form kazanmıştır. Güney cephesinde bulunan güneş kırıcılar ve peyzaj düzenlemesiyle gölgelendirme sağlanmış, iç mekânların soğutma yükü azaltılmıştır (Ek-4).



Şekil 4.46. Gaziantep Pasif Ev cephe görünüşleri (EG Mimarlıktan alınmıştır).

Isı yalıtımı ve enerji performansı

Yapı kabuğunda yüksek performanslı yalıtım teknikleri ve malzemeleri kullanılmıştır. Duvarlarda 40 cm cam yünü, çatıda 40 cm taş yünü, zeminde ise 20 cm XPS yalıtım malzemeleri tercih edilmiştir. Yüksek performanslı üçlü cam sistemleriyle ısı kaybı minimize edilmiştir. Yapının duvarları, çatısı ve zemini için sırasıyla $U=0.092$ W/m²K, $U=0.101$ W/m²K ve $U=0.111$ W/m²K değerleri sağlanmıştır (Şekil 4.47).



Şekil 4.47. Gaziantep pasif ev yalıtım detayları (EG Mimarlıktan alınmıştır).

Gün ışığı ve aydınlatma stratejileri

Geniş pencere açıklıkları ve iç mekânların açık plan tasarımı, doğal ışığın maksimum düzeyde kullanımını sağlamaktadır. Yapılan gün ışığı simülasyonları ile iç mekânlarda yeterli aydınlık seviyeleri elde edilerek yapay aydınlatma ihtiyacı azaltılmıştır. Enerji verimliliğini artırmak için LED aydınlatma sistemleri kullanılmıştır.

Yenilenebilir enerji sistemleri ve mekanik tesisat

Bina, yenilenebilir enerji kaynaklarını etkin bir biçimde kullanmaktadır. Çatıdaki fotovoltaik paneller aracılığıyla bina ihtiyacından fazla enerji üretimi gerçekleştirilmektedir. Ayrıca bina, yer altı kaynaklı hibrid ısı pompası ve toprak-hava ısı değiştirici (Earth Tube) sistemiyle desteklenen ısıtma ve soğutma sistemlerine sahiptir. İç mekân hava kalitesi, ısı geri kazanımlı havalandırma sistemiyle korunmaktadır.

Pasif tasarım stratejileri

Bina tasarımı, kompakt yapı formu ve güney cephedeki aktif güneş kırıcı sistemlerle pasif enerji kullanımını maksimize edecek şekilde kurgulanmıştır. Bu çözümler, enerji tüketimini azaltmakta ve konfor seviyelerini artırmaktadır (Şekil 4.48).



Şekil 4.48. Gaziantep pasif ev (EG Mimarlıktan alınmıştır).

Malzeme seçimleri ve sağlık etkileri

Yapıda kullanılan malzemeler, insan sağlığı ve çevresel sürdürülebilirlik kriterlerine uygun seçilmiştir. Yerel üretim olan gaz beton gibi malzemeler kullanılarak taşıma kaynaklı çevresel etkiler azaltılmıştır.

İç hava kalitesi ve kullanıcı konforu

Cephe sistemlerinin hava geçirgenliği ve buhar dengeleyici özellikleri ile iç mekân konforu sağlanmıştır. Termal, görsel ve akustik konfor seviyeleri, kullanıcı deneyimini artıracak şekilde tasarlanmıştır.

LEED Platin sertifikasına en güçlü katkıyı yüksek performanslı ısı yalıtımı ve güneş kırıcı sistemler sağlamıştır. Bu uygulamalar, binanın sürdürülebilirlik performansını belirgin şekilde artırmıştır (Şekil 4.49).

Leed Gold Sertifikası

Leed Platinum Sertifikası 86 Puan

✓ SUSTAINABLE SITES	18 / 26	
✓ WATER EFFICIENCY	8 / 10	
✓ ENERGY & ATMOSPHERE	33 / 53	
✓ MATERIAL & RESOURCES	6 / 14	
✓ INDOOR ENVIRONMENTAL QUALITY	11 / 15	
✓ INNOVATION	6 / 6	
✓ REGIONAL PRIORITY CREDITS	4 / 4	



Şekil 4.49. Gaziantep Pasif Ev Leed sertifikası (Yazar tarafından hazırlanmıştır).

Tezin bu bölümünde 10 örnek yapı incelenmiştir. İncelenen yapıların 9 tanesinin leed sertifikası varken Paragon Tower'ın LEED CS adaylığı bulunmaktadır. İncelenen yapıların

5'i Leed Platinium derecesinde sertifikalanmış olup 4 tanesi Leed Gold derecesinde sertifikalanmıştır (Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Örnek vakalar LEED puanları.

Platinum

	Sürdürülebilir Arazi	Su Verimliliği	Enerji ve Atmosfer	Malzeme ve Kaynaklar	İç Mekan Kalitesi	İnovasyon	Yerel Öncelik	SKOR
PROKON EKON	19/26	10/10	31/53	6/14	13/15	6/6	4/4	89
APPLE PARK	24/26	7/10	33/53	5/14	7/15	6/6	5/4	87
GAZİANTEP PASİF EV	18/26	8/10	33/53	6/14	11/15	6/6	4/4	86
BANK OF AMERICA		4/10	25/53	6/14	7/15	4/6		76
THE EDGE	21/26	10/10	27/53	5/14	12/15	6/6	3/4	84
EMPIRE STATE	10/26	8/10	33/53	9/14	9/15	4/6	4/4	76
BOSCO VECTICALE	10/26	11/10	33/53	13/14	16/15	6/6	4/4	75
VIA GREEN	24/26	10/10	18/53	6/14	5/15	5/6	4/4	72
TED RÖNESANS	18/26	8/10	11/53	6/14	10/15	5/6	4/4	62

Gold

Yukarıdaki tabloda incelenen yapıların leed puanları gözükmemektedir. Leed sertifikası aldıkları döneme ve yapıların cinsine bağlı olarak Bank of America yapısının değerlendirme kriterlerinde farklılaşan kısımlar toplam puana eklense dahi tabloya dahil edilmemiştir.

4.2. Kabuk Performanslarının Değerlendirmesi

Tezin önceki bölümlerinde de belirtildiği üzere leed v4 sertifikasyon sisteminde ele alınan kriterlerin alt başlıkları üzerinde yapı kabuğuna puan verilse bile yapı tasarımının entegratif bir süreç olmasından dolayı LEED v4 sertifikasyon sisteminde ele alınan kriterlerin dolaylı değil direkt olarak yapı kabuğu tasarımına etkisi olduğu bu çalışmada savunulmaktadır. Bu bağlamda bir önceki bölümde incelenen yapıların leed v4 sertifikasyon sistemi kriterlerinin yapı kabuğuyla ilişkisi aşağıdaki tabloda değerlendirilmiştir (Tablo 4.3).

Prokon Ekon Şirketler Grubu içerisinde çelik üretimi de yapılan firmanın ofis binası tasarımı olması sebebiyle ofis binasının tasarımı yapılırken çelik konstrüksiyonların dışarıdan hissediliyor olması önemli bir girdiydi. Yapının inşaa sırasında kullanılan malzemelerin büyük bir kısmını firma kendisi üretmiştir. Giriş cephesinde bulunan 18 m uzunluğunda 22 m genişliğinde olan konsol kullanılan malzemenin mukavemetini vurgulanmak amacıyla kurgulanmıştır. Yapı cephesinde yağmur sularını toplama sistemi bodrumdaki depolarda toplanıp tekrar kullanılmaktadır. Cephede bulunan Solar Wall ile doğal enerji depolayan yapı güneş açıklıkları sayesinde doğal ışık kullanmaktadır. Kot altında kalın konferans salonu ve otoparkta doğal ışıktan faydalanabilmek için güneş rafları

açılmıştır. Açık ofisler de doğal aydınlatma, havalandırmalardan yararlanırsa bile yaz aylarında güneşten kontrollü bir şekilde yararlanmak için güneş kırıcılar bulunmaktadır.

Tablo 4.3. İncelenen yapı kabuklarının leed kriterlerine etkilerinin kıyaslanması.

	KSE	Su Verimliliği	Enerji Ve Atmosfer	Malzemeler Ve Kaynaklar	Pasif Sistemler	Aktif Sistemler	İnovasyon	LEED Kategorileri ile Doğrudan İlişkilendirilen Unsurlar
Prokon Ekon	+	++	+	++	+	++	+	EA, WE, MR, SS
Ted Rönesans Koleji	+	+	+	++	++	+	+	EA, WE, EQ, MR, SS
The Edge	+	+++	++	+	++	+++	+++	EA, EQ, WE, MR
Empire State Building	+	+	++	+	+	+	+++	EA, WE, MR
Bosco Verticale	+++	+++	+++	++	+++	++	+++	EA, SS, WE
Apple Park	+++	+	+	++	++	+++	+++	EA, WE, SS, MR
Bank Of America Kulesi	+	+++	+	++	++	++	++	EA, WE, MR, SS
Via Green	+	+	+	++	++	+	+	EA, WE, SS, MR
Paragon	+	++	+	+	++	+	++	EA, MR, WE
Gaziantep Pasif Ev	++	+	++	++	+++	++	+++	EA, WE, MR, SS

Lejant: +++: En Kapsamlı Kullanım ++:Kapsamlı Kullanım +: Entegre ama sınırlı kullanım

Ted Rönesans Koleji cephe Malzemeleri Cam, alüminyum kompozit panel, seramik kaplama olarak kullanılmaktadır. Eğitim yapısı olduğu için yapının tasarımcıları kendini temizleyen malzemeler ve boyalar kullanmaya özen göstermiştir. Küçük bir arazide a sınıfı

kesit projesidir zemin altında çok alan vardı. Yemekhane zeminin altında kaldı çatılar spor alanı gibi kütlelere kısmi çökertilmiş avlular güneş tünelleri vardır. Yapı genel olarak pasif tasarım stratejileri kullanmakta olup Cepheelerde doğal ışığı organize edip yapının yönünü dikkate alarak cam seçimi, güneş kırıcı gibi önlemler alınmıştır.

