

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YAPI BİLGİ MODELLEME TEKNOLOJİSİ İLE
SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI TASARIMI

Şeyda AÇIL

Yüksek Lisans Tezi

MİMARLIK ANABİLİM DALI

OCAK 2022

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MimarlıkAnabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

YAPI BİLGİ MODELLEME TEKNOLOJİSİ İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR YAPI TASARIMI

Tez Yazarı
Şeyda AÇIL

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi Hasan POLAT

OCAK 2022
ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Başlığı: Yapı Bilgi Modelleme Teknolojisi ile Sürdürülebilir Yapı Tasarımı
Yazarı: Şeyda AÇIL
İlk Teslim Tarihi: 29.12.2021
Savunma Tarihi: 31.01.2022

TEZ ONAYI

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hasan POLAT
Fırat Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi

Onayladım

Başkan: Doç. Dr. Mehmet KARATAŞ
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Onayladım

Üye: Doç. Dr. Şefika ERGİN
Dicle Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi

Onayladım

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun/...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

İmza
Prof. Dr. Kürşat Esat ALYAMAÇ
Enstitü Müdürü

BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “Yapı Bilgi Modelleme Teknolojisi ile Sürdürülebilir Yapı Tasarımı” Başlıklı Yüksek Lisans Tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

31.01.2022

Şeyda AÇIL



ÖNSÖZ

"Yapı Bilgi Modelleme Teknolojisi ile Sürdürülebilir Yapı Tasarımı" adlı bu çalışma Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimarlık Bilim Dalı Lisansüstü Programında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez Danışmanım, Fırat Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Dr. Öğr. Üyesi Hasan Polat'a ve değerli katkılarından dolayı Balıkesir Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü Dr. Öğr. Üyesi Nihal Arda Akyıldız'a , teşekkür ederim.

Şeyda AÇIL
ELAZIĞ, 2022



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
EKLER LİSTESİ	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amaç ve Yöntemi.....	1
2. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK KAVRAMI VE TEMEL TANIMLAR.....	2
2.1. Ekonomik Kalkınma ve Çevresel Sonuçları.....	2
2.1.1. Artan Enerji İhtiyacı.....	3
2.1.2. Fosil Kaynak Kullanımı	3
2.1.3. Atmosfere Salınan Sera Gazları	4
2.2. Sürdürülebilirlik Kavramı ve Tarihsel Gelişimi	5
2.3. Sürdürülebilir Mimarlık Kavramı	7
2.3.1. Kentsel Ölçekte Sürdürülebilirlik.....	8
2.3.2. Yapı Ölçeğinde Sürdürülebilirlik	15
2.4. Enerji Etkin Yapı Tasarımı.....	19
2.4.1. Güneş Enerjili Etkin Sistemler	22
2.4.2. Rüzgar Enerjili Etkin Sistemler.....	33
2.5. Enerji Kaynakları.....	38
2.5.1. Fosil Enerji Kaynakları	40
2.5.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları	41
3. YAPI BİLGİ MODELLEME- BIM İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR TASARIM SİSTEMLERİ VE	
YEŞİL BİNA SERTİFİKASYONLARI	43
3.1. Yeşil Bina Sertifikasyonları.....	43
3.1.1. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)	44
3.1.2. BREEAM (Building Research Establishment Environmtal Assesment Method)	46
3.1.3. DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen E.V.).....	46
3.1.4. B.E.S.T.	47
3.2. Yapılarda Enerji Verimliliği	48
3.3. Yapı Bilgi Modelleme- BIM	48
4. MATERYAL VE METHOD.....	57
4.1. Amaç, Kapsam ve Hedefler	57
4.2. Autodesk Revit	57
4.2.1. Revit Arayüzü	58
4.3. Autodesk Insight ile Enerji Analizi	65
4.4. K-ODAK Kütüphane Yapısı	67
4.4.1. Kat Planları.....	67
4.4.2. Tavan Planları	72

4.4.3. Görünüşler.....	77
4.4.4. Kesitler.....	79
4.4.5. 3B Model Çalışması.....	81
5. BULGULAR VE TARTIşMA	83
5.1. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analizi.....	83
5.1.1. K- Odak Yapısı 1. Senaryo.....	94
5.1.2. K- Odak Yapısı 2. Senaryo.....	106
5.1.3. K- Odak Yapısı 3. Senaryo.....	115
5.1.4. K- Odak Yapısı 4. Senaryo.....	127
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	137
KAYNAKLAR.....	139
EKLER	143
ÖZGEÇMİş	



ÖZET

Yapı Bilgi Modelleme Teknolojisi ile Sürdürülebilir Yapı Tasarımı

Şeyda AÇIL

Yüksek Lisans Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

MimarlıkAnabilim Dalı

Ocak 2022, Sayfa: xv +148

Günümüzde artan konfor ihtiyacı ile beraber özellikle konutların ve beraberinde tüm yapıların enerji ihtiyaçları kısa vadede yerine yenisi konamayacak fosil enerji kaynaklarından karşılanmaktadır. Bu sebeple fosil kaynak rezervlerinde gelecek nesillerin enerji gereksinimlerini tehdit edecek ölçüde azalma meydana gelmekte ve fosil kaynak kullanımına bağlı çevre sorunları oluşmaktadır. Yapıların inşaat aşamasından başlayıp yaşam süreçlerini bitirdikleri evreye kadar kullandıkları enerji miktarının oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Tasarım aşamasında alınan yanlış kararlar sebebiyle inşaat ve yapı kullanım evresinde mekanik enerji kullanımı üzerinde ilave bir baskı oluşturmaktadır.

Her alanda olduğu gibi yapı sektöründe de seçim olmaktan çıkıp bir zorunluluk haline gelen "Sürdürülebilirlik" yaklaşımı, temel ilkeleri ve uygulama yöntemleriyle kentsel ve yapısal ölçekte incelenmiştir. "Yapılarda Sürdürülebilirlik" kavramı, yapım sürecinin erken aşamalarında alınan tasarım önlemleri ile tasarım ve analiz desteği veren programlar incelenmiştir.

K- Odak isimli kütüphane yapısı " Autodesk Revit" programı kullanılarak modellenmiş ve " Autodesk Insight "enerji simülasyon programı ile enerji analizi yapılmıştır. Daha sonra farklı iyileştirme çalışmaları ve senaryolarla tezin ana fikri olan "Sürdürülebilirlik" konusu ve bu konunun "Yapılarda Enerji Korunumu ve Tasarrufu" konusu ile olan ilişkisi desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler:Sürdürülebilirlik, Sürdürülebilir Yapı Tasarımı, Yapı Bilgi Modelleme, Enerji Etkin Yapı Tasarımı, Aktif Enerji Sistemleri, Pasif Enerji Sistemleri

ABSTRACT

Sustainable Building Design with Building Information Management Technology

Şeyda AÇIL

Master's Thesis

FIRAT UNIVERSITY
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Architecture

January 2022, Pages: xv + 148

Today ,together with the increasing need for comfort, the energy needs of especially residences and all buildings are provided from fossil energy sources which cannot be replaced in the short term. For this reason there is a fossil resources that threatens the energy needs of future generations and environmental problems occur do to the use of fossil resources. It has been observed that the amount of energy used by the buildings from the constructions phase to the time they finish their life processes is quite high. Due to the wrong decisions taken during the design phase, it creates an additional pressure on the use of mechanical energy in the construction and building usage phases.

The "Sustainability" approach, which has become a necessity rather than a choice in the construction sector, as it is in every field, has been examined on an urban and structural scale with its basic principles and application methods. The concept of "Sustainability in Buildings", the design measures taken in the early stages of the construction process and the programs that provide design and analysis support are examined.

The library structure named K- Odak was modeled using the "Autodesk Revit" program and energy analysis was performed with the "Autodesk Insight" energy simulation program. Then, the main idea of the thesis, "Sustainability", and its relationship with the subject of "Energy Conservation and Saving in Buildings" were supported with different improvement studies and scenarios.

Keywords:Sustainability, Sustainable Building Design, Building Information Management, Energy Efficient Building Design, Active Energy Systems, Passive Energy Systems

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Sürdürülebilirlik Kavramsal Şeması	7
Şekil 2.2. Yapı Malzemesi Yaşam Döngüsü Aşamaları	17
Şekil 2.3. Architecture2030- Yıllık Küresel Karbondioksit Emisyonu Grafiği	17
Şekil 2.4. Bina yönelimi-formu ve güneş enerjisi ilişkisi	21
Şekil 2.5. Güneşten doğrudan yararlanma	23
Şekil 2.6. Yaz ve Kış aylarında Trombe Duvarının iç mekana gece-gündüz etkisi	23
Şekil 2.7. Yaz ve Kış aylarında Trombe Duvarının iç mekana etkisi	24
Şekil 2.8. Su Duvarı	24
Şekil 2.9. Çatı Havuzu	25
Şekil 2.10. Sera(Güneş Odası)	26
Şekil 2.11. Ayrık Açıklık	26
Şekil 2.12. Güneş Bacası	27
Şekil 2.13. PV Sistem	28
Şekil 2.14. Dünyanın Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası	29
Şekil 2.15. Güneş Takip Sistemleri	29
Şekil 2.16. Oluklu Sistem IşınToplayıcı	30
Şekil 2.17. Çanak Sistem IşınToplayıcı	30
Şekil 2.18. Heliostat Sistemler Toplacı	31
Şekil 2.19. Güneş Kulesi	31
Şekil 2.20. Güneş Kolektörü	32
Şekil 2.21. Güneş Kolektörü	32
Şekil 2.22. Rüzgar Kuleleri, Yazd, İran	34
Şekil 2.23. Dolatabad Garden, Yazd, İran	35
Şekil 2.24. Dolatabad Garden, Yazd ,İran	35
Şekil 2.25. Çift Cidarlı Cephe Çalışma Prensibi	36
Şekil 2.26. Çift Cidarlı Cephe Çalışma Prensibi	36
Şekil 2.27. Doğal Havalandırma ve Baca Etkisi	37
Şekil 2.28. Diyarbakır Güneş Evi Venturi Bacası	37
Şekil 2.29. Oklahoma Medikal Araştırma Vakfı	38
Şekil 2.30. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	39
Şekil 2.31. Petrol	40

Şekil 3.1. Geleneksel Bina Tasarım Süreci	44
Şekil 3.2. Yeşil Bina Tasarım Süreci.....	44
Şekil 3.3. LEED Sertifika sisteminin ana kategorileri.....	45
Şekil 3.4. Sanal Bina Modeli ile 3B Modelden Proje Belgeleri Üretimi- Grahisoft ArchiCAD	49
Şekil 3.5. 3B Nesne Tabanlı Bilgi Ortamı	50
Şekil 3.6. 3B Nesne Tabanlı Bilgi Ortamında Farklı Disiplinlere ait Proje detayları	50
Şekil 3.7. Bir YBM Yazılımındaki Nesneler ve Bir Duvar Nesnesine Ait Nitelikler]	51
Şekil 3.8. BIM ile Açık Bir Bulut Platformu Sayesinde Aynı Dijital Model	52
Şekil 3.9. BIM Direktifi Olan Ülkeler	53
Şekil 3.10. Bütünleşik Bina Tasarım Yaklaşımı ve Geleneksel Bina Tasarım.....	54
Şekil 3.11. Geleneksel İş Sektörü Akış Şeması	55
Şekil 3.12. BIM Kullanımlı Akış Şeması	56
Şekil 4.1. Revit Programı Arayüzü.....	58
Şekil 4.2. Architecture Komut Paneli.....	59
Şekil 4.3. Structure Komut Paneli	60
Şekil 4.4. Steel Komut Paneli.....	60
Şekil 4.5. Systems Komut Paneli	60
Şekil 4.6. Insert Komut Paneli.....	60
Şekil 4.7. Annoatte Komut Paneli	61
Şekil 4.8. Analyze Komut Paneli	61
Şekil 4.9. Massing&Site Komut Paneli	61
Şekil 4.10. View Komut Paneli	62
Şekil 4.11. Manage Komut Paneli.....	62
Şekil 4.12. Modify Komut Paneli.....	62
Şekil 4.13. Proparties Paneli.....	63
Şekil 4.14. Type Proparties	64
Şekil 4.15. Edit Açılır Penceresi.....	64
Şekil 4.16. Autodesk Revit Analyze Paneli.....	65
Şekil 4.17. Location Menüsü.....	65
Şekil 4.18. Energy Settings Menüsü.....	66
Şekil 4.19. Bodrum Kat Planı.....	67
Şekil 4.20. Zemin Kat Planı	68
Şekil 4.21. 1. Normal Kat Planı.....	69
Şekil 4.22. 2. Kat Planı	70

Şekil 4.23. Çatı Kat Planı	71
Şekil 4.24. Bodrum Kat Tavan Planı	72
Şekil 4.25. Zemin Kat Tavan Planı	73
Şekil 4.26. 1. Normal Kat Tavan Planı	74
Şekil 4.27. 2. Normal Kat Tavan Planı	75
Şekil 4.28. Çatı Kat Tavan Planı	76
Şekil 4.29. Kuzey Cephe Görünüş	77
Şekil 4.30. Güney Cephe Görünüş	77
Şekil 4.31. Doğu Cephe Görünüş	78
Şekil 4.32. Batı Cephe Görünüş	78
Şekil 4.33. A-A Kesit	79
Şekil 4.34. B-B Kesit	80
Şekil 4.35. K- Odak Yapısı 3B Model Çalışması	81
Şekil 4.36. K-Odak Yapısı Enerji Modeli	82
Şekil 5.1. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları	84
Şekil 5.2. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları	85
Şekil 5.3. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları	86
Şekil 5.4. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları	87
Şekil 5.5. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları	88
Şekil 5.6. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları	89
Şekil 5.7. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları	90
Şekil 5.8. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları	91
Şekil 5.9. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları	92
Şekil 5.10. K- Odak Mevcut Yapı Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları	92
Şekil 5.11. K- Odak Mevcut Yapı Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları	93
Şekil 5.12. K- Odak Mevcut Yapı Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları	93
Şekil 5.13. K- Odak Mevcut Yapı Aydınlatma Analiz Sonuçları	94
Şekil 5.14. K- Odak Yapısı 1. Kat Planı -Su Duvarları	95
Şekil 5.15. K-Odak Yapısı- Su Duvarları İç Mekan Görünüş	95
Şekil 5.16. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları	96
Şekil 5.17. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları	97
Şekil 5.18. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları	98
Şekil 5.19. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları	99
Şekil 5.20. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları	100

Şekil 5.21. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları	101
Şekil 5.22. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları	102
Şekil 5.23. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları	103
Şekil 5.24. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları	104
Şekil 5.25. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları	104
Şekil 5.26. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları	105
Şekil 5.27. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları	105
Şekil 5.28. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Aydınlatma Analiz Sonuçları	106
Şekil 5.29. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları	107
Şekil 5.30. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları	108
Şekil 5.31. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları	109
Şekil 5.32. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları	110
Şekil 5.33. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları	111
Şekil 5.34. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları	112
Şekil 5.35. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları	113
Şekil 5.36. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları	114
Şekil 5.37. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları	115
Şekil 5.38. K- Odak Yapısı 1. Kat Planı.....	116
Şekil 5.39. K-Odak Yapısı 3B	116
Şekil 5.40. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları	117
Şekil 5.41. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları	118
Şekil 5.42. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları	119
Şekil 5.43. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları	120
Şekil 5.44. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları	121
Şekil 5.45. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları	122
Şekil 5.46. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları	123
Şekil 5.47. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları	124
Şekil 5.48. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları	125
Şekil 5.49. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları	125
Şekil 5.50. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları	126
Şekil 5.51. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları	126
Şekil 5.52. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Aydınlatma Analiz Sonuçları	127
Şekil 5.53. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları	128
Şekil 5.54. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları	129

Şekil 5.55. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları	130
Şekil 5.56. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları	131
Şekil 5.57. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları	132
Şekil 5.58. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları	133
Şekil 5.59. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları	134
Şekil 5.60. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları	135
Şekil 5.61. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları	136



EKLER LİSTESİ

	Sayfa
Ek- 1: K-ODAK Kütüphane Yapısı Döşeme Malzeme Listesi	143
Ek-2: K- ODAK Kütüphane Yapısı Duvar Malzeme Listesi.....	146
Ek-3: K- ODAK Kütüphane Yapısı Duvar Malzeme Listesi.....	148



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

NO	: Azot Oksit
SO ₂	: Kükürt Dioksit
CO ₂	: Karbondioksit

Kısaltmalar

AEC	: Architecture, Engineering & Construction(Mimarlık, Mühendislik& İnşaat)
B.E.S.T.	: Binalarda Ekolojik ve Sürdürülebilir Tasarım
BDT	: Bilgisayar Destekli Tasarım
BIM	: Building Information System(Yapı Bilgi Sistemi)
BIPV	: Building Integrated Photovoltaic (Bina Bütünleşik Kolektör Sistemleri)
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Method
BYS	: Bina Yönetim Sistemleri
CAD	: Computer Aided Design(Bilgisayar Destekli Tasarım-Çizim)
ÇEDBİK	: Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği
DGNB	: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen E.V.
GBS	: Green Building Studio
HVAC	: Isıtma, Havalandırma ve Hava Şartlandırma Sistemleri
IES	: Integrated Environmental Solutions
IFC	: Industry Foundation Classes(Endüstri Temel Sınıfları)
IPD	: Integrated Project Delivery(Entegre Proje Teslim Metodu)
IT	: Information Technology (Bilgi Teknolojisi)
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design (Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik)
USGBC	: U.S. Green Building Council (ABD Yeşil Bina Konseyi)
WCED	: World Commission on Environment and Development(Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu)
WGBC	: World Green Building Council (Dünya Yeşil Bina Konseyi)

1. GİRİŞ

Doğa, içerisinde bulunan canlı ve cansız varlıklar ile bir denge içerisinde. Ekosistem adı verilen bu dengenin bir parçası olarak insan, ilk olarak doğayı çözmeye ve hayatta kalabilme eğilimindeyken artık onunla başa çıkma ve ona hükmetme eğilimindedir. Ekosistem dediğimiz bu kusursuz döngü, bilinçsiz nüfus artışı ve yerleşmelerle, doğal kaynakların bilinçsiz ve gelecek nesilleri düşünmeden kullanılmasıyla, modern hayatın gerektirdiği enerji ihtiyaçlarının yenilenebilir kaynaklar yerine yenilenmesi yüzyıllar süren kaynaklar (fosil kaynaklar) kullanılarak karşılanmasıyla vb. birçok etkenle maalesef tahrip edilmiştir. Doğanın sunduklarının hızla tüketilmesi ve tekrar yerine konamaması sebebiyle kendi içerisinde kusursuz bir döngü halinde olan ekosistem dengesi insan eliyle bozulmaktadır.

Dünya üzerinde meydana gelen hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve kentleşme sebebiyle iklim, biyoçeşitlilik ve doğal kaynaklar üzerinde büyük bir baskı meydana gelmiş ve giderek seyrekleşen kentsel yeşil alanlar kirli ve dağınık bir hal almıştır. Kentsel gelişmelerle beraber artan ulaşım ağları ve araçlar sebebiyle aşırı enerji tüketimi, trafik yoğunluğu, hava ve gürültü kirliliği gibi sorunlar meydana gelmiştir [1]. Günümüz artan teknolojsi ve enerji ihtiyaçları, çevre kirliliği ve fosil kaynak rezervlerinin hızla tükenmesi gibi sorunları da beraberinde getirmiştir. Kontrol edilemeyen kalkınma elde edilen kazanımlara zarar verip, hatta temel ekosistem dengesini tehdit eder bir hal almıştır [2].

Ekonomik kalkınmanın çevre üzerinde oluşturduğu bu tür olumsuzluklar farkındalığın artmasını sağlamış, sürdürülebilir kalkınma politikaları uygulanmaya başlamıştır. Çevrenin değerinin anlaşılmasıyla insan merkezli politikalar yerine çevre merkezli politikalar izlenmiştir [3].

Geleneksel kalkınma stratejilerinin sonucu oluşan sorunlara karşı artan farkındalık, sürdürülebilir kalkınma kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır [2]. Tıraş'a göre " Sürdürülebilir kalkınmanın başarılı olabilmesi için kavramın ekonomik, sosyal ve çevresel boyutu üzerinde durulmakta ve eş zamanlı olarak işbirliğinin sağlanması gerekmektedir." [3].

Ekosistem dengesinin bozulmasının temelinde kentleşmeyle beraber artan yapılaşma yatmaktadır. Binalar dünya genelinde yapım süreci itibariyle en çok enerji tüketen ve çevreye zararları olan birimlerdir. Yoğun hammadde ve enerji tüketimi doğal kaynakların sınırlarını zorlamakta, doğaya salınan zararlı kimyasallar da bu süreci hızlandırmaktadır.

Yapıların çevre üzerindeki olumsuz etkileri arttıkça iyi mimari tanımı da insanları olumsuz çevre şartlarından koruyan mimariden, çevreyi yapıların insan etkisiyle oluşturduğu olumsuz etkilerden koruyan mimariye evrilmiştir [4].

Yapı Bilgi Modelleme (YBM) teknolojisi kullanılarak henüz tasarım aşamasındayken yapıların üç boyutlu modelleri oluşturulup enerji analizleri ile yapının yaşam süreci boyunca

ihtiyacı olan enerji miktarı öngörülerek tasarıma müdahale edilebilmesi ve bu sayede günümüzün en büyük gelişmişlik göstergelerinden biri olana enerjinin korunumu ve yerinde kullanılması sağlanarak çevreye enerji ihtiyacı bakımından en büyük baskıyı yapan yapıların enerji kontrolü sağlanmış olmaktadır. Enerji ihtiyacı bakımından mekanik enerji sistemlerine bağımlılığı azalan bu yapılar sürdürülebilir yapılar olarak adlandırılmaktadır.

"Bugün sürdürülebilir, ekolojik, yeşil, çevre dostu vb. pek çok isim altında karşımıza çıkan doğayla uyumlu yapılar, yapının arazi seçiminden başlayarak yaşam döngüsü çerçevesinde değerlendirildiği, bütüncül bir anlayışla ve sosyal ve çevresel sorumluluk anlayışıyla tasarlandığı, iklim verilerine ve o yere özgü koşullara uygun, ihtiyacı kadar tüketen, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiş, doğal ve atık üretmeyen malzemelerin kullanıldığı katılımı teşvik eden, ekosistemlere duyarlı yapılar olarak tarif edilebilir." [5].

Yapı Bilgi Modelleme (YBM) teknolojisi ile; tasarım aşamasından itibaren üç boyutlu hali görülebilen yapının tasarım hataları önceden görülerek süre ve maliyet kayıpları önlenabilmektedir. Enerji analizleri yapılan yapının yönelimi, büyüklüğü, malzeme yapısı, cephe açıklıkları vs. üzerinde değişiklik yapılarak uzun vadede enerji tasarrufu sağlanabilmekte ve aynı zamanda paydaşlar tarafından yapılan herhangi bir değişiklik tüm verilere yansiyarak iş gücünü azaltacak ve uzun süren proje teslim süreçleri kısalmaktadır.

Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), işbirlikçi bir çalışma platformu altında sayısallaştırılmış bir teknolojidir. BIM teknolojisi, inşaat projelerinde tahmin, yönetim ve çevresel etkileri izlemeye yönelik bir araç görevi görürken aynı zamanda, sanal prototip oluşturma ve görselleştirme özellikleriyle de dünya çapında sürdürülebilirlik çalışmalarına yeni bir soluk getirmektedir. BIM, hem akademik hem de endüstriden büyük ilgi görmektedir [6].

Konsept- Tasarım, Katı Kütle Modellemesi, Uygulama ve As- Built aşamaları dahil yapının tüm yaşam döngüsü boyunca [7] kullanılan YBM sistemleri sayesinde geleneksel yapım yöntemlerinden ziyade sadece uygulama esnasında değil yapının tüm yaşam dönüsü boyunca etkin bir yapı yönetimi ağılanmakta ve süre, enerji ve maliyet tasarrufu sağlanmaktadır.

Yapı Bilgi Modelleme (YBM) bir diğer adı ile Building Information Modeling (BIM) ile yapının grafik (geometri, biçim vb.) ve alfasayısal (maliyet, malzeme, fiziksel çevre kontrolü vb.) verilerini içeren üç boyutlu modeli oluşturularak yapı sektörü paydaşlarının ortak kullanımına sunulmaktadır. Yapının fikir aşamasından başlayarak işletim aşamasına kadar olan (planlama, tasarım, projelendirme, yapım) aşamalarında kullanılan bu model farklı paydaşlar tarafından ortak kullanıldığından revizyon kolaylığı sağlamakta, veri dönüştürme ve tekrarlı üretimi (replikasyon) önemli ölçüde azaltmaktadır [8].

1.1. Tezin Amaç ve Yöntemi

Sürdürülebilir mimari tasarımların bir alternatif değil bir gereklilik olduğu günümüz şartlarında Yapı Bilgi Modelleme teknolojisi (Building Information Management/ BIM) kullanılarak geleneksel proje teslim metotlarına kıyasla Bilgi Teknolojisi (Information Technology/ IT) ile enerjiyi daha etkin kullanabilen, sürdürülebilir yapılar tasarlamının daha mümkün olduğu literatür taraması ve K-ODAK yapısı Revit modellemesi ve enerji analizleriyle anlatılmak istenmiştir.



2. SÜRDÜRÜLEBİLİR MİMARLIK KAVRAMI VE TEMEL TANIMLAR

Günümüzde sanayileşmenin ve beraberinde kentleşmenin de etkisiyle ortaya doğal çevresinden kopuk, aşırı enerji tüketen, altyapısı yetersiz ve bilinçsizce büyüyen, sürdürülebilir olmayan yapı toplulukları çıkmıştır. Modern hayatın gerektirdiği aşırı enerji tüketimi süreç içerisinde yenilenemez kaynakların gelecek nesillerin ihtiyaç duyacakları seviyelerin altına düşmesi tehlikesine yol açmıştır. Bu başlık altında çevre üzerindeki en büyük baskı payına sahip olan yapılardan ve sürdürülebilir mimarlık kapsamında genel tanımlardan bahsedilecektir.

2.1. Ekonomik Kalkınma ve Çevresel Sonuçları

Sanayi Devriminin kıvılcımı olduğu kentleşme sürecinin dünya üzerindeki yaşam kalitesini kısıtlayan sonuçları, 20 yy. da insanlık tarafından başa çıkılması gereken, göz ardı edilemeyecek bir problem olduğu kabul edilmiştir. İnsanlığın yüzyıllar boyu ekonomik, sosyolojik ve teknolojik alanlarda kat ettiği ilerlemenin bir sonucu olarak karşımıza çevresel sorunlar ve gelecek nesillerin ihtiyacı olan kaynakların tükeniyor olması sıkıntılarını çıkarmıştır.

Sanayi devrimi ile başlayan ekonomik kalkınma süreci ve beraberinde nüfus artışı ve çevre sorunlarına yol açmış ve çevre ile ekonomi arasındaki dengeyi bozmuştur [9].

Endüstriyelleşme, hızlı kentleşme ve beraberinde nüfus artışlarıyla insan, doğayı sınırları olmayan ve sürekli kendini yenileyen bir hammadde deposu olarak görmüş ve ekonomik kalkınma amacıyla sonuçlarını düşünmeden doğal kaynakları tüketmeye başlamıştır. Bunun yanında ekonomik kalkınma hedefi, enerji ihtiyaçlarını karşılamak için tüketilen hammaddenin doğa üzerindeki olumsuz sonuçlarının doğal felaketlerle karşı karşıya kalıncaya kadar göz ardı edilmesine sebep olmuştur.

Dünya genelinde 19.yy' ın son çeyreğinden itibaren ekonomik kalkınmanın iki önemli sonucu ortaya çıkmıştır [2].

1- Gelir düzensiz bir şekilde yayılmış, dünyanın yarısına yakın bir kısmı zenginleşirken, kalan kısmı gittikçe artan bir biçimde yoksullaşmıştır.

2- Gelişmekte olan ülkelerde çevresel kirlilik, doğal kaynakların tahribi, su ve altyapı sorunları gibi sorunlar ortaya çıkmıştır.

Klasik kalkınma teorilerine göre, kalkınmanın çevresel ve sosyal yansımaları göz ardı edilerek sadece niceliksel boyutlarıyla ilgilenilmiş, artan nüfus ve bu doğrultuda artan ihtiyaçlar, doğal kaynaklar üzerinde baskı oluşturarak doğanın taşıma kapasitesi zorlanmış ve hatta bu kapasite aşılmıştır [10].

Teknolojik gelişmelerle hız kazanan sanayileşme sürecinin sebep olduğu çevre sorunlarına 20. yy' ın son çeyreğine kadar, gelişen sanayinin katlanılması gereken bir sonucu olarak bakılmıştır. Tam da bu yıllarda çevre sorunları yerel olmaktan çıkıp bölgesel ölçeklere yayılmıştır. Üretim teknolojisinin gerisinde kalan çevre teknolojisi küresel sorunların önüne geçememiştir. Sonuç olarak [11];

- Havadaki SO₂ artışı ile asit yağmurları artmış,
- Ozon tabakası incelmeye başlamış,
- Havadaki CO₂ artışı sonucu sera etkisi ile küresel ısınma başlamış,
- Nükleer atıklar, petrol taşımacılığı ve tanker kazaları sebebiyle deniz kirlilikleri meydana gelmiştir.

Günümüzde, artan teknolojik imkanlarla birlikte değişen tüketim alışkanlıkları ve artan konfor arayışı beraberinde su ve enerji başta olmak üzere doğal kaynakların hızla tüketilmesi ve uzun vadede yerlerinin doldurulamaması problemlerini de getirmiştir. Artan konfor taleplerine cevap verebilen ve aynı zamanda doğal kaynak kullanımını sınırlandıran, doğaya zarar vermeyen yapılar ortaya çıkarmak ciddi önem taşımaktadır [12].

2.1.1. Artan Enerji İhtiyacı

Sanayi devrimi ile beraber hızla gelişen teknoloji beraberinde yoğun enerji ihtiyacını da getirmiştir. Önceleri insan gücü gerektiren işler yerlerini makinelere bırakmış ve sonuç olarak enerji tüketimi yoğun bir şekilde artmıştır. Özellikle kentlerde doğan bu yoğun enerji ihtiyacını karşılamak için insan, daha verimli enerji üretebileceği kaynaklara yönelmiş ve fosil kaynakları hızla tüketmeye başlamıştır. Oluşum sürecinden çok daha kısa bir süre içerisinde tüketilen bu kaynakların aşırı kullanımı, ekolojik dengenin ve insan-doğa ilişkisinin bozulmasına sebep olmuştur [13].

2.1.2. Fosil Kaynak Kullanımı

Gelişmişlik düzeyi göstergelerinden olan enerji tüketiminin büyük bir çoğunluğu maalesef yenilenebilir kaynaklar yerine kullanıldığı süreden çok daha uzun bir sürede yerini dolduran fosil kaynaklardan seçilmektedir. Bu tür kaynakların aşırı tüketimi küresel bazda; iklim değişikliği, hava kirliliği, asit yağmurları, kaynakların hızla tükenmesi, doğanın dengesinin bozulması gibi olumsuz sonuçlar doğururken aynı zamanda insan sağlığına da fiziksel ve psikolojik olumsuz etkileri vardır.

Bir bakıma gelecek nesillerin bize emaneti olarak düşünebileceğimiz bu kaynakların kullanımında dört farklı prensip benimsenmelidir [14]. Su ve enerji başta olmak üzere tüm kaynaklarda koruma, tasarruf ve geri kazanım sağlanmalıdır.

1- Tasarruf Et: Kalite ve performanstan ödün vermeden fakat israf da etmeden malzeme kullanımı sağlanmalıdır.

2- Tekrar Kullan: Dönüştürülebilecek olan atıklar, sağlık ve güvenlik açısından sıkıntılı değilse tekrar kullanılabilir.

3- Dönüştür: Yeniden kullanılabilir kaynaklar tercih edilmelidir.

4- Yenilenebilir, Çevre Dostu Ve Sağlıklı Olana Öncelik Tanı: Sınırlı ve çevre kirliliği yaratan kaynaklar yerine çevre dostu ve yenilenebilir kaynaklar tercih edilmelidir.

Fosil kaynakların yerini alabilecek alternatif doğal enerji kaynaklarının sadece yenilenebilir değil aynı zamanda sürdürülebilir olması da gereklidir. Bir kaynağın doğa dostu olabilmesi için uzun vadede çevreye herhangi bir olumsuz geri dönüşü olmamalıdır. Buradan yola çıkarak söyleyebiliriz ki su, rüzgar, güneş ve jeotermal gibi doğal enerji kaynakları sadece yenilenebilir değil aynı zamanda temiz olduklarından uzun vadede çevreye zarar vermeyen sürdürülebilir enerji kaynaklarıdır [13].

2.1.3. Atmosfere Salınan Sera Gazları

Beşeri faktörlerle atmosferdeki sera gazları ve partiküllerde meydana gelen artış, doğal dengenin bozulmasına ve sonuç olarak ozon tabakasında incelmeye ve küresel boyutlarda sıcaklık artışına neden olur [15]. Devam eden küresel bazdaki sıcaklık artışı, uzun vadede iklim değişikliklerine neden olmaktadır.

Atmosfere salınan sera gazları çoğunlukla fosil yakıt kullanımından, sanayi, enerji üretimi, ulaştırma , çeşitli kimyasal atıklar ve tarımsal etkinliklerden kaynaklanır. En önemli faktör enerji üretimi amacıyla kullanılan fosil(kömür, doğalgaz, petrol) yakıtlardır [15].

Sanayi devrimi ile birlikte fosil yakıt kullanımında artış, bu yakıtların kullanılması sonucu atmosfere salınan CO₂ ve metan gazları dahil farklı yan etkileri olan birçok zararlı gazın oluşmasına sebep olmaktadır.

Kömür, doğalgaz ve petrol kullanımı sırasında atmosfere salınan CO₂ ve metan gazları bünyelerinde ısı tutabilen sera gazlarıdır. Fosil yakıtların aşırı kullanımı sebebiyle atmosferde biriken bu gazlar, yeryüzündeki ısının bir kısmının uzaya transferi yerine atmosferde birikmesine sebep oluyor ve bu da uzun vadede küresel iklim değişikliğine sebep olmaktadır [16]. İnsan faktörünün bu şekilde çevre üzerindeki hızlı ve yıpratıcı etkileri sonucunda ortaya sürdürülebilirlik kavramı çıkmıştır. Sürdürülebilirlik ve Ekoloji kavramları artık büyük ölçekte düşünülmesi gereken kavramlar olmuş ve hem günümüz yaşam kalitesini artırmak hem de gelecek nesillere daha yaşanabilir çevreler bırakabilmek için yapı tasarım kriterlerinin vazgeçilmez gerekleri haline gelmişlerdir.

2.2. Sürdürülebilirlik Kavramı ve Tarihsel Gelişimi

Dünya tarihinin Sanayi Devrimi ile başlayan hızlı değişim süreci özellikle ivme kazanan son 50 yılda; küresel ısınma, belirgin iklim değişiklikleri, ozon tabakasının incilmesi, yeraltı kaynaklarının azalması, artan enerji sarfiyatı ve çevre kirlilikleri gibi sonuçlar ortaya çıkmıştır [17].

Doğaya sınırsız bir kaynak gözüyle bakılması, ekonomik kalkınmanın beraberinde getirdiği çevresel sorunların göz ardı edilmesine sebep olmuştur. Öncelik kalkınmaya verilmiştir ve çözüm bekleyen çevre sorunları ileri bir tarihe ertelenmiştir. "Tepki ve Tedavi" (React-and-Cure) stratejisi de denilen bu yöntem sebebiyle, doğal kaynakların yenilenme süresinden çok daha kısa sürede tüketilmesinin yanında yok olması ve dolayısı ile yoksulluk kavramları ortaya çıkmıştır. Bu sorunlara çözüm bulmak amacıyla konferanslar düzenlenmiş ve raporlar hazırlanmıştır. Bu sayede "Tepki ve Tedavi" (React-and-Cure) stratejisi yerini "Tahmin ve Önleme" (Anticipate-and-Prevent) stratejisine bırakmıştır. Bu sayede ekonomik ve sosyal kalkınmanın çevre ile olan ilişkisi vurgulanmıştır [11].

1972 Stockholm Konferansı sonucu düzenlenen İnsan ve Çevre Bildirisine göre " Dünyanın yenilenemeyen kaynakları, onları gelecekte tükenme tehlikesine karşı koruyacak şekilde kullanılmalı ve bu kullanımın yararlarının bütün insanlıkça paylaşılması sağlanmalıdır." [18] ve yine İnsan Çevre Bildirisine göre " Dünyanın, hayati yenilenebilen kaynaklarını üretme kapasitesi sürdürülmeli ve mümkün olduğu hallerde yenilenmeli ve iyileştirilmelidir." [18].

Yaşanan bu küresel bazlı çevre sorunlarına çözüm üretmek amacıyla BM Genel Sekreteri Harlem Brundtland'in oluşturduğu komisyon 1987 yılında "Ortak Geleceğimiz" adlı bir rapor hazırlamıştır. Brundtland'e göre " İnsanlık, gelecek kuşakların, ihtiyaçlarını karşılama konusunda ödün vermeksizin, bugünkü ihtiyaçlarını karşılamayı garantileyen, sürdürülebilir bir kalkınmayı gerçekleştirme kabiliyetine sahiptir." [19] .

Birleşmiş Milletler Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu (WCED) tarafından yayınlanan **1987 Brutland Raporu** Sürdürülebilir kalkınmayı, " Bugünün gereksinim ve beklentilerini, gelecek kuşakların kendi gereksinimlerini ve beklentilerini karşılama olanaklarını tehlikeye atmaksızın karşılamaktır." [19] şeklinde tanımlamıştır.

Rio De Jenario 1992, BM Çevre ve Kalkınma Konferansı ilke 4' göre " Sürekli ve dengeli kalkınmanın gerçekleşebilmesi için çevre koruma, kalkınma sürecinin entegre bir parçasını oluşturacaktır, ayrı olarak düşünülemez." [20].

1997 yılında düzenlenen 2005 yılında imzalanan **Kyoto Protokolü** ise karbondioksit ve sera etkisine neden olan altı sera gazının (karbondioksit, metan, nitröz asit, kükürt heksaflorür, HFC'ler ve PFC'ler) kullanımını sınırlandırarak atmosfere sadıkları karbon miktarını 1990 yılındaki seviyede tutmalarını gerekli kılmıştır [21].

2002 yılında Johannesburg'da düzenlenen **Dünya Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi (Rio+10)** ile **Rio Konferansından** sonraki 10 yıllık sürecin değerlendirildiği Zirveye sürecin en önemli faktörü olan toplumun zirveden soyutlanmaması ve alınacak kararların çok daha kısa sürede sonuç vermesi amacıyla hükümet temsilcilerinin yanı sıra yerel yönetimler, sivil toplum kuruluşları ve özel sektörlerin de katılımı sağlanmıştır [22]. Bu sayede halk bilinçlendirilerek farkındalığı arttırılmış ve çevresine karşı daha duyarlı olması sağlanmıştır. Bildiride sürdürülebilirlik sosyal, çevresel ve ekonomik boyutlarıyla değerlendirilmiş, yoksulluğun ortadan kaldırılması ve doğal kaynakların korunması konuları üzerinde durulmuştur [85].

Doğa, insan ve insanların geçimlerini sağladıkları iş alanları birbirleriyle yüksek derecede bağlantılıdır. Birinin iyi olması durumunda etkileşim halinde diğerleri de gelişir ve ortaya sürdürülebilirliği destekleyen bir döngü çıkar. Sürdürülebilir kalkınma için ekolojik, sosyal ve ekonomik çevre korunmalı ve denge halinde tutulmalıdır. Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonunun sürdürülebilir gelişme tanımına göre 'Geleceğin ihtiyaçlarından ödün vermeden bugünün ihtiyaçları karşılanmalıdır [1].

"... bütünün sürdürülebilir olması için bütünü oluşturan parçaların da sürdürülebilir olması ..." [12] görüşü de Mersal'ın görüşünü destekler niteliktedir.

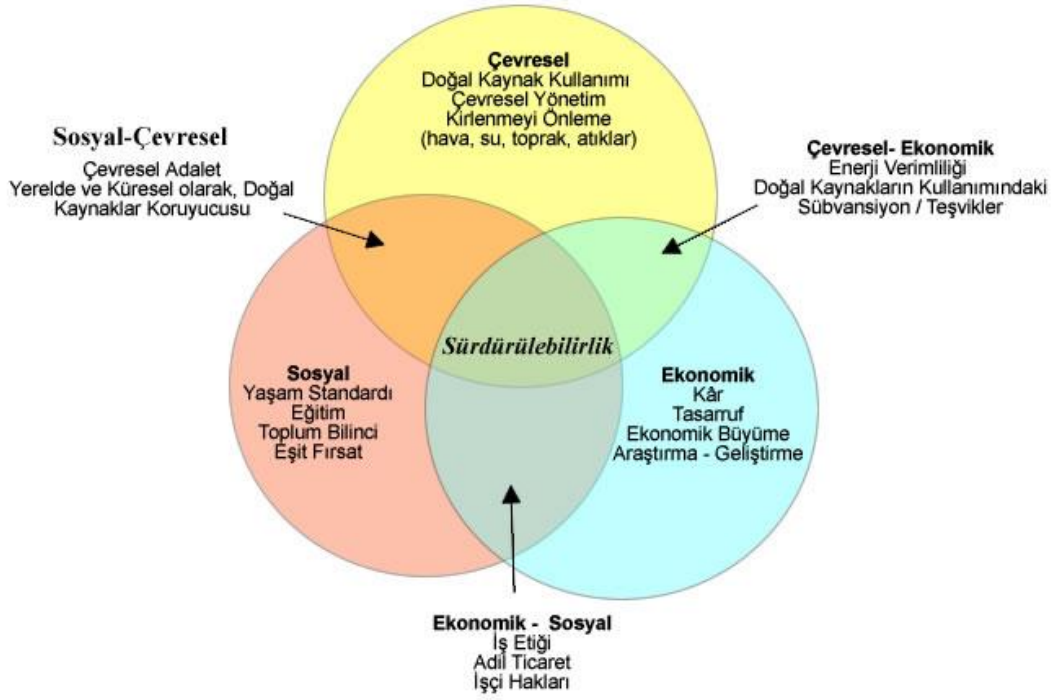
Sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıktığı günden bu yana üç ana başlık altında incelenmektedir [2]. Şekil 2.1.'de bu başlıklar kavramsal bir şema ile gösterilmiştir.

1- Ekonomik Sürdürülebilirlik: Tarımsal ve Endüstriyel üretime zarar veren sektörel çalkantılardan sakınan, mal ve hizmetleri süregelen esaslara dayanarak üretebilen, hükümet ve dış borçları yönetilebilirliğini sürdürebilen sistemdir.

2- Çevresel Sürdürülebilirlik: Çevresel olarak sürdürülebilir olan sistem, kaynak rezervlerini sabit tutmalı, yenilenemeyen kaynak kullanımını sınırlandırarak sadece yatırımlarla yerine konulabilen kaynakların kullanımına izin verilmeli, biyolojik çeşitlilik, atmosferik denge ve diğer ekosistem unsurlarını da korumalıdır.

3- Sosyal Sürdürülebilirlik: Sosyal sürdürülebilir sistem; sağlık ve eğitim, cinsiyet eşitliği ve politik sorumluluk kapsamındaki sosyal hizmetlerin yeterli düzeyde olduğu bir sistemdir.

Sürdürülebilirlik kavramı son yıllarda tüm disiplinlerde olduğu gibi Mimarlık alanında da etkili ve gerekli olmuştur. Bu çalışma, konusu gereği Sürdürülebilirlik Mimarlık kavramı üzerine yoğunlaşarak hayata geçirilebilirliği hususunda bir takım araştırmalar yaparak, önerilerde bulunacaktır.



Şekil 2.1. Sürdürülebilirlik Kavramsal Şeması [23]

2.3. Sürdürülebilir Mimarlık Kavramı

Son yıllarda her alanda bir ihtiyaç haline gelen ve gittikçe benimsenen sürdürülebilirlik kavramı kentsel planlama ve mimarlık alanlarında da zorunlu hale gelmiştir.

Yakın zamanda; ekolojik, yeşil, iklim ve çevre dostu , karbon sıfır, yüksek performanslı, pasif ve akıllı bina gibi kavramlar da türemiştir. Bu isimler altında ortaya çıkan yapıların hepsi aslında tek bir başlık altında toplanabilir. "Doğaya saygılı ve gelecek nesillerin ihtiyacı olan kaynakları tüketmeyen." [14].

Özorhon' a göre; Sürdürülebilir mimarlık, yerel faktörler göz önünde bulundurularak, koşullara bağlı, uyarlanabilir ve değiştirilebilir bir mimari tasarım ve uygulamalar bütünüdür [24].

Sev ise "Sürdürülebilir Mimarlık" adlı kitabında, sürdürülebilir mimarlığı "içinde bulunduğu koşullarda ve varlığının her döneminde, gelecek nesilleri de dikkate alarak, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik veren, çevreye duyarlı, enerjiyi, suyu, malzemeyi ve bulunduğu alanı etkin şekilde kullanan, insanların sağlık ve konforunu koruyan yapılar ortaya koyma faaliyetlerinin tümü" olarak tariflemiştir [25].

Dikmen'in de dediği gibi; "Sürdürülebilirlik, mimari tasarım sürecinin planlama, programlama, ön tasarım, tasarım, uygulama, kullanım, yıkım ve yeniden planlama evrelerinin tümünü kapsayacak biçimde uzun vadeli bir süreçte değerlendirilmelidir." [26].

Civan' a göre Sürdürülebilirlik, " Doğal sistemlerin üretkenliğini ve sağlığını azaltmadan insanların ihtiyaçlarını sağlamaya yönelik bir dengeyi temsil eder."

Dikmen' e göre; " Doğal kaynakların önemli bir bölümünü kullanarak çevre kirliliğine sebep olan yapı sektörü, ham maddenin çıkarılması aşamasından başlayarak yapım, kullanım ve yıkım aşamalarında da enerji kullanmaktadır." [26].

Sürdürülebilirlik Mimarlık başlığını 2 alt başlığa ayırarak Kentsel Ölçekte Sürdürülebilirlik ve Yapı Ölçeğinde Sürdürülebilirlik olarak inceleyeceğiz.

2.3.1. Kentsel Ölçekte Sürdürülebilirlik

Hızlı ve plansız bir şekilde büyüyen kentlerin doğal tahriplere yol açması ve kendi içerisinde ekolojik alanlara yer vermemesi, beraberinde bir takım fiziksel ve psikolojik rahatsızlıklar getirmiştir. Bu durumda çözüm olarak ortaya çıkan sürdürülebilir kentsel tasarım kavramı ile birçok farklı yaklaşımla, içerisinde yaşanan kentlerin adım adım daha yaşanabilir ve sürdürülebilir kentler haline getirilmesi amaçlanmıştır.

Her bir parçası birbiriyle bir denge içerisinde olan ekosistemin herhangi bir parçasında insan etkisiyle meydana gelen bir aksaklık, zincirleme olarak diğer parçalara da yansiyarak tüm ekosistemi olumsuz etkilemektedir [27]. Bu ilişkiden yola çıkarak söyleyebiliriz ki insanın kentsel yaşamla yaşadığı çevreye verdiği olumsuz etki , zincirleme olarak tüm ekosistemi ve gelecek nesillerin yaşam kalitesini etkilemektedir.

"Hızlı nüfus artışı, insanların büyük kentlerde yoğunlaşması, çevrenin insafsızca tahribi,ormanların hızla yok edilmekte olması, atmosferin sera gazlarıyla sürekli biçimde kirlenmesi, küresel ısınma, toprak erozyonu, çölleşme, kişi ve toplum sağlığının giderek bozulması gibi çeşitli sorunlar, günümüz insanında hala yeterli düzeyde çevre bilincinin gelişmemiş olduğunu göstermektedir." [27]. Yoğun nüfus sebebiyle doğadan belirli bir zaman döngüsü içerisinde alınabileceğinden daha fazlasının alınmaya çalışılması; kaynak yetersizliği, hava kirlilikleri, fiziksel ve psikolojik rahatsızlıklar vs. ortaya çıkarmıştır.

Sürdürülebilirlik kavramı temelde teknolojik gelişmelerin ve ekonomik kalkınmanın ardından çevreye verilen zararlara bir tepki olarak ortaya çıkmış bir olgudur. Fakat son zamanlarda kent üzerinde ekonomik ve sosyal bir baskının artmasından dolayı ortaya 'Kentsel Sürdürülebilirlik' kavramı çıkmıştır. Kentsel sürdürülebilirliğin temel amacı insanın içinde yaşadığı ortamı daha kaliteli ve yaşanabilir bir hale getirmekle beraber arkasından yetişen nesle de canlılığını yitirmemiş, yaşanabilir ortamlar ve gelişmeye kapalı olmayan kentler bırakmaktır [28]. Bu durumda öncelikle kent kavramı incelenmeli işlevleri, gereklilikleri ve yeterlilikleri bilinmelidir. Kentin kısa bir tanımını yapacak olursak söyleyebiliriz ki kent, insanların bir arada yaşayıp birbirinden bağımsız bir şekilde hareket edemeyeceği, toplumsal kurallara uyulması gereken, kendi içerisinde sosyal ve ekonomik bağlamda insan ihtiyaçlarına cevap verebilen bir

toplu yaşam alanıdır.Sürdürülebilirlik politikalarının kırsal kesimlerden ziyade kentlerde ele alınmasının temel sebebi ise kentte yaşayan nüfus yoğunluğu ve etkin yönetici güçlerin bulunmasıdır.