The Edge Amsterdam'da kullanılan bir ofis yapısıdır. LEED Platin Sertifikası ve BREEAM Outstanding derecesiyle ödüllendirilmiştir. Güney cephesinde bir dizi güneş paneli ve pencere bulunur ve panel kaplı bir çatı ile donatılmıştır. Binanın yönelimi ve cam cephesi, iç sıcaklık kontrolünden ödün vermeden doğal ışığı en üst düzeye çıkarır. Kalın yük taşıyan beton ve derin girintili pencereler ısıyı daha da düzenleyerek gölgelik ihtiyacını azaltır. Bu özellikler, güney tarafındaki süper verimli güneş panelleriyle birleştiğinde, The Edge'in tipik ofis binalarından %70 daha az elektrik tüketmesine katkıda bulunur. Çatısında yağmur suyu toplama sistemleri bulunan yapı aynı zamanda çatıda ve güney cephesinde bulunan güneş panelleri ile enerji üretimi sağlanmaktadır.

Empire State Building Amerika'da bulunan ikonik yapı), kapsamlı bir sürdürülebilirlik yenileme süreci sonucunda ilk olarak 2011 yılında LEED Gold sertifikası almıştır. Üç kez sertifikalanmıştır. Yapının yenileme süreci kapsamında yapının cephesindeki alüminyum panel kaplamaları değiştirilmiş bunun yanında 6.514 pencere, üçlü cam ile yalıtım performansını artırmak için yenilenmiştir.

Bosco Verticale İtalya'nın Milano şehrinde yer alan ve kentleşme sonucu kaybedilen yeşil alanları dikey olarak geri kazandırmayı amaçlayan yenilikçi bir konut projesidir. Projenin temel konsepti, yapı cephesine entegre edilmiş ağaçlar ve bitkilerle doğal bir mikro iklim yaratmak ve böylece hem binanın enerji performansını artırmak hem de kent ekolojisine katkıda bulunmaktır. İki kule, sırasıyla 111 metre ve 76 metre yükseklikte olup, toplam 800 adet ağaca, 5.000 çalı ve 15.000 bitki bulunmaktadır. Bosco Verticale'de çatı ve teraslardan toplanan yağmur suyu depolanarak, sulama sistemi için tekrar kullanılmaktadır. Böylece su tüketimi önemli ölçüde azaltılmıştır. Bitki örtüsü, bina cephesinde doğal bir ısı yalıtım katmanı oluşturmaktadır. Bu durum, yaz aylarında güneş ışınlarını engellerken kışın da ısı kaybını azaltarak enerji tüketimini düşürmektedir. Çatılarda ve bazı teras alanlarında fotovoltaik paneller kullanılarak enerji ihtiyacının bir kısmı yenilenebilir kaynaklardan sağlanmaktadır. Bitki örtüsü ve teraslar doğal gölgeleme sağlayarak enerji tüketimini azaltmaktadır. Gün ışığından maksimum faydalanma hedeflenerek, iç mekânlarda aydınlatma için enerji kullanımı azaltılmıştır. Yapıda kullanılan malzemelerin büyük kısmı geri dönüştürülmüş ve yerel kaynaklardan sağlanmıştır.

Apple Park Yapısı dairesel formda olup yaklaşık 260.000 m²'lik bir alana yayılmaktadır. Kampüs 4 katlıdır ve 12.000'den fazla çalışana ev sahipliği yapmaktadır. Kampüsün dış cephesi büyük oranda eğimli cam panellerden oluşmaktadır ve bu sayede doğal ışık kullanımı maksimum seviyededir. Çatı ve çevresel yağmur suları toplanarak, kampüsün sulama sisteminde tekrar kullanılmaktadır. Gri su geri dönüşüm sistemleri kullanılarak, kampüs genelinde su tüketimi önemli ölçüde azaltılmıştır. Bina Cephesi Isıl Performansı Apple Park'ın dış cephesinde kullanılan özel eğimli cam paneller, yüksek performanslı yalıtım özelliklerine sahiptir ve enerji verimliliğini maksimize etmek için özel olarak geliştirilmiştir. Binanın dış cephesindeki camlarda özel güneş kontrol filmleri ve çift katmanlı lamine camlar kullanılmıştır. Doğal havalandırma ve gün ışığı kullanımı maksimum seviyeye çıkarılarak bina içerisindeki enerji tüketimi düşürülmüştür. Kampüs içerisindeki açık alanlar ve yeşil çatı uygulamaları, bina içerisindeki iklimlendirme yükünü azaltarak enerji tasarrufuna katkıda bulunmaktadır.

Bank Of America Kulesi Bank of America Kulesi, New York City'nin Midtown Manhattan bölgesinde üzerinde yer almaktadır. 2009 yılında tamamlanan bu 55 katlı gökdelen, 2,2 milyon metrekarelik ofis alanına sahiptir ve Bank of America'nın ana ofislerini barındırmaktadır. Zemin kattan tavana kadar uzanan yalıtımlı cam paneller, doğal ışığın iç mekâna maksimum düzeyde girmesini sağlayarak aydınlatma ihtiyacını azaltmaktadır. Cephede kullanılan güneş kırıcı elemanlar, güneş ışınlarının doğrudan iç mekâna girişini kontrol ederek, soğutma yüklerini azaltmaktadır. Binanın çatısında bulunan yeşil alan, ısı adası etkisini azaltarak doğal yalıtım sağlamakta ve yağmur suyunun emilimine katkıda bulunmaktadır.

Via Green toplam 45.000 m² inşaat alanına sahip, iki bloktan oluşan karma bir kullanım projesidir. Projede ofis alanlarının yanı sıra, ticari üniteler ve sosyal alanlar bulunmaktadır. Güneşin etkilerinden korunmak amacıyla balkonların içe çekilmesi gibi pasif tasarım yöntemleri kullanılmıştır. Ayrıca cephede güneş kırıcı paneller bulunmakta, gece aydınlatmalarında doğru ışık yönlendirmeleri kullanılarak ışık kirliliği engellenmiştir. Projenin tasarımında iç bükey yapı formu ve iki ayrı blok tasarımıyla, doğal ışık ve yeşil alanlarla iç içe, yarı açık alanlar yaratılmıştır. Böylelikle enerji tüketimini azaltıcı pasif çözümler uygulanmıştır.

Paragon Tower'ın tasarımı, L-planlı iki kütleli çekirdeği sararak yukarıya doğru daralmasıyla oluşmuştur. Arazi eğimine duyarlı bir biçimde yerleştirilen yapı, iki farklı kotta giriş imkânı sunmaktadır: biri kule girişine, diğeri ise ofis kullanıcıları için yarı kamusal bir teras avluya açılmaktadır. Paragon Tower yapısında uygulanan pasif sistemler, enerji

tüketiminin azaltılması ve iç mekân konforunun artırılması amacıyla mimari tasarım sürecine entegre edilmiştir. Yapının cephe tasarımında kullanılan yüksek performanslı yalıtım camları ve cephe elemanları, doğrudan güneş ışınlamını kontrol altına alarak iç mekânda oluşabilecek ısı kazançlarını minimize ederken, gün ışığından maksimum düzeyde faydalanılmasını sağlamaktadır. Güney ve batı cephelerinde yer alan güneş kırıcılar, güneş ışınlamalarının iç mekâna doğrudan girişini engelleyerek soğutma ihtiyacını azaltan etkili bir gölgeleme çözümüdür. Ofis alanlarının cepheye yakın konumlandırılması ve açılabilir pencere detayları sayesinde doğal havalandırma desteklenmiş, böylece mekanik havalandırmaya olan bağımlılık azaltılmıştır. Ayrıca, kat bahçeleri ve yarı-açık avlular aracılığıyla iç-dış mekân etkileşimi artırılmış, bu alanlar hem hava sirkülasyonuna katkı sağlamış hem de kullanıcılar için sağlıklı bir çalışma ortamı sunmuştur. Binanın yukarı doğru daralan kütle formu, güneşlenme ve rüzgâr yönlendirmesi açısından avantaj sağlamıştır.

Gaziantep Pasif Ev Binanın cephe tasarımı, Gaziantep'in sıcak-kurak iklim koşullarına pasif yöntemlerle yanıt verecek biçimde geliştirilmiştir. Başlangıç tasarımında önerilen geniş konsollar, enerji performansını artırmak üzere daha kompakt bir form kazanmıştır. Güney cephesinde bulunan güneş kırıcılar ve peyzaj düzenlemesiyle gölgelendirme sağlanmış, iç mekânların soğutma yükü azaltılmıştır. Yapı kabuğunda yüksek performanslı yalıtım teknikleri ve malzemeleri kullanılmıştır. Duvarlarda 40 cm cam yünü, çatıda 40 cm taş yünü, zeminde ise 20 cm XPS yalıtım malzemeleri tercih edilmiştir. Yüksek performanslı üçlü cam sistemleriyle ısı kaybı minimize edilmiştir. Cephe sistemlerinin hava geçirgenliği ve buhar dengeleyici özellikleri ile iç mekân konforu sağlanmıştır. Termal, görsel ve akustik konfor seviyeleri, kullanıcı deneyimini artıracak şekilde tasarlanmıştır.