Artan nüfus ve teknolojik gelişmelerle beraber yatay ve dikey olarak hızla büyüyen kent üzerindeki artan baskı nedeniyle yeni bir kentsel tasarım modeli olarak 'Sürdürülebilir Kent' kavramı ortaya çıkmıştır. Böylelikle hem kentin doğa üzerindeki olumsuz etkileri minimuma indirilecek hem de doğal kaynakların gelecek nesillere aktarılması sağlanacaktır.

Günümüzde sürdürülebilir kentsel tasarım planlarına bu denli ihtiyaç duyulmasının başlıca sebeplerinden biri kentin kontrolsüz bir şekilde büyümesidir. Bir çok farklı sebeple kentlinin kent içerisinde yaşam standartlarına uygun olan yerleşim yerleri bulamaması nedeniyle kentsel rantın düşük olduğu kent çeperine göç etmesi ,alışveriş merkezlerinin kent merkezlerine uzak konumlanması ve rekreasyon alanlarının kent dışında olması gibi sebeplerden dolayı kentler hızlı bir şekilde yayılmaktadır. Çözüm olarak görülen kent dışı yapılaşmalar ise bir süre sonra birleşerek kendi içersinde konut ve ticaret bölgelerine ayrışmaktadırlar. Bu şekilde sorunlara anlık çözümlerle yaklaşılması kentlerin plansız ve sürdürülemez olmasına yol açmaktadır.

Kenti, kendi içersinde canlı ve cansız varlıklar ile denge halinde olan bir ekosistem olarak düşünecek olursak bu haliyle yaşayan canlı bir organizmaya benzeyen kent, tıpkı bir canlının organları gibi her biri farklı görev üstlenmiş bölgelerden oluşmaktadır [29]. Bu bölgelerin her biri kentin ve kentlinin farklı bir ihtiyacına cevap verebilen ve kentin diğer bölgeleriyle de işbirliği halinde olması gereken birimlerdir. Günümüzde ticaret, sanayi ve konut alanları olarak parçalanan kentler kendi içersinde sistematik olarak çalışamayan ekosistemler haline gelmişlerdir. Ticaretin ve sanayinin çok geliştiği kentler göç alarak yetersiz duruma gelirken, göç veren kentler de nüfus bakımından yetersiz ve gelişmeye kapalı hale gelmişlerdir.

Çevresel sürdürülebilirliği sağlamak için doğal çevre ve insan yapımı çevre beraber tasarlanmalıdır [1]. Bu şekilde tasarlanan insan odaklı kentlerde, yaşam kalitesi yükselir, fiziksel ve psikolojik rahatsızlık oranları azalır ve gelecek nesillere daha yaşanabilir ortamlar bırakılır.

Çetinkaya'nın da dediği gibi; Hızla artan kent nüfusu ve kentleşme oranı , insan sağlığını ve doğayı tehdit edecek bir hal almıştır. Olayın ciddiyetini bu süreç içersinde göremeyen insanoğlu ancak ortaya çıkan sağlık sıkıntılarıyla farkındalık kazanmaya başlamış ve çözümü ise yaşadığı çevreyi değiştirmekte bulmuştur. Ne yazık ki sorun bu şekilde göz ardı edilemeyecek bir büyüklüktedir ve çözüm arayışları ise bireysel değil , kenti ve doğayı da kapsayacak şekilde kitlesel olmalıdır [30]. Bu çözümler yeni kentler tasarlanırken tasarım kriteri olabileceği gibi mevcut kentlerde de yavaş ve etkili önerilerle kentler kısım kısım iyileştirmeler yapılabilir ve kentler daha yaşanabilir hale getirilebilir.

Dünya üzerinde bulunan tüm toplu yaşam alanları(kentler) benzersiz kombinasyonlarla pozitif veya negatif birçok özelliğe sahiptir. Bu özellikler kentleri birbirinden ayırır, onların

geçim kaynaklarını belirler, endüstrinin gelişme yönünü ve enerji tüketim miktarının yoğunluğunu, çevre kirliliğine neden olan madde kullanım miktarını, hava ve gürültü kirliliğine sebep olan faaliyetleri, doğal etkenlerden korunma ve başa çıkma yollarını belirler. Bu etkenlerden bazıları şunlardır [1]:

- Kentin kıyı veya iç kesimlerde olması,
- Dağlık veya ovalık alanlarda kurulması,
- Nemli veya kurak iklim özelliklerine sahip olması,
- Ilıman veya tropikal olması,
- Populasyon büyüklüğü ve gelişme oranı,
- İnsan yoğunluğu,
- Ekonomik refah seviyesi,
- Yoğunluklu geçim kaynağı.

Bu tür faktörler, sürdürülebilir kentler tasarlanırken dikkate alınmalıdır. Bu şekilde kent içerisinde oluşan ve oluşabilecek olan sorunlara anlık değil uzun vadeli çözümler planlanır ve problemler daha ortaya çıkmadan gerekli önlemler alınmış olur.

Kentler, küreselleşmenin de etkisiyle hızlı bir değişim süreci içerisinde fakat bu hızlı değişim maalesef tek tip olma yönündedir. Aynı tasarımlar, aynı malzemelerle birleşince ortaya birbirinin aynısı, yerel özelliklerini yitirmiş, tarihi dokusunu kaybetmiş, ruhsuz şehirler çıkmaktadır [31]. Kentlerin çevresel, sosyal ve ekonomik olarak birbirinden tamamı ile farklı yaşam birimleri olduğunu düşünürsek tek tip tasarlanan bu yerleşim yerlerinde muhakkak ki sorunlar ortaya çıkacaktır. Nasıl ki mimari bir yapı tasarlanacağında çevresel faktörler, iklim, rüzgar yönü, ulaşım ağları, toprak tipi, yerel malzemeler vs. birçok etken tasarım aşamasında bir girdi olarak hesaba katılıyorsa aynısının ve hatta belki daha fazlasının bir kent tasarımında da yapılması gerekmektedir. Yaşadığımız coğrafyanın iklim çeşitliliği, yerel malzemelere, sosyal ve ticari tüm faaliyetlere yansımıştır ve kentsel planlamalar yapılırken hedeflenen kent yaşanabilir ve sürdürülebilir bir kent ise bu faktörler mutlaka hesaba katılmalıdır.

Günümüzde yüzeysel ve hızlı çözüm arayışlarıyla yapılan kentsel planlama örnekleri parçalı ve her ihtiyaca cevap vermeyen yetersiz planlamalardır. Sürdürülebilir kentsel planlama yapılırken gözötenilmesi gereken temel yaklaşımlar şunlar olmalıdır [1].

- Kent merkezi ve alt merkezleri birbirlerine çeşitli ulaşım ağları ve yaya yollarıyla bağlantılı olmalı ve yoğunluk dağıtılmalıdır.
- Birbirinden keskin çizgilerle ayrılmış zonlar (parçalı kullanım) yerine, karışık arazi kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- Kentsel büyüme gerçekleşirken doğal süreç ve kendiliğinden oluşan topluluklar takip edilmelidir.(Bu yönelim direk kullanıcı tarafından gerçekleştirildiği için ideale en yakın olandır)

- Doğayla uyumlu ve insan aktivitelerine saygılı tasarımlar yapılmalıdır.
- Sürdürülebilir olmayan kaynak kullanımı sınırlandırılmalıdır.
- Bölgesel değil, küresel çaplı düşünülmeli ve tasarlanmalıdır, tasarımların nesiller arası ve kümülatif çevresel etkileri planlama yapılırken hesaplanmalıdır.
- Parçalı ve kopuk olan yapıları alan ve doğal çevre yerine birbirine entegre çevresel tasarımlar yapılmalıdır.

Kent yapıların işlevlerine göre parçalanmak yerine bir bütün halinde tasarlanmalıdır. Bu tasarım yapılırken açık – yeşil alanlar ; ekolojik , sosyal ve ekonomik alanda sürdürülebilirlik kavramını destekleyen en önemli alanlardır. Bu alanlar insan ile doğa arasındaki ilişkiyi dengeler ve insanın zihinsel, fiziksel ve rekreasyonel ihtiyaçlarını karşılar. Bu yeşil alalar; park, meydan, yaya bölgesi, çocuk bahçesi, ev bahçesi vb. alanlarda oluşturulabilirler. Bu şekilde kent ile kırsal alan arasındaki iklim farklılıkları azaltılır, kent kalitesi artırılmış olur ve kentlinin psikolojik baskı ve stresten uzaklaşması sağlanır. Doğaya saygılı ve mümkün olduğunca az tahrip edilerek planlanan kentsel tasarım modellerinde;

- Geri dönüşümlü enerji kaynakları kullanılmalıdır.
- Enerji etkin ve yeşil yapılar tasarlanmalıdır.
- Araçsız kent merkezleri tasarlanmalıdır.
- Kent içerisinde açık-yeşil alanlar tasarlanmalıdır.
- Karbon azaltılmalıdır(toplu taşıma araçlarına geçerek ve yakıt türlerini değiştirerek).
- Kentler konut, ticaret ve sanayi yapılarına göre parçalamak yerine bir bütün olarak tasarlanmalıdır.
- Kentte hızla tüketilen doğal kaynakların sonsuz olmadığının bilinci topluma kazandırılmalıdır.
- Sürdürülebilirlik kavramı topluma anlatılmalı ve benimsenmelidir.
- Ekolojik ayak izi sınırlandırılmalıdır.

Bu hususlar dikkate alınarak tasarlanan doğa ile entegre kentler, mevcut durumu iyileştirip kentleri daha yaşanabilir bir hale dönüştüreceği gibi gelecek nesiller için de doğal kaynaklarını yitirmemiş ve yıpranmamış sürdürülebilir çevreler bırakılacaktır.

Aşağıda açıklanan kent modelleri günümüz kentsel tasarım planlamaları yapılırken, sürdürülebilir kentler için hedef olarak nitelendirilen modellerdir.

Çok Merkezli Kent Modeli

Sosyal, kültürel ve ekonomik olarak kentin tek bir noktasının odak noktası haline gelmesi kentin geri kalan kısımlarında dağınık yerleşme ve yetersiz gelişme gibi sorunlara neden olmaktadır. Günümüzde yeni bir kent formu olarak tercih edilen çok merkezli kent formu, kentin sürdürülebilirliği açısından tasarım aşamasında üzerinde durulması gereken bir ilke haline

gelmiştir. Kent içerisinde tek bir merkeze toplanan tüm ticari, sosyal ve kültürel birimler o noktaların gün boyunca çok fazla sayıda insan tarafından ziyaret edilmesine ve o noktalarda aşırı yoğunluğa sebep olmaktadır. Bu durum ulaşımda sıkıntı, mekan ve kaynak yetersizliği, kentin hava koridorları olan yeşil alanların yerini beton yapılara bırakması gibi insan ve çevre üzerinde birtakım baskılara neden olmaktadır. Bu duruma çözüm olarak ortaya atılan çok merkezli kent formları ile daha sürdürülebilir ve daha yaşanabilir kentler hedef alınmaktadır.

Çok merkezli kent formunun kentsel sürdürülebilirliğe etkileri aşağıdaki gibi sıralanabilir [32].

- Kentin belirli odak noktalarında yoğunluk artırılarak kentin plansız (düzensiz ve aşırı) yayılması önlenmektedir. Böylelikle tarımsal alanlar ve doğal çevre insan baskısından korunmuş olacaktır.
- Kentin ticari ve konut birimleri olarak parçalanmaması (karma kullanım) mekan değişimi sırasındaki yolculuk süresini kısaltacaktır. Böylelikle; Araç kullanımı azalacak, yayanın çevresi (yolculuk yaptığı güzergah üzerindeki kentsel mekanla) ile olan bağı güçlü kalacaktır.
- Sürekliliği olan kentsel açık-yeşil alanlar ve tarım alanları korunacak, nüfus bu tür alanlara baskı yapmayacak şekilde önceden hazırlanan imar planları doğrultusunda yönlendirilecektir.
- Mesafeler kısa tutulacağından ulaşım yaya olarak sağlanacaktır. Bunun dışında bireysel araç kullanımının çevreye verdiği zarardan dolayı diğer merkezlerle olan etkileşimlerde toplu taşımaya öncelik verilmedir.(bir kişi için bir araç kullanılması yerine çok kişi için bir araç kullanarak bireysel karbon emisyonu oranının azaltılması)
- Konut alanlarını birbirine yakın tutularak hem yoğunluk artırılır hem de sosyal aktivitelere imkan verecek şekilde komşuluk ilişkileri artırılarak sokak dokusunun işleyen bir mekan haline gelmesi sağlanır. Toplu konut özendirilerek bu alanlarda altyapı ve üstyapı çalışmaları yapılır.

Çok merkezli kent formunda görüldüğü üzere, yürünebilirlik ve insan ilişkileri ön plandadır. Burada amaçlanan, kent merkezlerinde oluşan insan ve trafik baskılarını azaltıp, bu yoğunluğu tüm kente yayarak hem genel bir kalkınmayı sağlamak hem de kent nüfusunun fiziksel ve psikolojik olarak yaşam standartlarını yükseltmektir.

Kompakt Kent Modeli

Kentsel ölçekte kullanılan geleneksel planlama stili oldukça geniş alanlara yayılma anlayışını benimsemiştir. Bu sebeple altyapı ve üstyapı çalışmaları için enerji ve kaynak kullanımı miktarı fazladır. Çözüm olarak benimsenen 'Sürdürülebilir Kent Planlaması' ile kentin belirli noktalarda yoğunlaşarak, arazinin karışık kullanılmasıyla ve böylelikle kaynak

kullanımının kısıtlanmasıyla, daha kısıtlı alanlarda ve konut alanları dikey olarak kullanılarak doğanın korunması planlanmaktadır. Bu şekilde tasarlanan kompakt kentlerde;

- Kent içerisinde kullanıcılar tarafından ziyaret edilen birimlerin birbirlerine yakın olması sebebiyle yaya hareketi artacak, bireysel araç kullanımı azalacaktır.
- Kentsel alanlar arasındaki mesafe azalacağından yakıt tüketimi azalacaktır.
- Belirli yerleşim yerlerindeki dikey yapılaşmayla kent çeperlerindeki doğal alanlara yayılma olmayacak ve böylelikle doğal çevre insan baskısından korunmuş olacaktır.
- Kompakt kent formu ilkesel olarak geleneksel kent formuna göre daha iç içe olduğu için gün içerisinde kat edilen yol kısalacak ve böylelikle kentsel altyapı yayılmayacak ve maliyet azalacaktır [33].

Sürdürülebilir kentsel tasarımda bir öneri olarak gelişen kompakt kent tasarımıyla; kentsel alanlar, planlanacak olan kentsel alanlar ve doğal çevre hem birbiri ile uyum içerisinde olacak hem de yapılı olmayan doğal çevre yapılaşmış alanların baskısından kurtulacaktır. Plansız büyüme ile kent doğal alanlara sığramayacaktır. Böylelikle hem rekreasyonel hem ticari getirisi olan yeşil alanlar korunmuş olacaktır.

Ekolojik Kent Modeli

Kentler karmaşık insan egemen ekosistemler olarak İnsan faaliyetleri iklim, toprak, hidroloji, biyoçeşitlilik, enerji ve madde akışı gibi birçok doğal etken üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadırlar. Plansız büyüme ve hızlı popülasyon artışı, kentlerde barınma ve altyapı yetersizliği gibi sosyal hayatı sınırlandıracak birtakım sonuçlar doğurur. Kentin doğa ile rekabete girerek ondan bağımsız(kopuk) bir şekilde oluşumu bir süre sonra kent-doğa dengesini bozmaktadır. Ekonomik gelişmeyle beraber ortaya çıkan ulaşım araçları kentsel mekanın gittikçe büyümesine sebep olmaktadır. Kentsel yapılaşmanın kent çevresindeki doğal çevreye sığraması ile o bölgeye ulaşım sağlanması için yapılan altyapı ve üstyapı çalışmaları doğal ortamın yüzölçümünü ve doğal getirisini (su, oksijen, besin, hammadde vb.) azaltmaktadır.

Kentsel alanlar yüzölçümü ve doğal yeterlilikleri bakımından küçük olmasına rağmen barındırdığı nüfusun fazla olmasından dolayı bir süre sonra ortaya kaynak sıkıntısı çıkmaktadır. Kentin doğal ortamı barındırdığı nüfusa yetecek kaynağın ancak küçük bir kısmını geri dönüşümlü olarak üretebilmektedir. Geri kalan kısımlar ise doğada bir açık haline gelmektedir.

Maalesef bu tür sorunların çözümü kentten kıra göç etmek kadar ütöpik değildir. Aksine doğal çevresi üzerinde ağır tahribatlara neden olan kentlerin ekolojik hale getirilmesi gerekmektedir. Bununla beraber ortaya 'ekolojik kent' (çevre dostu kent) kavramı çıkmıştır [28]. Bu fikre göre; Doğa ve kent beraber tasarlanarak yaşamak için daha sağlıklı, uygar ve zengin mekanlar oluşturulmalıdır. Doğaya daha uygun tasarımlar yapılarak insanın doğaya olan baskısı azaltılmalı ve kentsel açık-yeşil alanlar oluşturulmalıdır. Kentsel açık-yeşil alanlar; kentsel ısı

adasının etkilerini azaltır, enerjiyi korur, kentsel havayı temizler ve havadaki karbondioksiti emer [1].

Günümüz hızla ve bilinçsizce yayılan kentlerinde, kentsel ısı daha geniş ölçeğe yayılmaktadır. Bundan dolayı ihtiyaç olmaması durumunda doğal alanlar yerleşmeye açılmamalıdır. Kentsel mekanlar sadece insanların yaşama ortamı olarak düşünülmemelidir. Doğada yaşayan bitki ve hayvanlar da kentsel ekosistemin bir parçasıdır. Bu durumda doğa üzerinde baskı kurmak yerine doğal faktörler kabullenmeli ve uyum sağlanmalıdır. Kent içerisindeki yapılaşma rüzgar yönünü hesaba katarak yapılmalı, yenilenemeyen enerji kaynakları korunmalı, doğal kaynaklar kullanılırken verimlilik yüzdesi artırılmalı, doğal sorunlara uzun vadeli ve kalıcı çözümler üretilmelidir.

Kent içerisinde sürdürülebilir yeşil alanlara yer açmak için; açık-yeşil alanlar olan parklara yer verilmelidir, mevcut olan yeşil alanlar planlı tasarımlarla daha sağlıklı hale getirilmelidir, caddelerde, kaldırımlarda, meydanlarda ve hatta konut alanlarında yeşil alanlara yer açılmalıdır, yapılar ve yollar birbirlerinden ayrılırken sınırlayıcı eleman olarak yeşil seçilmelidir.

Yeşil alanlar sadece estetik değildir, aynı zamanda kentsel dokuya ve kentliye birçok getirisi vardır. Bunlar [1];

- İnsanın doğası gereği en temel ihtiyacı olan besin hammaddesini yeşilin bize sunması.
- Kent ölçeğinde tarımsal alanlara yer veren şehirlerin ekonomik getirisinin artması.
- Kentlinin daha güvenilir yerli kaynaklardan besin hammaddesini elde etmesi.
- Yerli ve yerinde üretim ile taşımacılık maliyetlerinin azaltılması ve yerel sermayenin artması.

Sürdürülebilir kentsel yeşil alanlara en güzel örneklerden biri ekolojik parklardır. Kentin sosyal, çevresel ve ekonomik ihtiyaçlarını karşılayan geleneksel parklardan ziyade insan müdahalesine gereksinim duymadan kendi kendine yetebilen sürdürülebilir alanlar olarak tasarlanmalıdır. Kentsel parklar;

- Havadaki oksijen miktarını artırır.
- Kent içerisinde oluşan iklim farklılıklarını dengeler.
- Kentsel ısı oluşumu azaltır.
- Kentliye sosyo-kültürel aktivite alanları sunar.
- İnsan sağlığı üzerinde olumlu etkiler yaratır.

Ekolojik parklar tasarlanırken insanların parktan maksimum derecede faydalanabilmeleri için yapılması gereken birtakım düzenlemeler vardır. Bunlar [34];

- Alan tasarlanırken yerel malzemeler kullanmak.
- Yaban hayatına zarar verebilecek yabancı materyal kullanımını minimuma indirmek.

- Müdahalesiz bir Şekilde geliŐebilecek ve iklim Şartlarına dayanıklı yere bitki türlerini ŐeĐmek.
- Kentsel donatıları göz zevkine hitap etmesinden Đok insan ergonomisine uygun olarak tasarlamak.
- Park iÇerisindeki yapıların Đatılarını yaĒmur suyunu toplayacak Şekilde tasarlamak ve daha sonra bu suyu bitki sulamada kullanmak.

2.3.2. Yapı lĐeĒinde Sürdürülebilirlik

Bugün tüm dünyada yapılar, kullanılan enerjinin yaklaşık olarak %35-40'ını tüketmektedir. Üstelik kullanılan bu enerjinin büyük ĐoĒunluĒu tükenme tehlikesi ile karşı karşıya olan fosil kaynaklardan karşılanmaktadır. Fosil kaynakların insan ve Đevre zerindeki olumsuz etkilerinin yanı sıra tükeniyor olması, sınırlı olan bu kaynakların etkin ve basiretli bir Şekilde kullanılarak, yerine konulacak enerji kaynakları arayıŐlarının baŐlamasını zorunlu kılmıştır.

" Dünya genelinde toplam enerji tüketiminin büyük bir kısmından yapı sektörü sorumludur. Yapılaşma faaliyetleri her yıl küresel olarak kullanılan enerjinin %40'ını tüketmektedir." [35].

Yapı iÇin gerekli hammaddeler kırsal bölgelerde Đıkarılmakta ve aşırı tüketim sebebiyle doĒal Đevrede; toprak yapısı ve arazinin bozulması, erozyon, su yataklarının tortullaŐması, yeşil alanların yok olması ve kirlilik gibi etkiler meydana gelmektedir. Đıkarılan bu hammaddelerin Őehirlere yakın alanlarda iŐlenip üretilmesi sonucu ise hava kirliliĒine sebebiyet vermektedir [4]. Binalar, yıllık CO₂ emisyonunun yaklaşık olarak % 40'ından sorumludurlar [36].

Yapıların Đevreye olan olumsuz etkileri CO₂ salımı ile sınırlı deĒildir. Yapılar yıllık yaklaşık olarak, su tüketiminin %12'si, atıkların %65'i ve elektrik tüketiminin %71'inden sorumludurlar. Bu yüzdelere bakıldıĒında yapıların Đevreye olan baskının azaltılması yönünde ne derece etkili bir potansiyel oldukları da görülmektedir [5]. Barınma kavramı ortaya ĐıktıĒı ilk günden itibaren insanlar doĒanın zararlı etkilerinden korunmak iÇin belirli yapılar iÇerisinde hayatlarını srdrrlar. Fakat günümüzde durum tam tersine dönmüŐ ve yapılar Đevrelerindeki doĒal unsurlara zarar verir hale gelmişlerdir. Hal böyle olunca da doĒanın insanlardan korunması iÇin yapı sektörü dahil tüm sektörlerde ĐeŐitli Đevre dostu alternatifler geliŐtirilmeye başlanmıştır. Yakında bu alternatiflerin pek ĐoĒunun yönetmeliklerle zorunlu hale getirilmesi beklenmektedir.

Yapılaşma, enerji kullanımı ve sera gazı emisyonları bakımından Đevre üzerinde en büyük etkiye sahip faktörlerden birisidir. Resmi kayıtlara göre modern inşaat malzemelerinden olan beton, diĒer tüm inşaat malzemelerinin (aŐŐap, Đelik, plastik ve alüminyum) iki katından fazla kullanılmaktadır. Beton retimi sırasında tıpkı fosil kaynak kullanımı sırasında olduĒu gibi atmosfere sera gazı salınmaktadır. Đimento ocakları yılda 25 tonun üzerinde NO (azot oksit) yayarak sabit azot oksit kaynakları olmaktadır. Yine modern inşaat malzemelerinden olan Đelik

ise imali sırasında yoğun su tüketimi ile doğal kaynakların israfına neden olmaktadır. Buradan yola çıkarak anlıyoruz ki yapılaşma sürecinde, yapı elemanı üretimi aşamasından, yapı inşası, yapı kullanımı ve yıkımı aşamalarına varan süreç boyunca birçok çevresel soruna sebep olmaktadır [4].

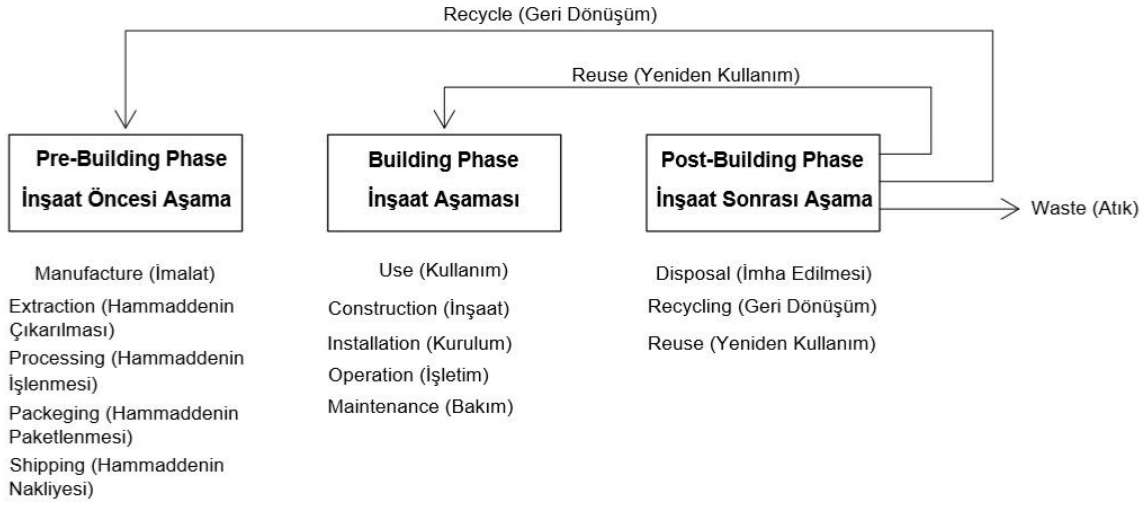
Sürdürülebilir yapı, çevresine hiçbir şekilde olumsuz geri dönüşü olmayan yapıdır. Bu tanımdan yola çıkarak söyleyebiliriz ki günümüzde; yeşil, ekolojik, çevre dostu, sıfır enerji, karbon sıfır, yüksek performanslı şeklinde adlandırılan yapılar aslında sürdürülebilir değil, sürdürülebilir olma yolunda evrimleşme sürecinde olan yapılardır [14].

Bir yapı projesinin tam olarak sürdürülebilir olması için tasarım aşamasından yıkım aşamasına kadar ekonomik, sosyal ve çevresel bilince sahip ve düşük maliyetli olması gerekmektedir [37]. Yapının Sürdürülebilir olması için bu üç kritere aynı anda sahip olması gerekiyor.

Yapı sektörüne sürdürülebilirlik anlayışının getirilmesindeki amaç, yapının tasarım, hammadde çıkarımı, inşası, yıkım ve atık yönetimi gibi süreçlerin önceden tasarlanan bir döngü haline getirilmesidir [4]. Yapı ölçeğinde sürdürülebilirlik konusunu birkaç başlık altında bu süreçlerde hangi yolların izlenmesi gerektiği anlatılacaktır.

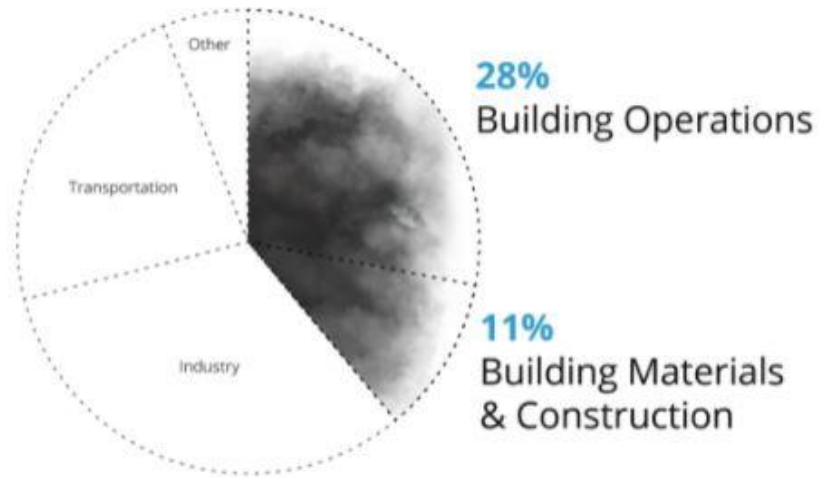
Yapı Malzemesi Seçimi

Yapı malzemesi olarak insan sağlığına uygun, geri dönüştürülebilir, tekrar kullanılabilir, yenilenebilir, yerel, taşıma ve depolama maliyeti olmayan veya minimum düzeyde olan mümkünse yerel malzeme seçimi yapılmalı ve mümkün olduğunca az malzeme kullanılmalıdır. Binalarda malzeme kullanımının azaltılmasıyla bir döngü halinde olan yapı üretim-kullanım-yıkım sürecinde uzun vadede atık miktarı ve çevresel kirlilik de azalacaktır [4]. İnşaat sürecinin önceden tasarlanmasıyla maliyet yönetimi sağlanacak ve tasarruf edilecektir. EPD belgeli malzeme kullanılarak Bina Yaşam Döngüsü sağlanmalıdır [38]. Şekil 2.2'de yapı malzemesi yaşam döngüsünün aşamaları şematize edilmiştir.



Şekil 2.2. Yapı Malzemesi Yaşam Döngüsü Aşamaları [39]'dan uyarlama

Toplam küresel karbon emisyonlarının yaklaşık olarak %23'ünden beton, çelik ve alüminyum malzemeleri sorumludur ki bu malzemeler çoğunlukla inşaat sektöründe kullanılmaktadır [36]. Şekil 2.3'de yıllık küresel karbondioksit emisyon grafiği görülmektedir.



Şekil 2.3. Architecture2030- Yıllık Küresel Karbondioksit Emisyonu Grafiği [36]

Sürdürülebilir tasarım ilkelerini yapı tasarımlarına dahil etmenin en kolay yolu, inşa için gerekli olan malzemeyi sürdürülebilir yapı malzemelerinden seçmektir. Geleneksel olarak aynı işlev için belirlenmiş benzer malzemeler kıyaslanırken "fiyat" belirleyici unsur olmuştur. Fakat göz ardı edilmemesi gereken husus şudur ki; bu unsorda belirleyici kıstas yalnızca üretim ve nakliye masrafları olmuştur ve asıl önemli olan sosyal ve çevresel maliyetler göz ardı edilmiştir [39].

Yapının HVAC sistemleri enerji verimli seçilerek duvar, pencere vb. yapı bileşenlerinin yüksek izolasyonlu, düşük U- Value (ısıl geçirgenlik) değerli malzemelerden seçilmesi ve enerji tüketiminin ASHRAE- Standard 90.1- 2010 Appendix G1 değerlerine a göre daha verimli bir şekilde inşa edilmesi gerekmektedir [40].

Kullanılan malzemelerin çevresel etkilerinin azaltılması için yapılması gerekenler şu şekilde sıralanabilir.

- Geri dönüşüm potansiyeli yüksek olan malzemeler kullanılması
- Yerel olarak üretilen malzemelerin kullanılması
- Sertifikalı malzeme kullanılması
- Minimum işlenmiş malzemelerin kullanılması
- Düşük içerilmiş enerjiye sahip malzemelerin kullanılması
- Yenilenebilir enerji kaynakları ile üretilen malzemelerin tercih edilmesi
- Çevreye zararlı etkileri daha az olan malzemelerin seçilmesi
- Az su tüketimi ve kirliliğe neden olan malzemelerin seçilmesi [84].

Geri Dönüştürülmüş Atıkların Kullanılması

Dönüştürülmüş malzeme kullanılması,yeni malzeme kullanımına göre enerji ve doğal kaynakların kullanımından tasarruf ederek çevre kirliliği ve atık oluşumunu da azaltacaktır [4].

Sadece yüklenici firmanın değil mal sahibi, bina sakinleri ve çevrenin de mali yönden sorumlu oldukları bu süreçte " cradle-to-grave" (beşikten mezara) malzemenin hammadde olarak çıkarılmasından yapı yıkımı sonucu geri dönüştürülmesine veya imha edilmesine kadar olan aşamaların analiz edilmesi maliyet hesabı için daha kapsamlı ve yerinde olacaktır [39].

Suyun İdareli Kullanımı

Atık suların yeniden kullanımı ve yağmur suları toplama sistemleriyle yapının ihtiyaç duyacağı su tüketimi azaltılabilir. Yeşil alanlarda yerel bitkiler kullanılarak su ihtiyacı azaltılır. Vakum destekli, kademeli kullanılabilen sifon sistemleri,küçük rezervuarlı tuvaletleri algılayıcı musluklar ve düşük akışlı duşlar kullanılabilir [4].

Binada az su harcayan ve gri su (geri dönüştürülmüş) kullanımına izin veren armatürler tercih edilmelidir ve yağmur sularının toplanıp değerlendirilerek kullanılan şebeke ve yüzey suyu miktarı azaltılmalı ve atık sular geri dönüştürülmelidir [40].

Dayanıklılık ve Bakım

Yapının inşa süreci kadar kullanım sürecindeki maliyet kontrolü de sağlanmalıdır. Dayanıklı malzemelerle inşa edilen bir yapının uzun vadede bakım ve onarım masrafları azalacak ve tasarruf sağlanacaktır.

Yapı ölçeğinde sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için yapının kendi fonksiyonlarını yapı içerisinde bir döngü halinde tamamlayabilmesi gereklidir. Dışarıdan minimum seviyede enerji takviyesi yapılarak, enerji ihtiyacını kendi kendine karşılayabilen ve bu sayede atık ve sera gazını minimum seviyede tutan yapılar çevresine zararlı olmaktan çıkar ve çevresiyle uyumlu sürdürülebilir yapılar olurlar.

Yapı Konumu

Sürdürülebilir yapı tasarımları için yapının konumu ve yapıya olan ulaşım biçimleri de önemli kriterlerdir. Site analizi ve ön tasarım aşamalarında göz önünde bulundurulması gereken kriterler şu şekilde sıralanabilir.

- Yapının doğal kaynakların veya tarımsal arazilerin bulunduğu topraklarda yapılmaması.
- Yapının sosyal yerleşim yerlerine yakın olması ve bu sayede ulaşım sonucu ortaya çıkan sera gazı (karbon ayak izi) miktarının azalması.
- Yapının su kaynaklarına olan mesafesi.
- Yapının toplu taşıma araçlarına göre konumu [40].

Binalarda Enerji Verimliliği

Yapının konumu, diğer yapılarla olan mesafe ilişkisi, hacmi, yönelimi, hakim rüzgar yönü, yüzey açıklıkları ve yapı malzemeleri doğru seçilerek yapının ısıtma-soğutma yüklerini azaltabilir. Ayrıca güneş enerjisini pasif ve aktif olarak kullanarak doğal aydınlatma ve ısıtma sağlanır böylece enerji ihtiyaçları azaltılabilir. İhtiyaç duyulan enerji bu şekilde alternatif enerji kaynaklarıyla karşılanarak fosil kaynak kullanımı sınırlandırılır ve yapının çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltılabilir.

2.4. Enerji Etkin Yapı Tasarımı

IEA desteği ile 1996-1998 yılları arasında yürütülen Annex 31 projesi kapsamında yapıların çevresel etkileri enerji alt başlığında ilk defa incelenmiştir. 14 ülkenin 30'dan fazla araştırma konusu ile katıldığı bu çalışmada amaç, yapıların yaşam döngülerinin bütün aşamalarını enerji akışı yönünden incelemektir [41].

IEA' ya göre binalar ve inşaat sektörleri, küresel bazda tüketilen nihai enerjinin üçte birini ve doğrudan ve dolaylı CO₂ emisyonunun yaklaşık %40'ını oluşturmaktadırlar [42].

Enerji etkin yapı nedir? sorusuna yanıt olarak yapı içi konfor koşullarını optimum seviyede tutmak için gerekli olan enerji miktarını minimum seviyeye düşürmek ve bu enerjiyi de fosil kaynaklar yerine yenilenebilir kaynaklardan karşılayabilen yapı diyebiliriz [43].

"Yapı, yaşam döngüsü boyunca çeşitli nedenlerle enerji kullanmaktadır. Kullanılan toplam enerjinin büyük bir yüzdesi (%94,4'ü) kullanım sırasında yapı içi konfor koşullarını sağlayan mekanik iklimlendirme sistemleri için tüketilmektedir. " [35]. Tüketilen bu yoğun enerji, fosil kaynaklar tarafından karşılanarak uzun vadede doğal kaynak rezervlerinin tükenmesi ve çevre kirliliği gibi sonuçlar doğurmaktadır. Günümüzde her alanda artan farkındalık ve artan sürdürülebilir çalışmalar, yapı sektöründe " Enerji Etkin Yapı Tasarımı " olarak karşımıza çıkmaktadır. Amaç, yapının ihtiyaç duyduğu enerjiyi fosil kaynaklar yerine yenilenebilir ve sürdürülebilir kaynaklar tarafından karşılayarak ve etkili tasarımlarla enerji korunumu sağlayarak yapıların doğa üzerindeki baskısını azaltmaktır.

Enerji etkin yapı tasarımında öncelikli hedef , enerji korunumunu sağlayarak yapı içi konfor koşullarını sağlamak için ihtiyaç duyulan enerji miktarını azaltmaktır. Yapı içi konfor koşulları doğal havalandırma yerine mekanik sistemlerle sağlandığında yapının enerji bağımlılığı artmakla birlikte yapıyı aktif olarak kullanan insan sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle HVAC (Heating-Ventilating-Air Conditioning) Isıtma- Havalandırma- İklimlendirme ihtiyaçları mekanik sistemler yerine olabildiğince doğal yöntemlerle karşılanmalıdır.

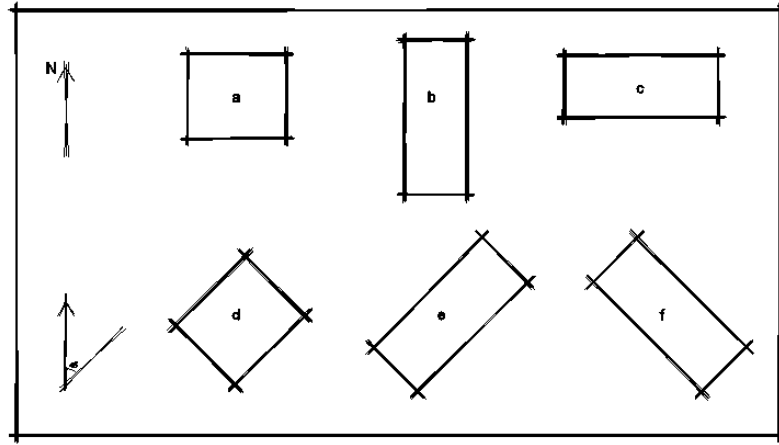
Enerji etkin bir yapı tasarımı için yapının konumu, diğer yapılarla olan mesafesi, yönlendirilişi, formu , yapı kabuğu, cephe üzerinde ısınma ve havalandırma ihtiyaçları için bırakılan açıklıklar gibi parametreler tasarım kriterleri olarak belirlenebilir [43].

Yapının Konumu

Yapının hangi iklim bölgesinde yer aldığı ve yapı çevresindeki doğal unsurlar da yapının konfor koşullarını sağlamak için gerekli olan enerji miktarını etkilemektedir. Bu sebeple yapılar bu doğal unsurlar göz önünde bulundurularak tasarlanmaktadır. Yapının deniz seviyesinden yüksekliği, denize göre konumu(kıyı- iç bölge), yapı çevresindeki doğal ısı tutucu-güneş kırıcı- rüzgar önleyici elemanlar olarak kullanılan bitkiler de yapının enerji ihtiyacını etkilemektedir. Şöyle ki ülkemizdeki bölgesel iklim farklılıklarını baz alırsak Akdeniz iklim koşullarına sahip bir bölgede tasarlanan bir yapıyla karasal iklim bölgesinde veya karedeniz iklim bölgesinde yer alan yapının tasarım kriterleri tam olarak birbirlerinden farklılık göstermektedir. Karasal iklim bölgelerinde soğuk hava koşullarından korunmak için daha kompakt tasarlanan yapılar Karadeniz, Akdeniz ve Marmara(geçiş) iklim bölgelerinde sıcak havanın etkisiyle daha büyük açıklıklara sahip, orta avlulu, geniş teraslı yapılar haline gelmektedir.

Yapı Yönelimi-Formu

Yapıların formu güneşten ne derece faydalanacaklarını belirleyen en önemli unsurdur. Şöyle ki kış aylarında güneş enerjisinden %90 faydalanılan 09.00- 15.00 saatleri arasında yapıya güneybatı - güney- güneydoğu yönlerinden gelen güneş ışınları bu cephelerde konumlandırılan yapı birimlerini pasif olarak ısıtacağından doğu- batı yönlü tasarlanan yapılar güneş enerjisinden maksimum düzeyde faydalanacaklardır [44]. Şekil 2.4'de görülen yapılar arasında güneş enerjisinden pasif ısıtma yoluyla maximum enerjiyi c yapısı sağlamaktadır.



Şekil 2.4. Bina yönelimi-formu ve güneş enerjisi ilişkisi ([44]'ten uyarlama)

Kış aylarında düşey açılarla yapı içine alınan güneş enerjisi, yaz aylarında ise aşırı ısınma oluşturacağından dikey veya yatay güneş kırıcılar gibi entegre cephe elemanlarıyla aşırı ısınmadan korunma sağlanacaktır.

Yapının yönü-yönelimi güneş gibi bir diğer doğal iklimlendirme elemanı olan rüzgarın yaz aylarında serinletici etkisinden faydalanmak ve kış aylarında taşınım veya hava sızıntısı gibi etkilerle ısı kaybından korunmak için de önemlidir [45].

Yapı Kabuğu

Yapılar harcadıkları enerjinin büyük bir bölümünü iç ortam kalitesini ısıtma, soğutma, havalandırma ve aydınlatma yönünden optimum düzeyde tutmak için kullanır. Mevsimsel değişiklikler yapı kabuğuna etki ederek iç mekan kalitesini etkilemektedir. Yapı kabuğunun malzemesi ve biçimi yapılar dış mekan koşullarından maksimum faydalanıp minimum zarar görecektir şekilde tasarlanarak enerji verimliliği sağlanmaktadır.

Yapı kabuğu, tasarımın estetik yönünden en önemli elemanı olarak görülmektedir fakat "...artık binalar estetik özellikler taşımalarının yanında, olabildiğince az enerji tüketmek zorundadır." [46].

Enerji etkin bir yapı tasarımı için 3 önemli kriter vardır [46].

Yapılarda enerji korunumu sağlanmalıdır. Tasarım aşamasında alınan kararlarla yazın soğutma, kışın ısıtma yükü azaltılarak, doğal aydınlatma ve doğal havalandırma sağlayarak yapı içi konfor koşullarının minimum enerji takviyesiyle sağlanması amaçlanmaktadır.

Pasif iklimlendirme teknikleri uygulanmalıdır. İlk aşamada enerji korunumu sağlandıktan sonra yapının azalan enerji yükünün bir kısmı da pasif iklimlendirme teknikleri dediğimiz tekniklerle karşılanmasıdır.

Aktif iklimlendirme teknikleri uygulanmalıdır. Yapının enerji ihtiyacı ilk iki aşamayla minimize edildikten sonra kalan enerji ihtiyacı mekanik sistemlerle karşılanmalıdır.

Çalışmanın devamında enerji etkin yapı tasarımları için yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarından olan güneş ve rüzgarın yapının ihtiyaçları doğrultusunda hangi yöntemlerle etkin bir şekilde kullanılacağını anlatacağız.

2.4.1. Güneş Enerjili Etkin Sistemler

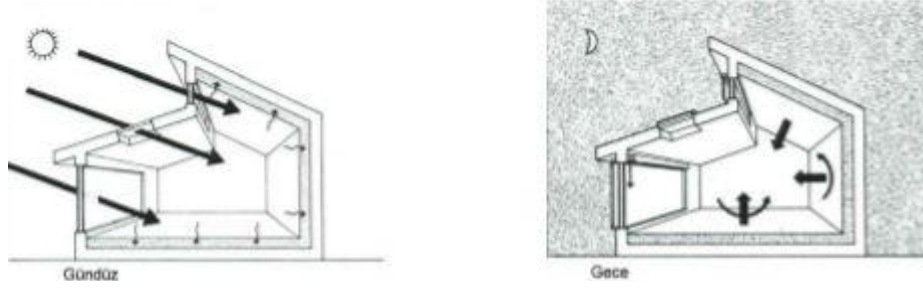
Güneş enerjisini yapı içersindeki konfor koşullarını sağlamak için kullanan bu sistemler pasif güneş enerjili sistemler ve aktif güneş enerjili sistemler olarak ikiye ayrılmaktadır.

Pasif Güneş Sistemleri

" Pasif güneş sistemi uygulamalarından kış aylarında ısı kazancı, yaz aylarında doğal havalandırma ve soğutma olarak faydalanılabilir. Pasif sistemler, tasarım aşamasında alınan planlama kararları ve kullanılan malzemeler aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu sistemlerde binanın duvar, pencere ve çatı bileşenlerine ulaşan güneş ışınları toplanmakta, depolanmakta ve iletim, taşınım, ışınm yollarından bir veya birkaçı kullanılarak iç mekânlara dağıtılmaktadır. " [43].

Pasif güneş sistemleri, Doğrudan kazanç sistemleri ve Dolaylı kazanç sistemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğrudan kazanç sistemlerinin temelinde büyük bir pencere veya yapının güney cephesinde tasarlanan cam bir alan bulunmaktadır. Bu alanlar kışın düşük açıyla gelen güneş ışınlarını ve yazın yüksek açıyla gelen güneş ışınları güneş kırıcı elemanlarla(yatay çıkıntılar,saçaklar vb.) engellenebilecektir. Kışın bu pencerelerden kaybedilecek ısı kaybı ise çift cam kullanımı veya değişken pencerelerle çözülebilir [47].

Pasif güneş enerjisinden bir yapının gün döngüsü içerisinde nasıl faydalandığı (Şekil 2.5) de görülmektedir.



Şekil 2.5. Güneşten doğrudan yararlanma [48], aktaran [49]

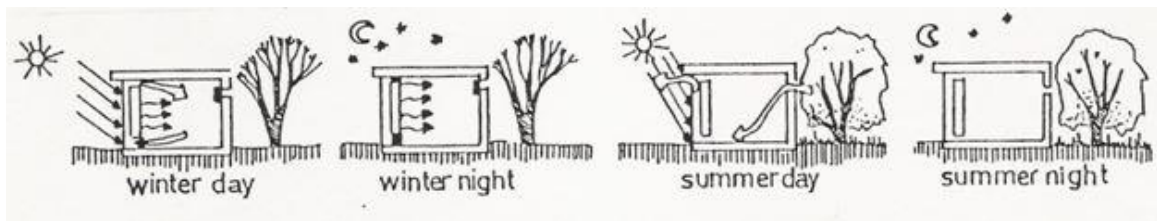
Dolaylı kazanç sistemleri ise Trombe Duvar, Su Duvarı, Çatı Havuzu, Sera, Ayrık Açıklık, Güneş Bacası ve Çift Cam Cephe olarak alt başlıklara ayrılmaktadır.

Trombe Duvar (Güneş Duvarı)

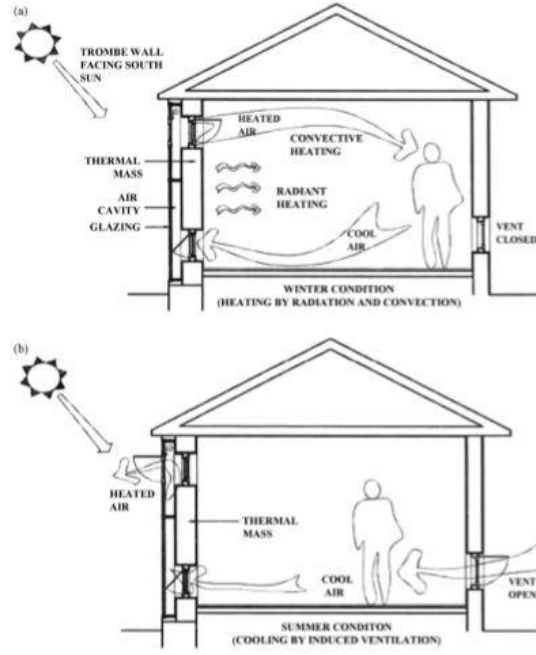
Pasif ısıtma sistemlerinden en yaygın kullanılan trombe duvarın çalışma prensibine göre; İç mekanda bulunan soğuk hava trombe duvar üzerinde bulunan alt açıklıktan duvar ile cam yüzey arasına alınır, burada ısınan hava yükselerek trombe duvar üzerinde bulunan üste açıklıktan tekrar iç mekana alınarak mekânın ısınmasını sağlar. Sürekli olarak devam eden bu sirkülasyon, iç mekân ısı seviyesini korur. Yaz aylarında mekânın kuzey yönündeki açıklıklardan içeri alınan hava güney yönündeki cam yüzey üzerinde bulunan açıklıklar tarafından çekilerek iç mekanda serinlik etkisi yaratır.

"Güneş duvarı, cam yüzey ve 10-15 cm. arkasına yerleştirilmiş, havalandırma açıklıkları eklenen masif duvardan oluşur." [50]. Siyah renkli beton, kerpiç, dolu tuğla veya taş duvar ile cam yüzeyin beraber kullanıldığı güneş duvarları, kışın depolanan ısı ile iç mekânı ısıtırken, yazın ısınan havanın baca ile dışarı atılmasını ve iç ortamda hava akımı oluşmasını sağlar [43].