5. SONUÇ

Bu çalışmanın amacı giriş bölümünde de incelendiği üzere, kent yaşamına büyük etkisi olan ve doğal çevreye yadsınamaz bir şekilde zarar veren yapıların gelişimini sağlamayı amaçlayan yeşil bina sertifikasyon sistemlerinden (bkz. Tablo:1.1) en çok tercih edilen sertifika olan LEED sertifikasını almış yapıların incelenmiştir. Çalışmada öncelikle sürdürülebilir mimari ve yeşil bina sertifikasyon sistemleri üzerine kapsamlı bir literatür taraması yapılmış; yapı kabuğunun enerji performansı, çevresel kontrol fonksiyonu ve termal konfor üzerindeki etkileri teorik bir bağlamda incelenmektedir. Bu aşamada, LEED'in bina kabuğunu dolaylı olarak ele almasının çalışmanın temel problemini oluşturduğu tespit edilmiştir.

Süreç içinde uzmanlar ile iletişime geçildi ve mevcut LEED kılavuzları incelendi; Türkiye'de LEED sertifikası almış binalar tespit edilmiş ve vaka çalışmaları oluşturulmuştur. Bu yapılarda görev alan mimar, mühendis, danışman ve kullanıcılar ile görüşmeler yapılmıştır.

Seçilen yapılar yerinde incelenmiş, mimari proje verileri, cephe detayları ve malzeme özellikleri üzerinde detaylı analizler yapılmıştır. Bu analizler LEED kriterlerinin bina kabuğu ile ilişkisi doğrultusunda bina bazında değerlendirilmiş ve karşılaştırmalı tablolarla desteklenmiştir.

Çalışmada LEED sertifikasyon sistemi kapsamında yapıların kabuğu tasarımının enerji verimliliği ve sürdürülebilirliğe olan katkısını teorik çerçeve, sistem incelemeleri ve vaka analizleri aracılığıyla değerlendirmeyi hedeflemektedir. Araştırmanın yapı kabuğunun LEED v4 puan sisteminde doğrudan ele alınan bir başlık olmamasına karşın, dolaylı olarak birçok kategoriyle (EA, EQ, MR, WE, LT vb.) ilişkilendiğini incelenmiş olan örneklerle göstermektedir. Türkiye ve dünyadan seçilen sertifikalı yapıların bu bağlamdaki uygulamalarını incelemektir.

Analiz edilen on adet LEED sertifikalı yapı, hem tasarım aşamasında hem de uygulama sonrası sürdürülebilirliğe farklı şekillerde yaklaşmakta ve yapı kabuğu üzerinden enerji, su, malzeme ve kullanıcı konforu açısından katkı sunmaktadır. Her bir yapı, LEED sertifikasyon sisteminin temel kategorileri ile farklı düzeylerde ilişkilendirilmiş, yapı kabuğu hem fiziksel hem de çevresel performansın bir bileşeni olarak kullanılmıştır.

Gaziantep Ekolojik Binası LEED Platinum ve Passivhaus sertifikalarına sahiptir. Gaziantep Belediyesi için tasarlanan bina, pasif tasarım stratejileri, güneş kontrolü, yüksek

yalıtım ve doğal havalandırma çözümleri ile bina kabuğunun enerji performansı üzerindeki doğrudan etkisini somut olarak ortaya koymuştur. Bu projede, bina kabuğu sadece termal performansı optimize etmeye yardımcı olmakla kalmamış, aynı zamanda iç mekân çevre kalitesine de olumlu bir katkı sağlamıştır.

LEED-CS sistemine göre Silver sertifika almış bir ticari ofis binası olan Via Green binası, bina kabuğunda geçirgenlik, ışık kontrolü ve yansıtıcılık açısından önemli çözümlere sahiptir. Seramik esaslı dış cephe kaplaması ile ısı adası etkisinin azaltılmasına katkı sağlanmış, güneş kırıcılar ve geçirgen cam sistemleri sayesinde hem enerji verimliliği artırılmış hem de iç mekanda kullanıcı konforu desteklenmiştir.

Paragon Tower, cam ağırlıklı cephe sistemi ve dikey ofis kullanımı ile bina kabuğunun gün ışığı optimizasyonu ve görsel konfor koşulları üzerindeki rolünü gözler önüne seriyor. LEED-CS sertifikasyonu henüz tamamlanmamış olsa da bina kabuğu, güneş kırıcı tasarımları ve cephe çözümlerinde kullanılan malzeme seçimleri, binanın LEED puan sisteminde EA, EQ ve MR kategorilerine potansiyel katkısını ortaya koymaktadır.

The Edge binasında, dijital kontrol sistemleri ile entegre çalışan dinamik cephe elemanları, gün ışığı, sıcaklık ve enerji akışlarını optimize ederek kullanıcı konforunu maksimum seviyede tutuyor. Cephe sistemi, enerji üretimi (örneğin fotovoltaik yüzeyler) ile desteklenir ve yağmur suyunu toplayan bina kabuğu stratejileri, bu yapıyı hem EA hem de WE kategorileri için örnek bir yapı haline getirir.

Yeşil cephe stratejilerinin en net uygulandığı yapılar arasında yer alan Bosco Verticale, bina kabuğu ile doğrudan ilişkili olan doğal havalandırma, gölgelendirme, hava kalitesinin iyileştirilmesi ve biyofilik tasarım ilkeleri doğrultusunda kapsamlı bir sürdürülebilirlik modeli sunuyor. Bitkilendirilen cepheler sayesinde karbon emme, su buharlaşması ve ısı kontrolü sağlanarak yapının hem LEED hem de sürdürülebilir kentsel yaşam prensipleri ile bütünleşmesi sağlanıyor.

Empire State Binası tarihi bir yapı olmasına rağmen enerji yenilemeleri ve cephe iyileştirme çalışmaları nedeniyle LEED Gold sertifikasına layık görülmüş, bu sayede mevcut binaların bina kabuğunun iyileştirilmesi ile sürdürülebilir bir dönüşüm geçirebileceğini göstermiştir. Bu örnek, LEED sisteminin sadece yeni binalar için değil, aynı zamanda mevcut yapılar için de etkin bir şekilde uygulanabileceğini göstermiştir.

Apple Park'ta bina kabuğu büyük ölçüde pasif enerji tasarrufu sağlayan çözümlerle şekillendiriliyor, doğal havalandırma sistemleriyle destekleniyor ve kullanıcı konforunu artırmak için yüksek geçirgenliğe sahip cam elemanlar kullanılıyor. Ayrıca çatı sistemlerinin

güneş enerjisi üretimi için kullanılması da bina kabuğu ile enerji üretiminin entegre edildiği örneklerden biridir.

Bank of America Tower, düşük geçirgenliğe sahip cephe elemanları ve entegre su toplama sistemleri ile enerji ve su yönetimi açısından bina kabuğunun LEED puan sistemine katkısını en üst düzeye çıkaran binalardan biridir.

Prokon Ekon Genel Müdürlük Binası, açık çelik konstrüksiyonu ile hem kurumsal kimliğini sergilemiş hem de yerel üretimi sürdürülebilir bir malzeme stratejisi ile birleştirmiştir. Güneş kırıcılar, solar duvar sistemleri, açık ofislerde gün ışığı dağılımı gibi cephe çözümleri ile EA, EQ ve MR kategorilerine katkı sağlamıştır.

TED Rönesans Koleji ise eğitim yapısı olarak gün ışığı, doğal havalandırma ve cephe malzeme çeşitliliği açısından önemli bir örnektir. Cephede kullanılan cam ve seramik yüzeyler, bina kabuğunun enerji, iç mekân kalitesi ve malzeme stratejileri açısından nasıl bütüncül olarak ele alınabileceğini gösterdi.

Kentsel Isı Adası etkisini azaltma, su ve enerji verimliliği, pasif ve aktif sistemlerin entegrasyonu ve inovasyon gibi sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda, incelenen örneklerde bina kabuğu çok yönlü ve stratejik bir tasarım bileşeni olarak ortaya çıkmaktadır. Bitkilendirilmiş cepheler, yeşil çatılar ve doğal havalandırma açıklıkları gibi elemanlar mikro iklim yaratımı sağlayarak termal konforu artırmakta ve çevresel etkiyi azaltmaktadır. Bina kabukları su yönetimi açısından da önemli katkılarda bulunmakta; gri su geri kazanımı, yağmur suyu hasadı ve geçirgen yüzey tasarımlarıyla LEED'in Su Verimliliği kategorisine doğrudan katkıda bulunmaktadır. Enerji ve atmosferik performans açısından bina kabuğu hem pasif (gölgeleme, güneş yönlendirmesi, doğal aydınlatma) hem de aktif (fotovoltaik paneller, kollektörler, otomasyon sistemleri) çözümleri bir araya getirerek enerji tüketimini en aza indirmektedir. Malzeme seçiminde düşük VOC, yerel ve geri dönüştürülmüş ürünlerin tercih edilmesi kaynak verimliliğini artırmakta ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır. Pasif sistemlerle birlikte çalışan açıklık tasarımları, yönlendirme stratejileri ve gölgeleme uygulamaları doğal aydınlatma ve havalandırma sağlayarak kullanıcı konforunu artırmaktadır. Aktif sistemlerle entegre çalışan kabuk tasarımları akıllı bina teknolojilerinin verimliliğini artırır ve enerji ve su tüketimini optimize eder. Tüm bunların ötesinde, bina kabuğu mimari inovasyon için de bir araç haline gelmiştir; sürdürülebilirlik hedeflerini estetik, teknoloji ve çevre duyarlılığıyla birleştiren yaratıcı çözümler sunmuştur. Bu yönleriyle bina kabuğu, LEED sisteminde doğrudan bir kategoriye sahip olmasa da birçok puan kategorisine katkıda bulunarak binaların genel sürdürülebilirlik performansını belirleyen temel bir unsur haline gelmiştir.

Genel olarak çalışmada analiz edilen yapılar, bina kabuğunun sürdürülebilir bina performansı üzerindeki etkisini çok yönlü bir şekilde ortaya koymuştur. LEED v4 sisteminde bina kabuğu her ne kadar doğrudan bir kategori altında yer almasa da pasif enerji kazanımı, su tasarrufu, iç mekân konforu, sürdürülebilir malzeme kullanımı gibi alanlarda dolaylı ama güçlü bir etki mekanizması kurduğu anlaşılmaktadır. Bu bağlamda, sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada bina kabuğunun rolü, gelecekteki yeşil bina sertifikasyon sistemlerinde daha net bir şekilde tanımlanmalıdır.

Bu çalışmada LEED v4 sertifikasyon sistemi çerçevesinde bina kabuğunun dolaylı katkıları detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. İncelenen ulusal ve uluslararası örnekler, bina kabuğunun enerji verimliliği, iç mekân çevre kalitesi, malzeme stratejileri, su yönetimi ve kullanıcı konforu gibi birçok alanda sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada merkezi bir rol oynadığını ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular doğrultusunda aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir:

LEED v4'te bina kabuğu çoğunlukla enerji, su ve iç mekân kalitesi gibi kategorilerde dolaylı olarak değerlendirilir ve bu da kabuğun etkisini tam olarak ortaya koymaz. Bu kapsamda, LEED'in aşağıdaki versiyonlarında, "Bina Kabuğu Performansı" başlığı altında; Isı yalıtımı, gün ışığı kontrolü, geçirgenlik, yansıtıcılık ve biyofilik tasarım gibi kriterlerin net bir şekilde puanlanması önerilir.

Mevcut binaların cephe yenileme potansiyelinin sürdürülebilirlik açısından teşvik edilmesi; Empire State Binası gibi örnekler, bina kabuğu iyileştirmeleri ile eski binaların LEED sertifikasına uygun hale getirilebileceğini gösteriyor. Bu bağlamda, yerel yönetimlerin ve ulusal politika yapıcılarının cephe yenilemelerini teşvik eden destek mekanizmaları (vergi indirimleri, kredi teşvikleri vb.) sunmaları önerilmektedir.

Sertifikasyon sistemlerinin yerel koşullara uyarlanması; Türkiye'deki iklim çeşitliliği, yerel maddi kaynaklar ve kullanıcı alışkanlıkları doğrultusunda LEED gibi uluslararası sistemlerin de yerel koşullara daha duyarlı hale getirilmesi gerekmektedir. Özellikle bina kabuğu açısından yerli malzeme kullanımı, iklim verilerine dayalı gölgelendirme sistemleri ve geleneksel yapı kültürüne uyumlu tasarımlar değerlendirilmelidir.

LEED-CS kategorisindeki belirsizliklerin giderilmesi; Core ve Shell projelerinde, kullanıcıdan bağımsız alanlar ile geliştirici sorumlulukları arasında bir sınır vardır. Bu, bina zarfları gibi ortak alan bileşenlerinin tam olarak değerlendirilmesini zorlaştırır. Bu nedenle, LEED-CS sisteminde zarf performansı oluşturmak için geliştiriciye özgü net hedefler ve kriterler tanımlanmalıdır.

Sonuç olarak bu çalışma, bina kabuğu tasarımının sürdürülebilir mimari ve yeşil bina değerlendirme sistemleri içindeki yerini güçlendirecek şekilde ele alınmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Tasarım, uygulama ve değerlendirme aşamalarında bina kabuğunun çok yönlü etkilerini dikkate alan bir sistem yaklaşımı hem enerji hem de kaynak verimliliğini ve kullanıcı memnuniyetini artıracaktır. LEED v4 ve benzeri sürdürülebilirlik sistemlerinin bu yönde geliştirilmesi, geleceğin yapı ortamı için büyük önem taşıyor.

KAYNAKLAR

- [1] Sev, A., 2009, Sürdürülebilir Mimarlık, 1. Baskı, Yem Yayınları, İstanbul, 223s.
- [2] Orhan, İ. H., & Kaya, L. G. (2016). LEED Belgeli Yeşil Binalar ve İç Mekan Kalitesinin İncelenmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi Özel Sayı, 1(1)*, 18–28.
- [3] Kurtuluş B., Yeşil Binalarda İç Ortam Kalitesi Yaklaşım: LEED Sertifikasına Göre Akustik Performans, 13. Ulusal Akustik Kongresi ve Sergisi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 2019.
- [4] Çelebi, F. (2018). Uluslararası Breeam ve Leed değerlendirme sertifikaları yeşil ofis tasarım kriterleri ve karşılaştırmaları (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2018, 512332).
- [5] A. Wood, "Rethinking the Skyscraper in the Ecological Age: Design Principles for a New High-Rise Vernacular," *Council on Tall Buildings and Urban Habitat*, 2014. [Çevrimiçi].
- [6] World Commission on Environment and Development, *Our Common Future*, Oxford: Oxford University Press, 1987. [Çevrimiçi].
- [7] A. Sev, "Yeşil Bina Sertifika Sistemlerinden LEED Sertifikasının Endüstri Yapıları Üzerinde Değerlendirilmesi," *DergiPark*, 2019. [Çevrimiçi].
- [8] Zhang Y., Wang W., Wang Z., Gao M., Zhu, L., Song J. (2021). Green Building Design Based on Solar Energy Utilization: Take a Kindergarten Competititon Design As an Example, 2021 International Conference on Energy Engineering and Power Systems (EEPS2021), August 20-22, 2021, Hangzhou, China.
- [9] Kömürlü, R., Gürgün, A. P., Somalı, B. (2013). Yeşil Bina Sertifikalandırma Süreç Yönetimi ve Kullanım aşamasında Sağlanan Faydaları, Mimarlıkta Malzeme Dergisi, TMMOB, İstanbul Büyükşehir Mimarlar Odası Şubesi Süreli Yayını, İstanbul, Türkiye, Yıl:8, Sayı: 24, 57-63, ISSN 1306-6501, Temmuz 2013/2.
- [10] Chaisaard, N. & Teamthong, W. (2018). LEED building project management in Thailand. *Lowland Technology International*, vol. 20, 95-108.
- [11] Çamuşoğlu, N. (2023, Şubat 28). *Yeşil bina sertifikasyon sistemleri nedir?* EkoYapı Dergisi.

- [12] Ürük, Z. F., & Külünkoğlu İslamoğlu, A. K. (2019). Breeam, Leed ve DGNB Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Standart Bir Konutta Karşılaştırılması. *European Journal of Science and Technology*, 15, 143–154.
- [13] *Yeşil Bina Sertifikası*. Artavci. (2024, May 3).
- [14] Gür, N. V., & Aygün, M. (2008). Mimaride sürdürülebilirlik kapsamında değişken yapı kabukları için bir tasarım destek sistemi. *İtüdergisi/a*, 7, 74–82.
- [15] R. Kömürlü, “Yeşil Bina Kavramı ve Proje Yönetimi,” *Yapı Dergisi*, no. 438, pp. 48 51, Haz. 2018.
- [16] USGBC. (2021). *LEED v4.1 Reference Guide for Building Design and Construction*. U.S. Green Building Council.
- [17] LEED Kredi Kategorileri, [Erişim Tarihi: 12.11.2024]
- [18] Yağlıca, A. Ö. (2022). *Enerji Verimliliği Bağlamında Yapı Tasarım Kriterleri Ve Yeşil Bina Sertifikalandırılması* (thesis).
- [19] Saka, İ. (2011). Sürdürülebilirlik Açısından İstanbul’da bir Ofis Binasının Leed Sertifikalandırma Sistemi Kapsamında Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- [20] D. N. Keskin ve D. Akgül, "Farklı LEED Versiyonlarının İç Mekânlardaki Su ve Enerji Verimliliği Üzerindeki Etkileri," **International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences**, c.2, s.3, ss.340-350, 2020. [Çevrimiçi].
- [21] Beytekin, H. E. (2016). *Yapı Kabuğunun Enerji Etkiliği Açısından İncelenmesi Ve Değerlendirilmesi* (thesis). Bursa.
- [22] Özhan, M. Ö. (2017). *Yapı Endüstrisinde Sürdürülebilirlik Ve Enerji Etkin Konut Tasarımı* (thesis). İstanbul.
- [23] Emekci, Ş. (2021). Çevreye Duyarlı Mimarlık Arayışında İnsan ve Doğa ile Uyumlu Yapı Üretme Süreci. *Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 6(2), 538–554.

- [24] C. P. Arrau ve M. A. Peña, "Heat Island Types," Urban Heat Islands, 2016. [Çevrimiçi].
- [25] R. L. Wilby, "Past and Projected Trends in London's Urban Heat Island," **Weather**, c.58, ss.251–260, 2003. [Çevrimiçi].
- [26] S. Claessens, "Airborne Observations of Thermal Anisotropy from Urban Surfaces," MSc Thesis, Department of Geography, University of Western Ontario, 2018. [Çevrimiçi].
- [27] EPA, 2008. *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies: Urban Heat Island Basics*, Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- [28] Voogt, J. A., 2004. *Urban Heat Islands: Hotter Cities*. [Online]
- [29] Oke, T. R. (1987). Urban Heat Island. *Progress in Physical Geography*, 11(3), 271-292.
- [30] Akbari, H., Pomerantz, M., & Taha, H. (2001). Cool roofs and urban heat islands. *In Urban Heat Islands and Heat Island Mitigation*, 47-59.
- [31] Stone, B. (2008). Urban and rural temperature trends in the United States. *Geographical Review*, 98(3), 419-439.
- [32] Santamouris, M. (2014). Cooling the cities – A review of reflective and green roof mitigation technologies to fight heat island and improve comfort in urban environments. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 41-48.
- [33] Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy and Buildings*, 40(3), 394-398.
- [34] Evans, J., Liddiard, R., & Steadman, P. (2017). Building energy efficiency and the role of architectural design. *Building Research & Information*, 45(4), 381-394.
- [35] Szokolay, S. V. (2004). Introduction to architectural science: The basis of sustainable design. *Architectural Press*.
- [36] C. F. Reinhart ve M. Breton, "A Simulation-Based Design Analysis for Daylit Spaces," in **Proceedings of SimBuild 2010**, New York, NY, USA, 2010, pp. 1–8. [Çevrimiçi].
- [37] Boyce, P. R. (2003). *Human factors in lighting*. CRC Press.