(Şekil 2.6) da görülen yapıda kış aylarında kuzey cephedeki havalandırma kapatılır. Güney cephede güneşin etkisiyle ısınan cam ile duvar arasındaki hava üst havalandırmadan iç mekânı alır, iç mekanda dolaşarak mekânı ısıtır. Yaz aylarında kuzey ve güney cephelerdeki havalandırmalar karşılıklı olarak açılarak havanın iç mekanda akışı sağlanır ve serinletici etki yaratır, hava iç mekanda dolaşarak güney cephedeki üst havalandırmadan dışarı atılır. Şekil 2.6 ve Şekil 2.7'de trombe duvarın çalışma prensibi anlatılmıştır.



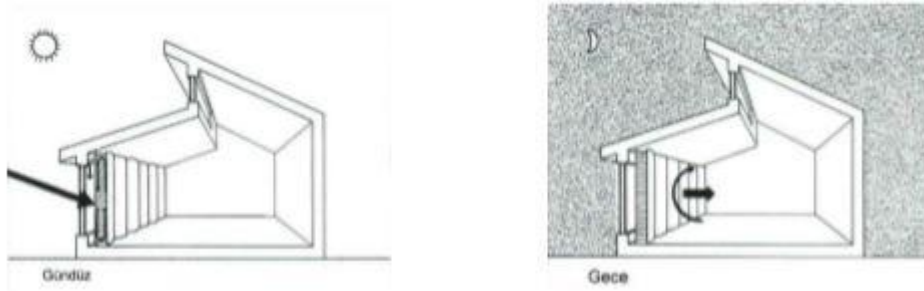
Şekil 2.6. Yaz ve Kış aylarında Trombe Duvarının iç mekânı gece-gündüz etkisi. [47]



Şekil 2.7. Yaz ve Kış aylarında Trombe Duvarının iç mekana etkisi [51]

Su Duvarı

Su duvarları da tıpkı güneş duvarları gibi saydam bir yüzey arkasına yerleştirilen masif bir kütleden meydana gelmektedir. Burada güneş duvarlarından farklı olarak ısı depolama için kullanılan su düşey borularda, kanallarda, cam elyafı tüplerde veya özel üretilen duvardan duvara veya döşemeden döşemeye depolama ünitelerinde saklanır [50]. Su duvarı çalışma prensibi Şekil 2.8'da gösterilmiştir.

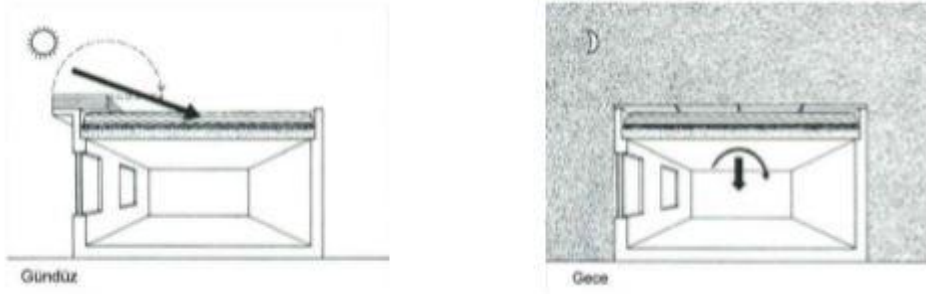


Şekil 2.8. Su Duvarı [48], Aktaran [49]

Çatı Havuzu

Diğer edilgen ısıtma yöntemlerinden farklı olarak yatay düzlemde ısı kazanımı sağlayan çatı havuzu sisteminde metal konstrüksiyon tarafından taşınan çatı havuzu, su ile doldurularak veya camla kaplanmış plastik veya fiberglas kapların su ile doldurulmasıyla ısı depolayıcı işlev görmektedir. Tuttukları ısıyı hacme kondüksiyon yoluyla ileten çatı havuzları doğru bir şekilde ısı kazanımı sağlaması ve gereksiz ısı depolamaması amacıyla hareketli bir kepenk sistemi ile beraber kullanılırlar [52].

Çatı havuzları yaz aylarında soğutucu, kış aylarında ise ısıtıcı etki yaratır. Yaz aylarında gündüz üzeri kapatılan havuz sayesinde iç mekan aşırı ısınmaktan korunur, mekan içinde ısınan hava yükselerek havuz içerisindeki suda depolanır ve gece açılan kapak sayesinde bu ısı yapıdan uzaklaştırılır ve suyun ısısı azalır, su sayesinde serinleyen iç ortamdaki hava çökerek mekanın serinlemesini sağlar. Kış aylarında ise, gündüz üzeri açılan havuz sayesinde ısınan su iç mekanın ısınmasını sağlar, gece ise üzeri kapatılan havuz iç mekanı ısıtmaya devam eder ve iç mekandaki ısı korunur. Şekil 2.9'de çatı havuzu çalışma prensibi gösterilmiştir.



Şekil 2.9.Çatı Havuzu [48], Aktaran [49]

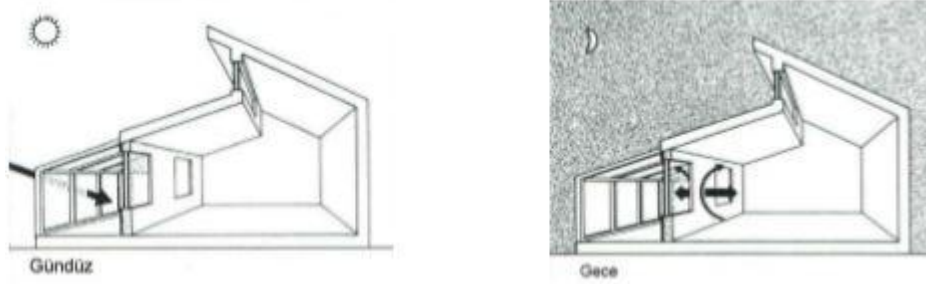
Sera(Güneş Odası)

Trombe duvar sistemi ile aynı prensipte çalışan bu sistemlerde trombe duvardan farklı olarak cam ile ısı duvarı arasındaki mesafe yaşam alanı olabilecek ölçüdedir. Bu sayede bu alan aktif olarak kullanılabilirdiği gibi yiyecek ve çiçek yetiştirmek için de kullanılabilir [47]. Şekil 2.10'de seraların çalışma prensibi gösterilmiştir.

Kış aylarında yaşam alanı olarak kullanıldığı için kış bahçesi olarak da isimlendirilen bu mekanlar, "...güneye yönlendirilmiş, camın yoğun olarak kullanıldığı, içinde yaşanabilen sıcak hava toplacılar şeklinde tanımlanabilen mekânlardır. Kış bahçesi yapımıyla daha fazla ısınım içeriye alınmakta ve ısıtılacak mekânlara direkt olarak ilişki kurulmaktadır." [43].

Diğer tüm ısı kazanım yöntemlerinde olduğu gibi sera uygulamasında da ısı denetimi yapılması çok önemlidir. Yazın aşırı ısı kazancını önlemek kışın ise ısı kaybını engellemek için

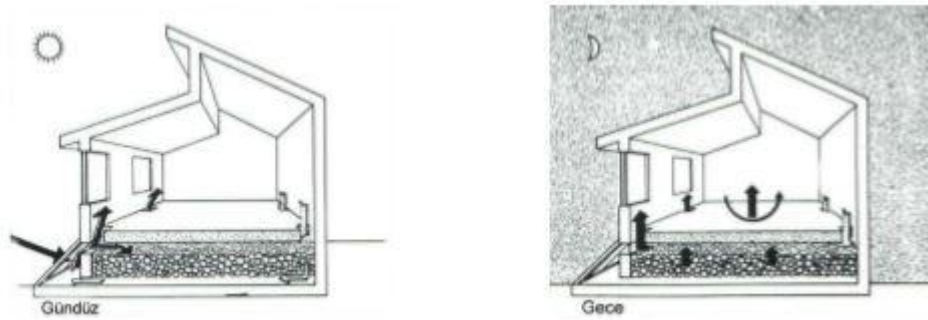
kışın yapraklarını döken bir ağa yapı dışında kullanılabilir. Aynı zamanda güneş kırıcı görevi de üstlenen ağaç yaz aylarında aşırı ısınmayı önleyecektir [52].



Şekil 2.10. Sera (Güneş Odası) [48], Aktaran [49]

Ayrık Açıklık

Ayrık açıklık sistemlerinde, yapı ile bağlantılı ve dış yüzeyi ısıyı toplayabilen bir materyalden oluşan bir depolama alanı oluşturulur. Güneş ışınları etkisiyle depolama alanın içerisinde bulunan hava ısınarak yükselir ve iç mekana doğru akışı sağlanır. Mekan içerisindeki diğer döşeme açıklığından soğuk hava çökerek tekrar depolama alanına alınır ve bu şekilde bir sirkülasyon sağlanarak mekan içindeki ısı korunur. Şekil 2.11'te ayrık açıklık sistemlerin çalışma prensibi gösterilmiştir.

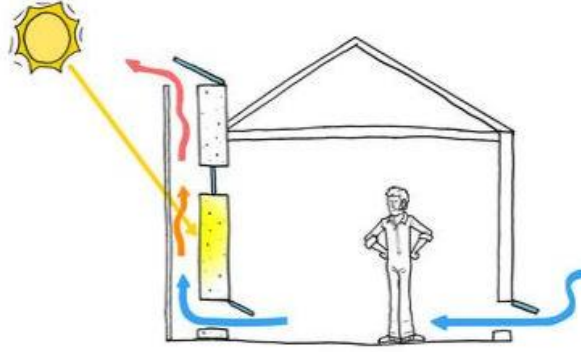


Şekil 2.11. Ayrık Açıklık [48], Aktaran [49]

Güneş Bacası (Isıl Baca)

Bu sistemlerin temel özelliği, yapıyla bağlantılı bir havalandırma bacasının bir yüzeyi cam diğer yüzeyi güneş ışınlarını tutucu özellikte malzemeye kaplanarak baca içerisindeki havayı ısıtıp basınç farkı oluşturarak mekan ile baca arasında bir sirkülasyon oluşturmaktır. [35]; [53]; [43] Güneşin pasif ısıtma özelliğinin yanında pasif soğutma özelliğinin kullanıldığı bu yöntem, yapı üzerindeki mekanik havalandırma yükünü azaltır niteliktedir. Şekil 2.12'te güneş bacası görevi

gören bir trombe duvar görülmektedir. İçinde havalandırma boşlukları olan bu duvar, aksi yönde açılan pencereden alınan havayı trombe duvar ile cam arasındaki düşük basınç alanına taşıyarak iç mekanda hava sirkülasyonu sağlamaktadır [54].



Şekil 2.12. Güneş Bacası [54]

Aktif Güneş Sistemleri

Aktif Güneş Enerji Sistemleri, teknolojik düzey, kullanılan materyal ve yöntem bakımından çeşitlilik göstermekle beraber iki ana başlık altında birleştirilerek incelenebilir. Bunlardan ilki Güneş Enerjili Isıl Sistemler olarak adlandırılan sistemlerdir. Güneş enerjisinden ısı elde etmek için kullanılan bu sistemlerde elde edilen ısı doğrudan kullanılabilmesi gibi elektrik enerjisine de çevrilebilir. Diğerisi ise Güneş Enerjili Elektrik Sistemleri'dir. Güneş ışınlarından elektrik enerjisi elde edilen bu sistemlerde ısı sistemlerinden farklı olarak güneş ısı değil güneş ışınları kullanılır. Güneş Enerjisi Sistemleri elde edilen sıcaklık değerlerine göre 3'e ayrılır [55].

Düşük sıcaklık uygulamaları

- Kullanım sıcak suyu eldesi
- Yapı ısıtılması-soğutulması
- Sera ısıtılması
- Tarım ürünlerinin kurutulması
- Yüzme havuzu ısıtılması
- Güneş ocakları ve fırınları
- Deniz suyundan tatlı su eldesi
- Tuz üretimi
- Sulama
- Toprak solarizasyonu

- Güneş Pilleri(PV sistemler)

Orta sıcaklık uygulamaları:

- Endüstriyel alanlar için elektrik ve buhar üretimi
- Büyük ısıtma ve soğutma sistemleri

Yüksek sıcaklık uygulamaları:

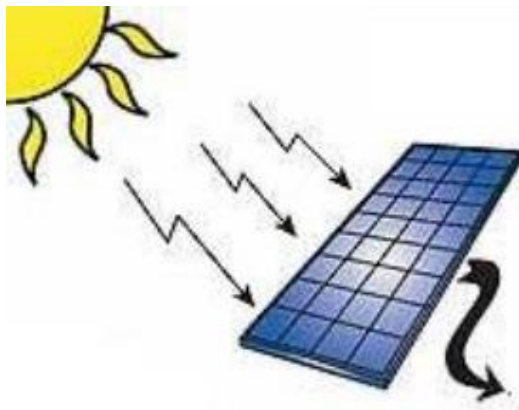
- Parabolik çanak ve merkezi alıcılarla elektrik üretimi

Fotovoltaik Sistemler

Doğrudan güneş ışığından elektrik enerjisi üreten PV paneller yerinde ve temiz enerji üretiminin en yaygın kullanılan halidir. (Şekil 2.13) Güneş enerjisi temiz ve sürdürülebilir enerjiyi; zararlı kimyasal atıklar bırakmadan, çevre ve gürültü kirliliğine sebep olmayan sınırsız bir enerji kaynağıdır. Watt cinsinden ölçülen güneş enerjisi, yıl içerisinde ve hatta gün içerisinde üretim açısından değişkenlik gösterir. PV panellerin enerji verimliliğini etkileyen faktörler şunlardır:

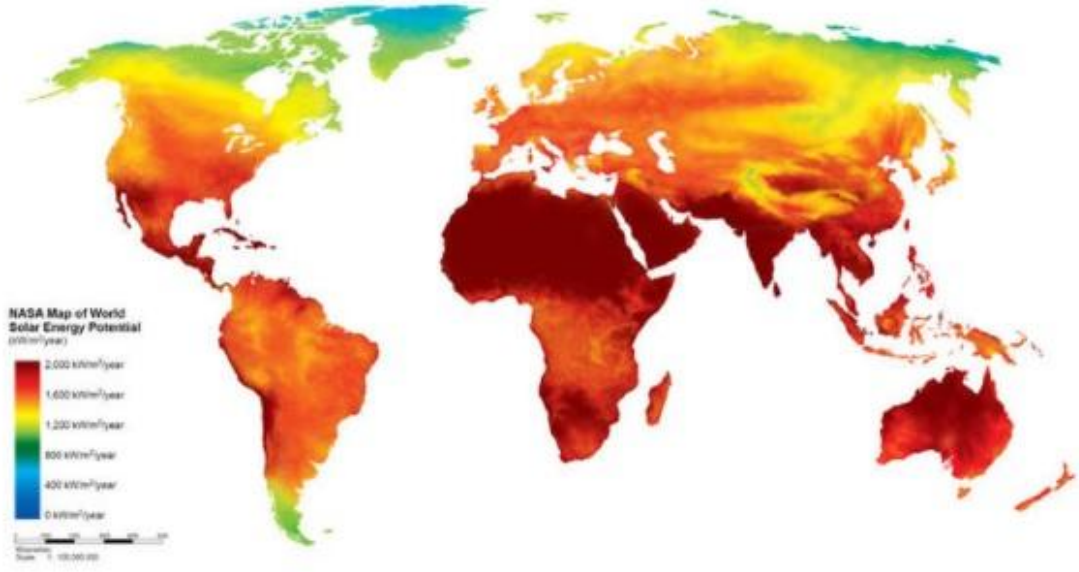
- Site koşulları: enlem, boylam ve iklim koşulları
- Panellerin güneşe göre yönlendirilmesi
- Panellerin verimliliği
- Panellerin kapladığı alan
- Güç dönüştürme elektroniği [56].

1950'li yıllardan sonra gelişmeye başlayan bu sistemler güneş ışınlarının olduğu her ortamda çalışırlar [57].



Şekil 2.13. PV Sistem [57]

Şekil 2.14'da Dünyanın Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası görülmektedir.



Şekil 2.14. Dünyanın Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası [56]

Güneş Takip Sistemleri

Güneş ışınlarının gün içerisindeki geliş açlarına ve yıl içerisindeki deklinasyon açısına göre hareket eden bu sistemler kullanılarak güneş enerjisinden daha fazla yararlanılmaktadır. Tek eksenli ve çift eksenli olarak ikiye ayrılırlar. Tek eksenli sistemlerde sadece güneşin günlük geliş açısı takip edilirken çift eksenli takip sistemlerinde güneşin hem gün içerisindeki geliş açısı hem de yıllık deklinasyon açısı takip edilir. Fakat bu sistemler ekstra maliyet oluşturduğu için genellikle sabit açılı panel sistemleri tercih edilmektedir [57]. Şekil 2.15'de örnek bir güneş takip sistemi görülmektedir.



Şekil 2.15. Güneş Takip Sistemleri [56]

Fotovoltaik Panel sistemlerinde güneş enerjisine duyarlı yarı iletken malzemelerle üretilmiş fotovoltaik hücrelerin seri/paralel bağlanmasıyla oluşan paneller yardımıyla hücresel düzeyde üretilen elektrik enerjisi güç santraline dönüştürülür [57].

CSP- Concentrated Solar Power (Yoğunlaştırılmış Güneş Termik Santralleri)

Güneş enerjisinden termal olarak yararlanılan en eski güneş enerji sistemidir. 1800'lü yıllarda petrolün artmasıyla bu sisteme olan ilgi azalmıştır. Başlıca üç yöntemi vardır [57].

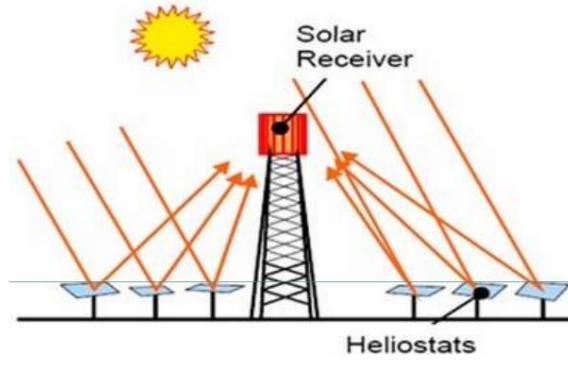
- Oluklu sistem ışın toplayıcı (Şekil 2.16)
- Çanak sistem ışın toplayıcı(Şekil 2.17)
- Heliostat sistemler toplacı- Güneş kulesi (Şekil 2.18)(Şekil 2.19)



Şekil 2.16. Oluklu Sistem IşınToplayıcı [57]



Şekil 2.17. Çanak Sistem IşınToplayıcı [57]



Şekil 2.18. Heliostat Sistemler Toplacı [57]



Şekil 2.19. Güneş Kulesi [57]

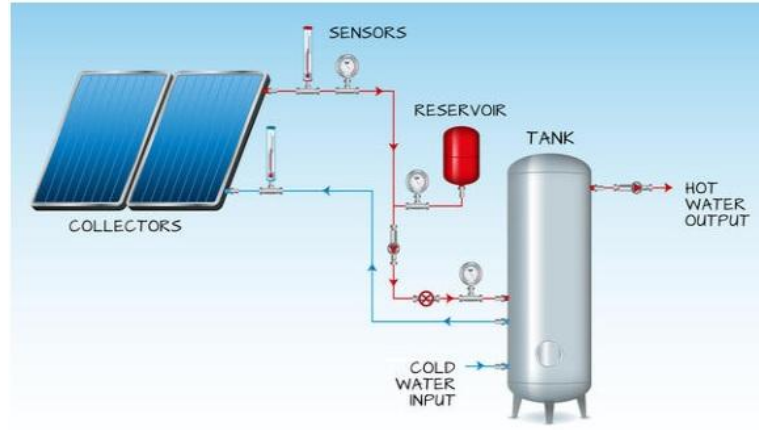
CPV- Concentrated Photovoltaics

Mercek veya ayna gibi ek donanımlarla güneş ışınlarını daha yoğun bir şekilde PV paneller üzerine gönderen sistemlerdir. Bu sistemlerde $1-2 \text{ cm}^2$ ' lik çok küçük alanlı fakat yüksek verimli PV hücreler kullanır [57].

Güneş Kolektörleri

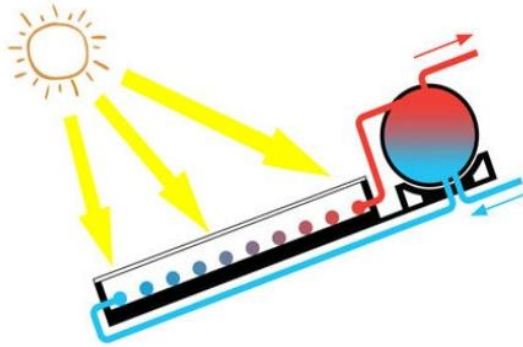
Güneş enerjisinden sıcak su elde etmeye yarayan sistemlerdir. Ülkemiz bulunduğu enlemden dolayı bu kaynaklardan maksimum verim elde etmektedir.

Bu sistemlerde pasif güneş enerjili sistemlerden farklı olarak üretilen enerji taşınabilir ve depolanıp istenilen yerde kullanılabilir. Sadece ısı üretimini sağlayan bu sistemler bir güneş kolektörü ve bir depolama tankından oluşmaktadır. Bu sistemlerin verimliliği; yapının matematik konumu, yerel iklim değerleri, kolektörlerin güneşe göre konumu-yönelimi- açısı gibi etkenlere bağlıdır [58]. Şekil 2.20'de Güneş kolektörü ve elemanlarını görmekteyiz.



Şekil 2.20. Güneş Kolektörü [58]

Güneş Enerjili su ısıtma sistemleri; güneş enerjisini toplayan kolektörler, depo ve depo ile kolektör arasındaki bağlantıyı sağlayan yalıtımlı borulardan oluşmaktadır. (Şekil 2.21) Gerekirse bu sistemlere pompa ve kontrol edici elemanlar eklenebilir [55].



Şekil 2.21. Güneş Kolektörü [58]

Güneş enerjisinden maksimum verim elde edebilmek için yapının çatısına monte edilen bu sistemler kendi içerisinde alt başlıklara ayrılır [58].

- Düz Plaka Toplayıcılar

En çok kullanılan düz plaka kolektörler, güneş ışınlarını yakalayan şeffaf kapaklı yine güne ışınları toplayan siyah bir plaka üzerine monte edilmiş içerisinde akışkan sıvı geçen küçük boru düzeneklerinden oluşmaktadır [58].

- Yığın Toplayıcılar

Tek elemandan oluşan bu sistemler sadece güneş tarafından içerisindeki suyun ısıtıldığı depolardır. Genellikle depoda oluşacak olan ısı kaybının önemsenmediği sıcak iklim bölgelerinde kullanılırlar [58].

Güneş enerjisinden Termal ve Fotovoltaik yöntemlerle elektrik enerjisi üretilebilmektedir. Termal yöntemde, yoğunlaştırıcı bir kolektör yardımı ile ısıya dönüştürülen güneş enerjisi tıpkı nükleer veya kömür enerjisi ile çalışan elektrik santrallerinde olduğu gibi suyu buhara dönüştürür ve bu şekilde elektrik enerjisi üretilir [57].

2.4.2. Rüzgar Enerjili Etkin Sistemler

Güneş ışınlarının atmosferde oluşturduğu sıcaklık, basınç ve nem farkları sonucu oluşan hava hareketiyle meydana gelen rüzgar da güneş kaynaklı bir enerji kaynağıdır [59].

Yapı içerisinde ısısal konfor sağlanması için ısıtma sisteminin (pasif-aktif-mekanik) yanında havalandırma sistemine (pasif-aktif-mekanik) de ihtiyaç duyulmaktadır. Bu havalandırma, etkili tasarım önlemleriyle maksimum düzeyde doğal iklimlendirme teknikleriyle sağlanabilmektedir.

Pasif Rüzgar Sistemleri

Rüzgar, yüksek basınçlı alanlardan alçak basınçlı alanlara doğru hareket eden hava akımları sayesinde oluşur prensibiyle pasif rüzgar sistemleri oluşturularak yapı havalandırması sağlanabilmektedir. Bu teknik, eski çağlardan günümüze kadar yapılarda farklı isimlerle andığımız pasif rüzgar sistemlerini oluşturmuşlardır.

Rüzgar Kuleleri

Rüzgar kulesi (wind-catcher, Persian: Badgir) doğal havalandırma ve pasif soğutma sağlamak için binanın içi ile dışı arasındaki sıcaklık farkı tarafından dışarıdaki taze havayı veya rüzgarı binaya ileten yapıdır. Rüzgar tutucuların iki tip çalışma şekli vardır. İlki, rüzgar olmadığı durumlarda, yapı içerisinde ısınan havanın yükselerek rüzgar kuleleri ile yapı dışına atılmasıdır. [60] Rüzgar kulesi bu çalışma şekliyle yapıda havalandırma bacası işlevi görmektedir. Antik Orta Doğu mimarisin önemli bir bileşeni olan rüzgar kuleleri [61] bu coğrafyalarda kerpiçten yapılırlar ve gece-gündüz sıcaklık farkı sebebiyle geceleri radyasyon ve konveksiyon yoluyla soğurlar [60]. Böylelikle rüzgar olmadığı durumlarda da yapılar havalandırılırlar ve soğutulurlar. Şekil 2.22'te İran'ın Yazd şehrinden rüzgar kuleleri görüntüsü vardır.



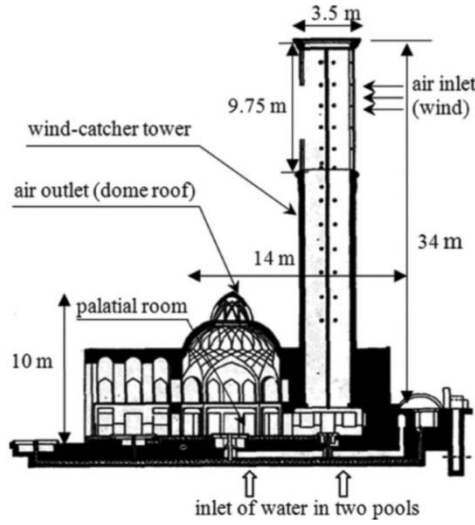
Şekil 2.22. Rüzgar Kuleleri, Yazd, İran [60]

Yoğun yerleşimli ve düşük kotlu toplu yaşam alanlarında her yapı için pencerelerden rüzgar geçişi ile havalandırma mümkün olmayabilir. Yapıların pasif tasarım kriterlerinden güneş, gölge ve rüzgar için yönelme arasında çatışmalar olabilmektedir. Bu durumlarda öncelikli olarak kışın güneş enerjisini toplamak esaslı tasarlanan yapılarda herhangi bir doğrultuda tasarlanan rüzgar kuleleri yakaladıkları rüzgarı alt kotlara taşıyarak yapı havalandırmasını sağlayabilirler [62]. Yine hakim rüzgar yönü üzerindeki bir yapı da rüzgar yönünü değiştirerek diğer yapılara ulaşmasını engelleyebilir. Bu tür yapılarda çatı üstü seviyesinden geçen rüzgar yakalayıcıları da (wind catcher) dediğimiz rüzgar kuleleri üst kotlarda esen yoğun rüzgarı yakalayarak alt kotların havalandırmasını sağlayabilmektedir [62].

Dolayısı ile rüzgar kulelerinin bir diğer çalışma şekli, üflenmiş rüzgar, rüzgar tutucunun rüzgar tarafındaki bölmesinde yüksek basınç ve rüzgar kulesinin diğer tarafında binanın içinde düşük basınç sebep olur. Bu şekilde havanın yer değiştirmesi ve buharlaşma yoluyla pasif soğutma sağlanır. Yapının zeminine doğru esen yüksek basınçlı rüzgar, havuzu soğutarak buradaki su buharını diğer odalara yönlendirmektedir. Şekil 2.23 ve 2.24'da 34 m yüksekliği ile İran'daki en uzun badgir yapısı olan Dolatabad Garden, Yazd ve çalışma prensibi şekledilmiştir [60].



Şekil 2.23. Dolatabad Garden, Yazd, İran [60]



Şekil 2.24. Dolatabad Garden, Yazd ,İran [60]

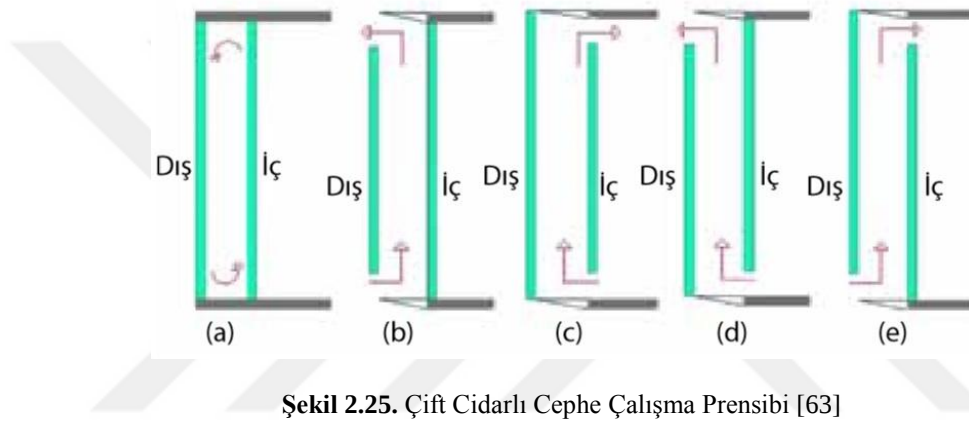
Çift Cidarlı Cephe

Çift cidarlı cephe sistemler, yapının dışına ekstra bir cam cephe entegre edilmesiyle oluşur. Yapının ana cephesi (birincil cephe) tamamen saydam camdan oluşurken iç cephe (ikincil cephe) tamamen veya kısmen low-e veya güneş kontrollü camdan oluşur [63].

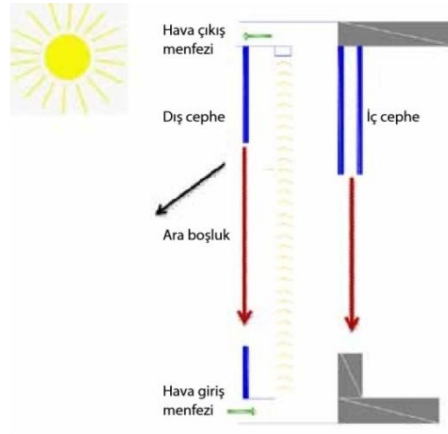
Çift cidarlı cephe sistemlerinde yapı kabukları birbirinden 20-200 cm arasında değişen, yapı ile dış ortam arasında tampon bölge görevi üstlenen bir hava koridoru bulunmaktadır. Bu

koridor, kat yüksekliği boyunca tasarlanabileceği gibi tüm cephe boyunca devam edecek şekilde de tasarlanabilir [63]. (Şekil 2.25 ve Şekil 2.26)

Bu sistemlerin en önemli avantajı doğal havalandırmayı sağlamalarıdır. Bunun yanında yapı kullanıcıları ile dış ortam arasındaki etkileşimi artırması, ısı ve ses yalıtımı sağlaması, ısı iletimi, ısı kazanç katsayısını düşürmesi, hava koridorlarına güneş kırıcı elemanların yerleştirilebilmesi ve bu elemanların dış ortamı olumsuz şartlarından korunabilmesi gibi avantajlar da eklenebilir. Bu sistemlerin olumsuz yönlerini ise hava koridorundaki aşırı ısınma problemi, yüksek ilk yatırım maliyeti, ekstra bakım-onarım maliyetleri ve ses yalıtım maliyeti olarak sıralayabiliriz [63].



Şekil 2.25. Çift Cidarlı Cephe Çalışma Prensibi [63]

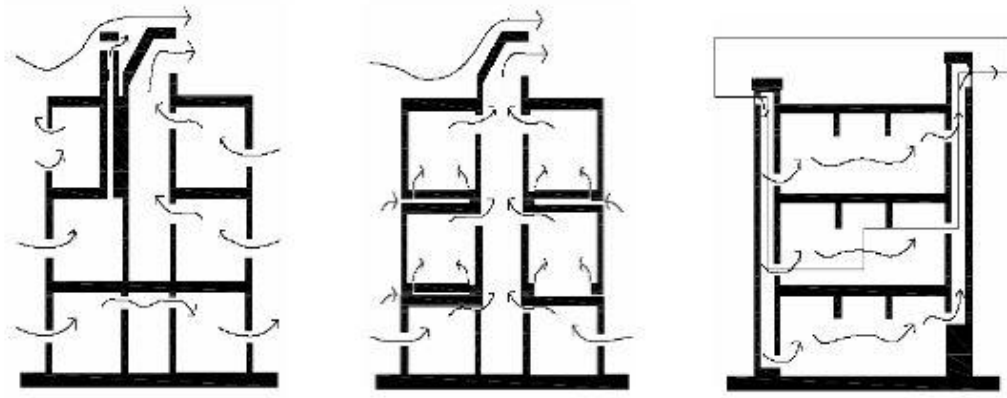


Şekil 2.26. Çift Cidarlı Cephe Çalışma Prensibi [63]

Havalandırma Bacası ve Atrium

Isınan hava yükselir prensibi ile çalışan bu sistemlerde yapının cephe elemanlarıyla aldığı temiz ve serin hava yapı içerisinde dolaşır ve ısındıkça yükselir. Yapı boyunca yükselen bacalardan ve atrium bağlantılı bacalardan dışarı atılır. Bu şekilde bir döngü halinde yapıya

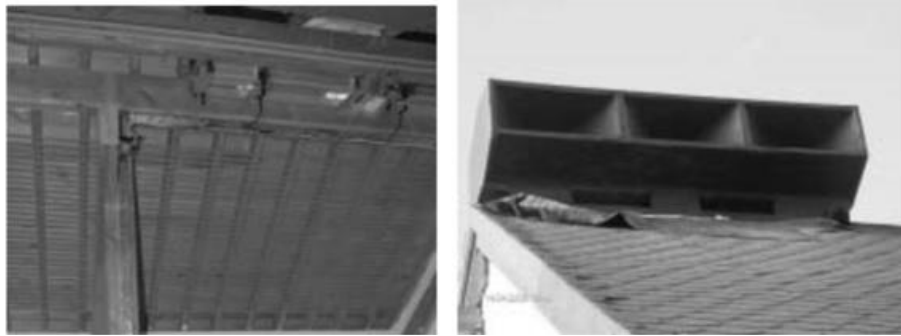
sürekli temiz hava alınması sağlanır.Şekil 2.27'de baca etkisi ve atrium bağlantılı baca etkisi gösterilmektedir.



Şekil 2.27.Doğal Havalandırma ve Baca Etkisi [50]

Venturi Bacası

Pasif iklimlendirme sağlayan düzeneklerden bir diğeri de Venturi Bacasıdır. Yapıya çatıda entegre olan Venturi Bacası, yatay doğrultuda esen rüzgarı yakalar ve huni benzeri düşey düzenden geçen rüzgar hızlanarak yapı içine taze ve serin havanın girmesini sağlar. Yine yapıda ısınarak yükselen hava, yatay doğrultuda esen rüzgarın oluşturduğu vakum etkisiyle yapıdan uzaklaştırılır [64]. Bu sayede yapıda hava sirkülasyonu sağlanır. Şekil 2.28'de Diyarbakır güneş evine ait venturi bacası görülmektedir.



Şekil 2.28.Diyarbakır Güneş Evi Venturi Bacası [13]

Aktif Rüzgar Sistemleri

En sık kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından bir diğeri olan rüzgar enerjisi, aktif rüzgar sistemleri ile de enerji ihtiyacına katkı sağlamaktadır. Aktif rüzgar sistemleri, yapı ölçeğinde aktif güneş sistemleri kadar sık kullanılan sistemler değildir fakat yapı ölçeğine uyarlanarak kullanılabilen rüzgar türbinleri, gerek tasarım aşamasında gerek sonradan dahil edilerek yapılarda kullanılmakta ve enerji kaynağı olmasının yanı sıra yapıya estetik olarak da katkı sağlamaktadırlar.

Rüzgar Türbinleri

Pervanın eksenine göre düşey ve yatay eksenli olmak üzere ikiye ayrılan rüzgar türbinleri, pervane kanatları, güç şaftı ve jeneratörden oluşmaktadır. Bu jeneratör rüzgarın hareket enerjisini önce mekanik daha sonra elektrik enerjisine dönüştürmektedir [65].

Pervane kanatlarını döndüren rüzgarın sahip olduğu kinetik enerji (hareket enerjisi), pervane milinin devir hareketi ile hızlanarak pervaneye bağlı şaftı döndürür. Şaftın dönmesiyle motor içinde oluşan elektrik enerjisi türbinde bulunan jeneratöre aktarılır. Bu enerji doğrudan alıcılara ulaştırılabileceği gibi daha sonra kullanılmak üzere akülerde de depolanabilir [65]. Şekil 2.29'da Oklahoma Medical Araştırma Vakfı çatısına yerleştirilen rüzgar türbinlerini görmekteyiz.



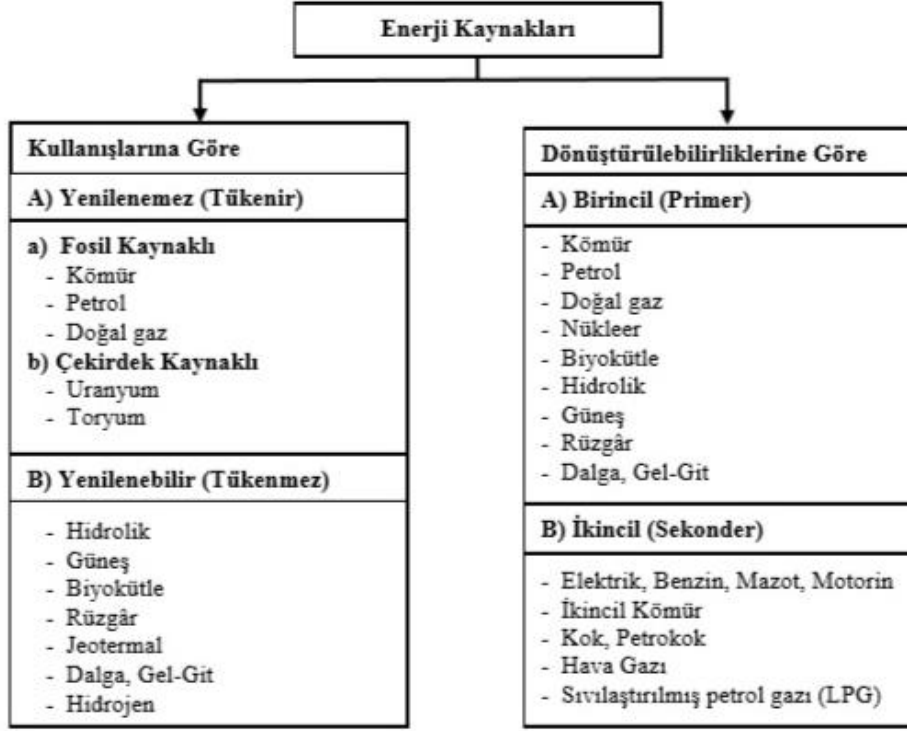
Şekil 2.29. Oklahoma Medikal Araştırma Vakfı [66]

2.5. Enerji Kaynakları

" Binalara enerji sağlamada kullanılan fosil yakıtların kıt ve tükenbilir oluşu, çevre kirlilemeyen ve elde edilme maliyeti olmayan yenilenebilir enerjilerin kullanımına yönelmeyi gerektirmektedir. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, jeotermal enerji, hidrojen enerjisi, biyokütle enerjisi ve su gücü enerjisi olarak sınıflandırılan bu alternatif enerji kaynakları, kendini

yenileyebilir özelliktedir." [43]. Şekil 2.30'da enerji kaynaklarının kullanışlarına göre ve dönüştürülebilirliklerine göre sınıflandırması görmektediriz.

Sayın'ın da dediği gibi " Enerji, yalnızca insanların temel gereksinimleri karşılayan bir ihtiyaç iken, artık uluslararası politikaları yönlendiren bir güç halini almıştır."



Şekil 2.30. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması [67]

Gelişen teknolojinin beraberinde getirdiği yoğun enerji ihtiyacının fosil kaynaklar tarafından karşılanmasının iki önemli sonucu vardır [43].

1.) Fosil enerji kaynaklarının (kömür, petrol, doğalgaz) tükenebilir oluşu ve gelecekteki enerji ihtiyaçlarının fosil kaynaklar tarafından karşılanamayacak olması.

2.) Fosil kaynakların çevre üzerinde oluşturduğu olumsuz etkiler.

Fosil tabanlı (konvensiyonel) enerji kaynaklarının büyük miktarlarda kullanılması sonucu küresel ısınma, biyoçeşitlilikte azalma, asit yağmurları, su ve toprak kirliliği, bitki örtüsünün zarar görmesi ve küresel ısınma gibi insan sağlığına ve çevreye zarar veren etkiler oluşturmaktadır [49].

Bu sebepler doğrultusunda günümüz enerji ihtiyaçlarını karşılamak için çevreyi kirliletmeyen ve üretim maliyeti düşük olan yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim başlamıştır. Bu kaynaklar; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, jeotermal enerji, hidrojen enerjisi, biyokütle enerjisi, su gücü enerjisi, olarak sınıflandırılabilir [43].

2.5.1. Fosil Enerji Kaynakları

Kömür

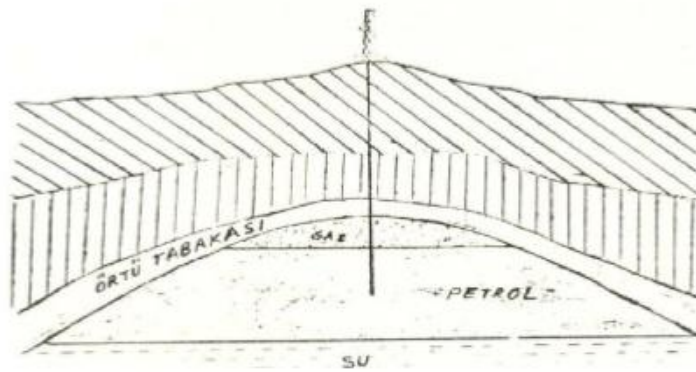
Dünyanın milyonlarca yıl önce çok büyük bir kısmını oluşturan denizlerde yaşayan bitki ve hayvanların ölmesi sonucu denizlerin alt katmanlarında biriken atıklar süreç içerisinde üzerinin çamur, toprak ve yer katmanlarıyla kapatılması sonucu yer altında almışlardır. Zamanla bakteriler yardımıyla fosilleşen bu atıklar çürüyerek fosilleri oluşturmuşlardır ve orojenezle beraber tekrar yükselen kara parçaları arasında sıkışmış tortul tabakaları içerisinde ısı ve basıncın etkisiyle yağ ve gaz olarak birbirlerinden ayrılmışlardır. Günümüzde kullandığımız petrol yağlardan, doğalgaz ise ortamda bulunan kabarcık halindeki gazlardan oluşmaktadır [68]. Doğada taşkömürü, linyit ve asfaltit olarak bulunurlar.

Doğalgaz

Rüzgar türbinleri aracılığı ile rüzgar, atmosferde bulunan kinetik enerjisini bu türbinlerde bulunan pervane veya düşey mile çarparak mekanik enerjiye çevirir ve daha sonra ise bu mekanik enerji rüzgar santrallerinde elektrik enerjisine çevrilir [68].

Petrol

Yapısında hidrojen ve karbon yanı sıra nitrojen, oksijen ve kükürt de bulunan petrol, basınç ve ısı etkisiyle organik maddelerden meydana gelmektedir [69]. Şekil 2.31'de petrol oluşum katmanlarını görmektediriz.



Şekil 2.31. Petrol [68]

2.5.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Biyokütle

Organik karbon olarak da tanımlanabilen biyokütle, bir tür veya toplumun belirli bir zamanda sahip olduğu toplam kütledir. Başlıca dört ana gruba ayrılabilen biyokütlenin kaynakları şunlardır [69].

Bitkisel Biyokütle Kaynakları:

- Kanola ve ayçiçek gibi yağlı tohum bitkileri
- Patates ve mısır gibi şeker ve nişasta kaynaklı bitkiler
- Keten ve kenevir gibi elyaf bitkileri
- Bezelye ve fasulye gibi protein kaynaklı bitkiler
- Saman , dal ve kabuk gibi bitkisel ve tarımsal atıklar

Orman ve Orman Ürünlerinden Elde Edilen Biyokütle Kaynakları:

Hayvansal Biyokütle Kaynakları:

- Hayvan dışkıları, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında oluşan atıklar.

Organik Çöpler, Şehir ve Endüstriyel Atıklardan Elde Edilen Biyokütle Kaynakları:

- Kanalizasyon ve dip çamurları, evsel ve endüstriyel atık sular, kağıt ve gıda sanayi atıkları vb.

Su Enerjisi

Hidrolik enerjinin en yaygın kullanım şeklinde nehirler üzerine inşa edilen baraj rezervuarında biriken suyun potansiyel enerjisi kullanılarak türbinlerde elektrik enerjisi elde etmektir [70].

Jeotermal Enerji

Yeryüzü derinliklerinde bulunan sıcak su tabakaları bazı noktalarda yüzeye yaklaşır ve buralarda bulunan su kütlelerinin ısınması sağlar. Bu enerjiye jeotermal enerji denir [68].

Yerkabuğunun çeşitli katmanlarında ısı ve basınç etkisiyle oluşan bölgesel ortalama sıcaklığın üzerinde olan, bünyesinde çevresindeki yeraltı ve yerüstü sularına göre daha fazla çözünmüş mineral, tuz ve gaz içerebilen sıcak su, su buharı ve gaz şeklinde yüzeye taşınan ısı enerjisidir [69].

Rüzgar Enerjisi

Havanın yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına doğru hareket etmesi sonucu oluşan rüzgar enerjisinden mekanik enerji ve elektrik enerjisi elde etmek için yararlanılmaktadır [70].

Güneş Enerjisi

Güneş enerjisinin etkin bir şekilde kullanıldığı yapılarda ısı transferi kondüksiyon (iletim), konveksiyon (yayılma) ve radyasyon (ışınım) yoluyla sağlanarak HVAC(ısınma- soğutma- iklimlendirme) için kullanılan mekanik sistemlerin üzerindeki baskı azaltılarak ihtiyaç duyulan enerji miktarı azaltılmaktadır [71].

Güneş enerjisi aktif sistemlerle de yapılarda enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılmaktadır. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda ısınma için güneş enerjisinden faydalanılan sistemlere, Güneş Enerjili Isıtma Sistemleri (Solar Thermal System), elektrik enerjisi üreten sistemlere ise Isıl Elektrik Sistemler (PV System) denilmektedir [71].

Günümüzde medeniyet göstergesi mihenk (temel) taşlarından biri olan enerji, son dönem teknolojileri sebebiyle gerek üretim gerek tüketim aşamasında yerine yeni konamayacak doğal kaynakların hızla tükenmesine ve bunun sonucunda geri dönüşsüz doğa tahribatına ve evresel kirliliğe sebep olmaktadır [72].

Fosil kaynakların sınırsız olması ve üretim aşamasında çevreye verdiği olumsuz etkiler sebebiyle yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim başlamıştır. Güneş enerjisi sahip olduğu potansiyel ve kullanım kolaylığı sebebiyle diğer yenilenebilir enerji kaynaklarının bir adım önüne geçmektedir [72].

Güneş enerjisinin sınırsız ve sürekli oluşu aynı zamanda birim alana düşen güneş ışınlımından elde edilen enerji miktarının yüksek olması onu diğer yenilenebilir kaynakların önüne geçirmektedir.

3. YAPI BİLGİ MODELLEME- BIM İLE SÜRDÜRÜLEBİLİR TASARIM SİSTEMLERİ VE YEŞİL BİNA SERTİFİKASYONLARI

"Sürdürülebilir Yapı" mimari alanda iki farklı biçimde karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan ilki, enerjisinin büyük bir kısmını fosil tabanlı enerji kaynakları yerine yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayan ve aynı zamanda yüksek konfor koşulları da sağlayan ve bugün dünya ile beraber Türkiye'de de pek çok örneği olan Yüksek Performanslı Bina (High-Performance Building)'dir ve bir diğeri ise Sıfır Enerjili Bina (Net- Zero Building)'dir [73].

Dünyada yapı performansını ölçmek için kullanılan yöntemlerin başında "Yeşil Bina Standartları" ve "Sertifika Sistemleri" gelmektedir. Ülkelerin bulundukları coğrafi ve iklimsel koşullara bağlı olarak hazırladıkları bu sistemler, küreselleşen yapı sektörü ile kısa sürede tüm gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere yayılmışlardır [45]. Bu sistemlerin standartları incelendiğinde görülüyor ki her coğrafyanın iç mekan kalitesi ve uygun konfor koşullarının sağlanması için gereken şartlar birbirinden farklılık göstermektedir ve ülkelerin kendi bölgesel şartlarına uygun olarak tasarlanmış sistemler kullanmaları daha yerinde olacaktır. Türkiye yakın zamanda kendi sertifikasyon sistemini geliştirerek konut ve ticari yapılara sertifika vermeye başlamıştır.

3.1. Yeşil Bina Sertifikasyonları

Yeşil bina değerlendirme sistemlerinden ilki 1990 yılında İngiltere'de geliştirilen BREEAM(Building Research Establishment Environmental Assessment Method)'dir. Bunu takip eden ve bugün tüm dünyada en çok tercih edilen sertifika sistemi ise Amerika'da geliştirilen LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)'dir.

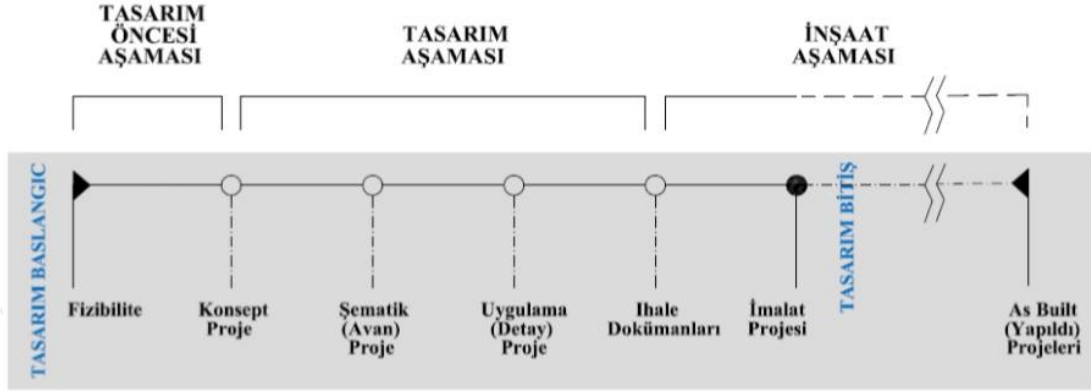
Dünya genelinde kabul gören en yaygın sertifika sistemleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [77].

- BREEAM(Building Research Establishment Environmental Assessment Method)
- LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)
- DGNB(Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen E.V.)
- Greenstar(Environmental Rating System for Buildings)
- Casbee(Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency)

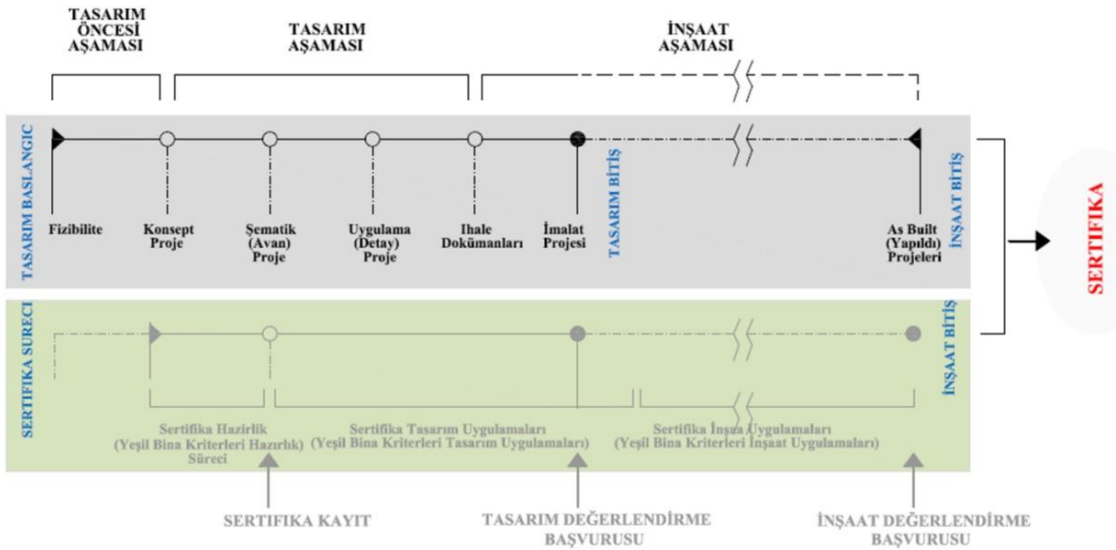
"Bu sertifikaların kazanılması için gerekli olan kriterler, saha seçiminde, enerji kaynaklarına, binada kullanılan malzemeden, inşaat aşamasındaki yönetim biçimlerine göre birçok konuyu içinde barındırmaktadır." [74].

"Gerek sürdürülebilir/yeşil bina, gerekse geleneksel sistemle inşa edilen projelerinin genel gelişim sürecine bakıldığında, risklerin ve belirsizliklerin projenin ilk etaplarından (tasarım öncesi) itibaren ortaya çıktığı görülmektedir. Bu risklerin, belirsizliklerin ve ihtiyaçların

belirlenerek tasarım öncesi evreden itibaren hangi evrelerde ele alınacağını tespiti ve buna ilişkin tedbirlerin alınması, projenin devam eden aşamalarının sağlıklı ilerleyebilmesi açısından önem arz etmektedir." [74]. Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de geleneksel tasarım süreci ve yeşil bina tasarım süreci arasındaki farklılıklar görülmektedir.



Şekil 3.1. Geleneksel Bina Tasarım Süreci [74]



Şekil 3.2. Yeşil Bina Tasarım Süreci [74]

3.1.1. LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

LEED (Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik) , USGBC (Amerika Yeşil Binalar Konseyi) tarafından oluşturulmuştur. LEED Sertifikası GBCI (Yeşil İş Belgelendirme Kuruluşu) tarafından verilmektedir. Türkiye, Avrupa ve Rusya'da bulunan projeler GBCI-Avrupa ekibi tarafından sertifikalandırılmaktadır [75].

LEED, yeni yapı, ticari mekan ve iç mekan projelerini 6 ana kategori ve 2 yardımcı kategoriyle (Şekil 3.3) toplam 110 puan üzerinden değerlendirerek binaların tasarlanması, inşası ve işletilmesini kapsayan süreç sonucunda 4 farklı seviyede sertifikalandırmaktadır [75].

LEED Sertifika sisteminin ana kategorileri şu şekilde sıralanmaktadır [38].

1. Location and Transport (Konum ve Ulaşım)-16 Puan
2. Sustainable Sites (Sürdürülebilir Araziler)- 10 Puan
3. Water Efficiency (Su Verimliliği)- 11 Puan
4. Energy and Atmosphere (Enerji ve Atmosfer)- 33 Puan
5. Materials and Resources (Malzemeler ve Kaynaklar)- 13 Puan
6. Indoor Environmental Quality (İç Ortam Kalitesi)- 16 Puan
7. 8. Innovation (İnovasyon)- Regional Priority (Bölgesel Öncelikler)- 10 Puan



Şekil 3.3. LEED Sertifika sisteminin ana kategorileri [38]

LEED'in amacı enerji ve çevre tasarımlarına öncülük ederek sürdürülebilir sistem standartlarını oluşturmaktır. [38] LEED Sertifika seviyeleri ;

- LEED Certified (LEED Yalın): 40-49 Puan
- LEED Sİlver (LEED Gümüş): 50-59 Puan
- LEED Gold (LEED Gold): 60-79 Puan
- LEED Platinum (LEED Platin): 80-110 Puan

3.1.2. BREEAM (Building Research Esatablishment Environmtal Assesment Method)

1990 yılında İngiltere' de başlatılan Yeşil Bina Sertifikası BREEAM (Building Research Esatablishment Environmtal Assesment Method); tasarım, şartname, yapım ve işletme aşamalarında yapıların çevresel performansları için standartlar belirleyen bir sertifika sistemidir [76].

Enerjiden ekolojiye bir dizi kategoride sürdürülebilirliği ölen BREEAM, düşük etkili tasarım, karbon emisyonlarının azaltılması, iklim çeşitliliğine adaptasyon, dayanıklılık, direnç, ekolojik değerler ve biyoçeşitliliğin korunması gibi faktörlerin üzerinde durur. Yapılar, 10 farklı kategoride değerlendirilerek 5 farklı derecede sertifikalandırılır [76].

BREEAM kriterleri ve puan yüzdeleri şu şekildedir [5] ve [76].

1. Enerji: %19
2. Sağlık ve İyi Hal: %15
3. Tasarımda Yenilik(İnovasyon): %10
4. Arazi Kullanımı ve Ekoloji: %10
5. Malzemeler: %12.5
6. Yönetim: %12
7. Kirlilik: %10
8. Ulaşım: %8
9. Atıklar: %7.5
10. Su: %6

BREEAM derecelendirmeleri [76];

- BREEAM Pass (geçer)
- BREEAM Good (iyi)
- BREEAM Very Good (çok iyi)
- BREEAM Excellent (mükemmel)
- BREEAM Outstanding (olağanüstü)

3.1.3. DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen E.V.)

DGNB, projelerin çevreye olan etkisini ve aynı zamanda doğal kaynak kullanımını ölçen ve değerlendiren bir referans kaynağı olarak tanımlanmaktadır [77].

Yapıların yeşil bina olarak tasarlanması ve değerlendirilmesinde kullanılan ve 2008 yılında Alman Sürdürülebilir Binalar Konseyi tarafından oluşturulan DGNB yapının türü ve konumuna göre birçok alt kategoride sertifikalandırmaktadır. DGNB kriterlerini ve puan yüzdelerinin şu şekilde sıralayabiliriz [78].

1. Arsa: %10

2. Süreçler: %10
3. Teknoloji: %22.5
4. Sosyo Kültürel Ve Fonksiyonel Durum: %22.5
5. Ekonomi: %22.5
6. Ekoloji: %22.5

Diğer sertifika sistemlerinden farklı olarak 2 farklı aşamada sertifikalandırma yapan DGNM ilk sertifikayı tasarım aşamasında verirken asıl sertifikayı yapı tamamlandığında vermektedir [78].

DGNB'nin yeni binalar için bronz, gümüş ve altın olmak üzere 3 farklı derecelendirilmesi varken mevcut binalar için de "sertifikalı" derecesi eklenerek toplamda 4 farklı derecesi olmuştur [77]. Bu sertifikalar ve dereceleri şu şekildedir [78]:

- DGNB Sertifikalı: %35
- DGNB Bronz: %50
- DGNB Gümüş: %65
- DGNB Altın: %80

3.1.4. B.E.S.T.

Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği (ÇEDBİK) tarafından, yeni konut projelerinde uygulanmak üzere 2015 yılında Türkiye'nin yerli Sertifikasyon sistemi olan B.E.S.T-Konut sertifika sistemi, daha sonra B.E.S.T- Ticari Binalar Sertifika Sistemi geliştirilmiştir. B.E.S.T Yeşil Bina Sertifika Sistemine göre konutlar, 9 ayrı başlık altında incelenerek değerlendirilmektedir [5].

1. Bütünleşik Yeşil Proje Yönetimi
2. Arazi Kullanımı
3. Su Kullanımı
4. Enerji Kullanımı
5. Sağlık ve Konfor,
6. Malzeme ve Kaynak Kullanımı,
7. Konutta Yaşam
8. İşletme ve Bakım,
9. Yenilikçilik

100'den fazla akademisyen, sivil toplum kuruluşu ve sektör temsilcisinin katılımıyla şekillenen B.E.S.T- Konut projeleri 110 puan üzerinden değerlendirilerek 4 farklı sertifika derecesinden biriyle derecelendirmektedir [5].

- B.E.S.T Onaylı (46-64 Puan)

- B.E.S.T İyi (65-79 Puan)
- B.E.S.T Çok İyi (80-99 Puan)
- B.E.S.T Mükemmel (100-110 Puan)

3.2. Yapılarda Enerji Verimliliği

Dünyada tüm gelişmiş ülkeler ve AB genelinde iklim değişiklikleri etkilerini azaltmak amacıyla geliştirilen politikaların başında enerji verimliliği politikaları yer almaktadır. Bunun sebebi binaların ekonomi sektöründeki en uzun ömürlü ve en çok enerji harcayan birimler olması ve en geniş ürün ve hizmet yelpazesini kapsamasıdır [77].

Sürdürülebilirlik ilkelerine uygun olarak tasarlanan Yüksek Performanslı binaların hedef performans ölçütlerine ulaşp ulaşamadıklarını ölçmek için; enerji tüketimi, rüzgar kullanımı, doğal havalandırma, yapının kendisi ve çevresiyle olan güneş- gölge ilişkisi, gün ışığı alımı ve ısıtım kazanımı gibi analizlerden yardım alınmaktadır [73].

Özellikle erken tasarım aşamasında farklı alternatiflerin değerlendirilebildiği yapılar, pasif enerji verimliliğinin artırılması yönünde etkili çözümler sunmaktadır [79].

Tüm bu maddeler tekrar gösteriyor ki bugün tüm dünyanın ve sektörlerin etkisinde olduğu sürdürülebilirlik kavramı özellikle yapı sektöründe enerji verimliliği başlığı ile çok ilintili bir başlıktır. Yapılarda enerji verimliliği başlığını destekleyen Yapı Bilgi Modelleme başlığını ele alacağız.

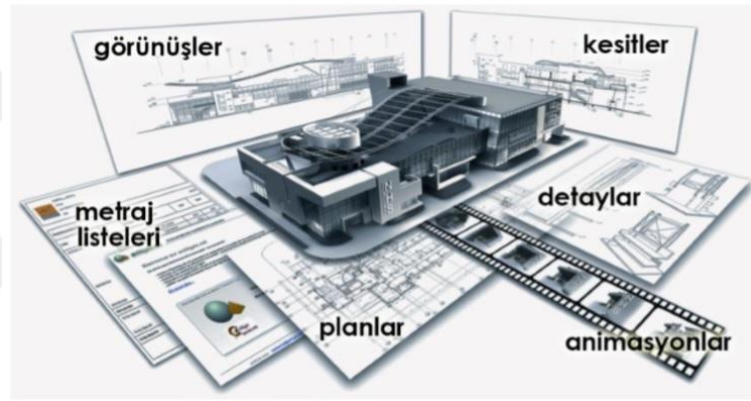
3.3. Yapı Bilgi Modelleme- BIM

Yakın bir geçmişte geleneksel maket ve laboratuvar analizlerinden öteye geçilerek BDT (Bilgisayar Destekli Tasarım) ve CAD araçları ile yapım öncesi modeller yapılarak bu modeller üzerinden analizler gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Fakat genellikle tasarım ve analiz süreçleri farklı yazılımlarla gerçekleştirildikleri için yazılımlar arası veri dönüştürme ve yeniden modelleme ihtiyaçları doğmaktadır [73]. Tasarım ve analiz süreçleri farklı ortamlarda yapılmasından ziyade projenin farklı evrelerinde revizyonlar yapıyor olması da modellerden yüksek verim elde edilmesini engellemiş ve projeye feedback (geri besleme) ile artılar kazandırmasında engel olmuştur.

Modellerden doğru analizler elde edilebilmesi için geometrik veriler yanında yapı tipolojisi, malzeme, bölgesel-iklimsel veriler gibi alfa-sayısal(metin ve sayıya dayalı) verilerin modele işlenmesi gerekmektedir [73]. Böylelikle projelerde estetik kaygıların ve maddi yeterliliklerin bir adım ötesine geçilerek yapının evreye olan etkileri ve çevrenin yaşam döngüsü boyunca yapının enerji performansına ne derece etkili olacağı gözlemlenebilecektir.

Aynı parametrik model üzerinde mimari, statik, elektrik ve mekanik çizimlerin toplanabildiği YBM sistemi ile disiplinler arası etkili ve tasarruflu bir iletişim sağlanarak geleneksel yöntem emsallerine kıyasla tasarım aşamasından itibaren zaman ve kaynak tasarrufu sağlar ve bu yönüyle de "Sürdürülebilir Mimarlık" fikrini destekler niteliktedir [7]. Şekil 3.4'te bir sanal bina modeli ve bu modelden üretilen veriler gösterilmektedir. BIM teknolojisinin sürdürülebilir tasarımlar elde etmek için kullanılmasına ise Sürdürülebilir BIM denilmektedir [6].

Yapının tüm disiplinlerden elde ettiği yaşam döngüsü verilerini (planlama-tasarım-inşaat-işletme) akıllı bir model yardımıyla bulut platform üzerinden aktaran Yapı Bilgi Modelleme (YBM), bütüncül bir bilgi oluşturma ve yönetme sürecinin genel ismidir [80]. Tüm disiplinlerin aynı bulut ortamı verileri üzerinden eş zamanlı çalışmaları süre ve maliyet kayıplarının önüne geçmektedir.



Şekil 3.4. Sanal Bina Modeli ile 3B Modelden Proje Belgeleri Üretimi- Grahisoft ArchiCAD [81]

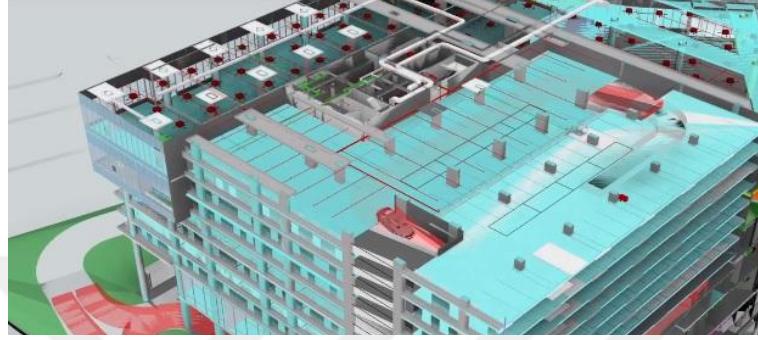
Yapı Bilgi Modelleme teknolojisi ile 2B tabanlı çizim yönteminden 3B nesne tabanlı bilgi yöntemine evrilen inşaat endüstrisi paradigması otomasyon ortamı nesnel olarak okunabilir halde makineden okunabilir hale gelmiştir [6]. 3B nesne tabanlı ortamlarda yapının tüm katmanları ve detayları görüntülenmektedir. (Şekil 3.5)

En bilinenleri Autocad ve Archicad olan katman tabanlı bilgisayarla çizim sistemleri, kişisel bilgisayarlara kolay ulaşımın sağlanabildiği 1980'li yıllarda başlamıştır. Nokta, çizgi ve üç boyutlu primitif geometrilere dayanan bu sistemler, ilk başlarda bir dirençle karşılaşmış olmasına karşın kısa zamanda mimarlar arasında yüksek oranda kabul görmüştür [82].

Elle çizimin daha hızlı ve ekonomik bir alternatifi olarak görülen bu sistemler "Bilgisayar Destekli Tasarım" tanımının tam olarak karşılığı değildir. Yapı geometrisi, kullanıcı ihtiyaçları, çevresel faktörler, estetik kaygılar, maliyet gibi pek çok alt dala ayrılan; mimar, inşaat mühendisi, makine mühendisi vb. profesyoneller tarafından yürütülen yapı tasarım süreci sonucunda tutarlı

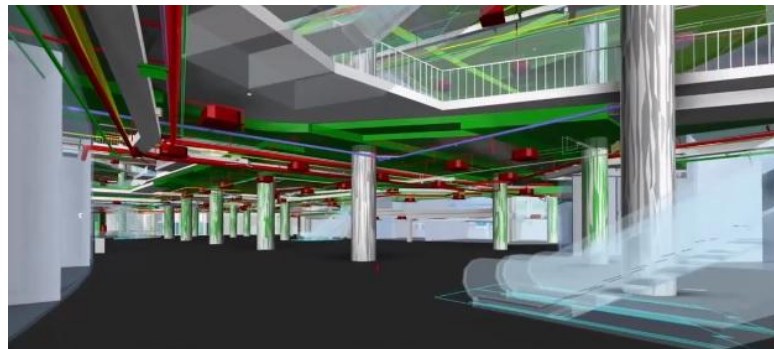
ve işleyen tasarımlar beklenmekte fakat son derece karmaşık alan bu süreç çoğu zaman maliyet kayıplarına sebep olan hatalarla sonuçlanmaktadır [82].

1990'lı yıllarda nesneye yönelik (object-oriented) sistemler geliştirilmiştir. Kapı, duvar ve pencere gibi nesneler, bu nesnelerin geometrik çizim bilgisi ile birlikte geometrik olmayan bilgileri de içermektedir [82].



Şekil 3.5. 3B Nesne Tabanlı Bilgi Ortamı [80]

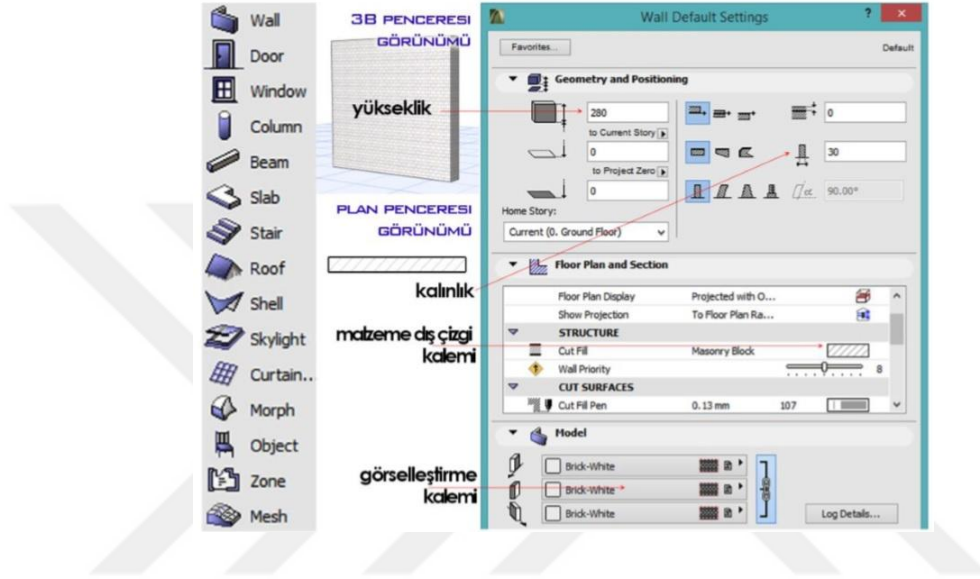
YBM sistemleri, proje muhatapları arasında etkili iletişim ve koordinasyon sağlayarak görev dağılımı açısından kolaylık sağlar ve enerji analiz programlarına olan entegrasyon kolaylığı ile farklı tasarım alternatiflerinin performans analizlerinin yapılabilmesine olanak tanır [79]. Paydaşların ortak veri ortamındaki iletişimlerine birlikte çalışabilirlik (interoperability) denir [81]. Şekil 3.6'da 3B nesne tabanlı bilgi ortamında yapının farklı disiplinlere ait bilgi ve birikim gerektiren proje detaylarının bir arada görüntülenebildiğini görmekteyiz. Bu sayede tasarım süreci kısaltmakta, çakışmalar önlenmekte ve sürdürülebilir projeler için bireysel kararlar yerine tüm disiplinlere olan etkileri eş zamanlı olarak gözlemlenebilen kararlar alınabilmektedir.



Şekil 3.6. 3B Nesne Tabanlı Bilgi Ortamında Farklı Disiplinlere ait Proje detayları [80]

YBM sisteminde yapı, kendisini oluşturan alt elemanlara (duvar, döşeme, kiriş, pencere vb.) ayrılır. Nesneler olarak adlandırılan bu elemanlar, gerçek dünyada var olan özelliklerle (malzeme,

fiyat, yapı fiziği vb.) donatılır. Bu şekilde oluşturulan sanal bina da diyebileceğimiz üç boyutlu model ile projeye ilgili tüm temsiller ve metraj bilgisi kolaylıkla çıkarılabilir. Tüm proje 3B modelin bileşenleri olarak birbirleri ile bağlantılı olduğundan birinde yapılan bir değişiklik otomatik olarak diğerine de aktarılır ve bu sayede uzun zaman alan revizyon işlemleri tutarlı bir şekilde koordine edilebilir [81]. Şekil 3.7'de YBM yazılımında bulunan bir nesneye ait nitelik menüsü görüntülenmektedir.



Şekil 3.7. Bir YBM Yazılımındaki Nesneler ve Bir Duvar Nesnesine Ait Nitelikler - Graphisoft ArchiCAD [81]

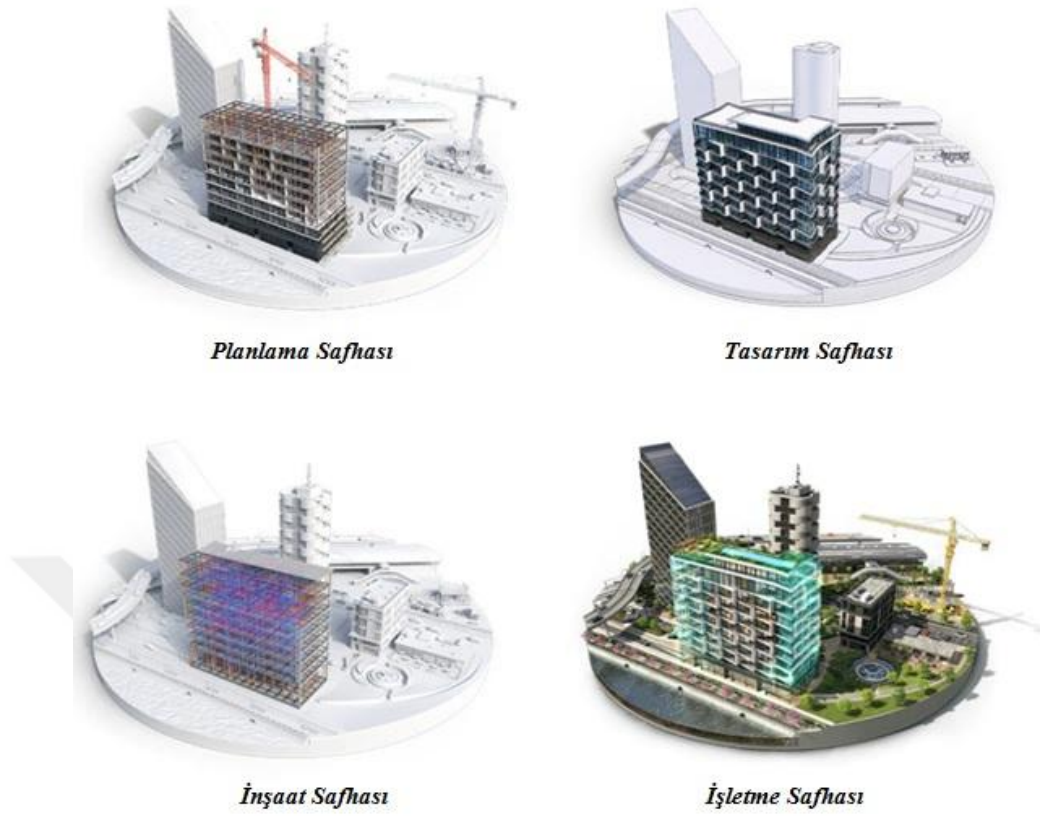
BIM, açık bir bulut platformu sayesinde aynı dijital model üzerinde birden fazla disipline ait veriyi birleştirerek gerçek zamanlı bir işbirliği sağlar. (Şekil 3.8) Bu sayede AEC projelerinde öngörü ve daha sürdürülebilir seçenekler oluşmasına olanak tanıyarak bu bilgilere geleneksel CAD yaklaşımlarına kıyasla gerek 2B, 3B gösterimlerle gerek tablolarla daha erişilebilir olmasını sağlamaktadır [80].

Planlama Safhası: Doğal ortam ve mevcut yapı verilerinin bağlamsal modellerini dijital ortama aktararak planlama aşamasına destek olur.

Tasarım Safhası: Planlama ve lojistik aşamalarına veri aktarımı sağlayarak konsept tasarım, analiz, detaylandırma ve belgelendirme sağlanır.

İnşaat Safhası: BIM spesifikasyonları kullanılarak başlayan proje inşaat lojistiği optimum zamanlama ve verimlilik sağlanması için iş ortakları ve yüklenicilerle paylaşılır.

İşletme Safhası: Tamamlanmış yapıların işletilmesi ve bakımında kullanılan BIM verileri ileri safhalarda düşük maliyetli yenileme ve verimli dekonstrüksiyon için de kullanılabilir.



Şekil 3.8. BIM ile Açık Bir Bulut Platformu Sayesinde Aynı Dijital Model Üzerinde Birden Fazla Disipline Ait Gerçek Zamanlı Bir İşbirliği [80]

BIM yazılımları vasıtasıyla yapı performansları gözlenebilen simülasyon ortamları, yapının tasarım aşamasından itibaren fiziksel çevre ve malzeme gibi alfa-sayısal veriler de eklenerek sayısal ve grafik çıktılar sunmaktadır. Bu sayede özellikle erken tasarım aşamasında bina performansının iyileştirilmesi adına tasarımın yeniden geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca bu simülasyonlar sayesinde bina yapım ve işletim safhalarında süre ve maliyet tasarrufu da sağlanabilmektedir [73]. Performatif Tasarım (performative design) adı verilen bu yaklaşımla sürdürülebilirlik ilkeleri ve çevresel faktörler tasarım sürecine ölçülebilir faktörler olarak dahil edilerek yapı performansını gerçek zamanlı olarak analiz edebilen spiral bir tasarım yaklaşımıdır [73].

Çizilen üç boyutlu sanal bina tüm yapı elemanlarını ve onlara ait gerçek özellikleri de bünyesinde barındırdığından bu model üzerinden enerji, aydınlatma, güneş-gölge kontrolü, akustik vb. fiziksel çevre kontrolü hesaplamaları ve yapısal analizler yapılarak yapım sürecinde oluşabilecek olan birtakım sorunlar öngörülebilir ve bu analizler yardımıyla maliyet ve süre kayıplarının önüne geçilerek tasarım geri beslenebilir. Yine üç boyutlu sanal bina kullanılarak çok boyutlu (3B, 4B vb.) simülasyonlar yapılabilir [81].

BIM ile desteklenen bir proje henüz tasarım aşamasında, iklimsel ve meteorolojik veri analizleri; güneşlenme ve termal ışıınım analizleri; rüzgar ve hava akım analizleri ile bina enerji sarfiyatı öngörülerek yapım sürecinde oluşması muhtemel olumsuzlukların önüne geçilebilmektedir [7].

Bina Bilgi Modelleme ortamları için geliştirilen kütle tasarım araçları ile oluşturulan modeller üzerinde kavramsal analiz ve simülasyonlar yapılarak erken tasarım aşamasında çalışmaların kavramsal ve varsayımsal girdilerle sürdürülebilirlik bağlamında sınanması sağlanmıştır [17].

Proje sürecine sağladığı faydalar sebebiyle her geçen gün dünya üzerinde BIM direktifi olan ülke sayısı artmaktadır.Şekil 3.9'da BIM direktifi olan ülkeler görüntülenmektedir.



Şekil 3.9. BIM Direktifi Olan Ülkeler [80]

BIM kullanımda temel amaç;

- Yapının yaşam döngüsü boyunca kullanacağı mekanik enerji miktarını olabildiğince azaltmak,
 - Enerji etkin tasarımlarla yapının; ısıtma, soğutma, havalandırma ve iklimlendirme ihtiyaçlarının büyük bir yüzdesini dışarıdan enerji takviyesi olmadan karşılayabilmek, kalan kısmını ise yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılamak,
 - Yapılı çevrenin doğal çevre üzerindeki baskısını azaltmak,
 - Yapının dışarıdan minimum destek ile mümkün olabildiğince kendi kendine yetebilmesinin sağlamak,
- şeklinde sıralanabilir.

BIM kullanımının faydaları ise;

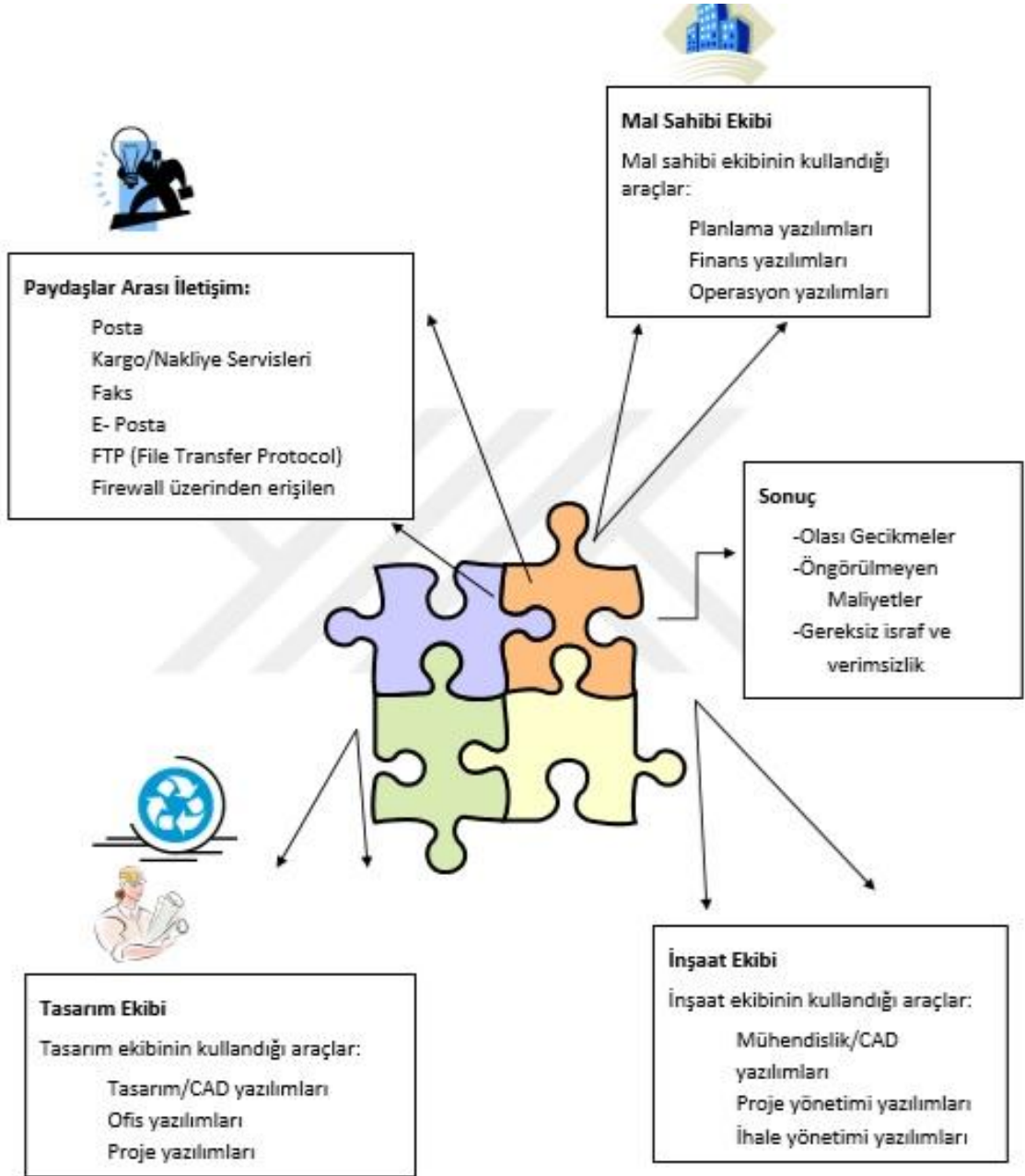
- Süre Yönetimi: İnşaat sıralaması, malzeme tedariği, imalat ve teslim süreleri koordine edilebilmekte ve kısaltılmış bir proje teslim süreci oluşturulmaktadır.
- Maliyet Yönetimi: Yerleşik maliyet tahmini özelliği ile malzeme değişiklikleri modelde güncellenmektedir ve bu sayede BIM ile daha düşük maliyetle daha kaliteli yapılar oluşturulabilmektedir.
- BIM ile enerji simülasyonları ve bina tasarım ve istem optimizasyonları yapılabilmektedir.
- BIM uygulama programları sayesinde proje modellerinin görselleştirilmesi sağlanmaktadır [6]. şeklinde sıralanabilir.

Sürdürülebilir Mimarlık, sadece enerji verimliliği ile sınıanan bir kavram değil, yapının yaşam döngüsündeki tüm bileşenleri kapsayan bir kavramdır ve bütünleşik yapı tasarımı ile geleneksel tasarım yöntemi arasındaki farkları şu şekilde sıralamıştır [83]. Bütünleşik bina tasarım yaklaşımı ve geleneksel bina tasarım yaklaşımı arasındaki farklar Şekil 3.10'de görüntülenmektedir.

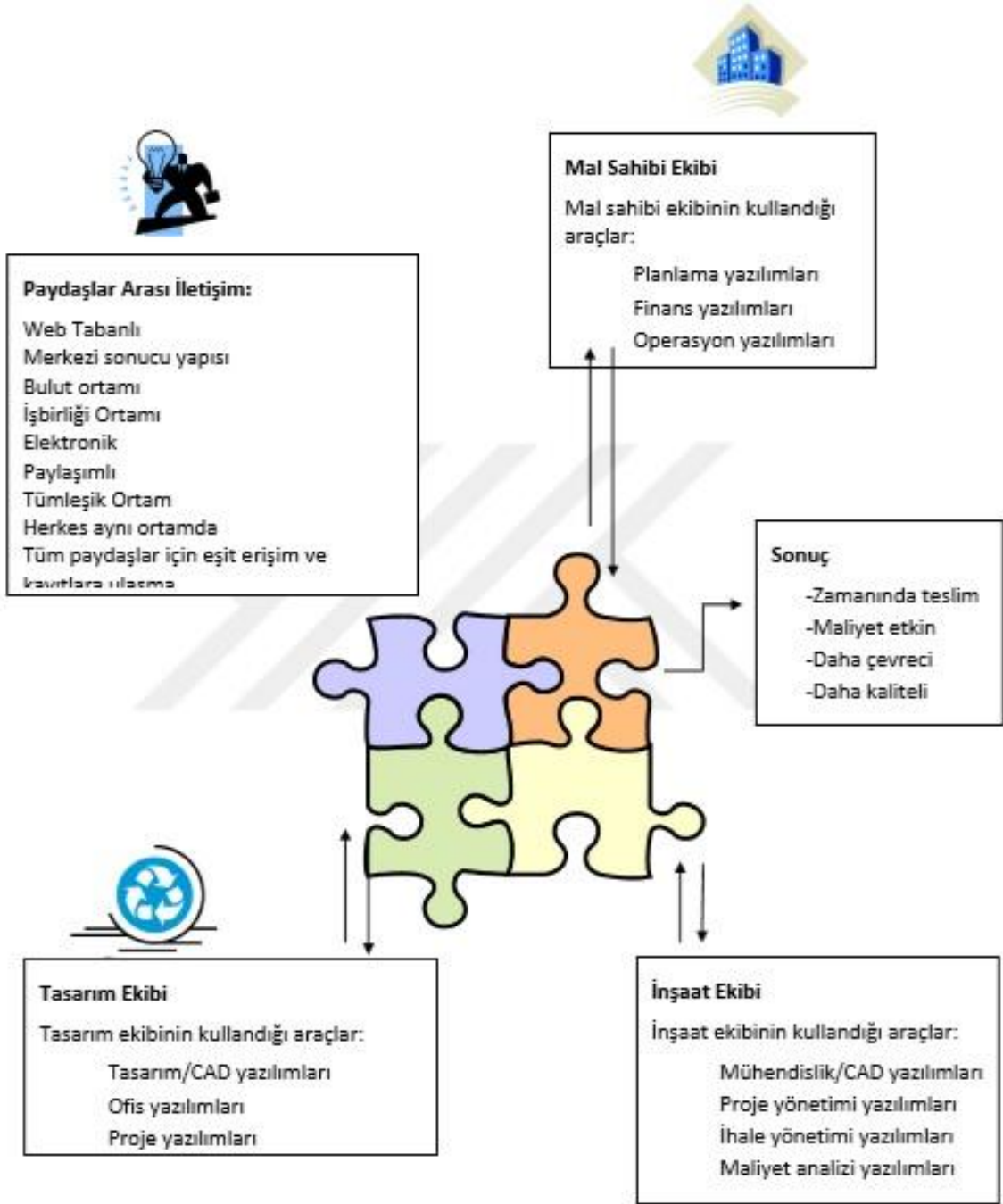
Bütünleşik Bina Tasarım Yaklaşımı	Geleneksel Bina Tasarım Yaklaşımı
Yapıya ilişkin enerji ihtiyacı, çevresel etkiler, malzeme ve doğal kaynak kullanımı, atık yönetimi ve kullanıcı ilişkileri bir bütün olarak ele alınır.	Tasarım süreci lineerdir
Yeşil binada ekip elemanları tümüyle süreç içindedir.	Ekip elemanları sadece gerektiğinde sürece katılır.
Kararlar ekiplerle alınır.	Daha çok karar daha az kişiyle alınır.
Yaşam döngüsü maliyeti ve faydalar önceliklidir.	Öncelik maliyettir.
Tam bir optimizasyon için sistemlerin birbirleriyle ilişkileri göz önüne alınır.	Her sistem tek başına incelenir.
Disiplinlerarası işbirliği ilk adımda başlar,projenin başlangıç süreci uzundur; ekip birbirinin süreçlerini, bilgilerini alır. Sonunda sürpriz yoktur.	Erken aşamada daha az zaman, enerji ve işbirliği vardır. Çoğu zaman amaçlar, diğer iş gruplarıyla gerekli iletişimi sağlamadan gerçekleştirilmeye çalışılır.

Şekil 3.10. Bütünleşik Bina Tasarım Yaklaşımı ve Geleneksel Bina Tasarım Yaklaşımı Arasındaki Farklar [83]' dan Uyarlama

Yapı sektöründe kullanılan Bilgi Teknolojisi (Information Technology/ IT) sayesinde IPD (Integrated Project Delivery) entegre teslim metodu uygulanarak yapım öncesi analizler yardımıyla daha akıllıca tasarımlar yapılırken yapım sonrası işletme sürecinde de yaşam döngüsü verimliliği sağlanmaktadır. Entegre bir çalışma platformu sağlayan YBM teknolojisi sayesinde proje yönetimi ve geleneksel proje yönetimi arasındaki farklar şekildeki gibi özetlenebilir.Şekil 3.11'da geleneksel iş sektörü akış şeması ve Şekil 3.12'de BIM kullanımlı akış şeması görüntülenmektedir.



Şekil 3.11. Geleneksel İş Sektörü Akış Şeması [6]



Şekil 3.12.BIM Kullanımlı Akış Şeması [6]

4. MATERYAL VE METHOD

4.1. Amaç, Kapsam ve Hedefler

Tez çalışması süresince sürdürülebilirlik kavramı, sürdürülebilir mimari yapılar ve yapı bilgi modelleme kavramlarıyla ilgili ayrıntılı bir literatür taraması yapılmıştır. İncelemeler sonucunda günümüz şartlarında yapı ölçeğinde bir zorunluluk haline gelen sürdürülebilirlik kavramının yapı bilgi modellemesi teknolojisi kullanılarak daha ulaşılabilir olduğu ve bu sayede henüz tasarım aşamasındayken kullanılan modelleme ve enerji analiz programları sayesinde yapıların sürdürülebilirlik kriterleri değerlendirilebildiği ve bu sayede henüz taslak halinde olan projenin iyileştirilebildiği görülmüştür.

Tez çalışmasında ilk aşamada Sürdürülebilirlik kavramı, bir diğer aşamada ise Yapı Bilgi Modelleme kavramı ile ilgili literatür taraması yapılmıştır. Son olarak çalışmanın vardığı sonucu ve önemini vurgulamak adına bir pilot proje üzerine çalışılarak seçilen yapının üç boyutlu modeli oluşturulmuş ve bu model üzerinde enerji analizleri elde edilerek bu sayede yapıların tasarım aşamasındayken ileriye yönelik karar alınmasının enerji kullanımı açısından değeri ön plana çıkarılacaktır.

Elde edilen veriler ışığında mekanik enerji gereksinimi ve bağımlılığı minimize edilen sürdürülebilir yapıların Yapı Bilgi Modelleme teknolojisi ile elde edilmesinin ve bu teknoloji sayesinde zamandan, bütçeden ve enerjiden gerek inşaat gerek yapı kullanım aşamasında ne derece etkili olduğu yapı sektörü paydaşları tarafından bir kaynak niteliğinde olacaktır.

Model çalışmasında kullanılmak üzere Adıyaman ili için tasarlanan K- ODAK isimli kütüphane yapısı seçilmiştir. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, AB Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü, AB Mali Destek Programları Daire Başkanlığı tarafından Adıyaman Turizm Sektörünü Canlandırma Projesi Kapsamında tasarlanan, proje yönetimini PROMET Mimarlık tarafından üstlenilen ve Adıyaman Valiliği İl Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından yürütülen Kommagene Odak projesi sürdürülebilirlik kriterlerine uygun olarak tasarlanmış 2614,71 m² inşaat alanına sahip yapı toplam 5 kattan oluşmaktadır.

Kütüphane yapısı, bilgisayar destekli parametrik bir program olan Revit programı kullanılarak modellenmiş ve Revit eklentisi olana Insight 360 ile enerji analizleri yapılmıştır. Bir sonraki bölümde Revit ve Insight ile programları kullanımları ile ilgili kısa açıklamalara yer verilmiştir.

4.2. Autodesk Revit

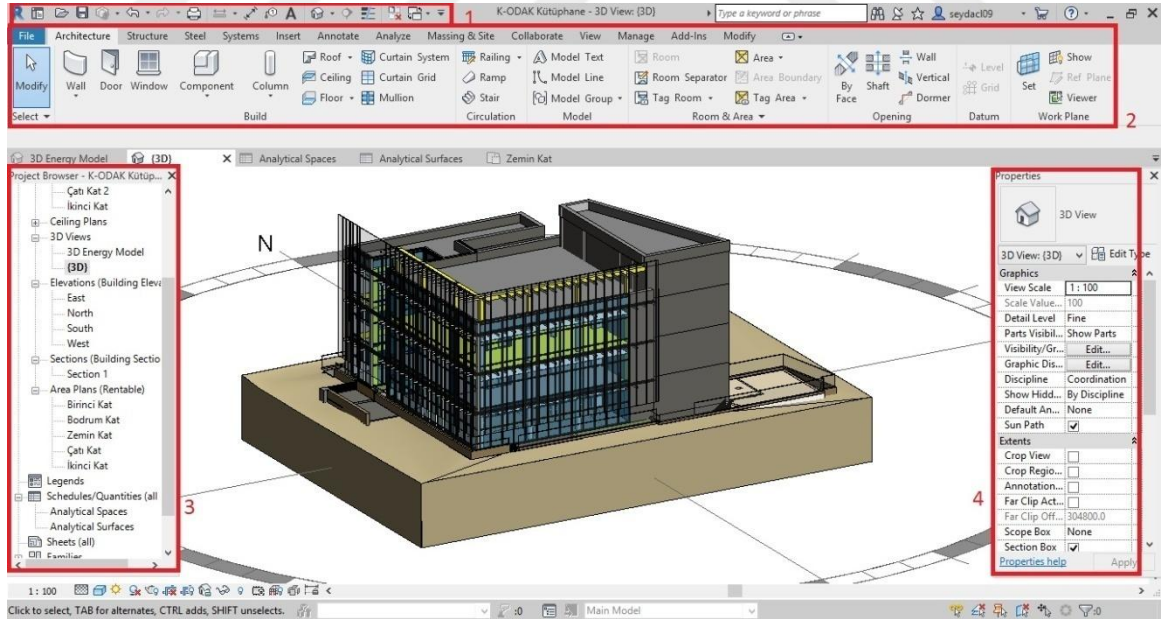
Revit, BIM (Yapı Bilgi Modelleme) için kullanılan bilgisayar destekli tasarım programlarından birisidir. Günümüzde en çok tercih edilen iki boyutlu çizim programlarından

olan Autocad ile uyum içinde çalışan Revit, iki boyutlu çalışan tasarım programlarına kıyasla oldukça artışı olan bir programdır. Henüz taslak aşamasındayken yapının üç boyutunu, kesitlerini ve görünüşlerini görmemize olanak sağlayan program aynı zamanda insight eklentisi sayesinde kütsel enerji analizi yaparak yapının hacmi, konumu, yönelimi, yüzey açıklıkları vs. hakkında karar alınmasına yardımcı olmaktadır. Bu sayede öncelikli bölümlerde değindiğimiz pasif enerji sistemlerinin maksimum verimle tasarlanmasına ve enerji etkin yapılar tasarlanmasında olanak sağlamaktadır.

Proje ayrıntısı arttıkça materyal ölçeğinde enerji analizi yapan program, yapı için kullanılan duvarların, kapıların, pencerelerin, döşemelerin vs. katmanlarına, materyal bilgisine, ölçeklerine ve proje üzerindeki konumlarına müdahale etmemize olanak sağlayarak yapı enerji akışını kontrol etmemizi sağlamaktadır.

4.2.1. Revit Arayüzü

Şekil 4.1 de görülen Revit penceresinde 1 numaralı gösterilen alan hızlı erişim araç çubuğunu (Quick access tool bar) , 2 numaralı alan şerit menüyü (button panel), 3 numaralı alan project browser ve 4 numaralı alan ise properties (özellikler paneli) göstermektedir.



Şekil 4.1. Revit Programı Arayüzü

Quick Access Tool Bar (Hızlı Erişim Araç Çubuğu)

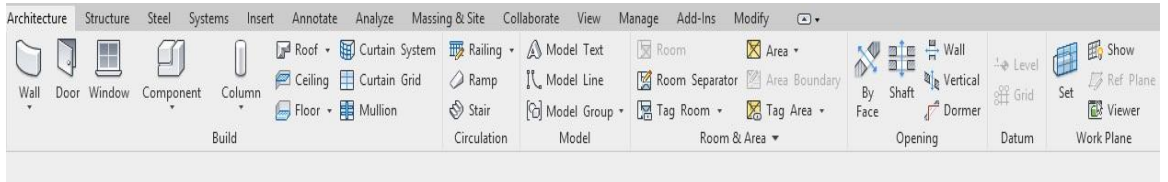
Home, Open, Save, Text gibi sık kullanılan simgelerin bir temsillerinin daha bulunduğu araç çubuğudur. Bu araç çubuğuna istenirse sık kullanılan diğer komut simgeleri de eklenerek genişletilebilmektedir.

Button Panel (Şerit Menü)

Architecture, Structure, Steel, Systems, Insert, Annotate, Analyze, Massing&Site, Collobrate, View, Manage, Add-Ins, Modify olmak üzere ayrı başlıklardan oluşan menü her başlık için ayrı bir komut paneli oluşturmaktadır.