- [38] M.-C. Dubois ve Å. Blomsterberg, "Energy saving potential and strategies for electric lighting in future North European, low energy office buildings: A literature review," **Energy and Buildings**, c.43, s.10, ss.2572–2582, 2011. [Çevrimiçi].
- [39] Hopkinson, R. G. (1972). *Architectural physics: Lighting*. Her Majesty's Stationery Office.
- [40] Kalogirou, S. A. (2014). *Solar energy engineering: Processes and systems*. Academic Press.
- [41] Mimdap. (2024, September 16). *Açık Havayı içeriye taşımak: Mimaride Doğal Aydınlatma ile dinamik Mekanlar Yaratmak*. MİMDAP.
- [42] Zhou, G., He, J., & Li, Y. (2012). Phase change materials for thermal energy storage in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(8), 5900-5919.
- [43] Deb, C., Norton, B., & Dutta, A. (2017). Smart windows for sustainable buildings: A review. *Applied Energy*, 194, 94-109.
- [44] Karimpour, M., Belusko, M., & Bruno, F. (2019). Energy efficiency improvement through passive strategies in commercial buildings. *Energy and Buildings*, 185, 93-104.
- [45] Gagge, A. P., Fobelets, A. P., & Berglund, L. G. (2002). A standard predictive index of human response to thermal environments. *ASHRAE Transactions*, 88(1), 249-265.
- [46] Wargocki, P. (2006). The effects of indoor air quality on health and performance. *Indoor Air*, 16(3), 125-132.
- [47] Hodgson, A. T., Lawson, S. S., & Mendell, M. J. (2000). The effects of indoor air quality on human health: An overview of research. *Indoor Air*, 10(2), 51-59.
- [48] S. A. Kalogirou, "Building integration of solar renewable energy systems towards zero or nearly zero energy buildings," **International Journal of Low-Carbon Technologies**, c.10, ss.379–385, 2015. [Çevrimiçi].
- [49] B. P. Jelle, "Traditional, state-of-the-art and future thermal building insulation materials and solutions – Properties, requirements and possibilities," **Energy and Buildings**, c.43, s.10, ss.2549–2563, 2011. [Çevrimiçi].
- [50] Hestnes, A. G. (1999). Building integration of solar energy systems. *Solar Energy*, 67(4-6), 181-187.

- [50] F. Ascione, R. F. De Masi, F. Rossi, S. Ruggiero, G. P. Vanoli, "Optimization of building envelope design for nZEBs in Mediterranean climate: Performance analysis of residential case study," **Applied Energy**, c.183, ss.938–957, 2016. [Çevrimiçi].
- [51] Li, D. H. W., Yang, L., & Lam, J. C. (2013). Impact of climate change on energy use in the built environment in different climate zones – A review. *Energy*, 42(1), 103-112.
- [52] C. Peng, Y. Huang ve Z. Wu, "Building-integrated photovoltaics (BIPV) in architectural design in China," **Energy and Buildings**, c.43, s.12, ss.3592–3598, 2011. [Çevrimiçi].
- [53] N. Good, P. A. Taylor ve S. J. Irving, "Solar photovoltaic supply chains: A review of the UK's capability and potential," **Energy Policy**, c.86, ss.288–298, 2015. [Çevrimiçi].
- [54] M. S. Buker ve S. B. Riffat, "Building integrated solar thermal collectors – A review," **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, c.51, ss.327–346, 2015. [Çevrimiçi].
- [55] J. Vourdoubas, "Possibility of Using Solar Energy for the Creation of Carbon Neutral Hotels in Mediterranean Countries," *Energy and Environment Research*, vol. 9, no. 1, pp. 1–1, 2019. [Çevrimiçi].
- [56] A. Rezaeiha, H. Montazeri, B. Blocken, Y.-H. Juan, C.-Y. Wen, and A.-S. Yang, "CFD assessment of wind energy potential for generic high-rise buildings in close proximity: Impact of building arrangement and height," **Applied Energy**, vol. 321, p. 119328, 2022. [Çevrimiçi].
- [57] T. Stathopoulos, A. Dilimulati ve M. Paraschivoiu, "Urban wind energy: Some views on potential and challenges," **Journal of Wind Engineering & Industrial Aerodynamics**, c.179, ss.146–157, 2018. [Çevrimiçi].
- [58] A. Toja-Silva, J. Peralta, J. P. López-García, and E. K. Karakatsanis, "An empirical–heuristic optimization of the building-roof geometry for urban wind energy exploitation on high-rise buildings," **Energy Conversion and Management**, vol. 101, pp. 419–429, 2015. [Çevrimiçi].

- [59] Y. Zhang, X. Wang, and L. Yang, "Shallow geothermal energy application with GSHPs at city scale," *Geothermal Energy*, vol. 4, no. 1, pp. 125–135, 2014. [Çevrimiçi].
- [60] M. De Carli, M. Tonon, A. Zarrella ve R. Zecchin, "A computational capacity resistance model (CaRM) for vertical ground-coupled heat exchangers," **Renewable Energy**, c.35, s.7, ss.1537–1550, 2010. [Çevrimiçi].
- [61] U. Berardi, "The outdoor microclimate benefits and energy saving resulting from green roofs retrofits," **Energy and Buildings**, c.121, ss.217–229, 2016. [Çevrimiçi].
- [62] M. Shafique, R. Kim ve K.-H. Kwon, "Photovoltaic-green roofs: A review of benefits, limitations, and trends," **Solar Energy**, c.202, ss.485–497, 2020. [Çevrimiçi].
- [63] G. E. Kyriakodis ve M. Santamouris, "Using reflective pavements to mitigate urban heat island in warm climates – Results from a large scale urban mitigation project," **Urban Climate**, c.24, ss.326–339, 2018. [Çevrimiçi].
- [64] S. Attia, M. Hamdy, W. O'Brien ve S. Carlucci, "Overview and future challenges of nearly zero energy buildings (nZEB) design in Southern Europe," **Energy and Buildings**, c.155, ss.439–458, 2017. [Çevrimiçi].
- [65] Kibert, C. J. (2016). *Sustainable construction: Green building design and delivery*. John Wiley & Sons.
- [66] Ding, G. K. (2008). Sustainable construction—The role of environmental assessment tools. *Journal of Environmental Management*, 86(3), 451-464.
- [67] Miller, E., Doh, J. P., & Beckman, J. (2011). Green building and sustainability: A global perspective. *Sustainable Development*, 19(1), 50-60.
- [68] ArchDaily. (2016, Nisan 22). *The Edge / PLP Architecture*.
- [69] Snøhetta, "Powerhouse Brattørkaia / Snøhetta," **ArchDaily**, 17 Eyl. 2019. [Çevrimiçi].

- [70] Salman Gürçan, T. (2011, December 30). *Passivhaus Nedir? Ne değildir?*. PassivHaus Nedir? Ne Değildir?
- [71] L. F. Cabeza, L. Rincón, V. Vilariño, G. Pérez ve A. Castell, “Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review,” **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, c.29, ss.394–416, 2014. [Çevrimiçi].
- [72] Karahasan, Z. (Ed.). (n.d.). *Empire state LEED Yeşil Bina Sertifikası Aldı*. Yesilodak.
- [73] Voll Arkitekter, “Mjøstårnet The Tower of Lake Mjøsa / Voll Arkitekter,” ArchDaily, 25 Şub. 2020. [Çevrimiçi].
- [74] British Columbia Institute of Technology, “Centre for Architectural Ecology,” BCIT, [Çevrimiçi].
- [75] Kaçmaz, G. (2021). İklim Değişikliği ile Mücadelede Doğa Temelli Çözümler. *Peyzaj - Eğitim, Bilim, Kültür ve Sanat Dergisi* , 3(2), 82–92.
- [76] Bozdoğan, S. (2013). *Modern Mimarlık ve Tropik Coğrafyalar*. ..| Mimarlık Dergisi|..
- [77] Snchez, D. (2015, November 23). *Bosco Verticale / Boeri studio*. ArchDaily.
- [78] Jordana, S. (2013, June 30). *Ch2 Melbourne City Council house 2 / designinc*. ArchDaily.
- [79] City of Toronto. (2022, July 4). *City of toronto green roof bylaw*.
- [80] S. Peck ve S. Stott, “A ‘Sponge City’ Approach to Flooding and Climate Resiliency,” **ReNew Canada**, 22 Eki. 2024. [Çevrimiçi].
- [81] Stott, S. (2024, June 27). *Growing green roofs and an industry under Toronto’s Green Roof Bylaw: Shayna Stott*. Living Architecture Monitor.
- [82] *Bo01, Malmö, Sweden*. Bo01, Malmö, Sweden | Urban Green-blue Grids. (n.d.).
- [83] Greenroofs.com, “Bank of America Tower at One Bryant Park,” [Çevrimiçi]. Erişim:

- [84] M. Pearce, “Council House 2 Building. Melbourne,” Mick Pearce, [Çevrimiçi].
- [85] Castro, F. (2013, February 27). *1 Angel Square / 3D reid*. ArchDaily.
- [86] Foster + Partners, “Apple Park en Cupertino, California (en proyecto),” Arquitectura Viva, [Çevrimiçi].
- [87] EDGE Technologies, “The Edge,” [Çevrimiçi].
- [88] Parametric Architecture, “Empire State Building: Energy Efficient Skyscraper,” [Çevrimiçi].
- [89] Boeri Studio, “Bosco Verticale / Boeri Studio,” ArchDaily, 23 Kasım 2015. [Çevrimiçi].
- [90] E. Giacomello ve M. Valagussa, *Vertical Greenery: Evaluating the High-Rise Vegetation of the Bosco Verticale, Milan*, Council on Tall Buildings and Urban Habitat (CTBUH), Chicago, 2015. ISBN: 978-0-939493-42-5. [Çevrimiçi].
- [91] Stefano Boeri Architetti, 2018. *Projects*. [Online] Available at: <https://www.stefano-boeri-architetti.net/en/projects/>
- [92] S. Keleş, “Apple Park: Sürdürülebilir Mimarinin Merkez Üssü,” Sanal Şantiye, 11 Ara. 2024. [Çevrimiçi].
- [93] Dezeen, “Apple Campus 2 by Foster + Partners,” Dezeen, 15 Ağustos 2011. [Çevrimiçi].
- [94] Dornob, “Why It Matters That Apple Park Was Not Designed For You,” [Çevrimiçi].
- [95] The Durst Organization, “The Durst Organization,” [Çevrimiçi].
- [96] Council on Tall Buildings and Urban Habitat, “Bank of America Tower,” The Skyscraper Center, [Çevrimiçi].
- [97] COOKFOX Architects, “COOKFOX Architects,” [Çevrimiçi].

- [98] Council on Tall Buildings and Urban Habitat, “Bank of America Tower,” The Skyscraper Center, [Çevrimiçi].
- [99] The Durst Organization, “One Bryant Park,” [Çevrimiçi].

EKLER

EK 1: Türkiye’de Bulunan LEED Sertifikalı Yapılar Listesi

PROJE ADI	İŞHAR	LEED SİSTEMİ	PULB	SERTİFİKA SERVİSİ	SERTİFİKA TARİHİ	Proje Sahibi/Firma Türü	PLAN	ALAN BİRİMİ	PROJE TİPİ	PROJE SAHİBİ	KAYIT TARİHİ
Borsasın İcra Kurulu Office Park Bldg C	İstanbul	LEED-CS, 2009	62	Platinum	2015-06-02 00:00:00	Corporate Private/Field	10000.0000	Sq ft	Office, Administrative/Professional	Borsasın Real Estate Investment	2015-05-15 00:00:00
Borsasın İcra Kurulu Office Park Bldg A+B	İstanbul	LEED-CS, 2009	80	Platinum	2015-05-26 00:00:00	Corporate Private/Field	10000.0000	Sq ft	Office, Administrative/Professional	Borsasın Real Estate	2015-05-15 00:00:00
COCA-COLA CECEK AS ETLİĞİ PLANT	Etiler/İ	LEED-EBOM, 2009	62	Gold	2014-07-10 00:00:00	Corporate Private/Field	5.18838.3000	Sq ft	Industrial Manufacturing	Coca-Cola İçecek A.Ş.	2015-03-14 00:00:00
Agaoglu Maslak 1453 B Blok	İstanbul	LEED-NC, 2009	63	Gold	2015-04-06 00:00:00	Investor Individual/Family	4.75453.0700	Sq ft	Multi-Family Residential; Condominium	Agaoglu	2015-03-13 00:00:00
Agaoglu Maslak 1453 C Blok	İstanbul	LEED-NC, 2009	61	Gold	2017-11-17 00:00:00	Corporate Private/Field	2.29418.1000	Sq ft	Multi-Family Residential; Condominium	Agaoglu	2015-03-13 00:00:00
Confidential	Confidential	LEED-NC, 2009		Confidential		Confidential	2.38187.0000	Sq ft	Confidential	Confidential	2015-03-13 00:00:00
İCDS PLAZA	İstanbul	LEED-NC, 2009	61	Gold	2016-02-11 00:00:00	Corporate Private/Field	207355.7000	Sq ft	Office, Administrative/Professional	İCDS CEKIL EREN UYUŞUW A.Ş.	2015-03-12 00:00:00
Confidential	Confidential	LEED-EBOM, 2009		Confidential		Confidential	5.0000.0000	Sq ft	Confidential	Confidential	2015-03-12 00:00:00
Bogazici University UDM	İstanbul	LEED-NC, 2009	67	Gold	2015-02-03 00:00:00	Educational; University; Public	6.973.1000	Sq ft	Office, Other Office	Bogazici University	2015-03-11 00:00:00
Sisecam ASCE Building	Kocaeli	LEED-NC, 2009	76	Gold	2014-10-02 00:00:00	Corporate Private/Field	8080.0000	Sq ft	Laboratory	Türkiye İSCE Ye Cami Famiyaları A.Ş.	2015-03-08 00:00:00
TEC MOEMSIN KOLEJİ	İstanbul	LEED FOR SCHOOLS, 2009	62	Gold	2014-05-23 00:00:00	Corporate Private/Field	24056.0000	Sq ft	Core Learning Space K-12; Elementary/Middle Borsasın Garmeniyeu Tarim İnssat Tur	HALKIO REA, ESTATE	2015-03-06 00:00:00
Rosebud	Çayirova	LEED-NC, 2009	68	Gold	2015-07-08 00:00:00	Investor RET; Publicly Traded	35613.8000	Sq ft	Data Center	Confidential	2015-03-02 00:00:00
CAREFOURSA MAUTERPAK OFFICE	İSTANBUL	LEED-CS, 2009	67	Gold	2015-07-22 00:00:00	Corporate Private/Field	14.720.0000	Sq ft	Office, Administrative/Professional	CAREFOURSA	2015-02-27 00:00:00
Confidential	Confidential	LEED-NC, 2009	62	Gold	2014-11-13 00:00:00	Confidential	15714.0000	Sq ft	Confidential	Confidential	2015-02-25 00:00:00
GELAL STOCKS MASTER SITE	Çankırı	LEED-NC, 2009	22			Corporate Private/Field	10.119.3700	Sq ft	Industrial Manufacturing	Gelal Corp	2015-02-19 00:00:00
GELAL STOCKS SOCIAL FACILITY	Çankırı	LEED-NC, 2009	53	Silver	2015-08-28 00:00:00	Corporate Private/Field	24455.7700	Sq ft	Industrial Manufacturing	Gelal Corp	2015-02-19 00:00:00
Agaoglu Maslak 1453 A Blok	İstanbul	LEED-NC, 2009	60	Gold	2017-09-15 00:00:00	Corporate Private/Field	5.13498.3000	Sq ft	Multi-Family Residential; Condominium	Agaoglu	2015-02-08 00:00:00
Consolidated Community Center	Adana	LEED-NC, 2009	60	Gold	2015-07-31 00:00:00	Government Use; Federal	4.0316.0000	Sq ft	Public Assembly; Other Assembly	US Air Force	2015-02-07 00:00:00
Agaoglu Maslak 1453 University	İstanbul	LEED-NC, 2009	60	Gold	2018-09-07 00:00:00	Corporate Private/Field	797947.1000	Sq ft	Core Learning Space; College/University	Agaoglu	2015-02-05 00:00:00
Confidential	Confidential	LEED-NC, 2009	7			Confidential	744016.0100	Sq ft	Confidential	Confidential	2015-02-05 00:00:00
Confidential	Confidential	LEED-CS, 2009		Confidential		Confidential	533802.8000	Sq ft	Confidential	Confidential	2015-02-05 00:00:00
Zeleeriyakı Residential Dev	Sarıyer Distri	LEED-HD, 2009 Stage 1				Corporate Private/Field	20.0000	Sq ft	Non-Residential and Residential	Şehitkamil Engineering	2015-01-30 00:00:00
TORUN TOWER	İstanbul	LEED-CS, 2009	64	Gold	2014-07-11 00:00:00	Corporate Private/Field	147570.0000	Sq ft	Office, Administrative/Professional	TORUNLAR GYO A.Ş.	2015-01-24 00:00:00
METTEL Prossnar Factory	Ankara	LEED-NC, 2009				Corporate Private/Field	1.0000	Sq ft	Industrial Manufacturing	Kapalıhan Reklam	2015-01-16 00:00:00
ERZULUM SAĞLIK KUMPLEKSİ	Erzurum	LEED-NC, 2009	64	Gold	2022-02-24 00:00:00	Government Use; Federal	18.602.0000	Sq m	Healthcare Inpatient	Sağlık Bakanlığı	2015-01-13 00:00:00
ERKE GREEN ACADAMY	İstanbul	LEED-NC, 2009	82	Platinum	2015-09-06 00:00:00	Corporate Private/Field	2500.0000	Sq m	Office, Administrative/Professional	ERKE	2015-01-08 00:00:00
ECOSİ İleri Binası	Etiler/İ	LEED-NC, 2009				Business Improvement/District	55789.0000	Sq ft	Office, Administrative/Professional	Etiler/İ Saray Ovası	2015-01-04 00:00:00
Confidential	Confidential	LEED-NC, 2009	66	Gold	2023-06-16 00:00:00	Confidential	200416.0000	Sq ft	Confidential	Confidential	2015-12-31 00:00:00
KARTALUFTI KIRKAR HOSPITAL	İstanbul	LEED-NC, 2009	68	Gold	2020-06-16 00:00:00	Government Use; Federal	1.99951.0000	Sq m	Healthcare Inpatient	Ministry Of Health	2015-12-31 00:00:00
Confidential	Confidential	LEED-NC, 2009		Confidential		Confidential	2073290.0000	Sq ft	Confidential	Confidential	2015-12-31 00:00:00
Confidential	Confidential	LEED-NC, 2009		Confidential		Confidential	5.0000.0000	Sq ft	Confidential	Confidential	2015-12-31 00:00:00
Confidential	Confidential	LEED-NC, 2009		Confidential		Confidential	5.000.0000	Sq ft	Confidential	Confidential	2015-12-31 00:00:00
Confidential	Confidential	LEED-CS, 2009				Confidential	554073.2400	Sq ft	Confidential	Confidential	2015-12-31 00:00:00
Confidential	Confidential	LEED-CS, 2009				Confidential	5.00000.0000	Sq ft	Confidential	Confidential	2015-12-31 00:00:00
İZMİR ADAN MENDERES AIRPORT TERMINAL	İzmir	LEED-NC, 2009	56	Silver	2015-12-24 00:00:00	Corporate Private/Field	207188.0000	Sq ft	Office, Other Office	TAY AIRPORTS	2015-12-26 00:00:00
The Pragen Tower	Ankara	LEED-CS, 2009				Investor Individual/Family	476591.0000	Sq ft	Office, Administrative/Professional	Ulkü Mesken Grup İe Bıyarakar Joint Vent	2015-12-21 00:00:00
ETU Mimarlık Mühendislik Fakülte Binası	Erzurum	LEED-NC, 2009	52	Silver	2018-09-24 00:00:00	Educational; University; Public	24491.0000	Sq ft	Core Learning Space; College/University	ERUO ARCHITECTURE AND DESIGN	2015-12-19 00:00:00
İS GYO & SİSCEAM TULDA PROJECT	İstanbul	LEED-NC, 2009	67	Gold	2018-01-16 00:00:00	Corporate Publicly Traded	508090.8600	Sq ft	Office, Administrative/Professional	İS GYO	2015-12-19 00:00:00
İS GYO TECHNOLOGY & OPERATIONS CENTER	İstanbul	LEED-NC, 2009	66	Gold	2017-12-06 00:00:00	Corporate Publicly Traded	1360010.3700	Sq ft	Office, Administrative/Professional	İS GYO	2015-12-19 00:00:00
İS GYO TULDA MASTERITE	İstanbul	LEED-NC, 2009	21			Corporate Publicly Traded	350000.0000	Sq ft	Office, Administrative/Professional	İS GYO	2015-12-19 00:00:00
TEMPOPAK İSTANBUL RD Building	İstanbul	LEED-NC, 2009	62	Gold	2014-11-06 00:00:00	Community Development; Corporation or Not	417945.4400	Sq ft	Office, Administrative/Professional	TEMPOPAK İSTANBUL	2015-12-19 00:00:00
AND	İstanbul	LEED-CS, 2009	82	Platinum	2016-02-05 00:00:00	Corporate Private/Field	547116.0000	Sq ft	Office, Mixed-Use	AET Maslak Garmeniyeu Tarim İnssat A.Ş.	2015-12-13 00:00:00
TC ACIBADEM UNIVERSİTESİ İNO	İstanbul	LEED-NC, 2009	66	Gold	2015-07-20 00:00:00	Educational; University; Private	204582.5400	Sq ft	Core Learning Space; College/University	TC ACIBADEM UNIVERSİTESİ	2015-12-04 00:00:00
TC ACIBADEM UNIVERSİTESİ YURT BİNASI	İstanbul	LEED-NC, 2009				Educational; University; Private	210000.0000	Sq ft	Lodging; Hotel/Motel/Resort; Limited Service	TC ACIBADEM UNIVERSİTESİ	2015-12-04 00:00:00