Architecture

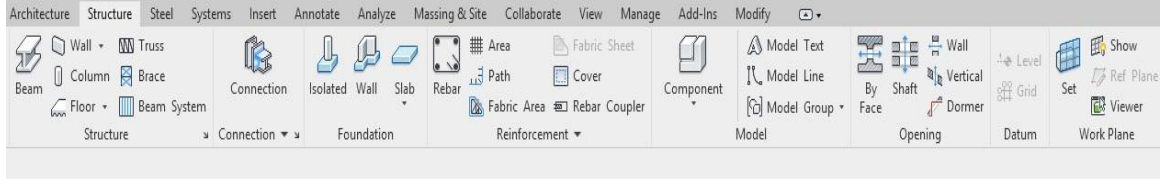
Temel çizim komutlarından oluşan Architecture komut paneli Build, Ciculation, Model, Room&Area, Opening, Datum ve Work Plane olmak üzere alt bölümlere ayrılmıştır. (Şekil 4.2) Build bölümü içerisinde bir kat planı çizimi için gerekli olan duvar, pencere, kapı, kolon, giydirme cephe vb. temel komutlar bulunmaktadır. Bu komutlar bilinen iki boyutlu çizim programlarından farklı olarak family şeklinde bulunmaktadır. Her bir komut bir family penceresi açmaktadır ve bu family üzerinde istenirse proparties paneli kullanılarak değişiklik yapılmaktadır. Circulation bölümü temel sirkülasyon araçlarını bulundurmaktadır. Model bölümü eskiz çizimi yapılmasını sağlayan model line ve yazı komutları içermektedir. Room& Area bölümü ise mahal belirleme ve isimlendirme araçlarını kapsamaktadır.



Şekil 4.2. Architecture Komut Paneli

Structure

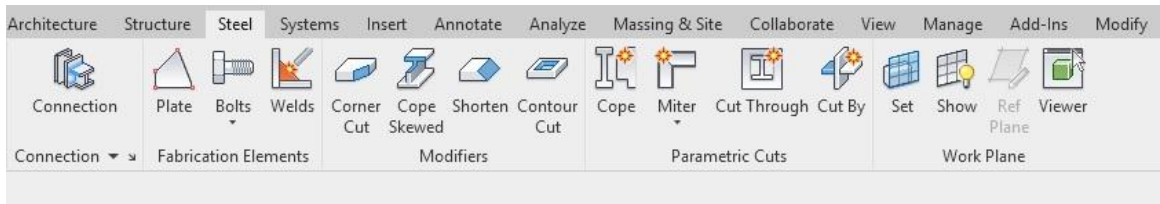
Structure komut paneli, Architecture komut panelinden farklı olarak Structure, Connection, Foundation, Reinforcement bölümlerini içermektedir. Structure bölümünde kolon ve kiriş komutları, Connection bölümünde çelik bağlantı elemanları, Foundation bölümünde temel komutları bulunmaktadır. (Şekil 4.3)



Şekil 4.3. Structure Komut Paneli

Steel

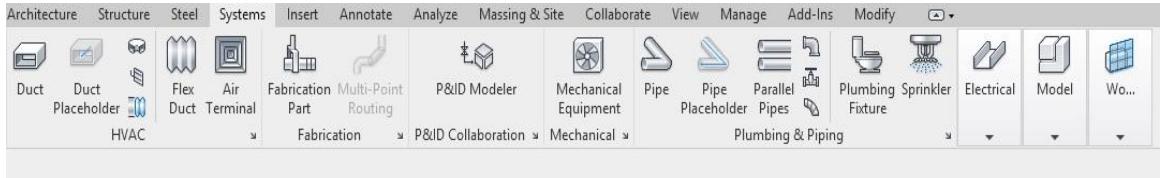
Çelik elemanlar, bu elemanların şekillendirilmesi ve bağlantısını sağlayan komutlar bulunmaktadır. (Şekil 4.4)



Şekil 4.4. Steel Komut Paneli

Systems

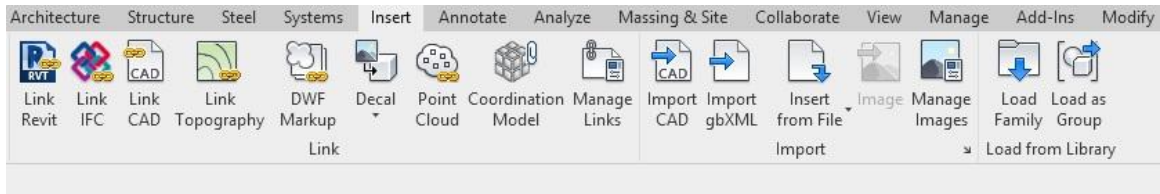
Mekanik tesisat elemanların bulunduğu paneldir. (Şekil 4.5)



Şekil 4.5. Systems Komut Paneli

Insert

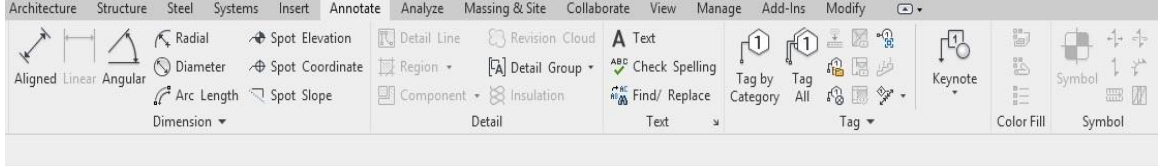
Revit kütüphanesi ile bağlantı kurularak ihtiyaç halinde family yüklenen ve farklı programlardan revit arayüzüne dosya aktarımını sağlayan komut panelidir. (Şekil 4.6)



Şekil 4.6. Insert Komut Paneli

Annotate

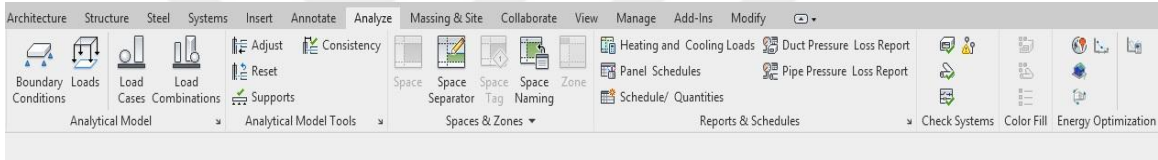
Ölçülendirme komutu, yazı komutu gibi proje detay aşamasında kullanılan komutların bulunduğu paneldir. (Şekil 4.7)



Şekil 4.7. Annoatte Komut Paneli

Analyze

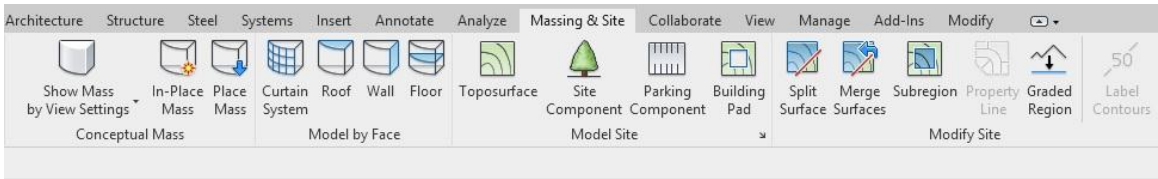
Energy Optimization bölümü komutlarıyla enerji analizlerinin yürütüldüğü paneldir. (Şekil4.8)



Şekil 4.8. Analyze Komut Paneli

Massing&Site

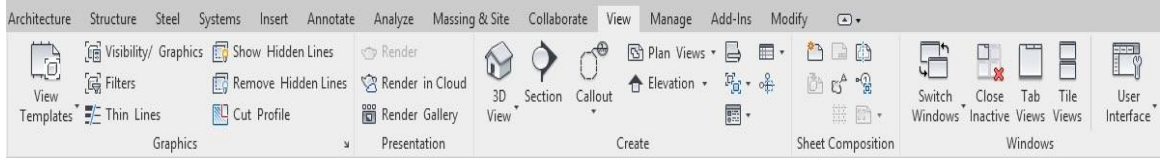
Topografya oluşturma ve bu topografyayı biçimlendirme elemanlarının bulunduğu komut panelidir. (Şekil 4.9)



Şekil 4.9. Massing&Site Komut Paneli

View

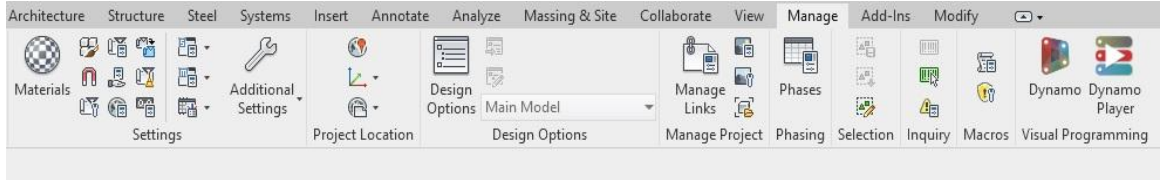
Visibility/Graphics ayarlarının yapıldığı komut View panelinde yer almaktadır. Yine bu panelde üzerinde bulunan Plan Views komutu ile Project Browserda görünmesini istenen plan türlerini seçilebilir, Section komutu ile yapı kesiti alınabilir ve Schedule komutu ile yapı metrajı alınıp bu metraj menüsünü üzerinden düzenlenebilir. (Şekil 4.10)



Şekil 4.10. View Komut Paneli

Manage

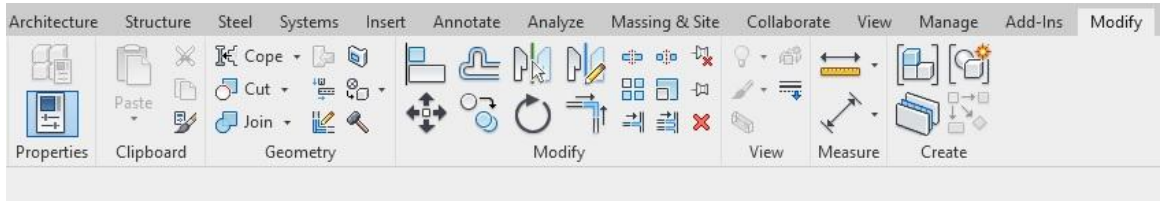
Manage komut panelinde yer alan Materials komutu ile materyal özelliklerini değiştirebilir yeni materyal tipleri oluşturabiliriz. Project Units komutu ile proje çizim birimini ayarlayabilir Snap ayarlarını da bu panelde değiştirebiliriz. (Şekil 4.11)



Şekil 4.11. Manage Komut Paneli

Modify

Move, Copy, Align, Mirror, Trim/Extend, Offset, Array, Scale gibi izim programlarından aşına olduğumuz tüm komutlarla beraber Split Element, Join Geometry ve Paint gibi ekstra kullanım kolaylığı sağlayan komutlar da bu panelde yer almaktadır. (Şekil 4.12)



Şekil 4.12. Modify Komut Paneli

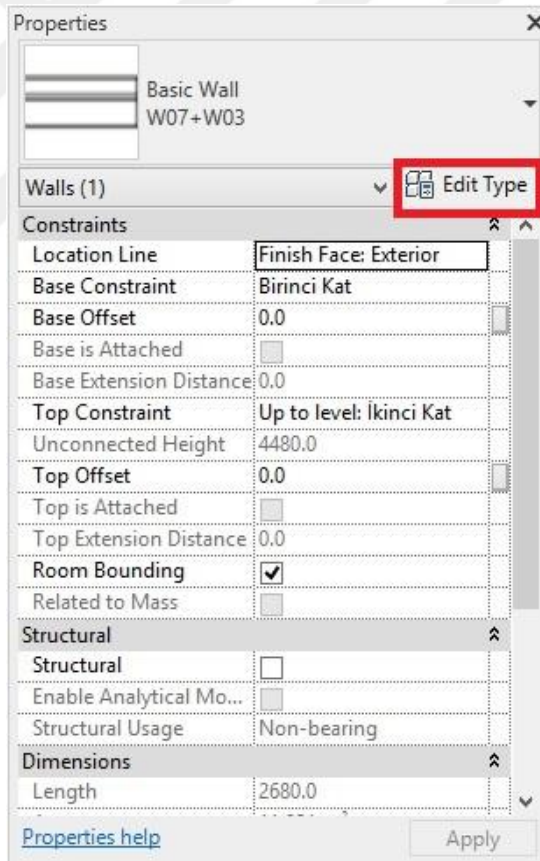
Project Browser

Project Browser bölümü, yapı çizimlerini içeren alt başlıklara ayrılmıştır. Floor Plans başlığı altında çizime eklediğimiz tüm mimari kat planları ev döşeme planları görülmektedir. Structural Plans başlığı altında yapıya ait kiriş ve kolonların yer aldığı statik planlar görülmektedir. Ceiling Plans başlığı altında tavan planları çizilerek tavan malzemeleri ve asma tavan bilgileri eklenmektedir. 3D Views başlığı altında yapıya ait 3 boyutlu model ve enerji modeli görüntülenmektedir. Elevation başlığı altında yapıya ait görünüşler, Section bölümü

altında ise kesitler yer almaktadır. Alışlagelmiş iki boyutlu çizim programlarının aksine Revit'te bu çizimler sadece kat planları çizildiğinde program tarafından üretilmektedir. Area Plans başlığı altında yapıya ait mahal numaraları, poz numaraları, alan ve hacim değerleri bilgisi verdiğimiz etiketler bulunmaktadır. Families başlığı altında daha önce bahsettiğimiz objeler (duvar, kapı, pencere, mobilya, giydirme cephe elemanları, döşeme vs.) ve project browser panelini kullanarak kendi oluşturduğumuz objeler yer almaktadır.

Properties (Özellikler Paneli)

Seçilen family alt bilgisinin bulunduğu bu panel aynı zamanda aynı familyanın farklı nesnelerini de göstermektedir. Şekil 4.13'de gösterilen properties panelinde seçili olan duvar tipini ele alacak olursak duvarın kaçınıcı katta başlayıp kaçınıcı kata kadar devam edeceği bilgisi bu panelden okunabilmektedir ve Edit Type butonuna tıklayarak açılan Type Properties sayfasıyla duvar özellikleri değiştirilebilmekte ve yeni duvar tipleri oluşturulabilmektedir. (Şekil 4.13)



Şekil 4.13. Properties Paneli

Şekil 4.14'te yer alan 1 numaralı " Duplicate" butonu ile yeni bir duvar tipi oluşturulabilir ve 2 numaralı bölümde yer alan " Edit" butonu ile var olan duvar tipinin katmanlarına ulaşılabilir. (Şekil 4.15)

Family: System Family: Basic Wall Load...

Type: W07+W03 Duplicate... Rename...

Type Parameters

Parameter	Value
Construction	
Structure	Edit...
Wrapping at Inserts	Do not wrap
Wrapping at Ends	None
Width	420.0
Function	Interior
Graphics	
Coarse Scale Fill Pattern	
Coarse Scale Fill Color	Black
Materials and Finishes	
Structural Material	Brick, Common
Analytical Properties	
Heat Transfer Coefficient (U)	0.3930 W/(m²·K)
Thermal Resistance (R)	2.5445 (m²·K)/W
Thermal mass	59.14 kJ/K
Absorptance	0.700000
Roughness	3
Identity Data	
Type Name	

What do these properties do?

<< Preview OK Cancel Apply

Şekil 4.14. Type Properties

Family: Basic Wall

Type: W07+W03

Total thickness: 420.0 Sample Height: 5000.0

Resistance (R): 2.5445 (m²·K)/W

Thermal Mass: 59.14 kJ/K

Layers

EXTERIOR SIDE					
	Function	Material	Thickness	Wraps	Structural Material
3	Thermal/Air L	Vapor Retar	105.0	☒	
4	Thermal/Air L	Rock Wool	50.0	☒	
5	Substrate [2]	Plaster	15.0	☒	
6	Core Boundar	Layers Above	0.0		
7	Structure [1]	Brick, Com	200.0		☒
8	Core Boundar	Layers Below	0.0		

INTERIOR SIDE

Insert Delete Up Down

Default Wrapping

At Inserts: Do not wrap At Ends: None

Modify Vertical Structure (Section Preview only)

Modify Merge Regions Sweeps

Assign Layers Split Region Reveals

<< Preview OK Cancel Help

Şekil 4.15. Edit Açılır Penceresi

4.3. Autodesk Insight ile Enerji Analizi

Autodesk Revit programı arayüzünde bulunan Analyze butonuna tıklayarak açılan pencere (Şekil 4.16) içerisinde bulunan "Energy Optimization" bölümü içerisinde enerji analiz butonları yer almaktadır.

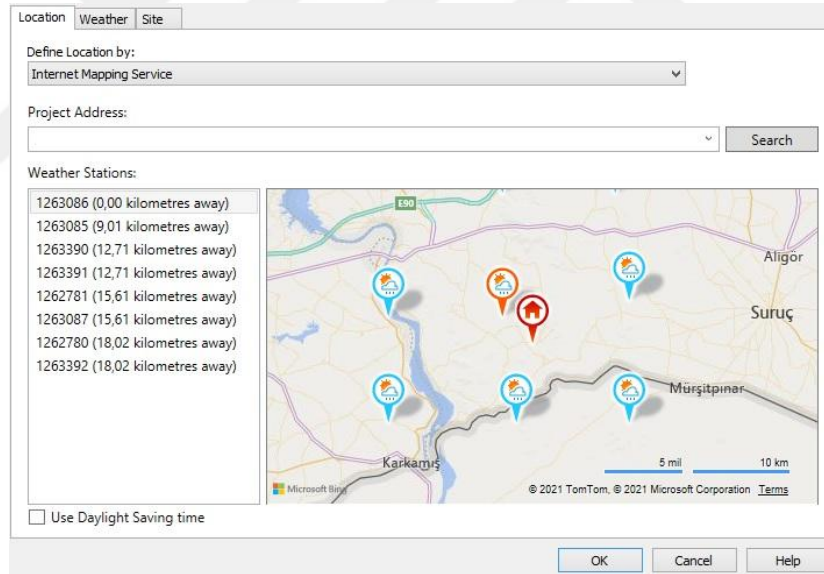


Şekil 4.16. Autodesk Revit Analyze Paneli

Başlık içerisinde bulunan butonlar;

Location

Yapının adres bilgilerinin girildiği bölümdür. (Şekil 4.17)



Şekil 4.17. Location Menüsü

Energy Settings

Enerji analizinin kütleli ölçekte mi yoksa materyal ölçeğinde mi yapılacağı bilgisi, yapının yeni bir yapı mı yoksa mevcut bir yapı mı olacağı bilgisi ve yapı tipi, yapının günlük ve haftalık kullanım süresi bilgilerinin girildiği bölümdür. (Şekil 4.18)

Parameter	Value
Energy Analytical Model	
Mode	Use Conceptual Masses and Buildin
Ground Plane	Bodrum Kat
Project Phase	New Construction
Analytical Space Resolution	457.2
Analytical Surface Resolution	304.8
Perimeter Zone Depth	4572.0
Perimeter Zone Division	☒
Advanced	
Other Options	Edit...

Şekil 4.18. Energy Settings Menüsü

Create Energy Model

Bu buton ile oluşturduğumuz 3B modelin enerji modeli oluşturulur.

Generate

Bu buton ile oluşturduğumuz enerji modeli analizi yapılmak üzere Autodesk Insight'a aktarılır.

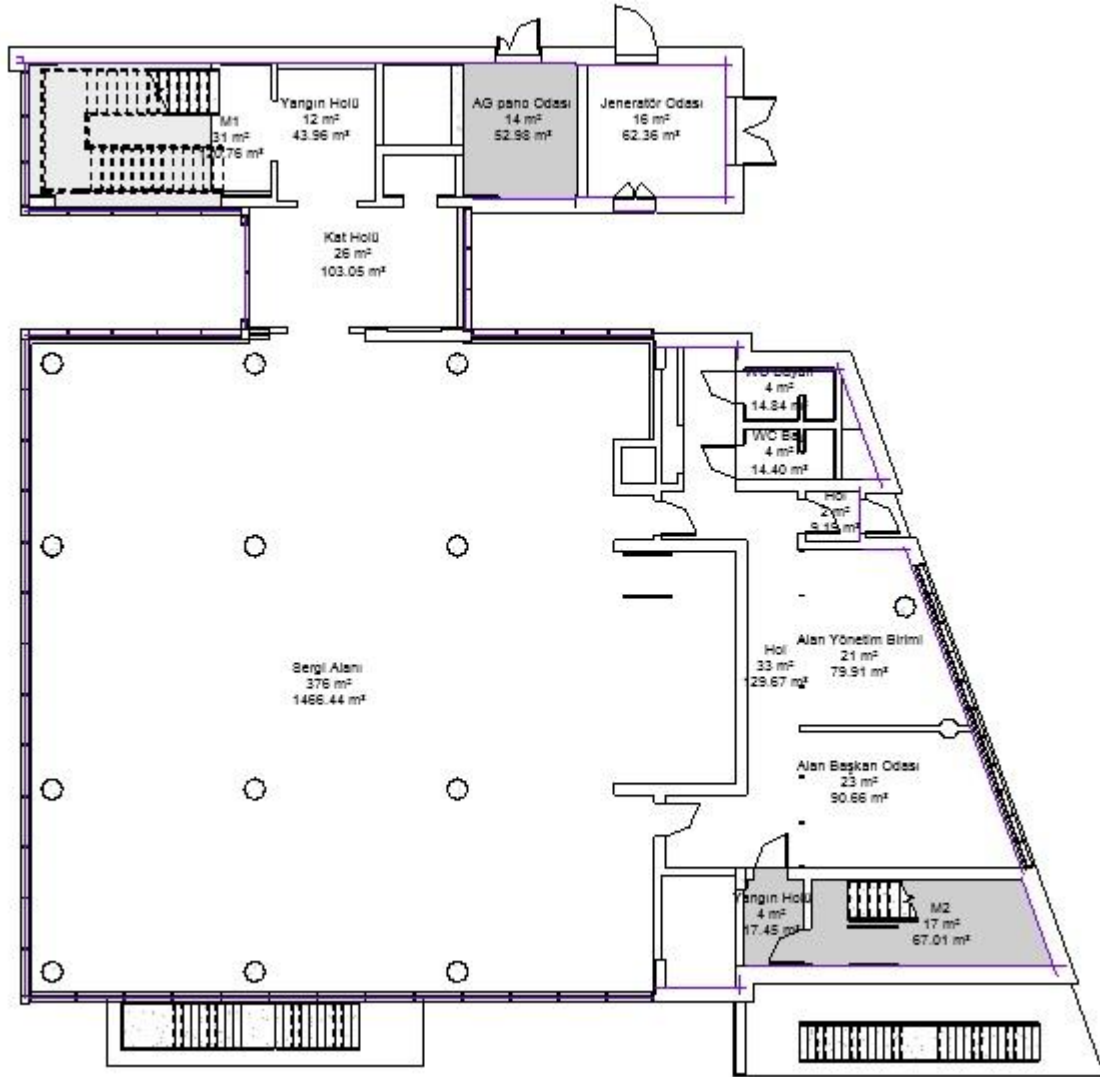
Optimize

Bu buton ile Autodesk Insight bağlantısı kurulur ve yapmış olduğumuz enerji analizleri bu pencerede görülür.

Şekil 4.19. Bodrum Kat Planı

Zemin Kat Planı

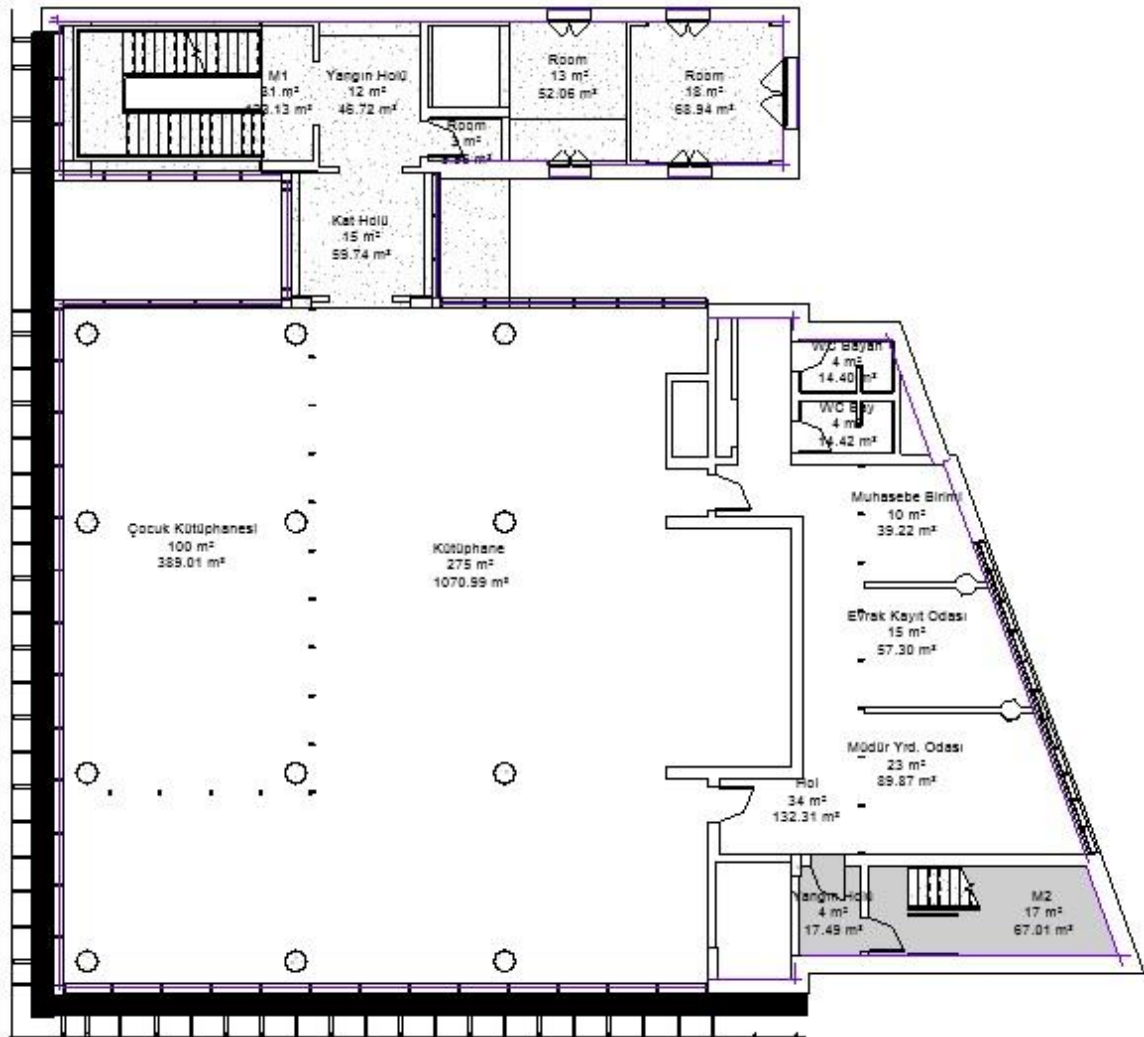
Zemin kat planı şekilde gösterilmektedir. (Şekil 4.20) Planda yer alan mahallerin döşeme malzeme listeleri Ek-1'dedir.



Şekil 4.20. Zemin Kat Planı

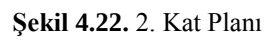
1. Normal Kat Planı

1. normal kat planı şekilde gösterilmektedir. (Şekil 4.21) Planda yer alan mahallerin döşeme malzeme listeleri Ek-1'dedir.



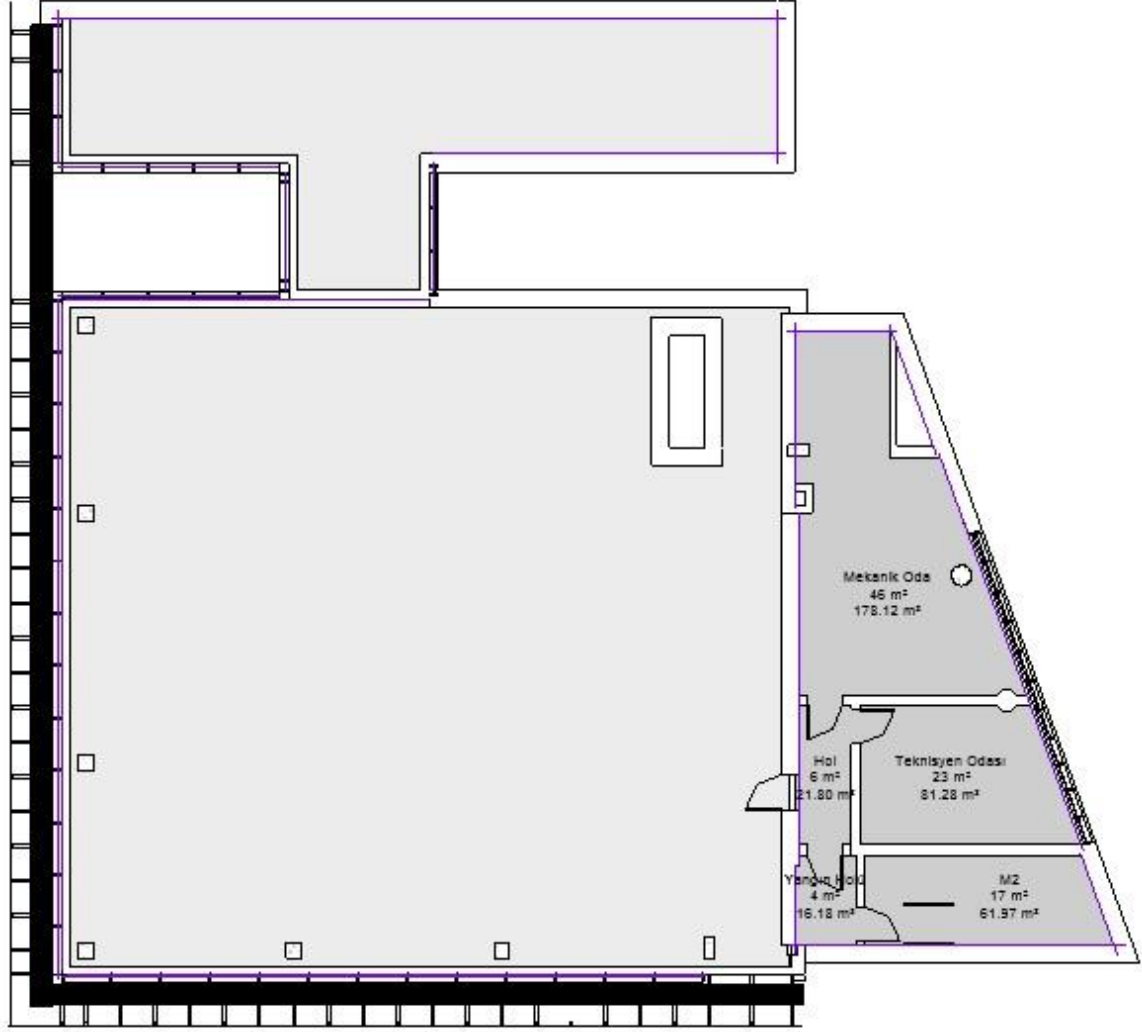
Şekil 4.21. 1. Normal Kat Planı

2. kat planı şekilde gösterilmektedir. (Şekil 4.22) Planda yer alan mahallerin döşeme malzeme listeleri Ek-1'dedir.



Çatı Kat Planı

Çatı kat planı şekilde gösterilmektedir. (Şekil 4.23) Planda yer alan mahallerin döşeme malzeme listeleri Ek-2'dedir.

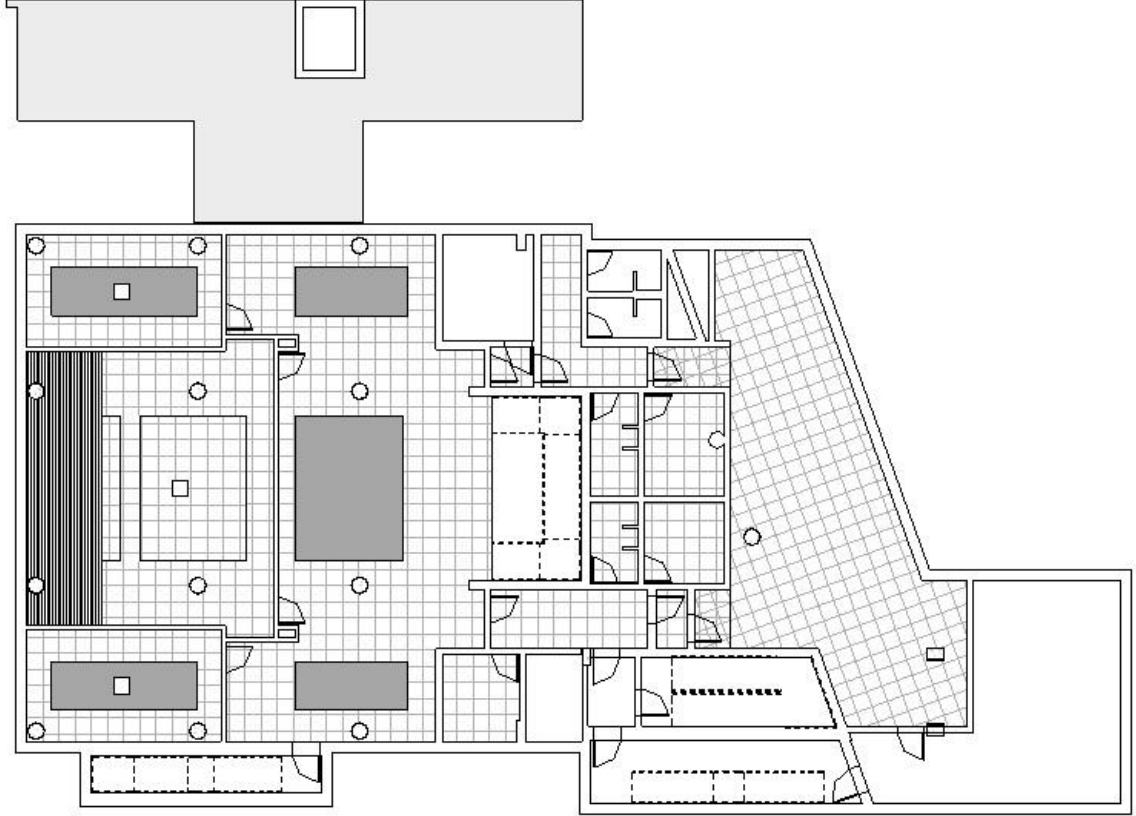


Şekil 4.23. Çatı Kat Planı

4.4.2. Tavan Planları

Bodrum Kat Tavan Planı

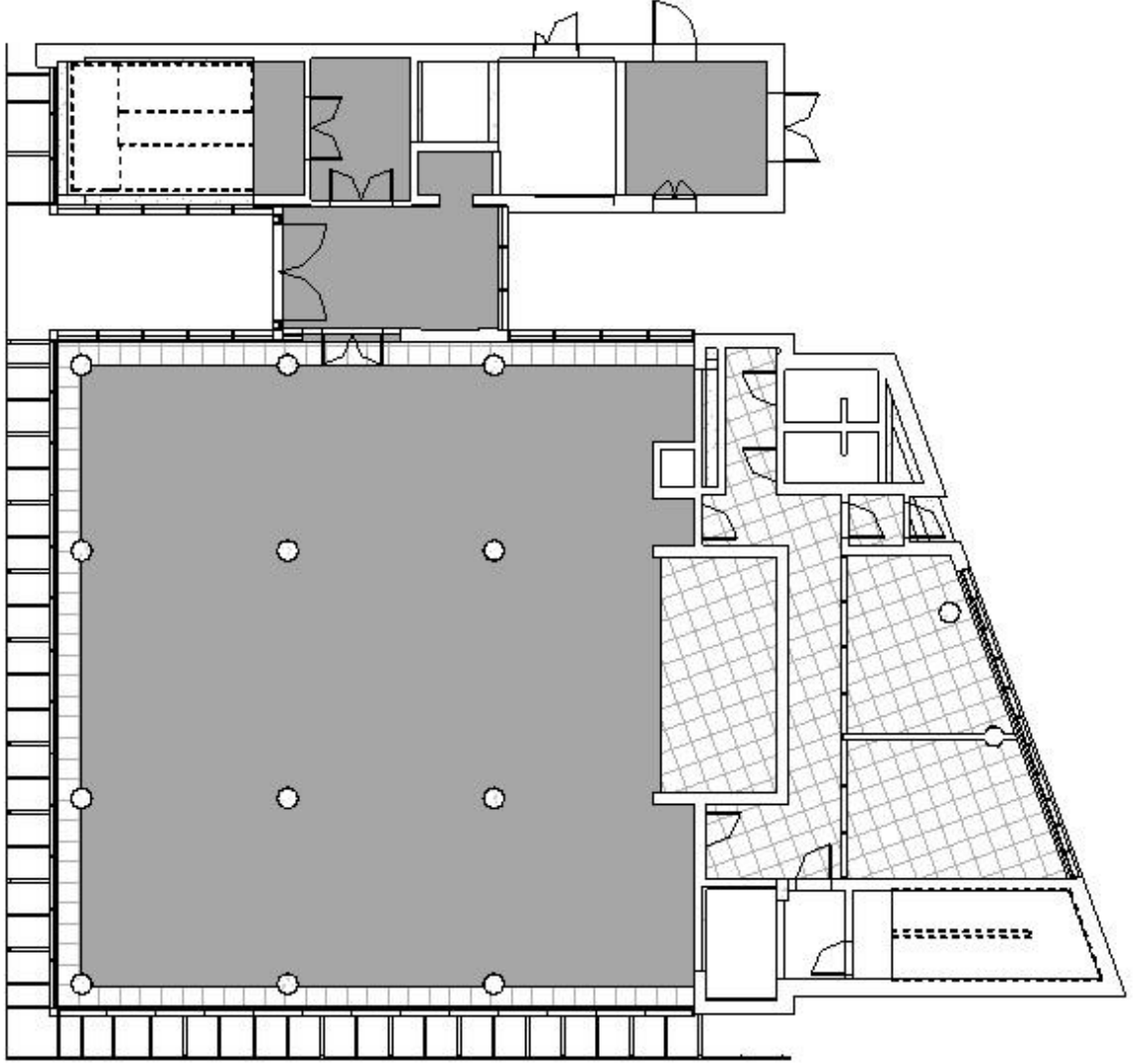
Bodrum kat tavan planı şekilde gösterilmektedir. Planda yer alan mahallerin tavan malzeme listeleri Ek-2'dedir. (Şekil 4.24)



Şekil 4.24. Bodrum Kat Tavan Planı

Zemin Kat Tavan Planı

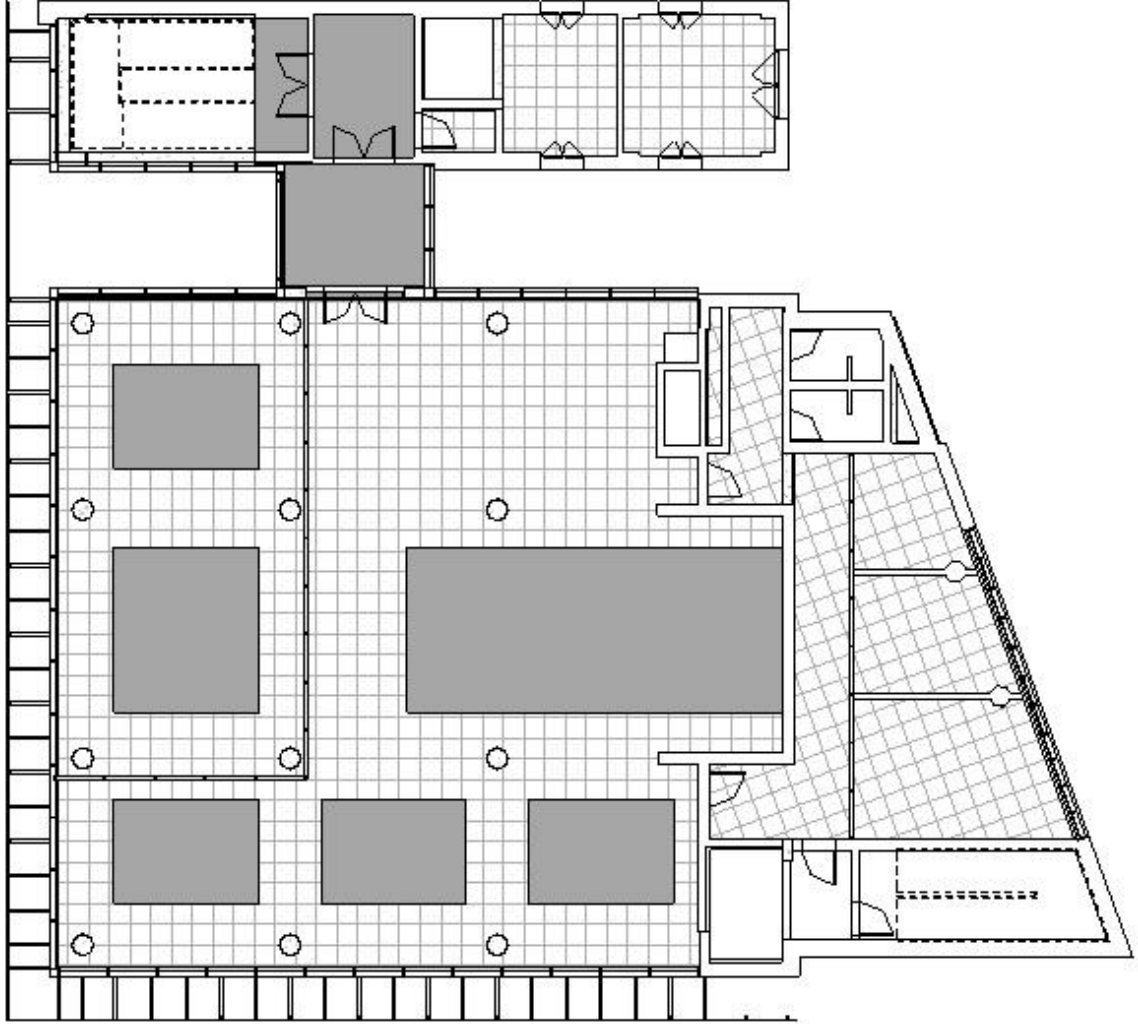
Zemin kat tavan planı şekilde gösterilmektedir. Planda yer alan mahallerin tavan malzeme listeleri Ek-2'dedir. (Şekil 4.25)



Şekil 4.25. Zemin Kat Tavan Planı

1. Normal Kat Tavan Planı

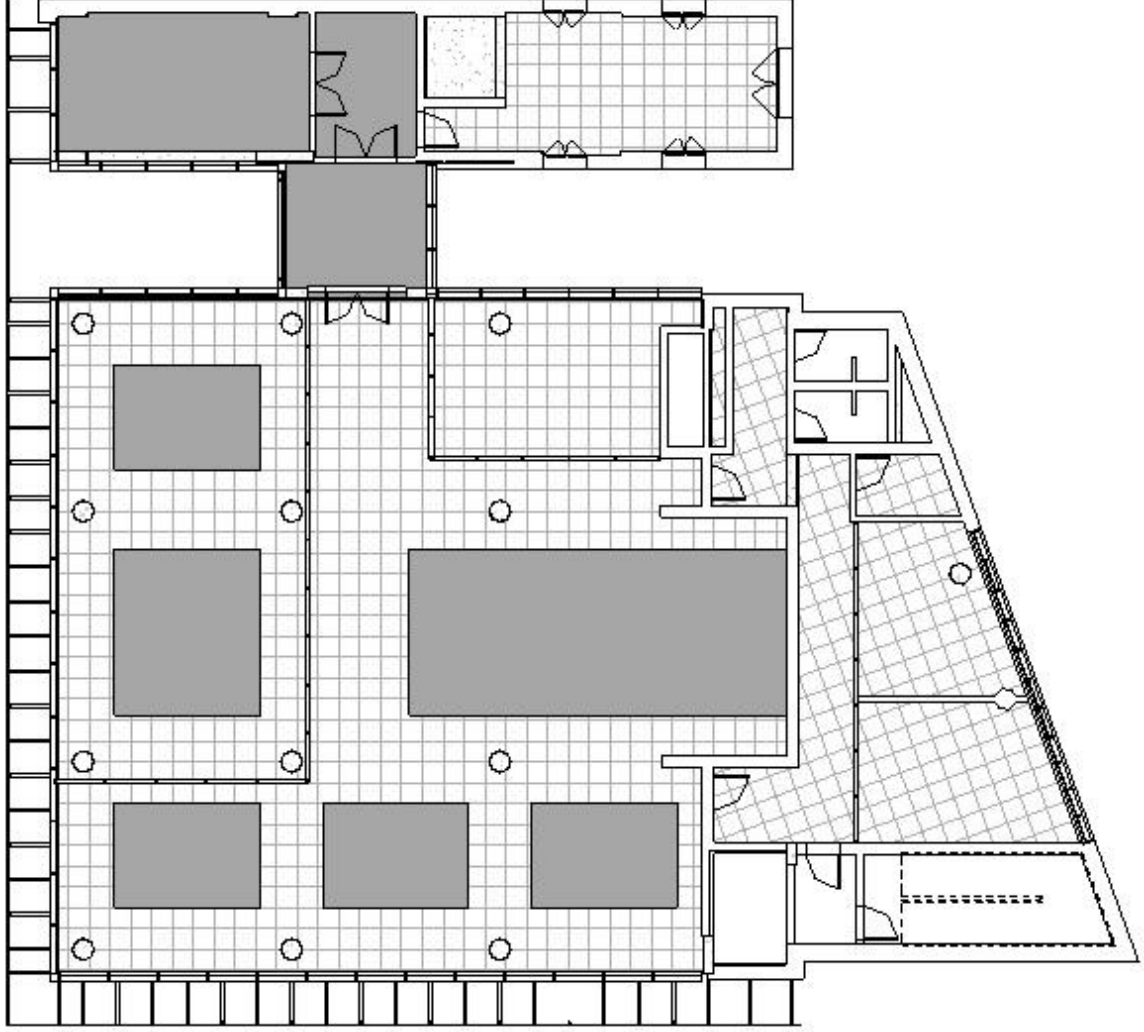
1. Normal kat tavan planı şekilde gösterilmektedir. Planda yer alan mahallerin tavan malzeme listeleri Ek-2'dedir. (Şekil 4.26)



Şekil 4.26. 1. Normal Kat Tavan Planı

2. Normal Kat Tavan Planı

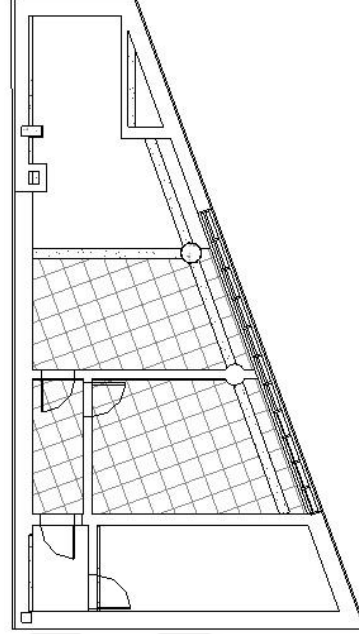
2. Normal kat tavan planı şekilde gösterilmektedir. Planda yer alan mahallerin tavan malzeme listeleri Ek-2'dedir. (Şekil 4.27)



Şekil 4.27. 2. Normal Kat Tavan Planı

Çatı Kat Tavan Planı

Çatı kat tavan planı şekilde gösterilmektedir. Planda yer alan mahallerin tavan malzeme listeleri Ek-2'dedir. (Şekil 4.28)



Şekil 4.28. Çatı Kat Tavan Planı

4.4.3. Görünüşler

Kuzey Cephe Görünüşü

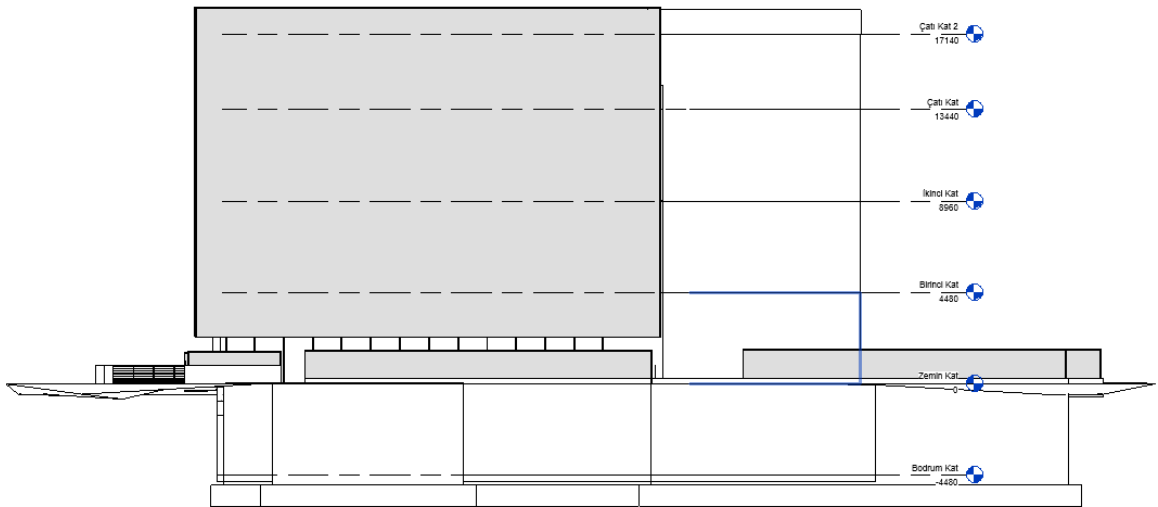
Kuzey cephe görünüşü şekilde gösterilmektedir. (Şekil 4.29)