(Kaynak: AEEO Mühendislik Danışmanlık Ltd. Şti ‘den alınmıştır.)

EK 2: Görüşmelerde Sorulan Sorular

- Ahşet çalınmasına gönüllü olarak katılımı kabul ediyoruz.**
(1) = Evet (2) = Hayır
- LEED Sertifikası Süreci:** LEED Sertifikası alması süreci nasıl ilerledi? Bu süreçte karşılaştığınız en büyük zorluklar nelerdi ve bunları nasıl aşınız?
- Enerji Verimliliği Uygulanması:** Enerji verimliliğini artırmak için hangi teknolojiler ve tasarım stratejileri kullandınız? Bu uygulamaları enerji tüketimini etkiler miydi?
- Su Yönetimi ve Tasarımı:** Su tasarrufu sağlamak için ne tür sistemler ve uygulamalar devreye alındı? Yağmur suyu toplama veya gri su kullanımı gibi yöntemler uygulanıyor mu?
- İç Mekan Hava Kalitesi:** Öğrenciler ve personelin sağlığı için iç mekan hava kalitesini korumak adına hangi önlemler alındı? Kullanılan malzemelerin seçiminde nelerle ilgilendi?
- Sürdürülebilir Malzeme Seçimi:** Bina içerisinde ve iç mekan düzenlemelerinde sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilir malzemeler nasıl seçildi ve kullanıldı?
- Eğitim Programına Entegrasyon:** Sürdürülebilirlik özellikleri, öğrenciler ve uygulayıcıları artırmak için eğitim programına nasıl entegre ediliyor?
- Topluluk ve Çevre Etkileşimi:** Çevre dostu özellikleri, yerel topluluk ve çevre ile nasıl bir etkileşim içinde? Bu konuda yürüttüğünüz projeler veya iş birlikleri var mı?
- Sertifika Sonrası Performans İzleme:** LEED sertifikası alındıktan sonra, bina performansını izlemek ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için hangi yöntemleri kullanıyorsunuz?
- LEED Sertifikasyon Deneyimi:** LEED sertifikalı projelerdeki deneyim nedir? Hangi projelerinizde bu sertifikasyonu hedeflediniz veya elde ettiniz?
- Sürdürülebilir Tasarım Yaklaşımları:** Projelerinizde sürdürülebilir tasarım ilkelerini nasıl uyguluyorsunuz? Enerji verimliliği, su tasarrufu ve malzeme seçimi konularında hangi stratejileri benimsiyorsunuz?
- Entegratif Tasarım Süreci:** LEED sertifikasyonu uygun projelerde, farklı disiplinlerle nasıl bir entegrasyon süreci yürütüyorsunuz? Tasarım ve inşaat aşamalarında hangi iş birlikleri önemlidir?
- Karşılaşılan Zorluklar:** LEED sertifikasyon sürecinde karşılaştığınız en büyük zorluklar nelerdi ve bunları nasıl aşınız?
- Müşteri Talepleri ve Sürdürülebilirlik:** Müşterilerinizin sürdürülebilirlik ve yeşil bina sertifikasyonuna olan ilgisi nasıl? Bu değerler projelerinizi nasıl şekillendiriyor?

- Gelecekteki Hedefler:** Önümüzdeki projelerinizde sürdürülebilirlik ve LEED sertifikasyonu konusunda ne tür hedefleriniz var? Yeni trendler ve teknolojiler hakkında ne düşünüyorsunuz?
- Enerji Verimliliği ve Yapı Kabuğu Tasarımı**
- Pasif tasarım stratejileri:** Güneş jürcüler, doğal havalandırma vb.) nasıl uygulandı ve bunların bina performansına etkisi ne oldu?
- Yapıda yüksek performanslı cephe malzemeleri veya özel cam sistemleri kullanıldı mı?**
- Bunlar enerji tüketimini nasıl etkiledi?**
- Isılama, soğutma ve havalandırma yüklerinin azaltılma için hangi yenilikçi çözümler tercih edildi?**
- İç Mekan Kalitesi ve Kullanıcı Konforu**
- İç mekan hava kalitesini artırmak için ne tür tasarım prensipleri uygulandı?**
- Gün ışığı en verimli şekilde kullanmak için hangi cephe yönlendirmesi ve perçine tasarım stratejileri geliştirildi?**
- Ses yalıtımı ve akustik konfor açısından yapı kabuğunda ne gibi çözümler üretilirdi? Eğitim ortamı için özel tasarım detayları var mı?**
- Su Verimliliği ve Sürdürülebilirlik Stratejileri**
- Su tüketimini azaltmak için ne tür sistemler kullanıldı? Yağmur suyu toplama veya gri su geri dönüşümü gibi yöntemler uygulandı mı?**
- Perçine tasarımında su tasarrufu bhdik seçimleri yapıldı mı? Yeşil alan düzenlemeleri LEED kriterleri doğrultusunda nasıl geliştirildi?**
- Sürdürülebilir Malzeme Seçimi ve Yapı Teknolojileri**
- Yapının içerisinde geri dönüştürülebilir ve düşük karbon ayak izine sahip malzemeler tercih edildi mi? Eğer öyleyse, hangi malzemeler kullanıldı?**
- Alüminyum, doğal taş veya çevre dostu kompozit malzemeler gibi özel sürdürülebilir yapı elemanları kullanıldı mı?**
- Sürdürülebilir yapı malzemesi kullanım açısından Türkiye'deki diğer eğitim yapılarından farkı nedir?**
- Yapı Kabuğu Tasarımı ve LEED Sertifikasyonu**
- Yapı kabuğu tasarımı, LEED Alın Sertifikası kriterlerini karşılamak şekilde nasıl geliştirildi?**
- Yapı kabuğunun LEED puanlamasına doğrudan katkı sağladığı kategoriler hangileridir?**

LEED v4 değerlendirme sisteminde yapı kabuğuna özel bir kategori bulunmamasına rağmen, tasarım kararları LEED kriterleriyle nasıl ilişkilendirildi?