Şekil 4.29. Kuzey Cephe Görünüşü

Güney Cephe Görünüşü

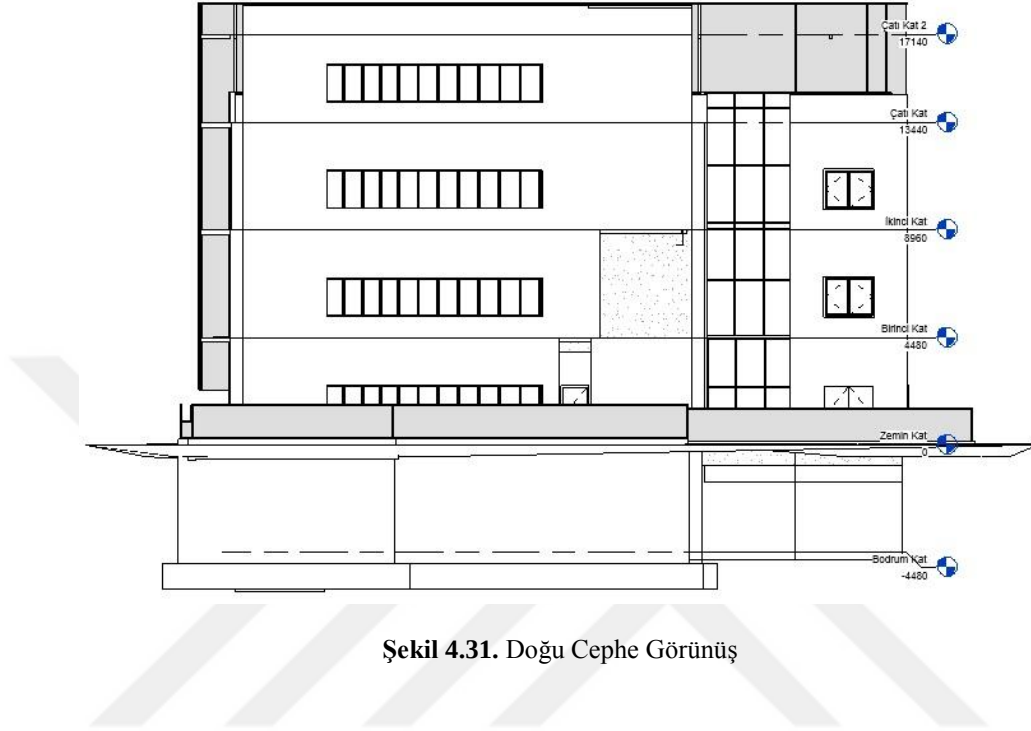
Güney cephe görünüşü şekilde gösterilmektedir. (Şekil 4.30)



Şekil 4.30. Güney Cephe Görünüşü

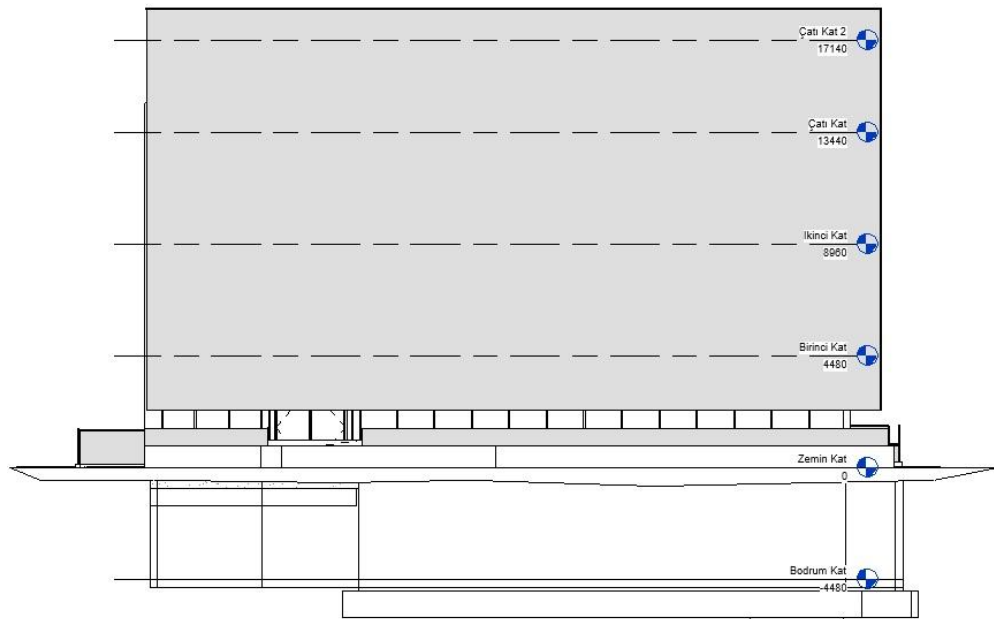
Doğu Cephe Görünüş

Doğu cephe görünüş şeklinde gösterilmektedir. (Şekil 4.31)



Batı Cephe Görünüş

Batı cephe görünüş şeklinde gösterilmektedir. (Şekil 4.32)

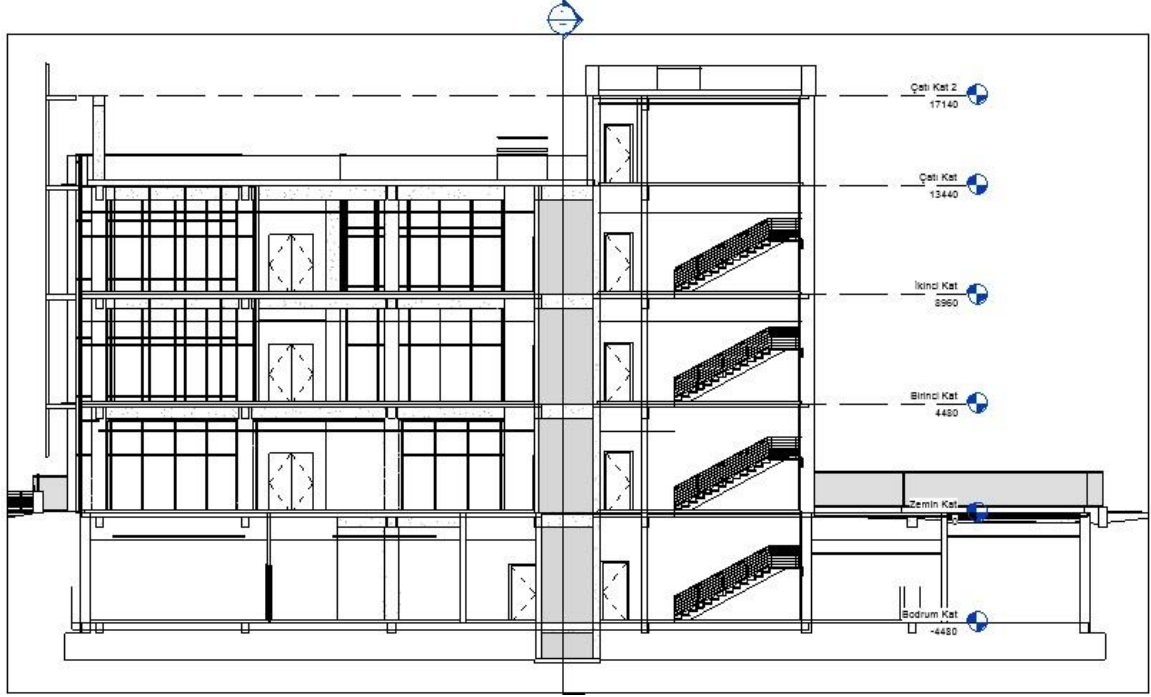


Şekil 4.32. Batı Cephe Görünüş

4.4.4. Kesitler

A-A Kesit

A-A kesit şekilde gösterilmektedir. (Şekil 4.33)



Şekil 4.33. A-A Kesit

B-B Kesit

B-B kesit şekilde gösterilmektedir. (Şekil 4.34)

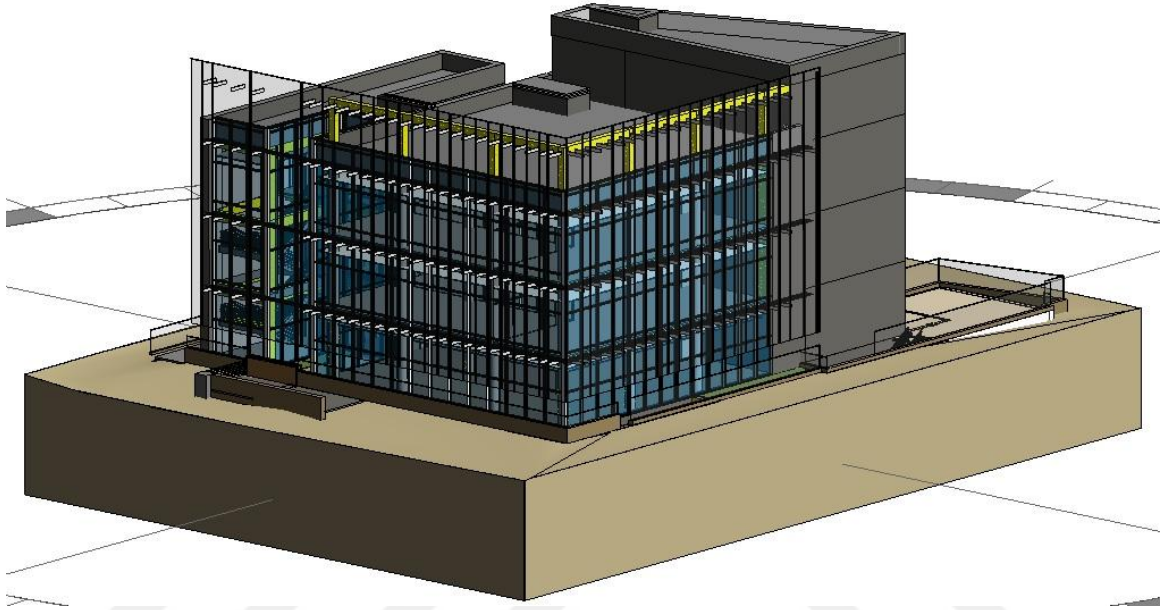


Şekil 4.34. B-B Kesit

4.4.5. 3B Model Çalışması

3B Model

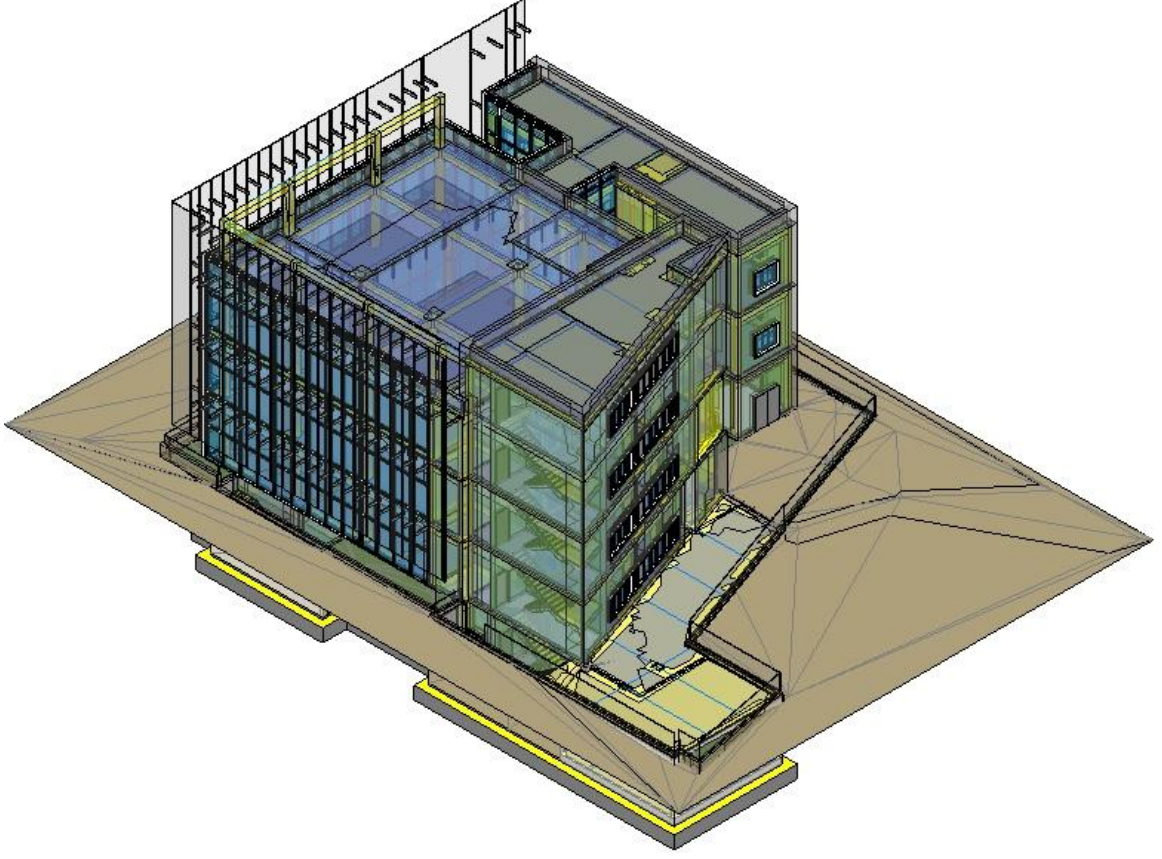
3B model çalışması şekilde gösterilmektedir. (Şekil 4.35)



Şekil 4.35. K- Odak Yapısı 3B Model Çalışması

Enerji Modeli

3B enerji modeli şekilde gösterilmektedir.(Şekil 4.36)

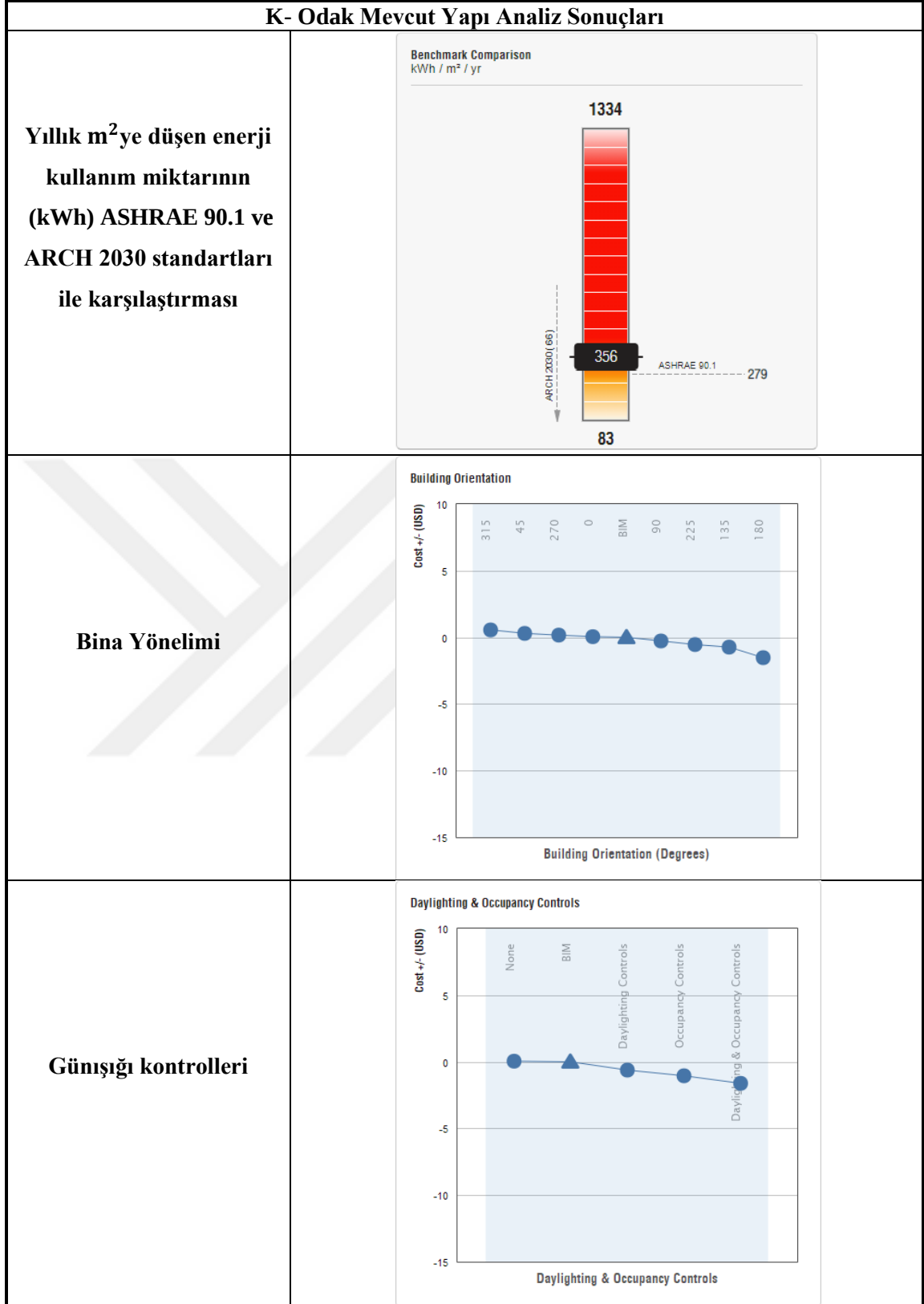


Şekil 4.36. K-Odak Yapısı Enerji Modeli

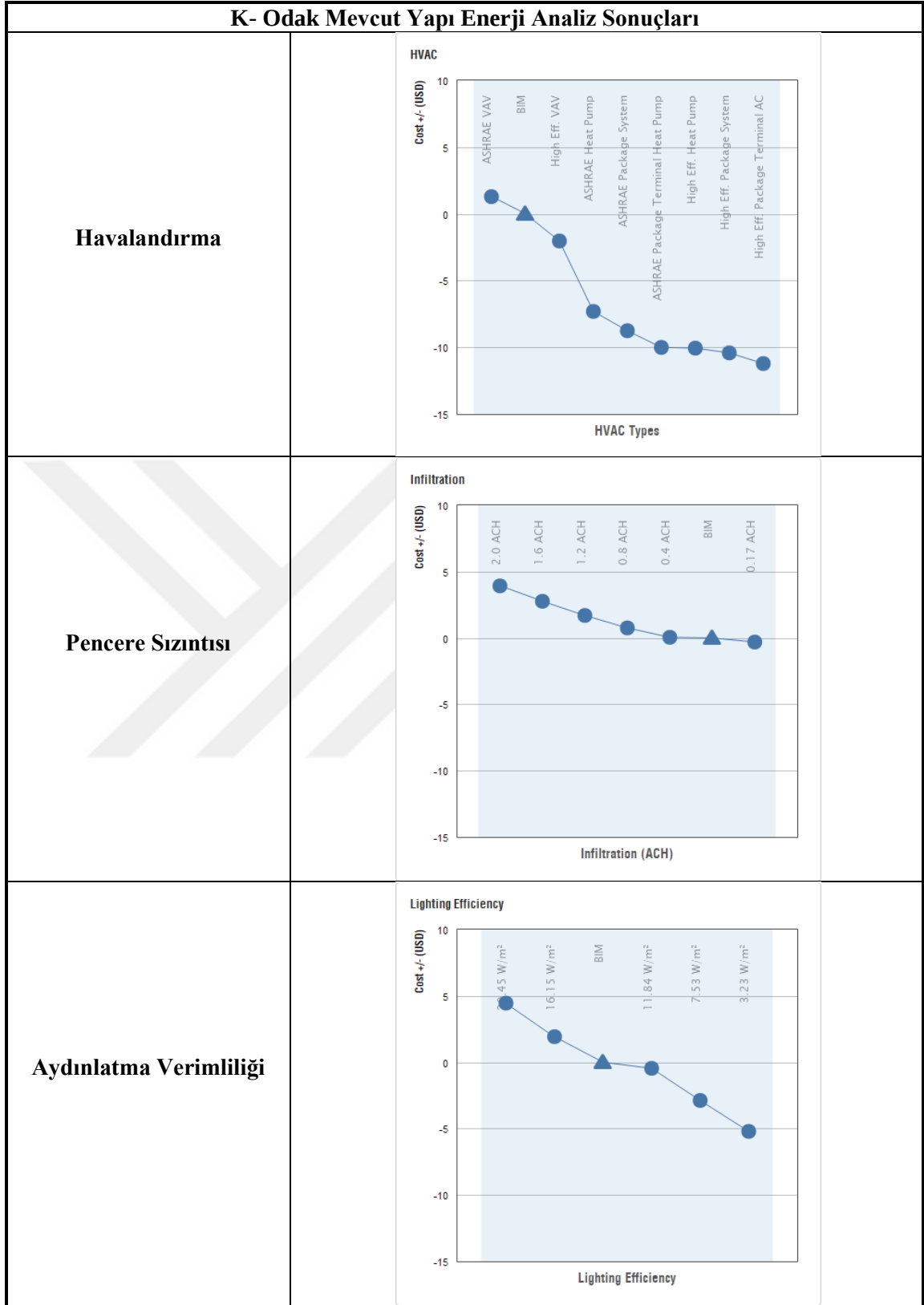
5. BULGULAR VE TARTIŞMA

5.1. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analizi

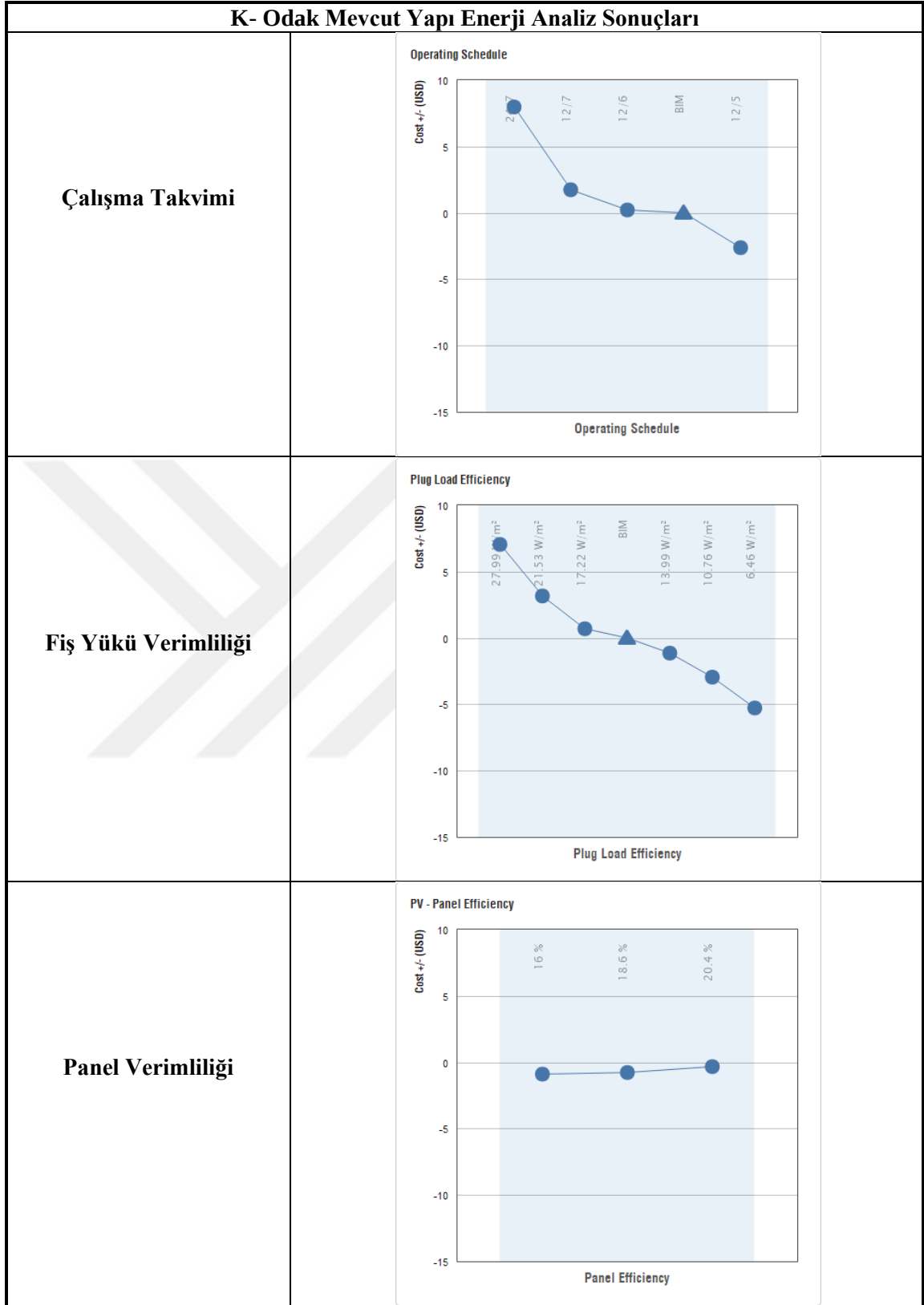
Autodesk Revit ortamında modellenen K-Odak isimli kütüphane yapısının Autodesk Insight eklentisi ile enerji analizleri, kümülatif güneş analizleri ve aydınlatma analizleri yapılmıştır. Yapının m² başına düşen yıllık enerji tüketim miktarı 356 kWh olduğu gözlemlenmiştir. Daha sonra ise mevcut yapı üzerinde olumlu ve olumsuz yönde birtakım değişiklikler yapılarak yapının m² başına düşen yıllık enerji tüketim miktarı üzerindeki değişikliklerin gözlemlenmesi hedeflenmiştir. Mevcut yapı enerji analiz sonuçları, kümülatif güneş analizleri ve aydınlatma analizleri aşağıdaki gibidir. (Şekil 5.1, Şekil 5.2, Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5, Şekil 5.6, Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9, Şekil 5.10, Şekil 5.11, Şekil 5.12, Şekil 5.13)



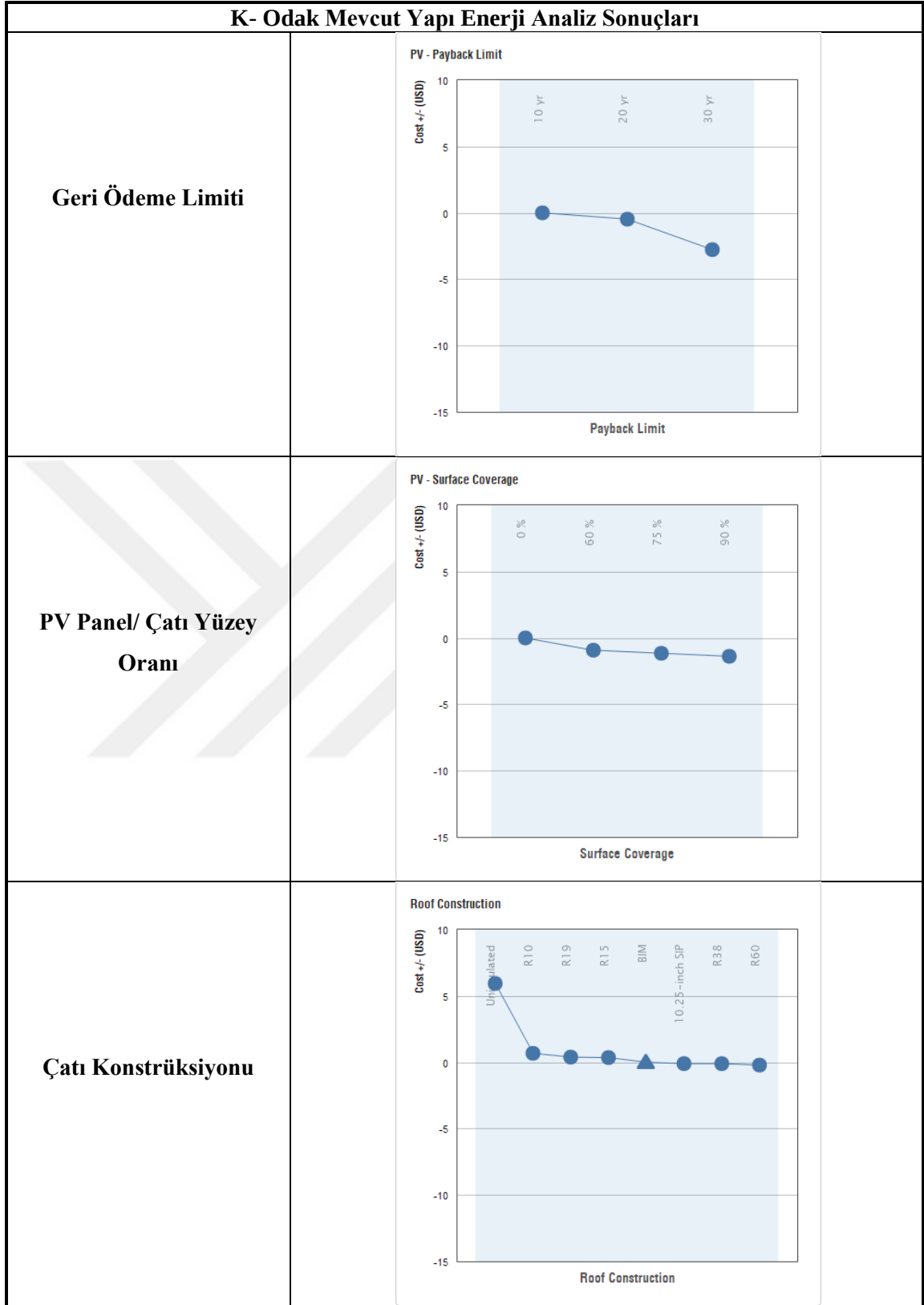
Şekil 5.1. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları



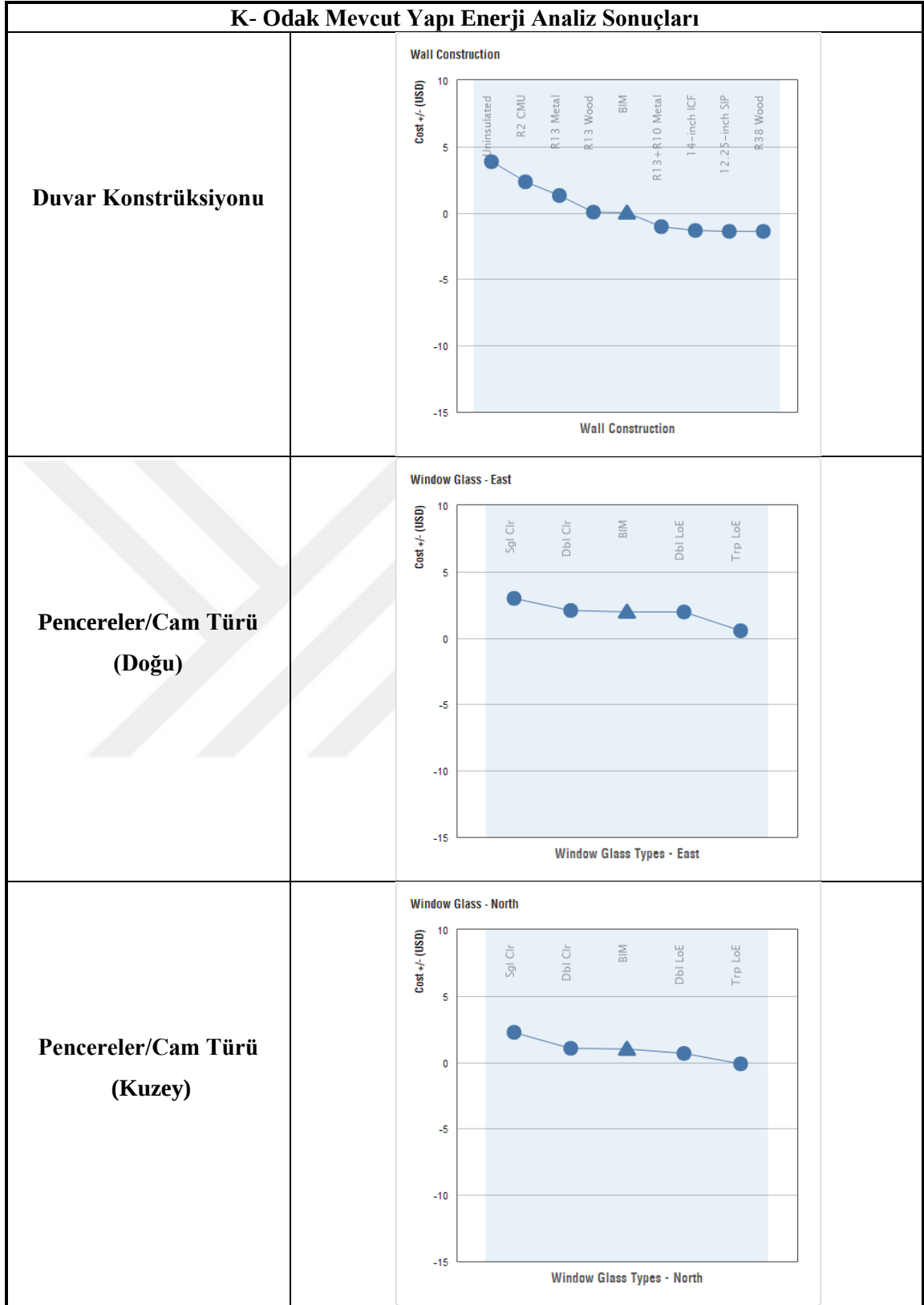
Şekil 5.2. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları



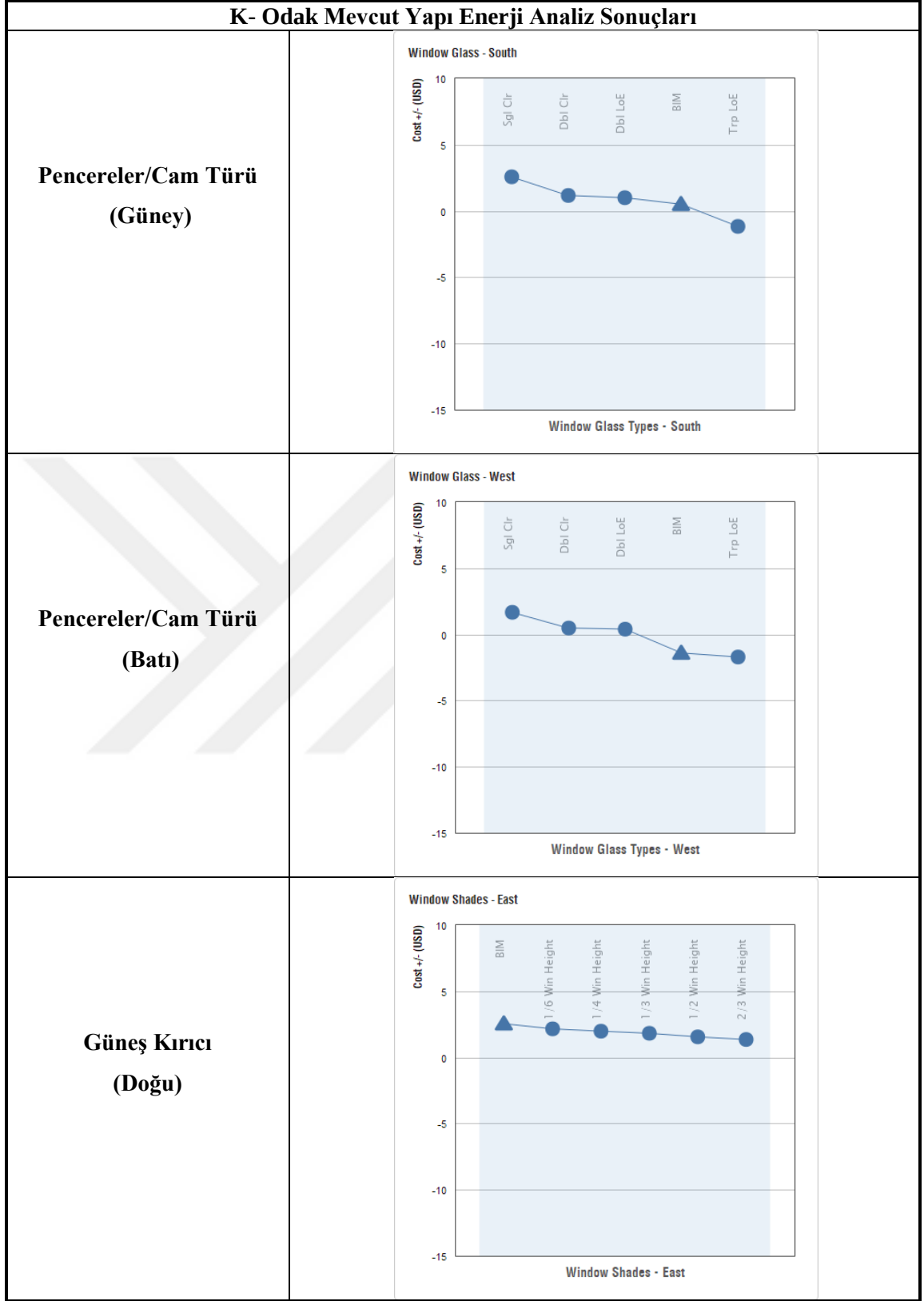
Şekil 5.3. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları



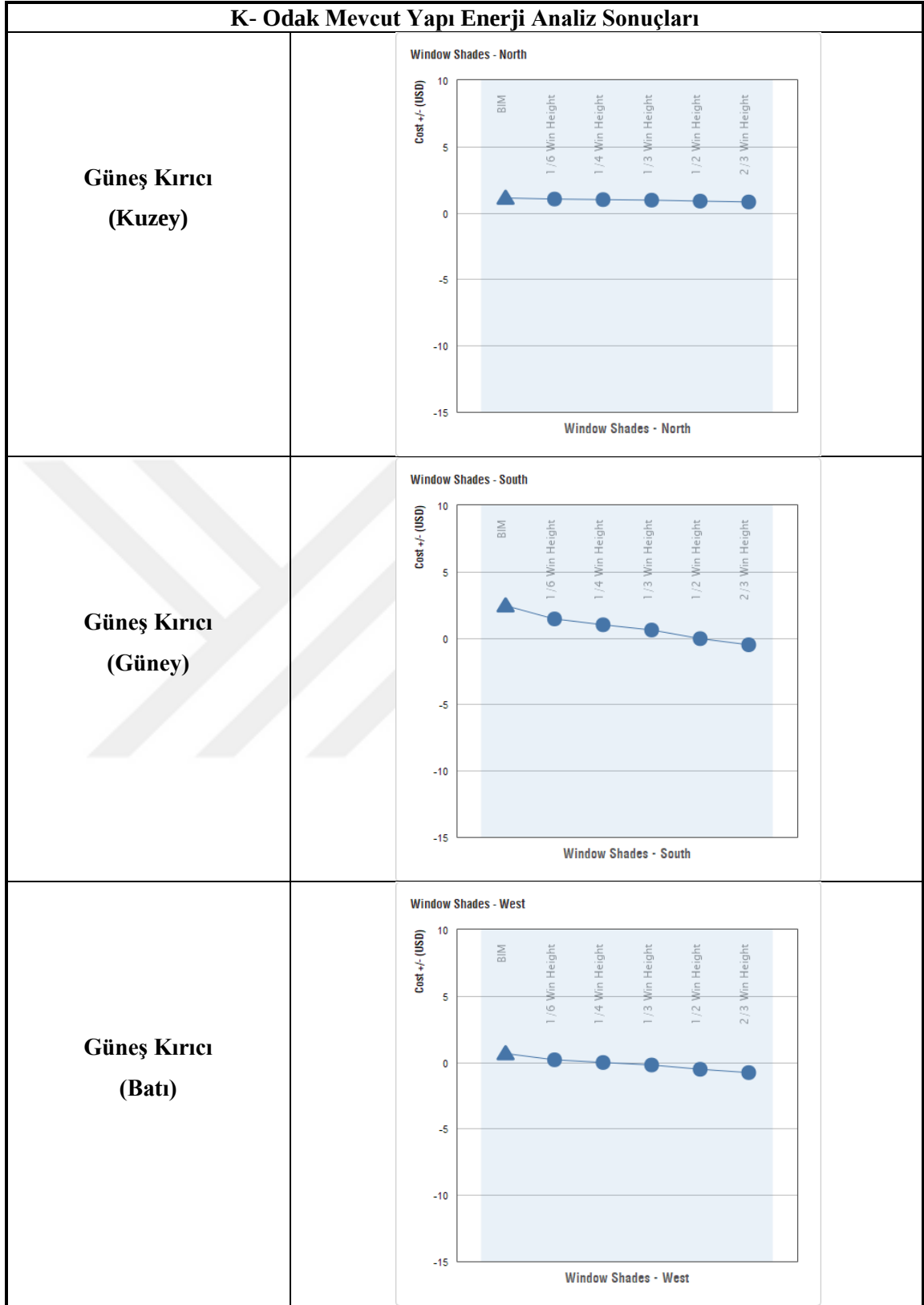
Şekil 5.4. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları



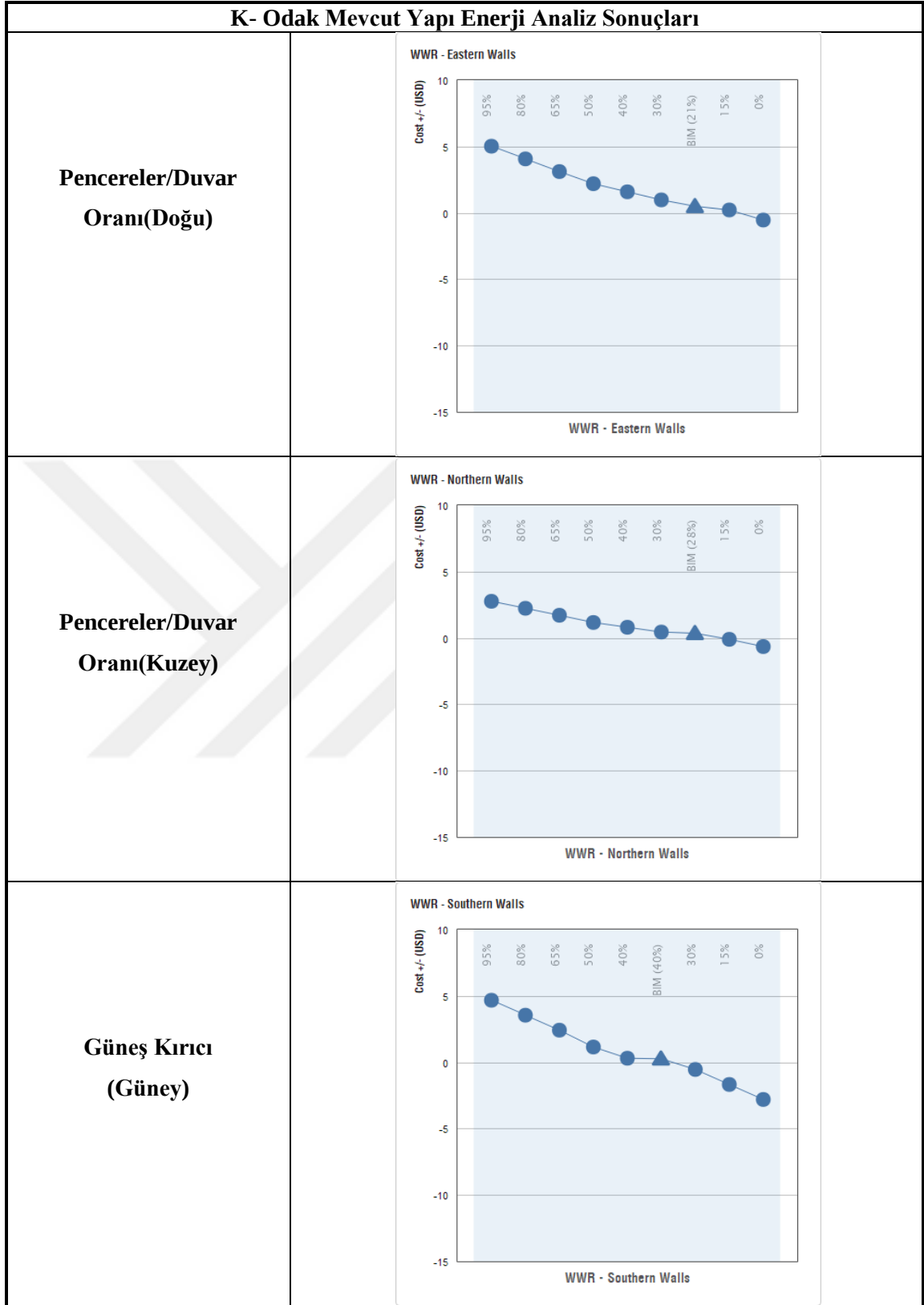
Şekil 5.5. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları



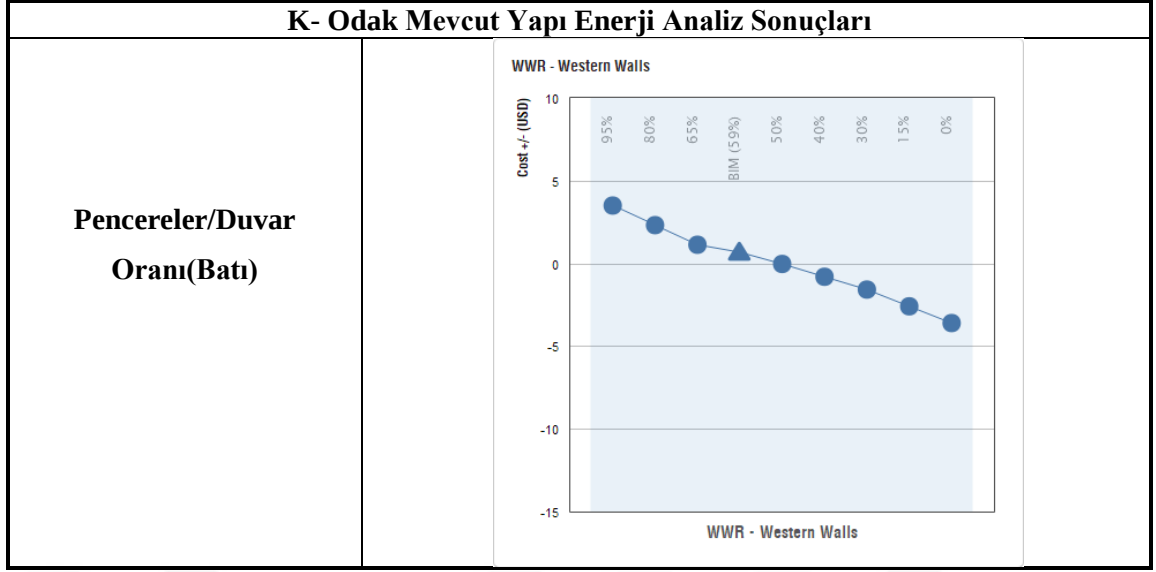
Şekil 5.6. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları



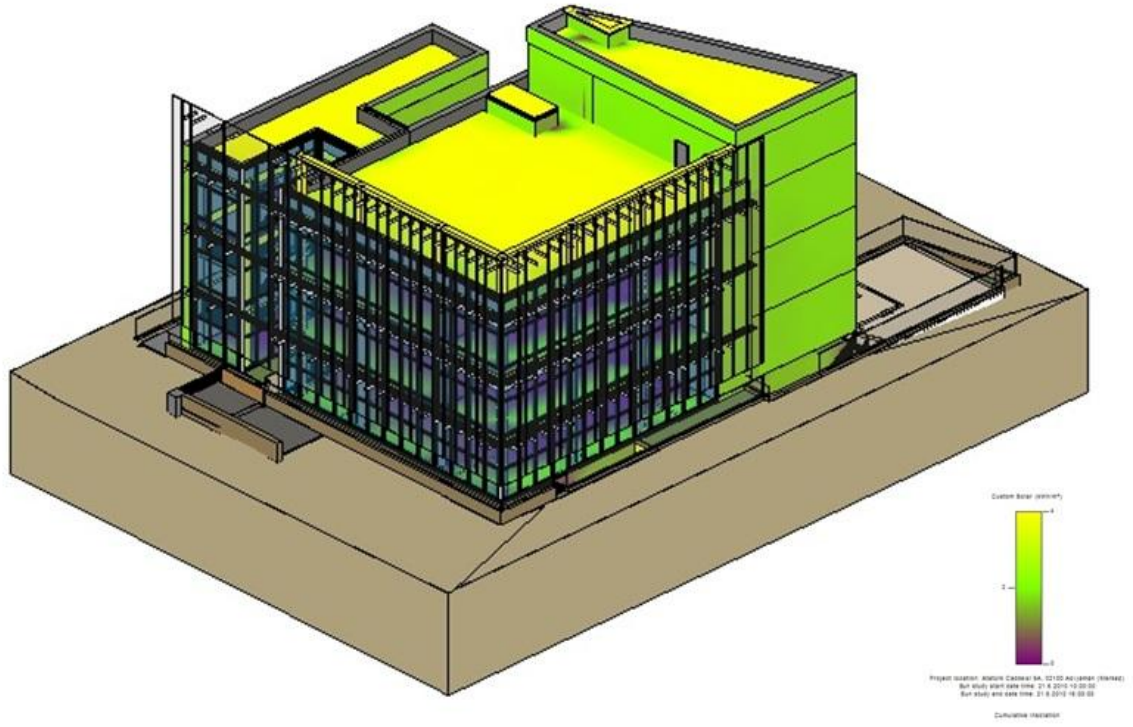
Şekil 5.7. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları



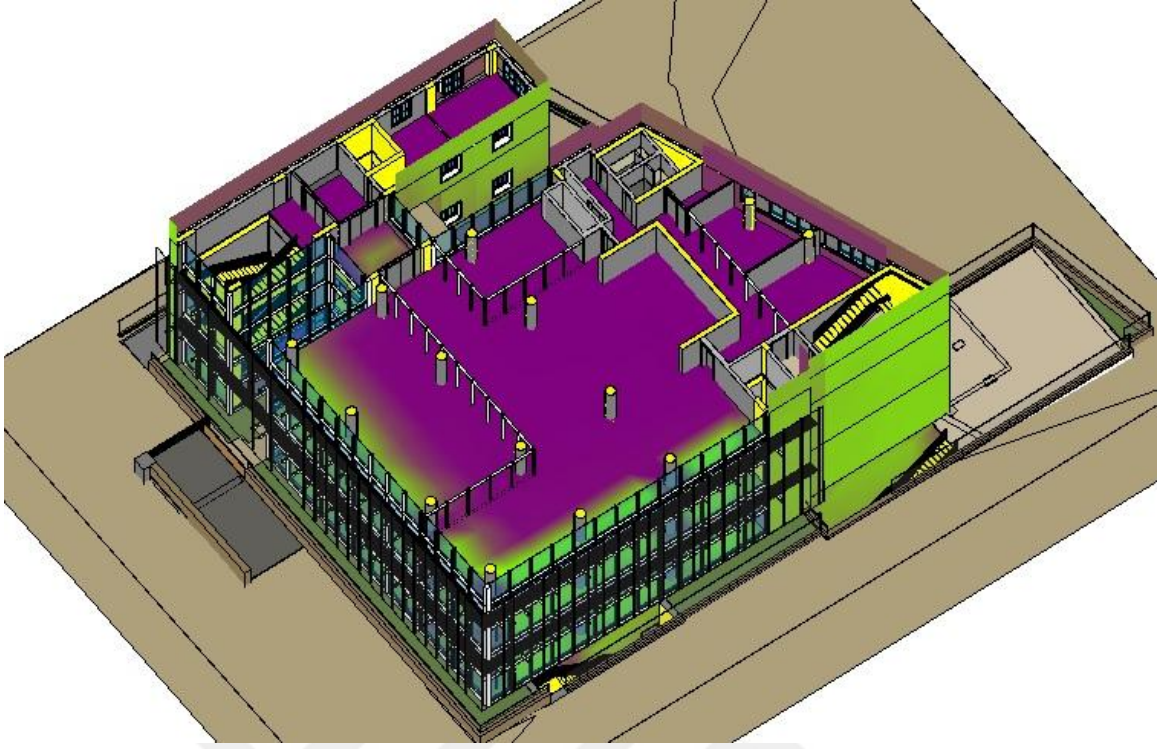
Şekil 5.8. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları



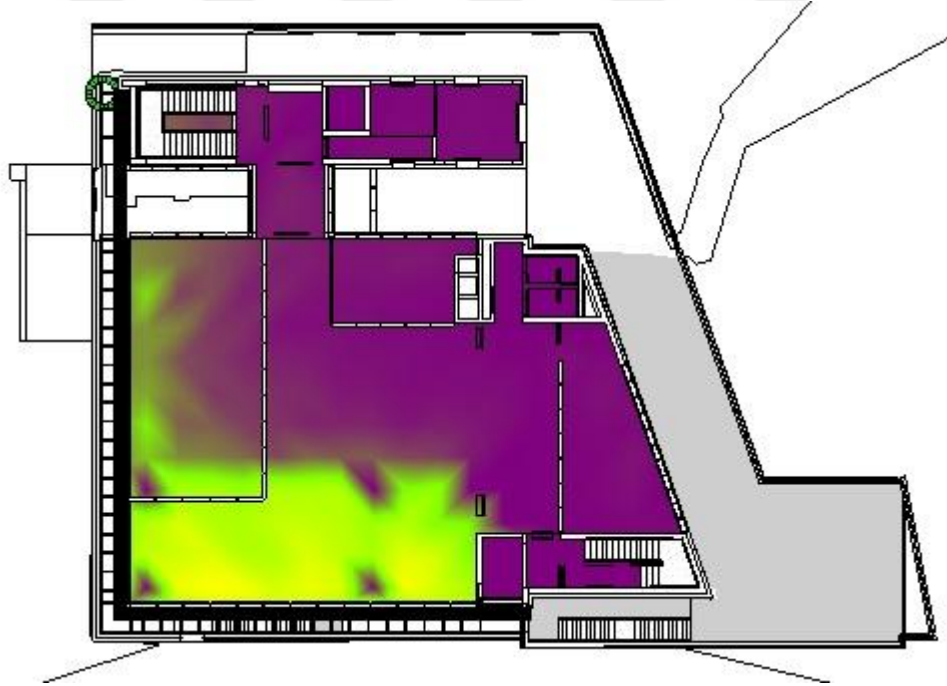
Şekil 5.9. K- Odak Mevcut Yapı Enerji Analiz Sonuçları



Şekil 5.10. K- Odak Mevcut Yapı Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları



Şekil 5.11. K- Odak Mevcut Yapı Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları



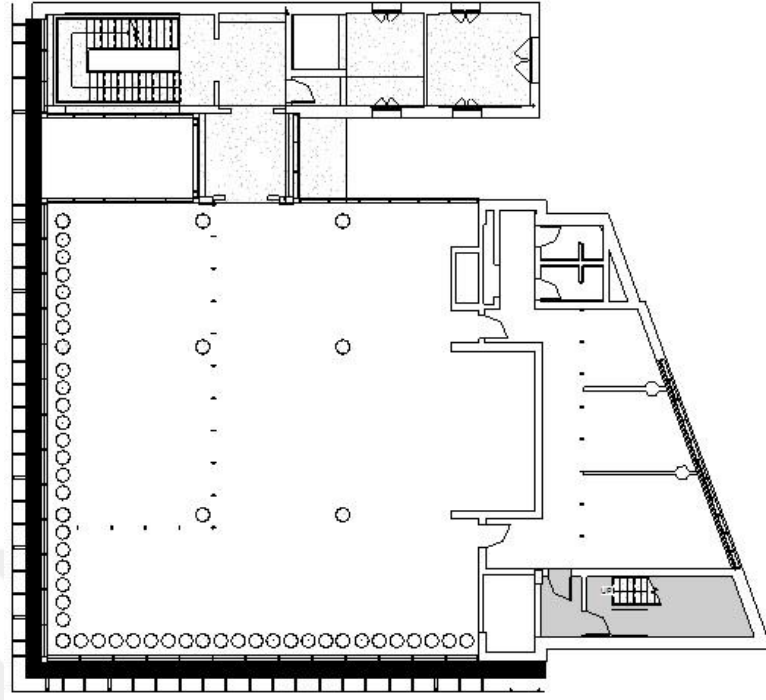
Şekil 5.12. K- Odak Mevcut Yapı Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları



Şekil 5.13. K- Odak Mevcut Yapı Aydınlatma Analiz Sonuçları

5.1.1. K- Odak Yapısı 1. Senaryo

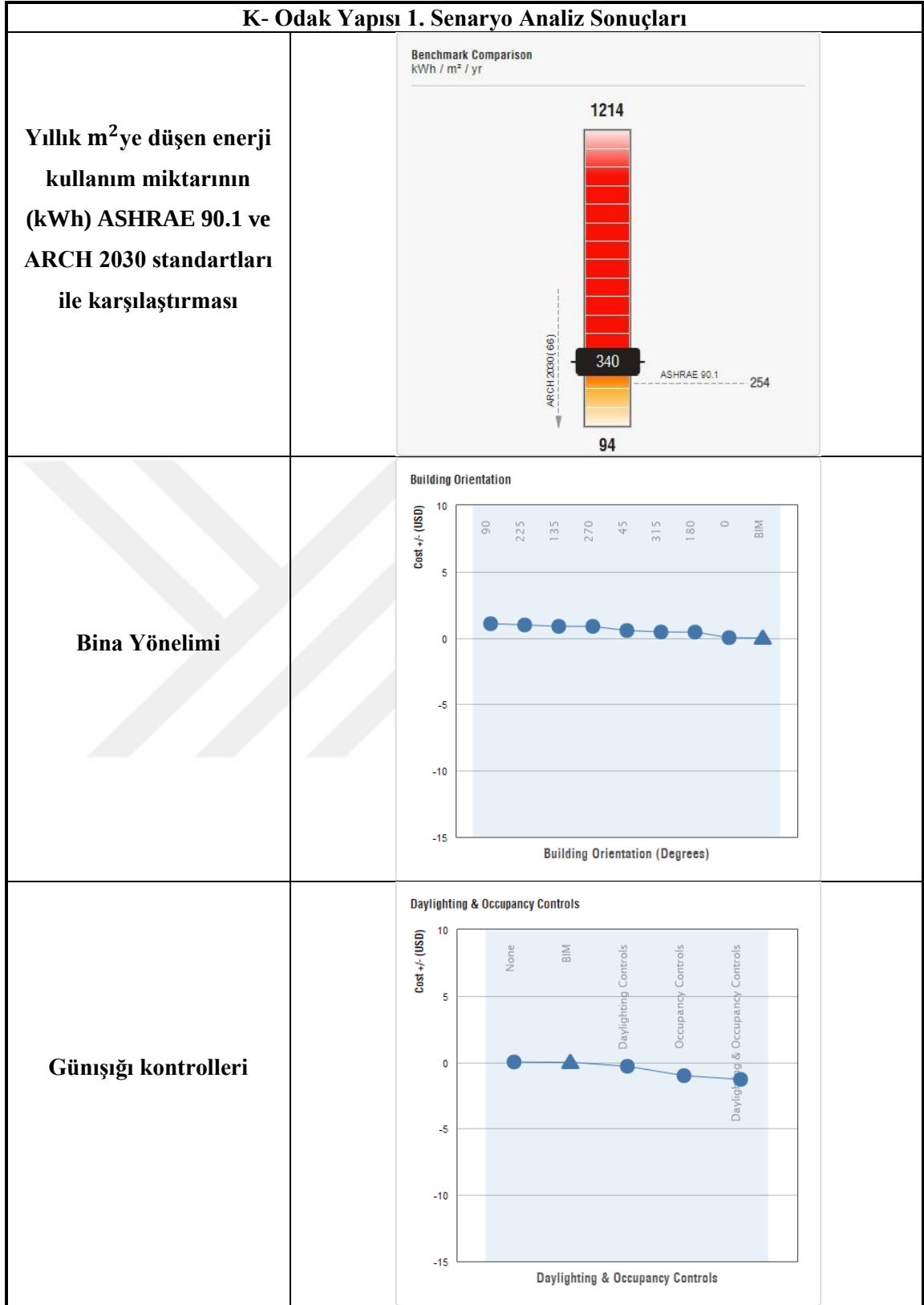
Yapının güney ve batı cephelerinde yapı cephesi boyunca giydirme cephe bulunmaktadır. Güneş ışınlarının ısıtma enerjisinden faydalanmak adına yapı güney- güneydoğu- güneybatı cephelerinde yer alan kısımların pasif iklimlendirme elemanları olarak kullanılabileceği bilgisi ile bu kısımlara su duvarları ekleyerek yapının ihtiyacı olan enerjinin bir kısmı pasif sürdürülebilir kaynaklarından güneş enerjisi ile karşılanarak enerji yükü azaltılmak istenmiştir. İlk olarak bodrum kattan başlayan ve zemin kat, 1. normal kat ve 2. normal kat boyunca devam eden ve çapı 620mm olan su duvarları kolon akslarına yerleştirilmiştir. (Şekil 5.14 ve Şekil 5.15) Mevcut yapının kütüphane yapısı olması sebebiyle gün ışığının iç mekana doğru miktarda ve doğru açıda alınması gerektiği bilgisi göz önünde bulundurularak ve dış mekanla görsel temasın kesilmesi istenmediğinden trombe duvar (güneş duvarı) yerine su duvarı tercih edilmiştir. Sonuç olarak yaptığımız bu değişiklik yapının yıllık m^2 başına düşen enerji ihtiyacını 356 kWh'tan 340 kWh'a düşürmüştür. Enerji analiz sonuçları, kümülatif güneş analizleri ve aydınlatma analizleri aşağıdaki gibidir. (Şekil 5.16, Şekil 5.17, Şekil 5.18, Şekil 5.19, Şekil 5.20, Şekil 5.21, Şekil 5.22, Şekil 5.23, Şekil 5.24, Şekil 5.25, Şekil 5.26, Şekil 5.27, Şekil 5.28)



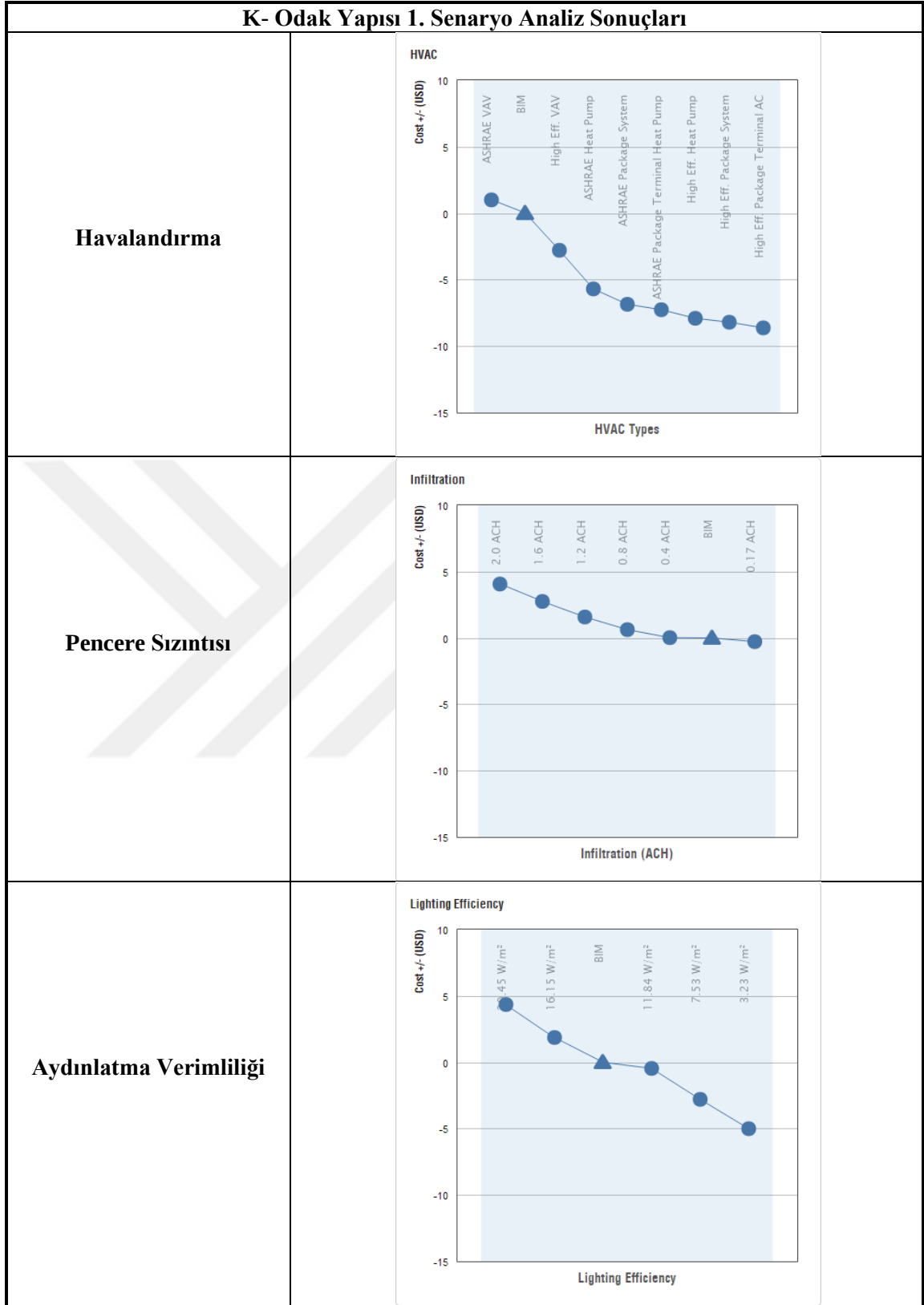
Şekil 5.14. K- Odak Yapısı 1. Kat Planı -Su Duvarları



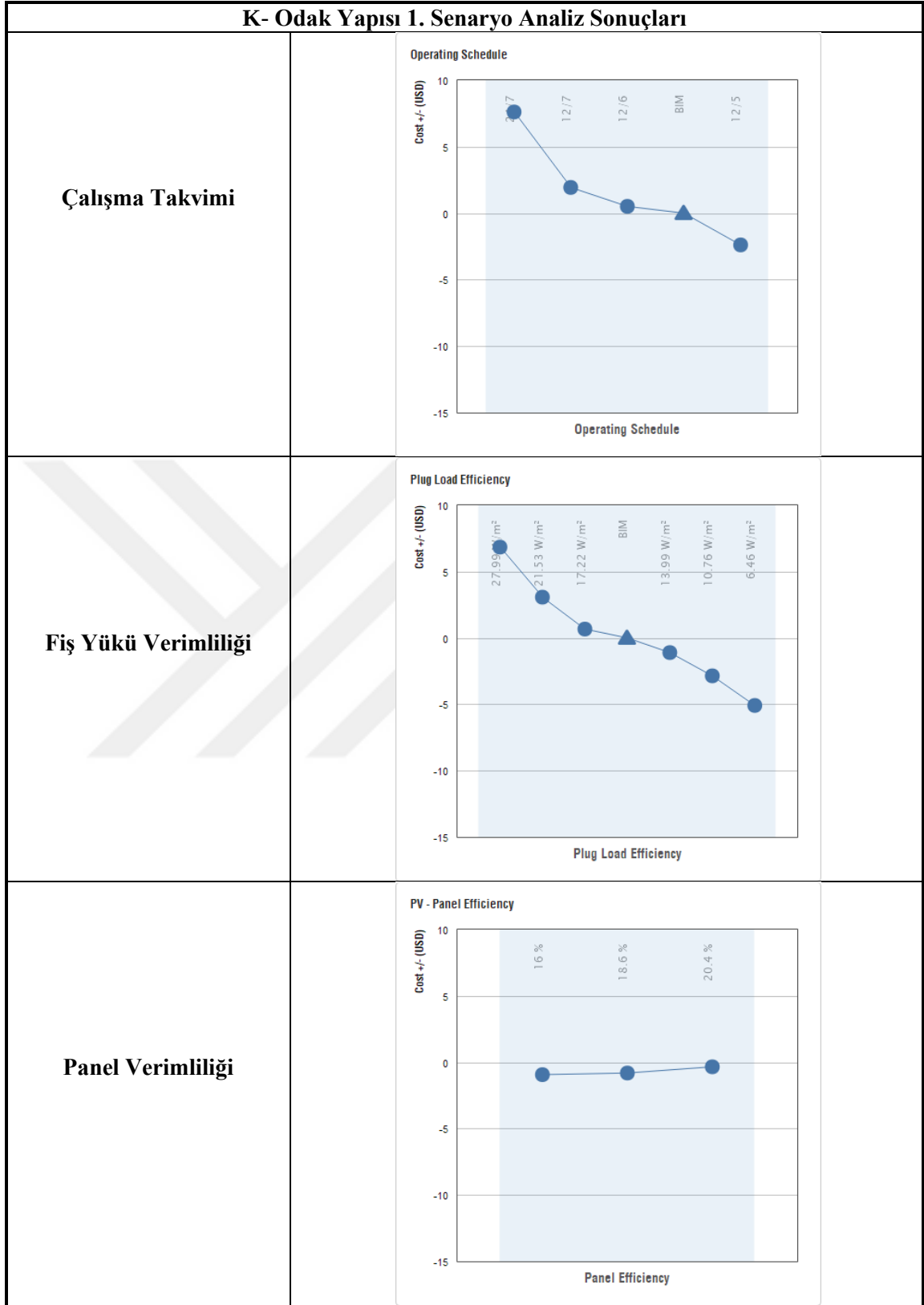
Şekil 5.15. K-Odak Yapısı- Su Duvarları İç Mekan Görünüş



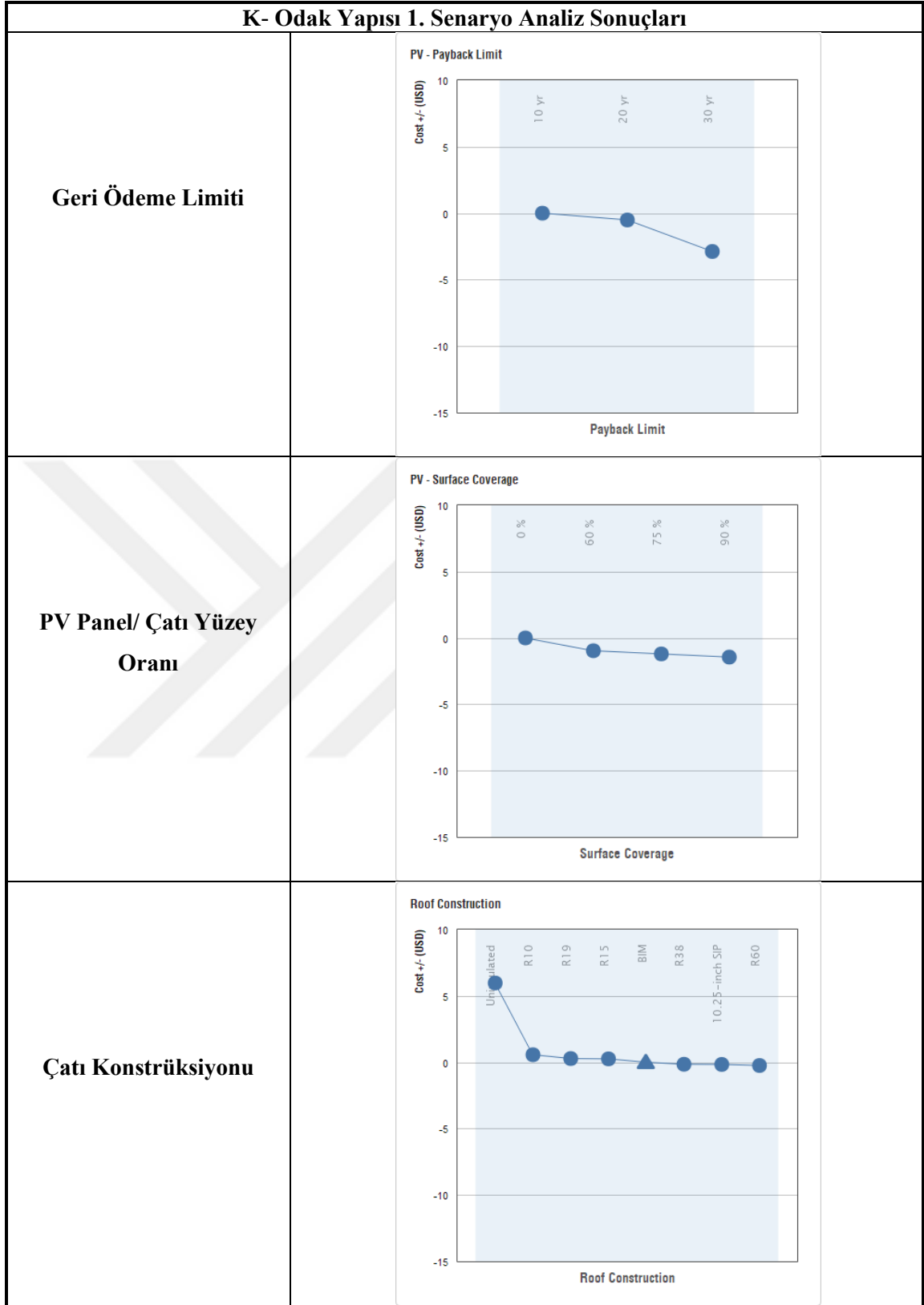
Şekil 5.16. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları



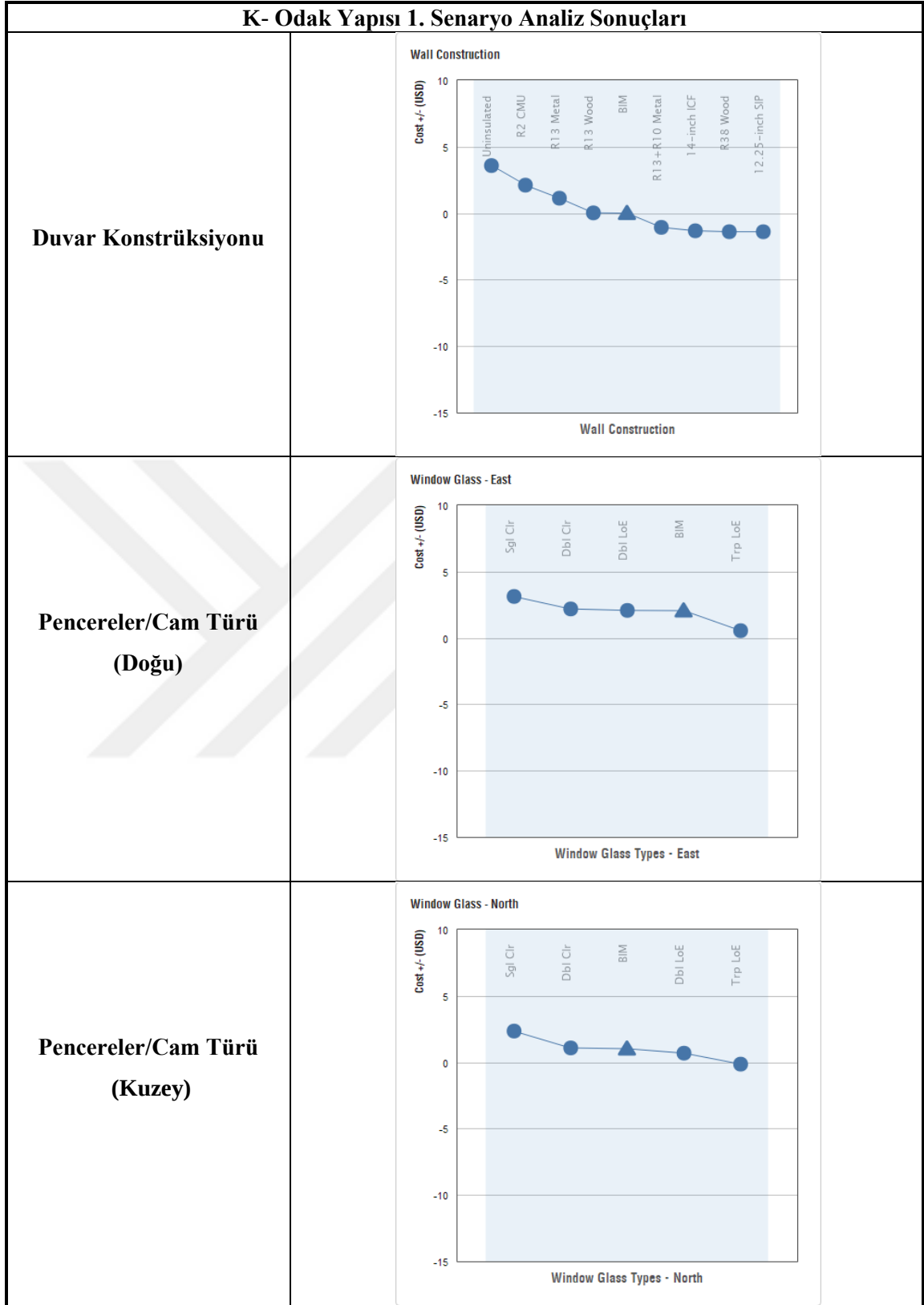
Şekil 5.17. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları



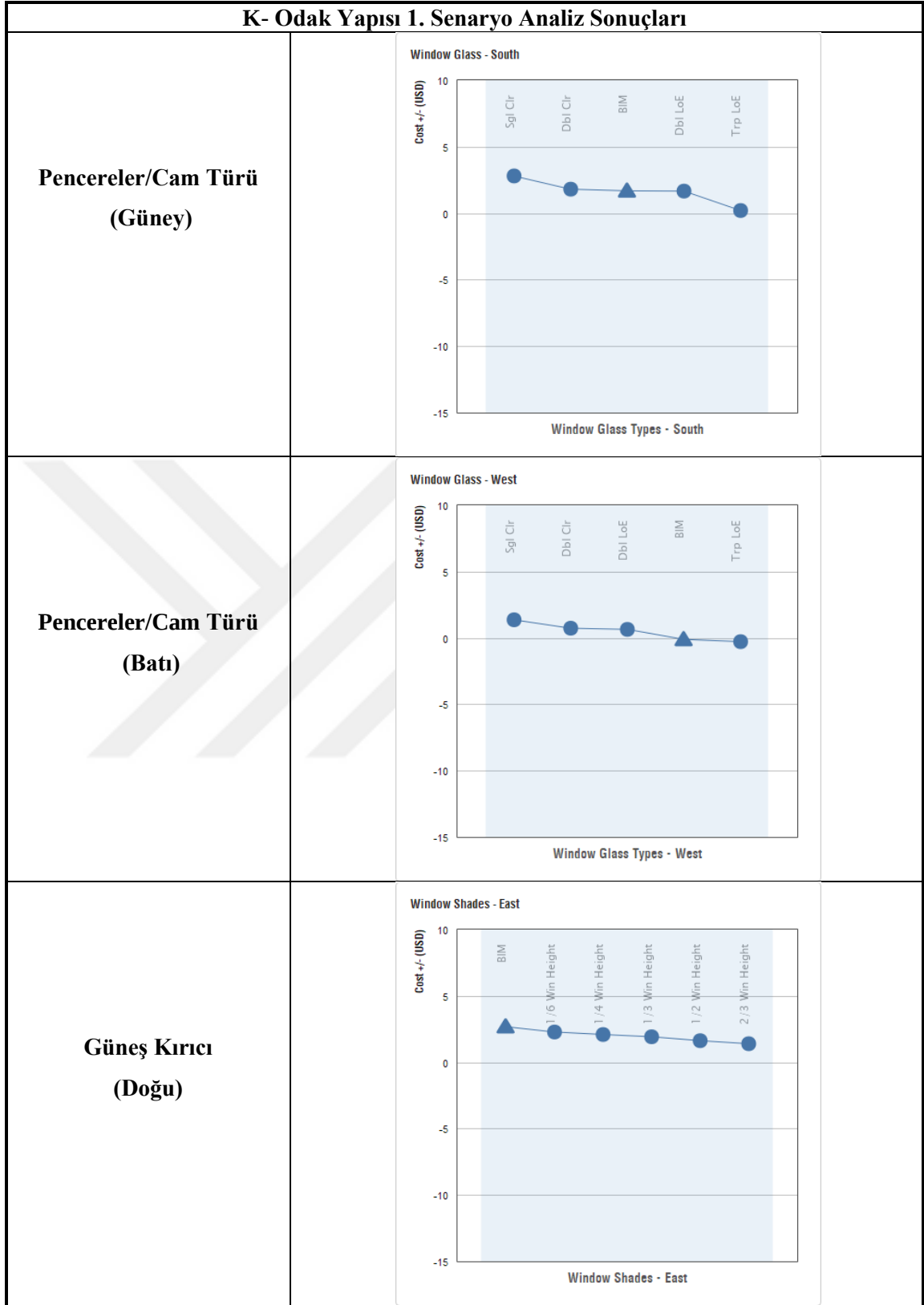
Şekil 5.18. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları



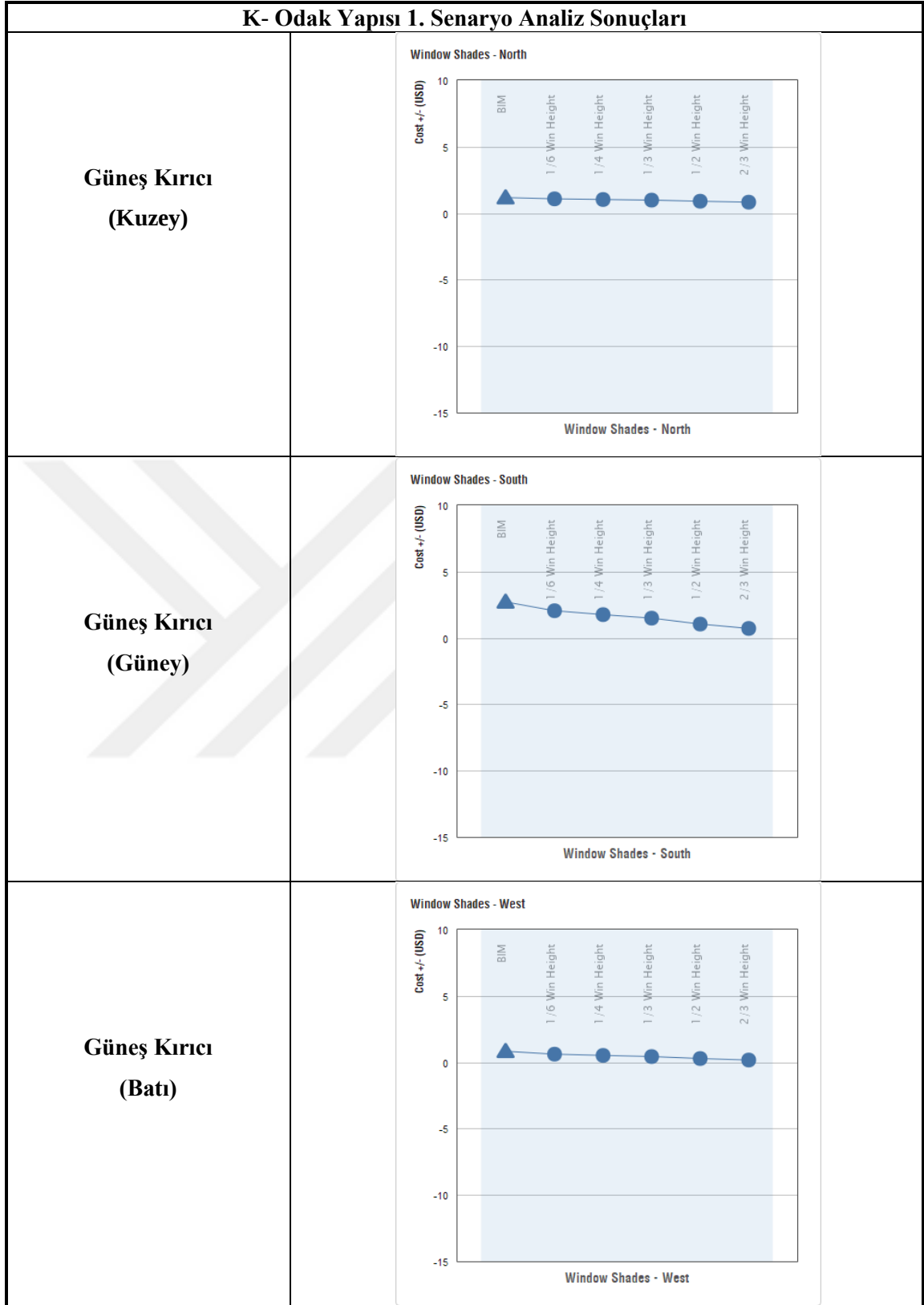
Şekil 5.19. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları



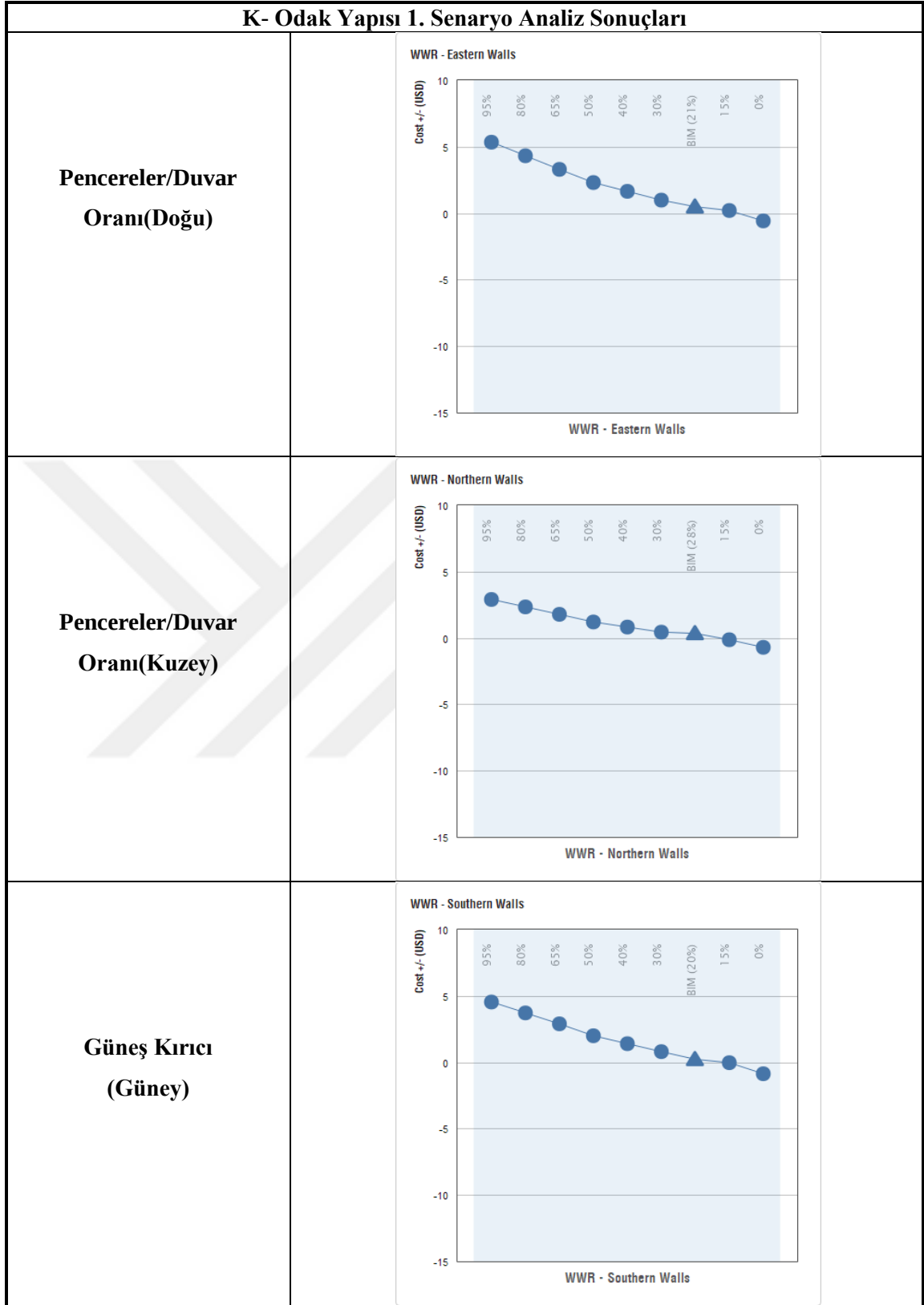
Şekil 5.20. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları



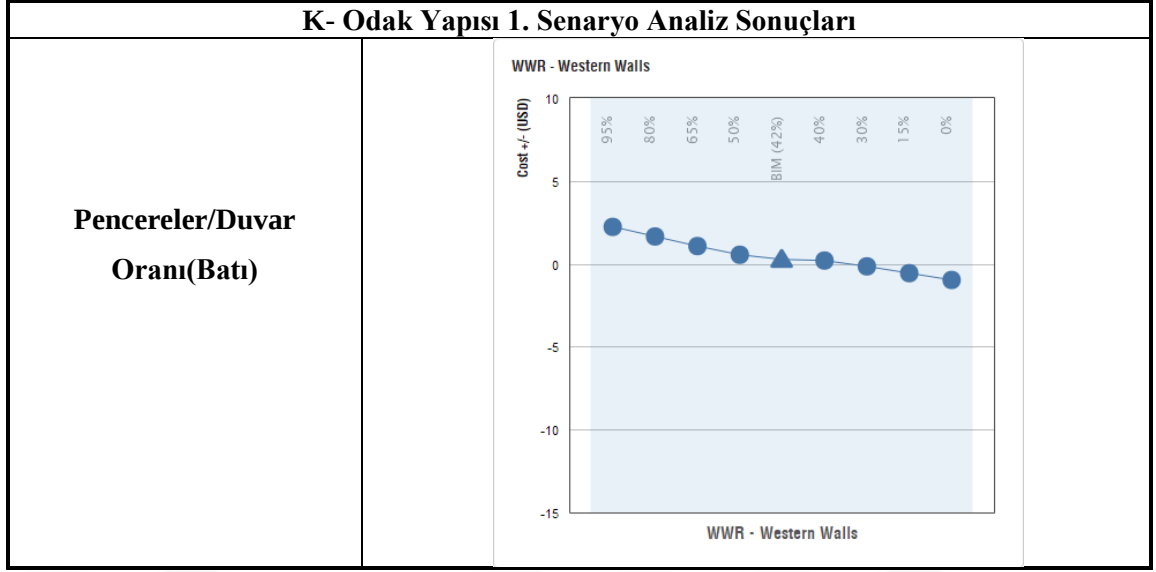
Şekil 5.21. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları



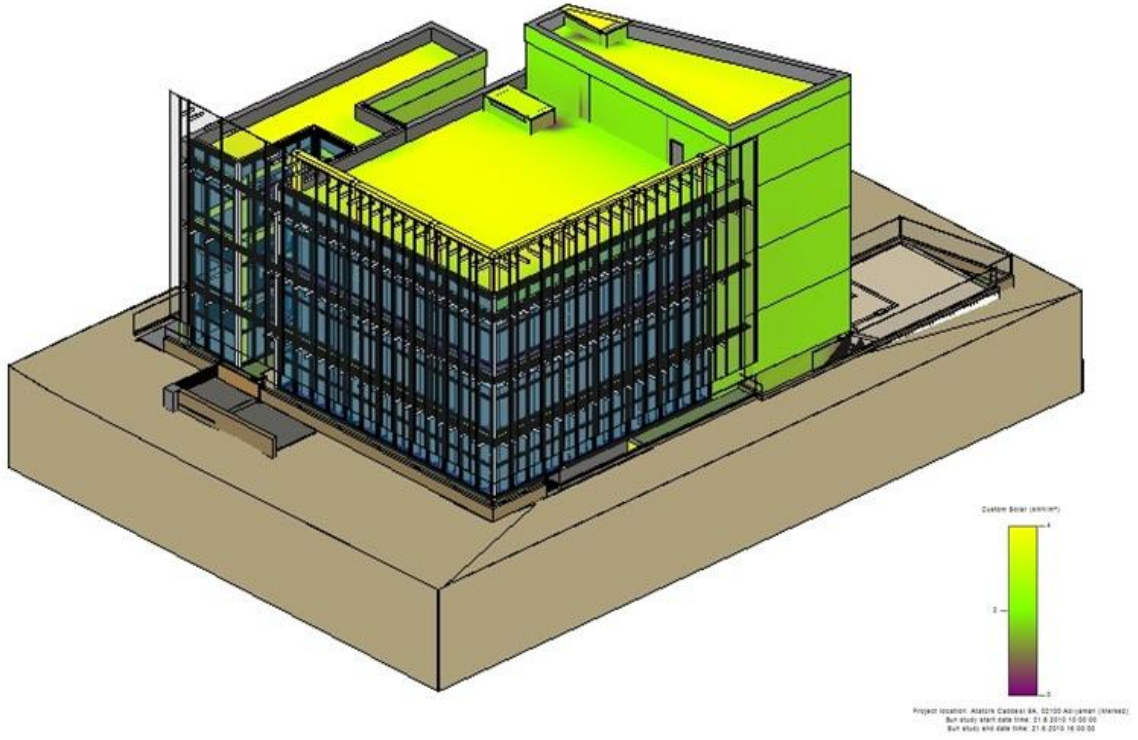
Şekil 5.22. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları



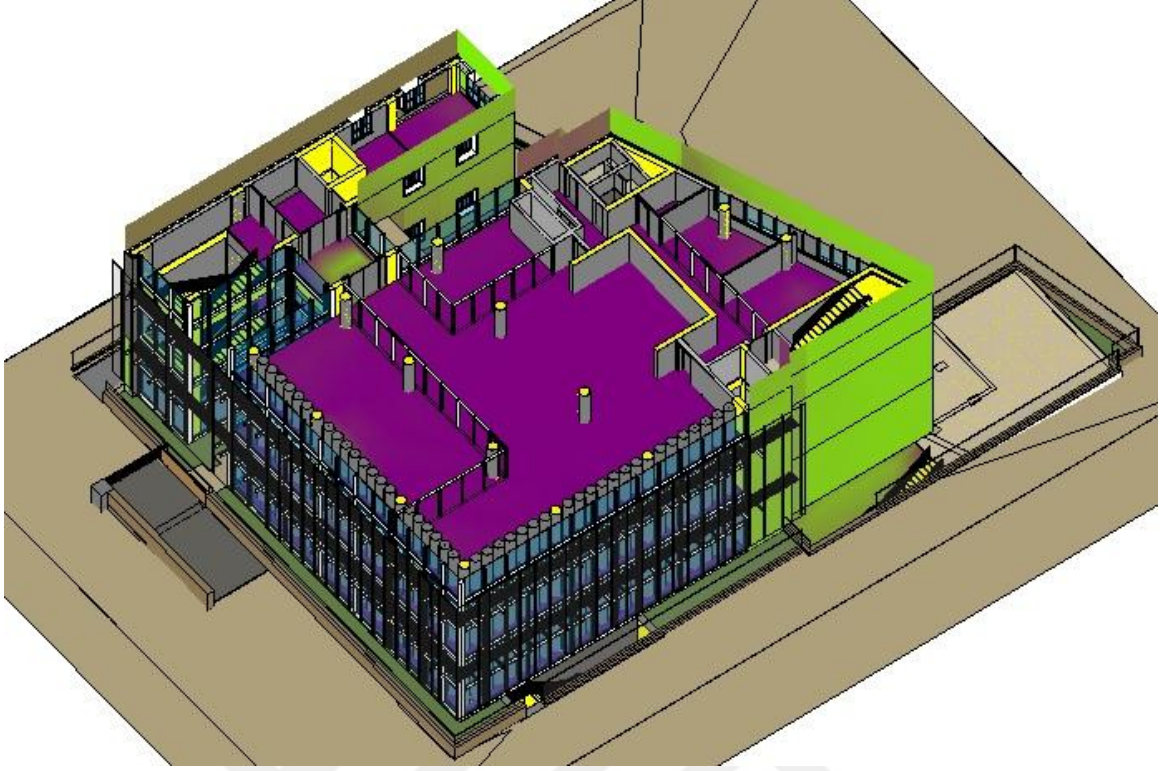
Şekil 5.23. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları



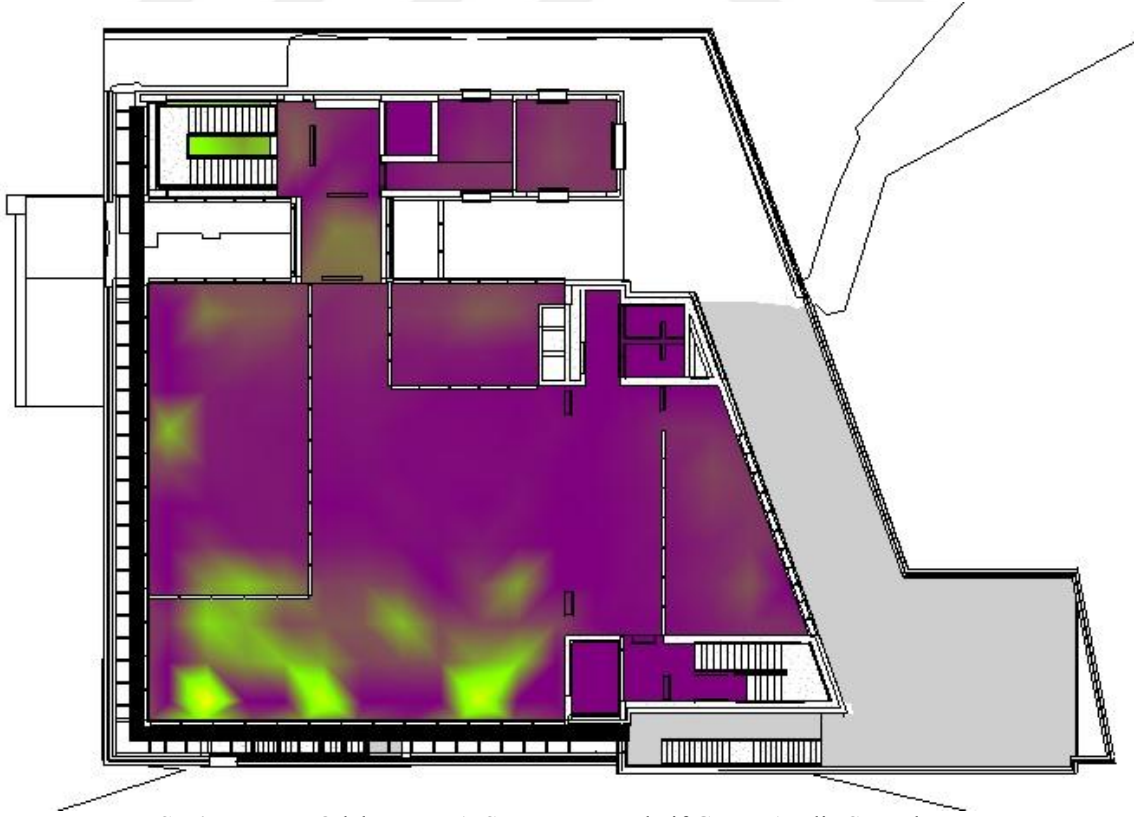
Şekil 5.24. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Analiz Sonuçları