Minimalizasyon temelli tasarım prensipleri

Pasif tasarım stratejileri: Güneş jürcüler, doğal havalandırma, yalıtım vb.) nasıl uygulandı ve bina performansına nasıl bir katkı sağladı?

Enerji Verimliliği ve Yapı Kabuğu

Yapı kabuğu bina enerji tüketimini azaltmak için nasıl optimize edildi? Özellikle cephe yalıtımı, cam seçimi ve sis kaplıları gibi unsurlar nasıl ele alındı?

Yapı kabuğu tasarımıyla güneş yalıtımı, yönlendirme ve sis kontrolü açısından hangi çözümler kullanıldı? Dinamik güneşlendirme sistemleri veya özel cephe malzemeleri uygulandı mı?

Aktif ve pasif enerji stratejileri nasıl dengelendi? Örneğin, mekanik sistemlerle yapı kabuğu tasarımı arasında nasıl bir ilişki kuruldu?

Yapı kabuğunun tasarımı ve malzeme seçimi, ısıtma-soğutma yüklerinin azaltmada ne kadar etkili oldu?

Ayrıca çalınmasına gönüllü olarak katılımınız için teşekkürler.

EK 3: Prokon Ekon Şirketler Grubundan Temin Edilen LEED Sunumu



ENERJİ ve ATMOSFER



Bina Cephesi Isıl Performansı

Bina kabuğunun enerji performansı artırılarak enerji ihtiyacı ekonomik ölçülerde minimize edilmiştir. Dış duvarlarda 10cm taşıyıcı, çatılarda 16 cm XPS, zeminde ve ısıtılmayan mahallere bakan duvarlarda 10cm ısı yalıtımı yapılmıştır. Bina cephesinde güneş kontrollü ve yüksek performanslı ısıcamlar kullanılmıştır. Cam kombinasyonu :

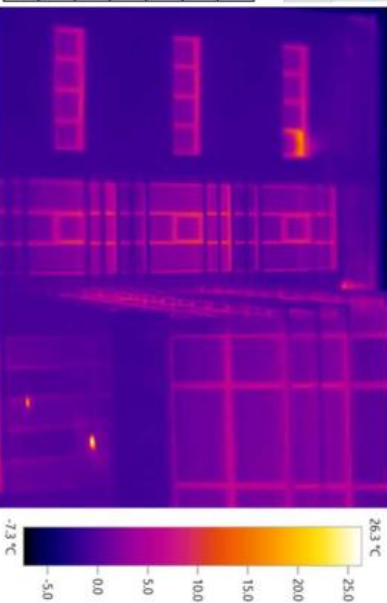
Dış cam : Sunguard Super Neutral 62/34 (6mm temperli)

Boşluk : 16mm Hava boşluğu

İç cam : 4+4 mm lamine cam

Görünür Işık	Güneş Enerjisi	Güneş Faktörü	Gölge	Isı Geçirgenlik Katsayısı (EN 673)						
Geçirgenlik %	Doğrudan Geçirgenlik %	Emme %	Katıyıl. θ	Hava W/ Argon W/ (m2K)						
Yanama Dış %	Yanama İç %	Yanama Dış %	EN 410 %	EN 0,87 (m2K)						
62	14	17	95	32	37	31	34	0.39	1.3	1.0

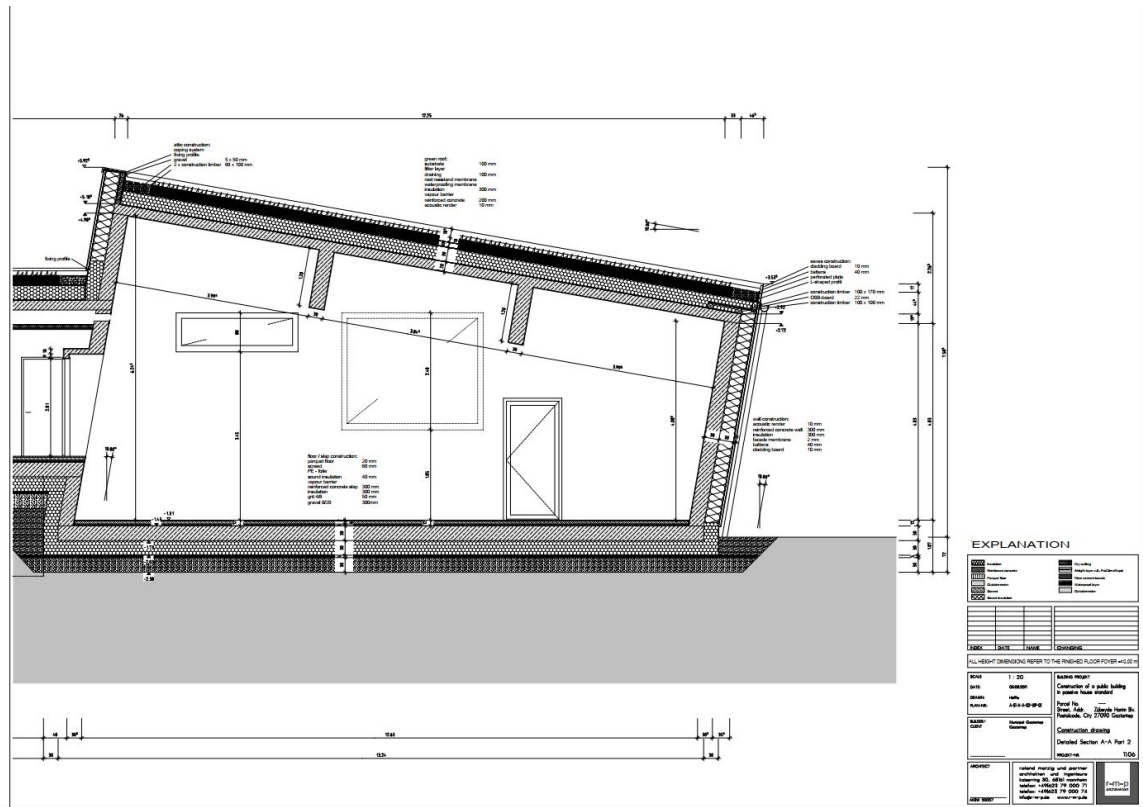
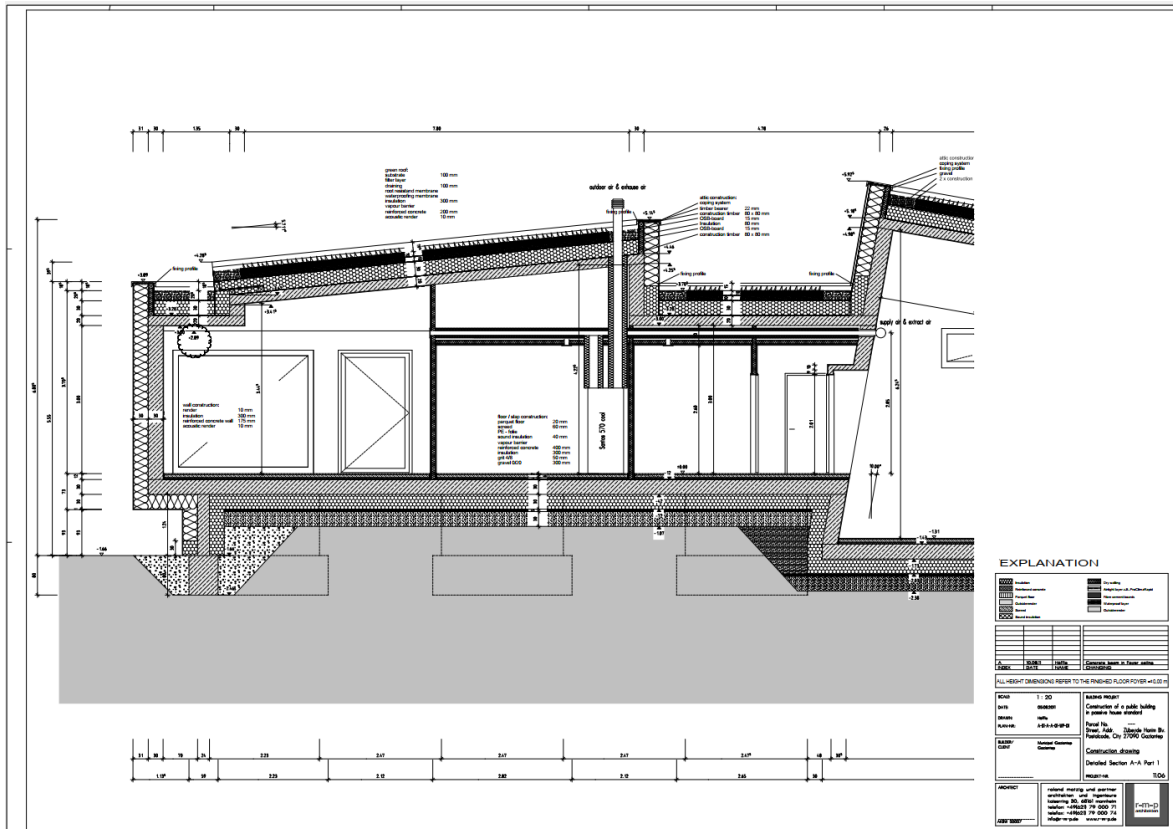
Construction	U-Factor [W/m²K]
ABOVE GRADE WALL	0.272
BELOW GRADE WALL	0.285
EXTERIOR FLOOR	0.185
ROOF_TERRACE_TIMBER	0.2
ROOF	0.17
WINDOW	1.6



Termal Görüntüleme

(Kaynak: Prokon Ekon Şirketler Grubundan alınmıştır.)

EK 4: Gaziantep Ekolojik Binası Detay Çizimleri



(Kaynak: EG Mimarlıktan alınmıştır)