Şekil 5.25. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları



Şekil 5.26. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları



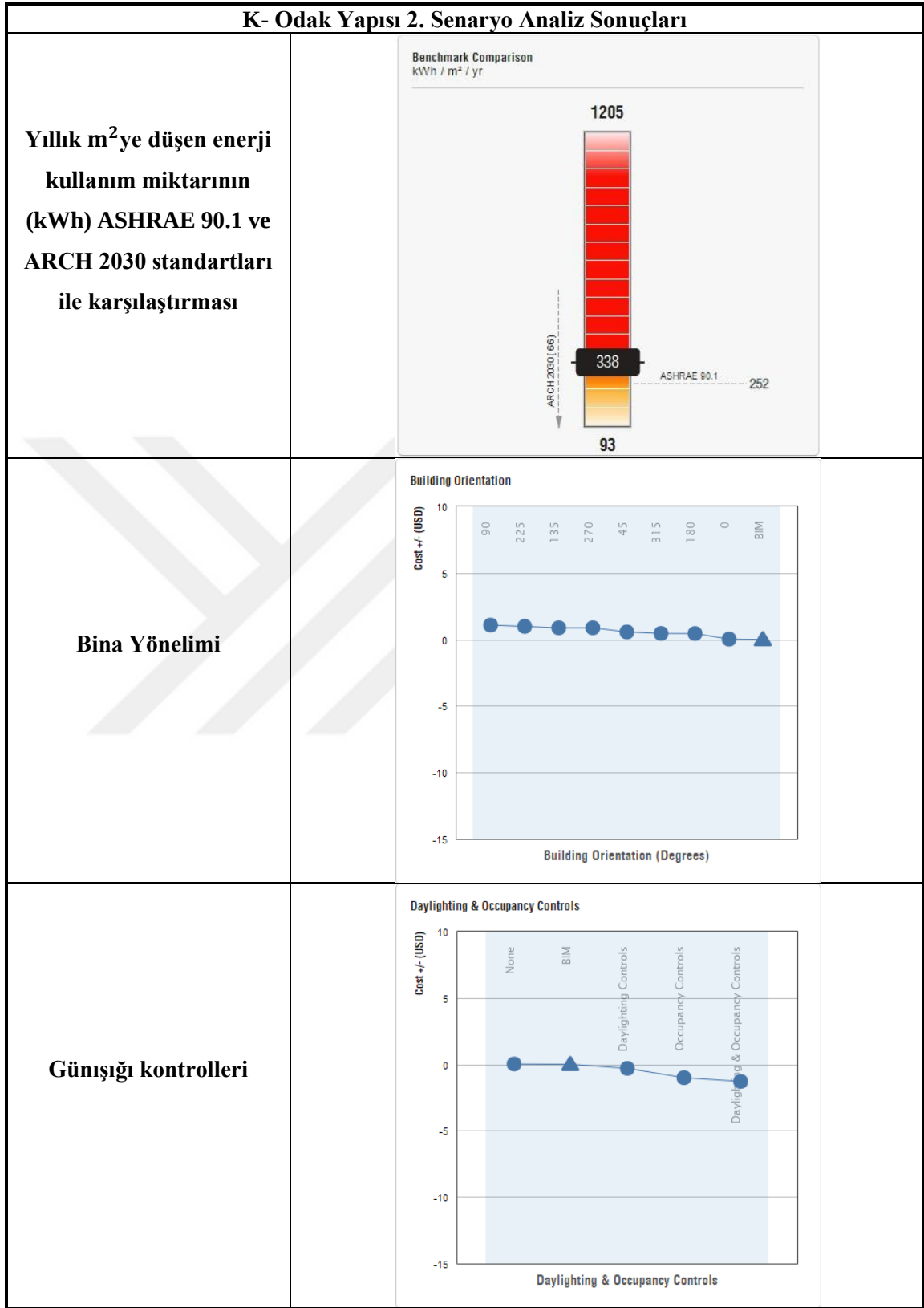
Şekil 5.27. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları



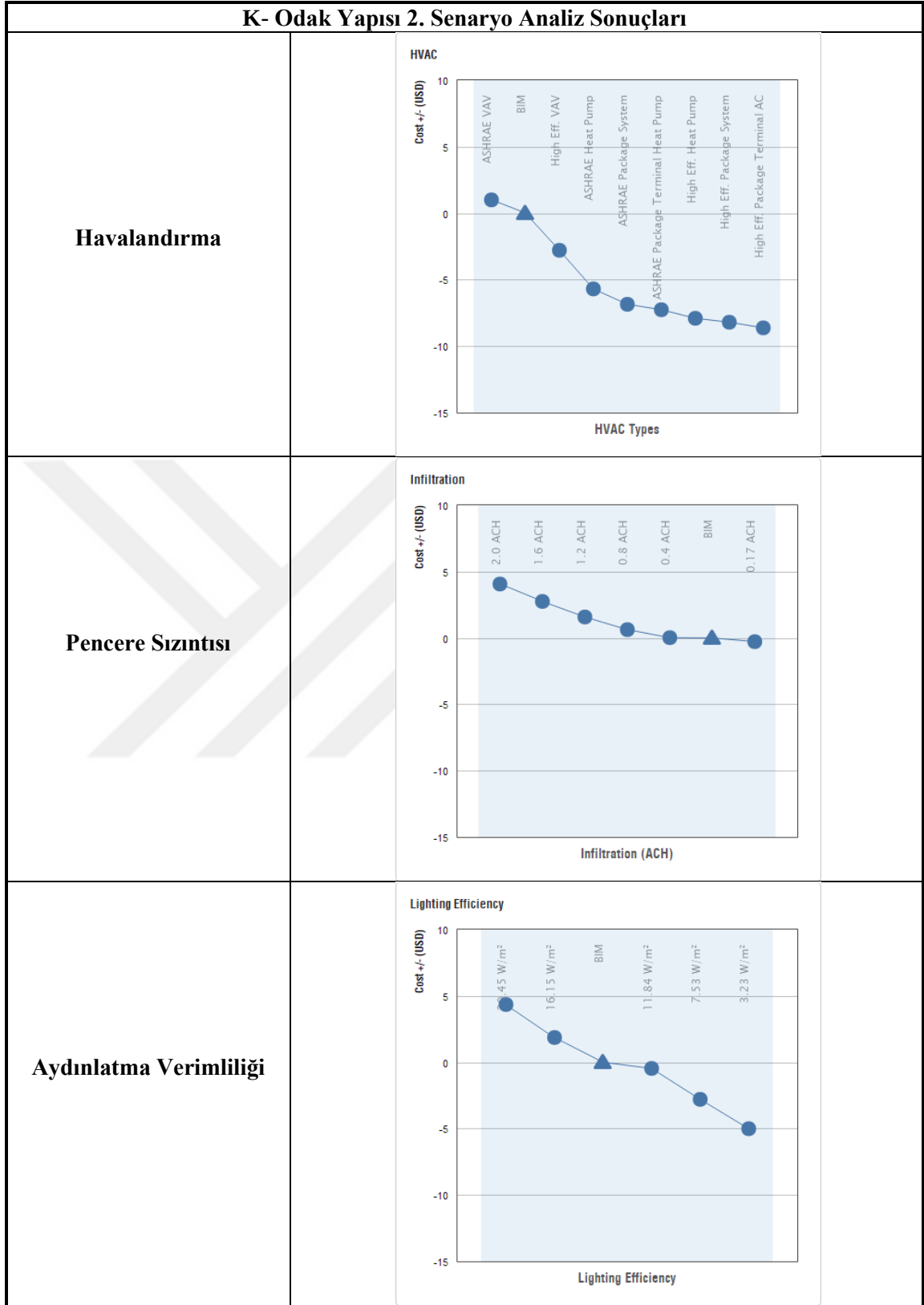
Şekil 5.28. K- Odak Yapısı 1. Senaryo Aydınlatma Analiz Sonuçları

5.1.2. K- Odak Yapısı 2. Senaryo

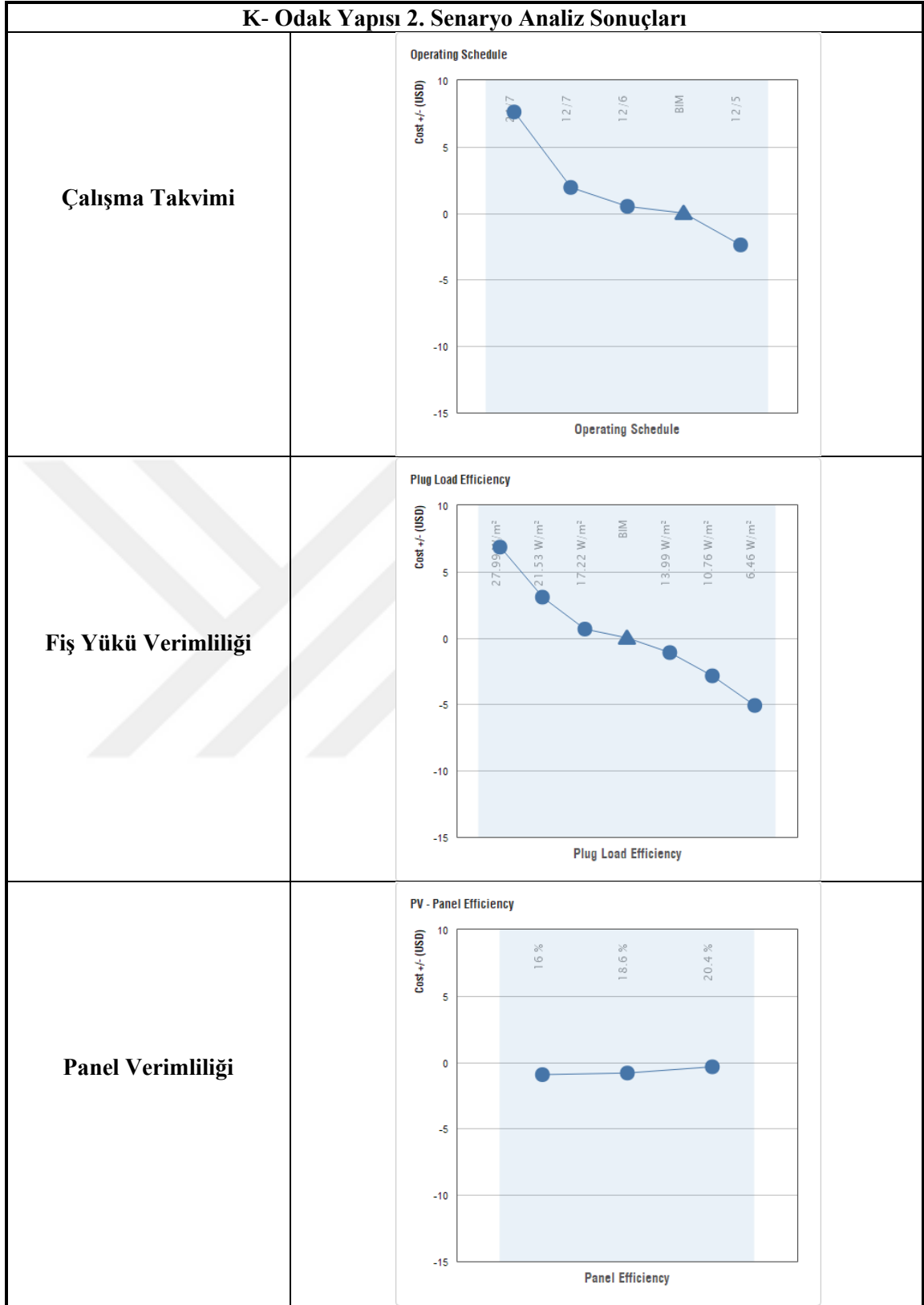
İlk olarak bodrum kattan başlayan ve zemin kat, 1. normal kat ve 2. normal kat boyunca devam eden ve çapı 620mm olan su duvarları, 2. senaryoda çatı kat yüksekliği kadar uzatılarak kolon akslarına yerleştirilmiştir. Bu şekilde güneş enerjisinden daha fazla verim alınması amaçlanmıştır. Sonuç olarak yaptığımız bu değişiklik yapının yıllık m^2 başına düşen enerji ihtiyacını 340 kWh'tan 338 kWh'a düşürmüştür. Enerji analiz sonuçları aşağıdaki gibidir. (Şekil 5.29, Şekil 5.30, Şekil 5.31, Şekil 5.32, Şekil 5.33, Şekil 5.34, Şekil 5.35, Şekil 5.36, Şekil 5.37)



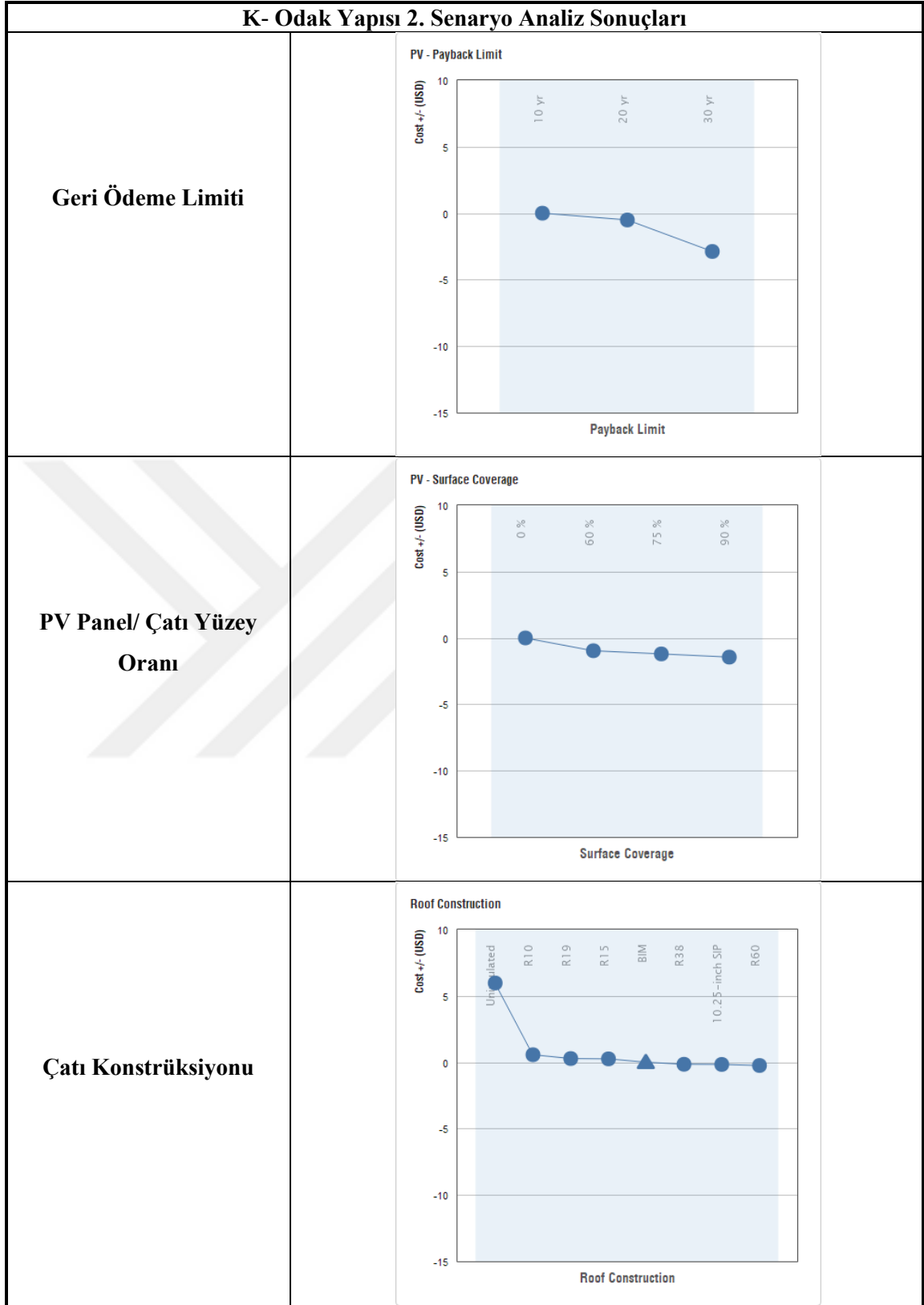
Şekil 5.29. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları



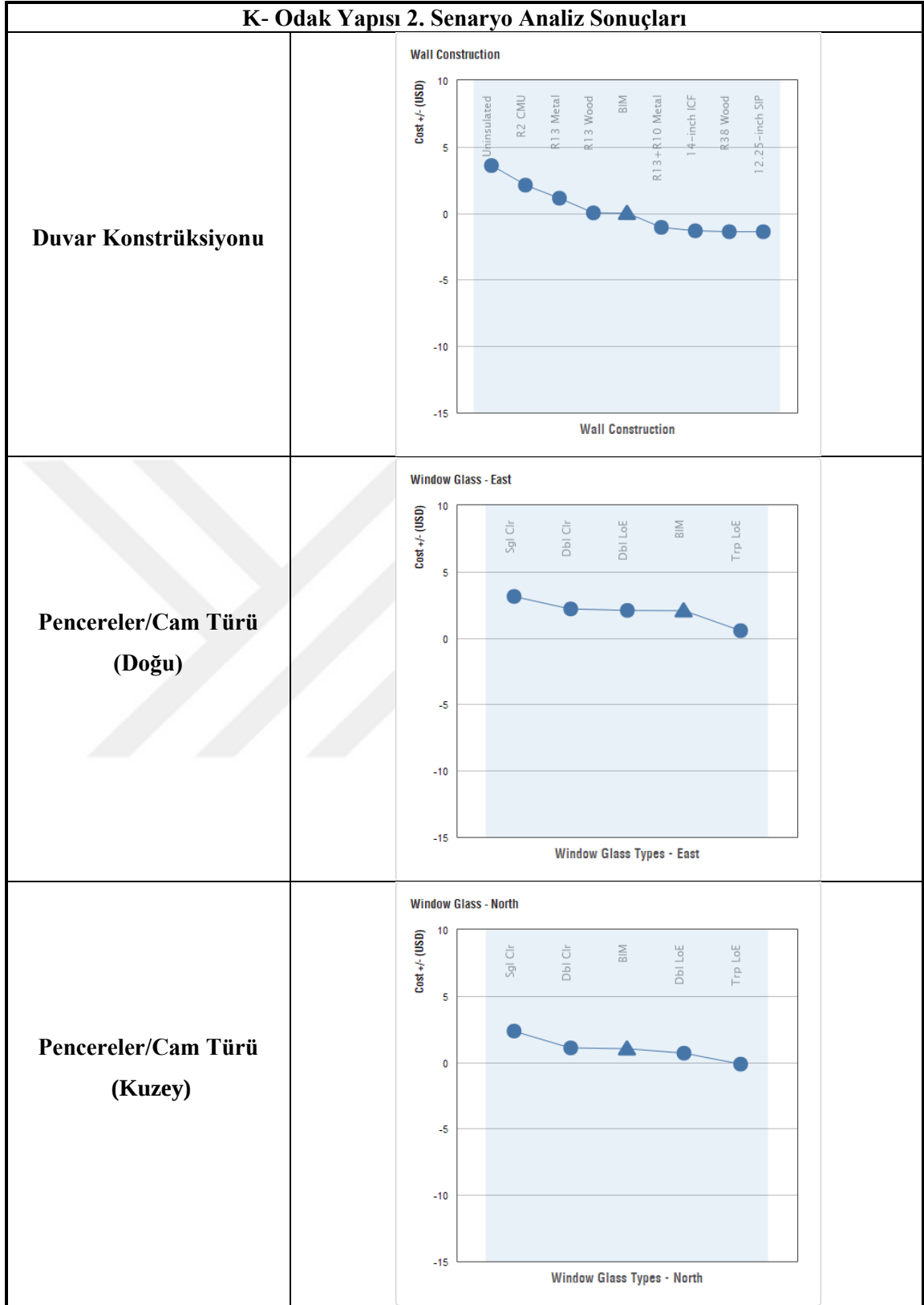
Şekil 5.30. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları



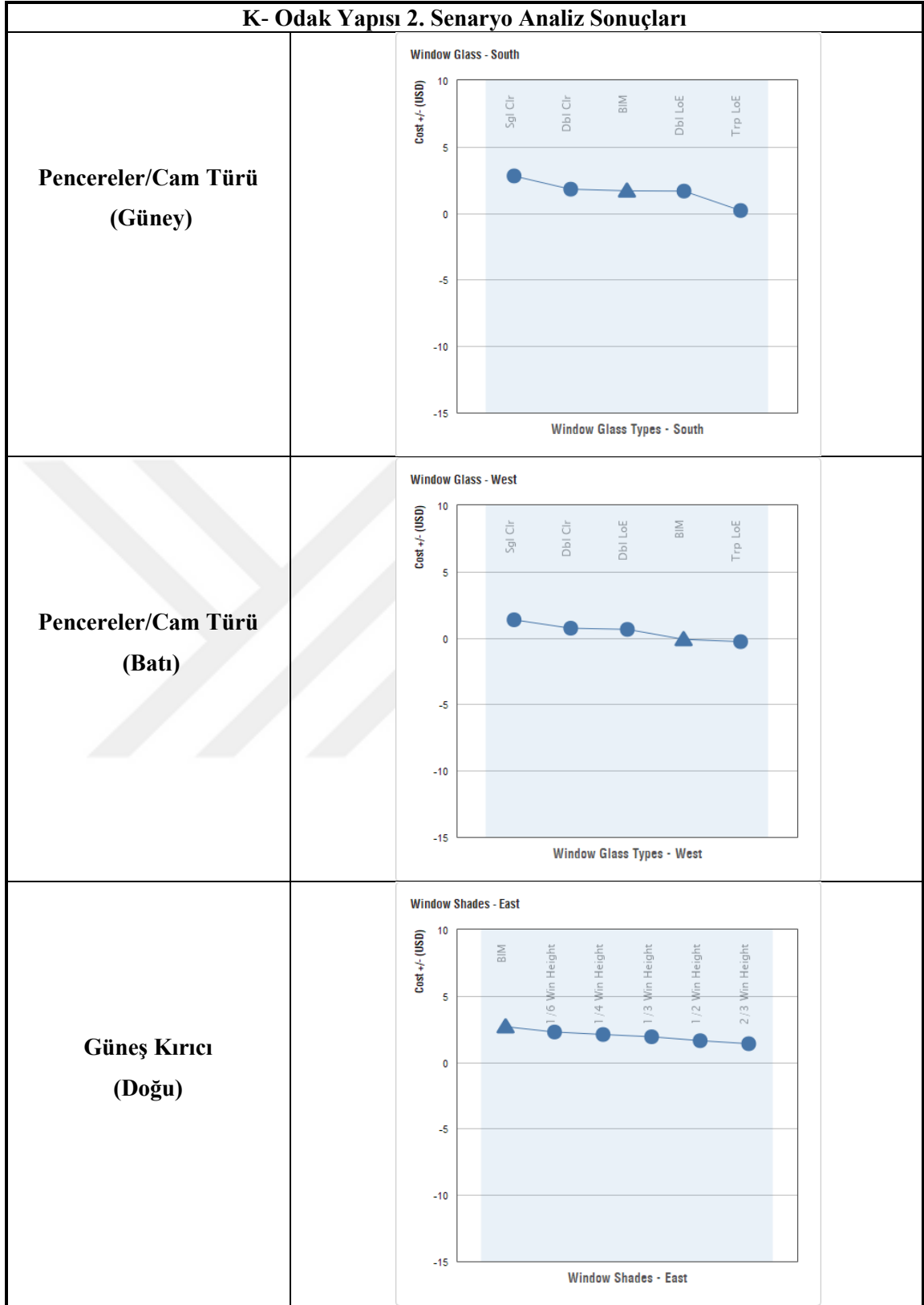
Şekil 5.31. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları



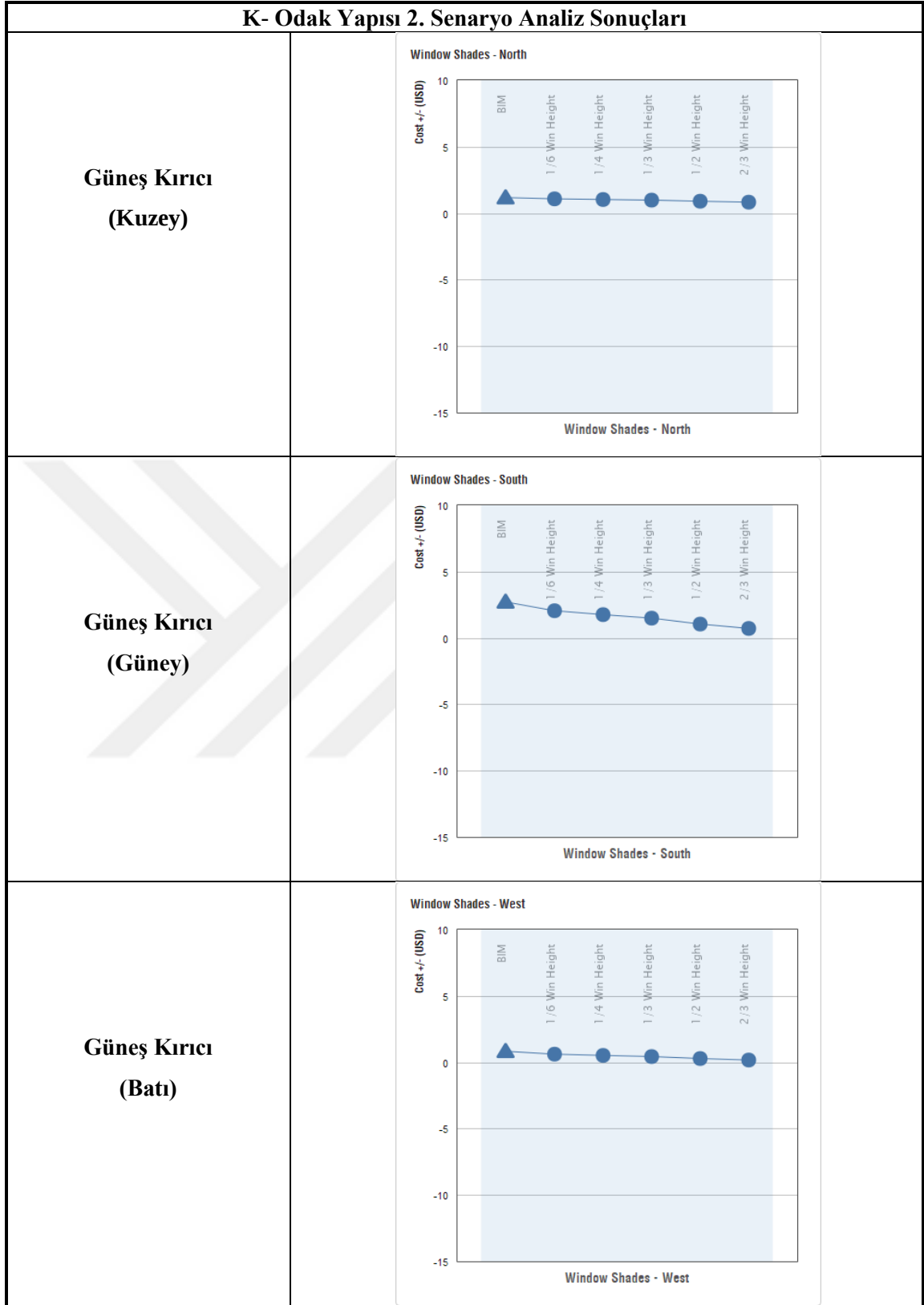
Şekil 5.32. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları



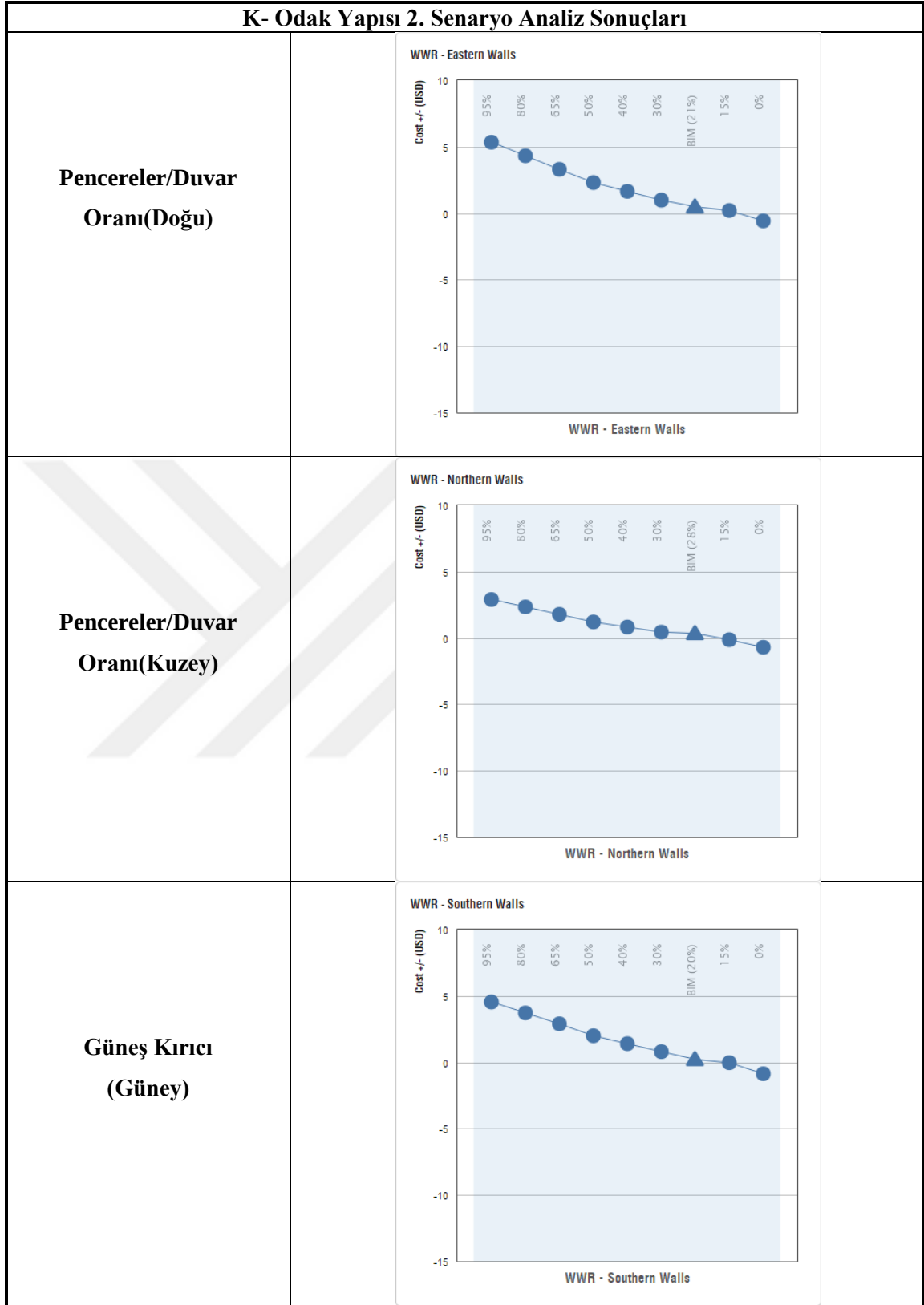
Şekil 5.33. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları



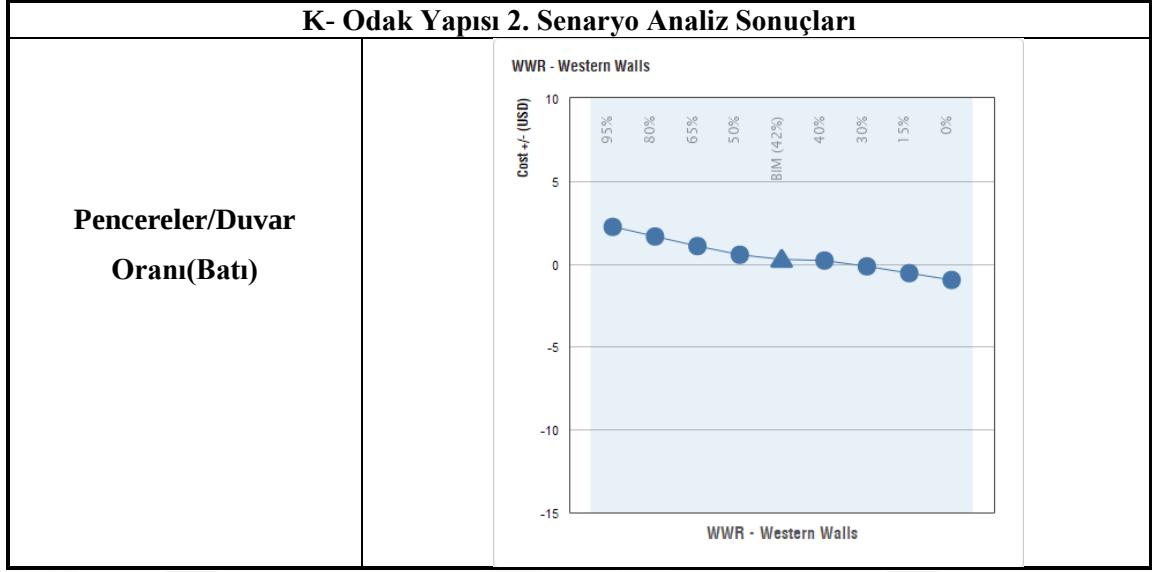
Şekil 5.34. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları



Şekil 5.35. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları



Şekil 5.36. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları

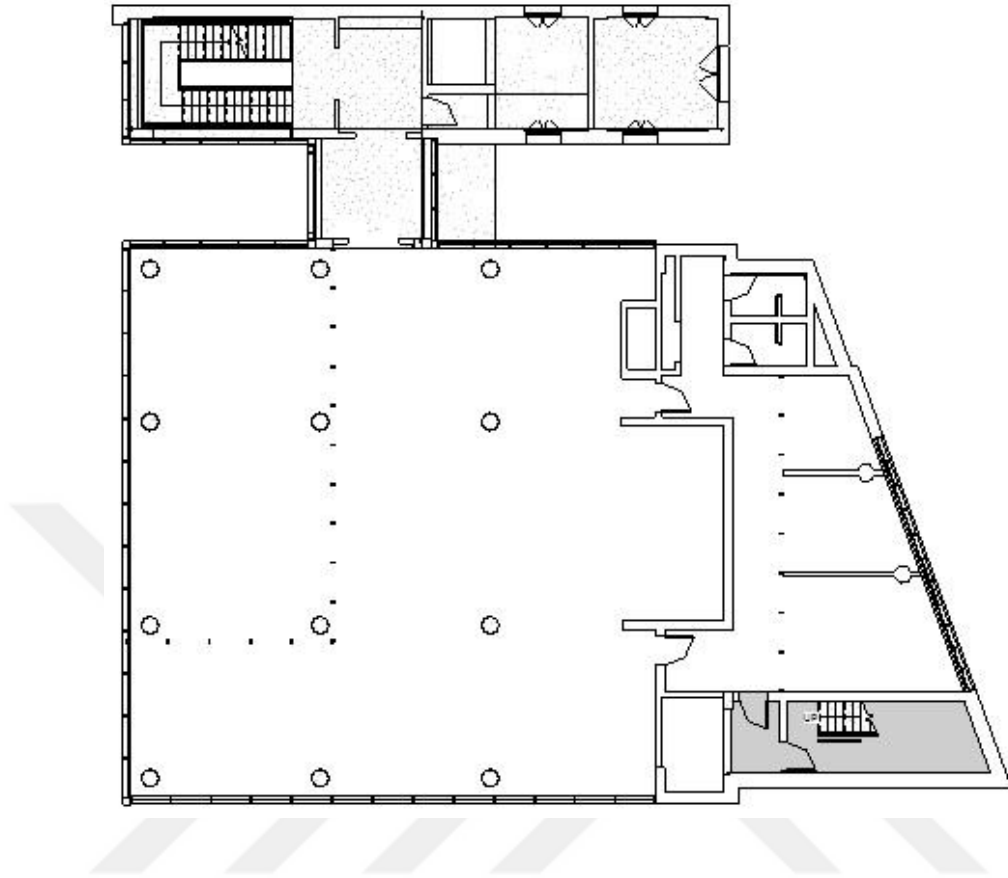


Şekil 5.37. K- Odak Yapısı 2. Senaryo Analiz Sonuçları

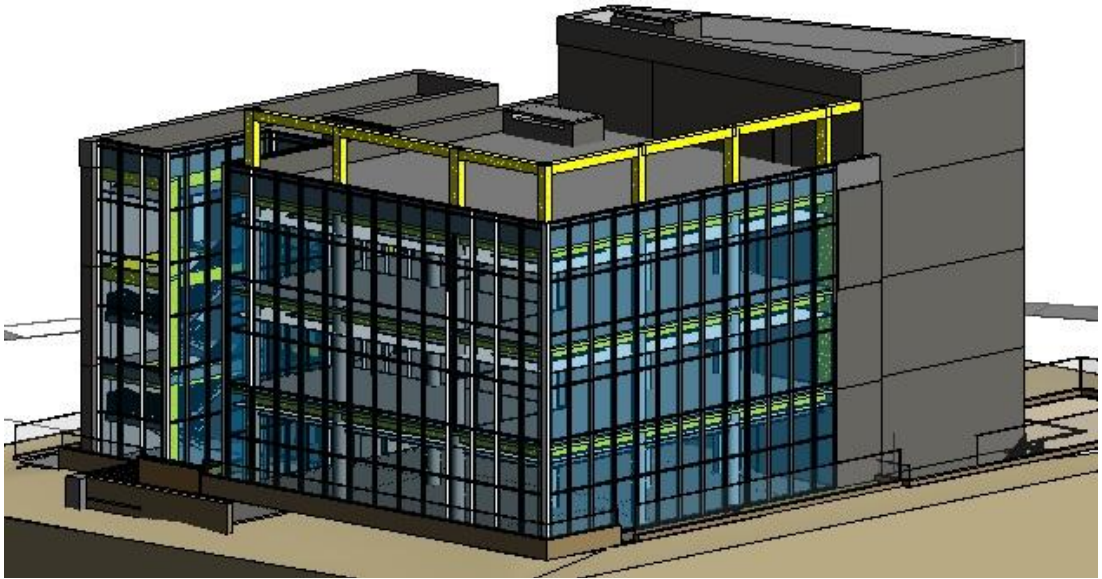
5.1.3. K- Odak Yapısı 3. Senaryo

Autodesk Revit ortamında modellenen K-Odak isimli kütüphane yapısının Autodesk Insight eklentisi ile enerji analizleri yapılmış ve yapının m^2 başına düşen yıllık enerji tüketim miktarının 356 kWh olduğu görülmüştür. Daha sonra mevcut yapı üzerinde olumlu yönde birtakım değişiklikler yapılarak yapının m^2 başına düşen yıllık enerji tüketim miktarındaki azalma gözlemlenmiştir.

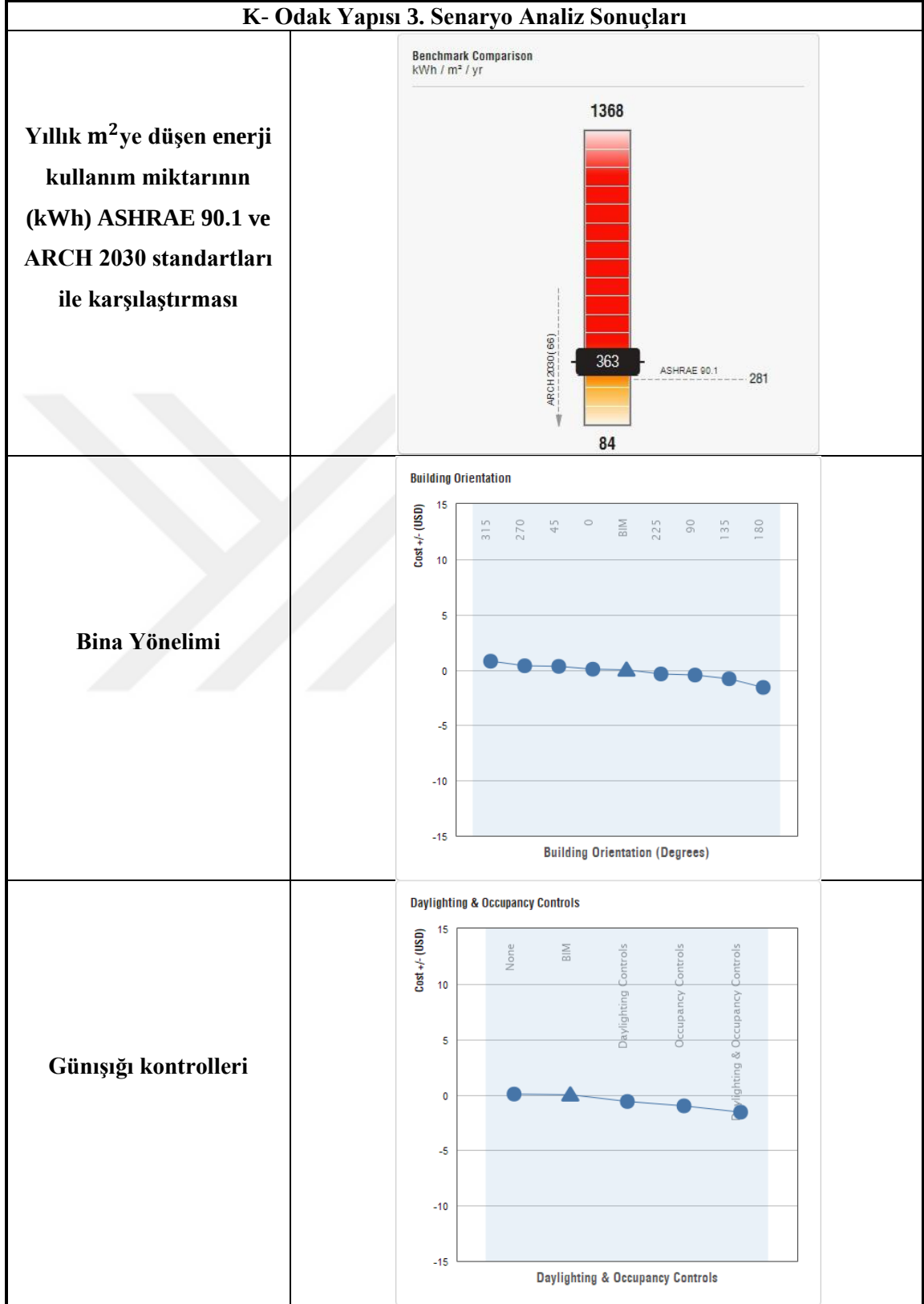
3. Senaryo ile yapının güney ve batı cephelerinde kat boyunca devam eden ve aynı zamanda güneş kırıcı görevi gören kedi yolları ve yapı iç mekanla dış mekan arasındaki görsel teması sınırlandıran galvaniz baskılı geçme tip ızgara kaldırılmıştır. (Şekil 5.38 ve Şekil 5.39) Sonuç olarak yaptığımız bu değişiklik yapının yıllık m^2 başına düşen enerji ihtiyacını 356 kWh'tan 363 kWh'a çıkarmıştır. Enerji analiz sonuçları, kümülatif güneş analizleri ve aydınlatma analizleri aşağıdaki gibidir. (Şekil 5.40, Şekil 5.41, Şekil 5.42, Şekil 5.43, Şekil 5.44, Şekil 5.45, Şekil 5.46, Şekil 5.47, Şekil 5.48, Şekil 5.49, Şekil 5.50, Şekil 5.51, Şekil 5.52)



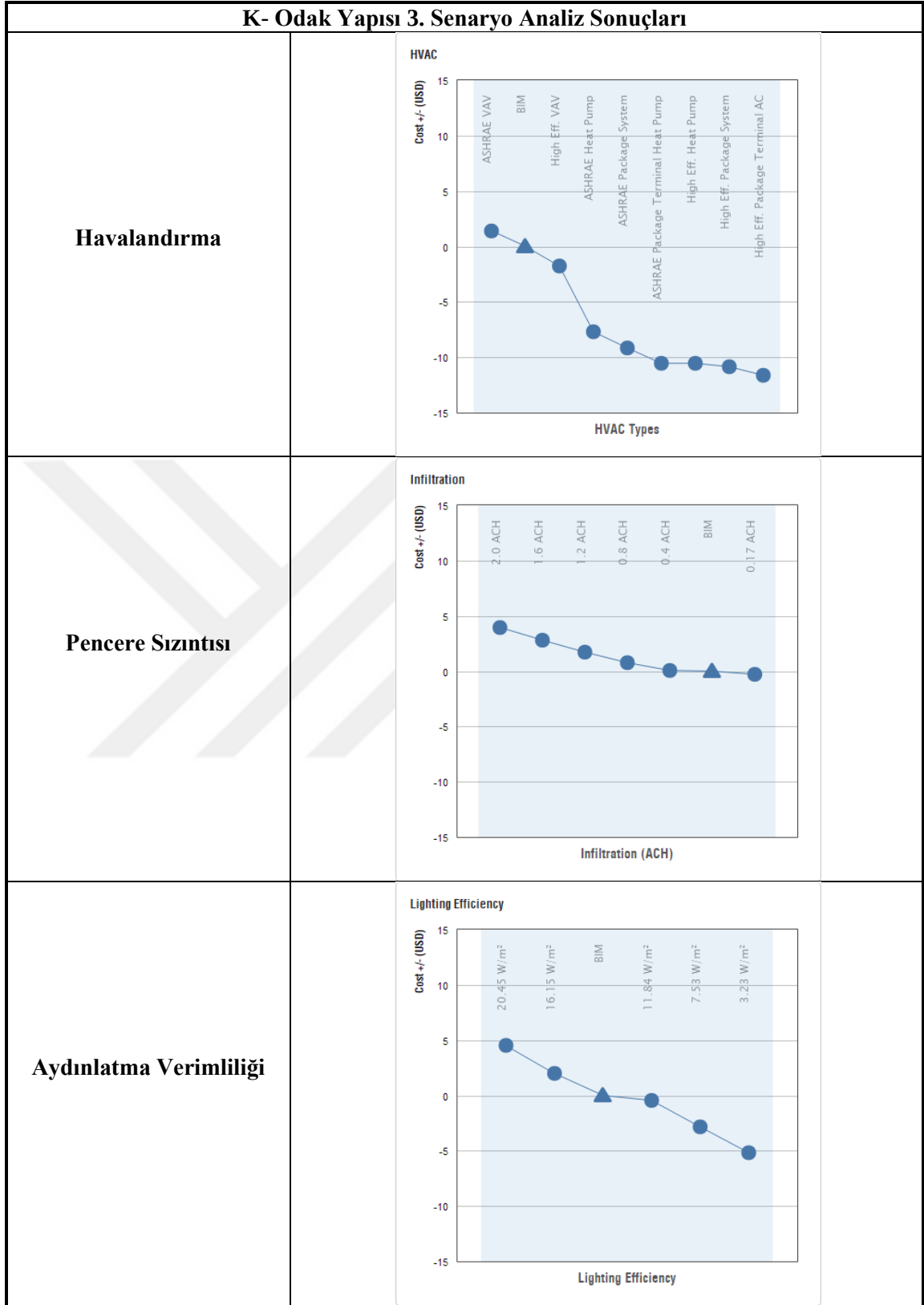
Şekil 5.38. K- Odak Yapısı 1. Kat Planı (Güneş Kırıcı Görevi Gören Kedi Yolları Ve Galvaniz Baskılı Geçme Tip Izgara Kaldırıldı.)



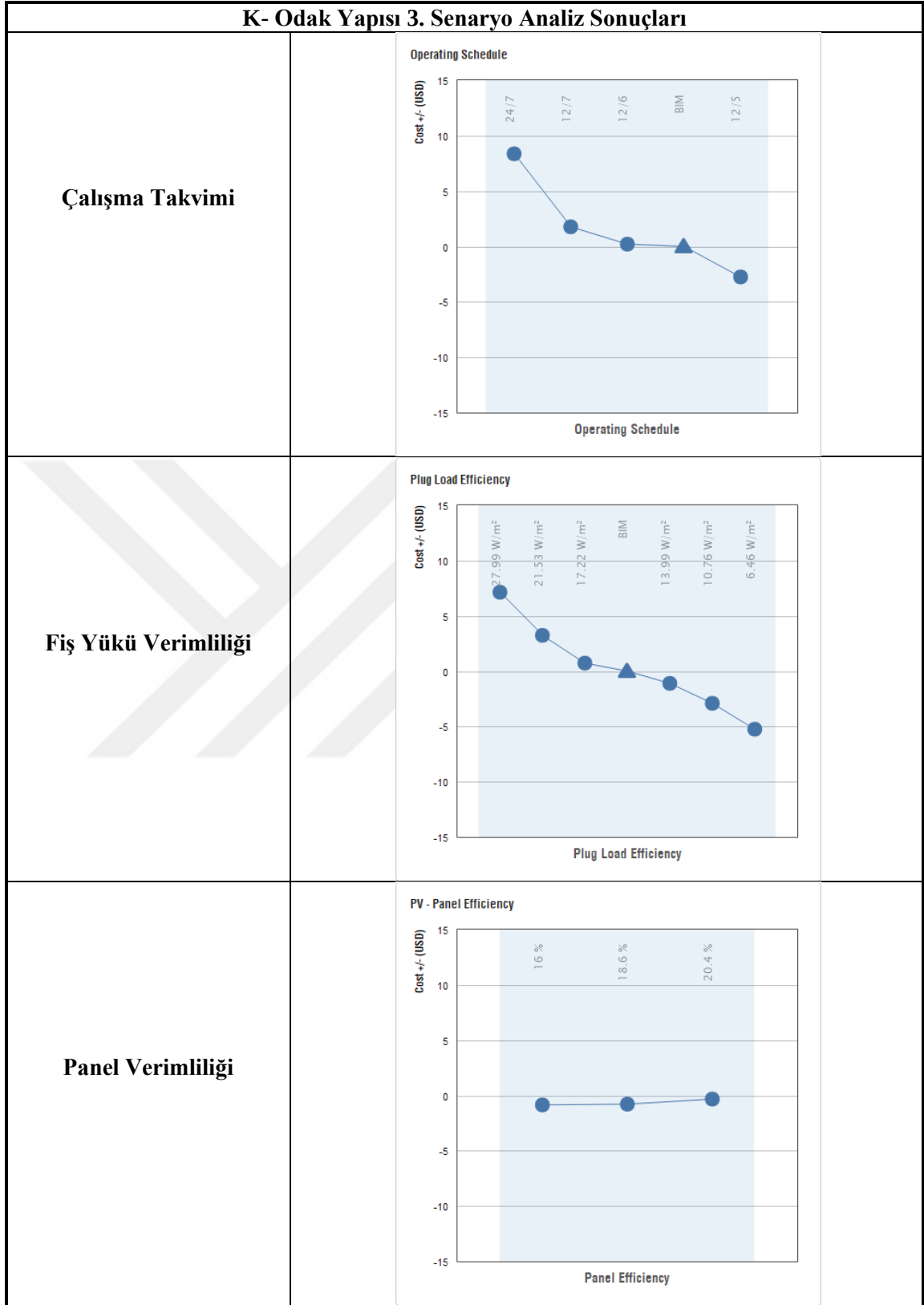
Şekil 5.39. K-Odak Yapısı 3B(Güneş Kırıcı Görevi Gören Kedi Yolları Ve Galvaniz Baskılı Geçme Tip Izgara Kaldırıldı.)



Şekil 5.40. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları



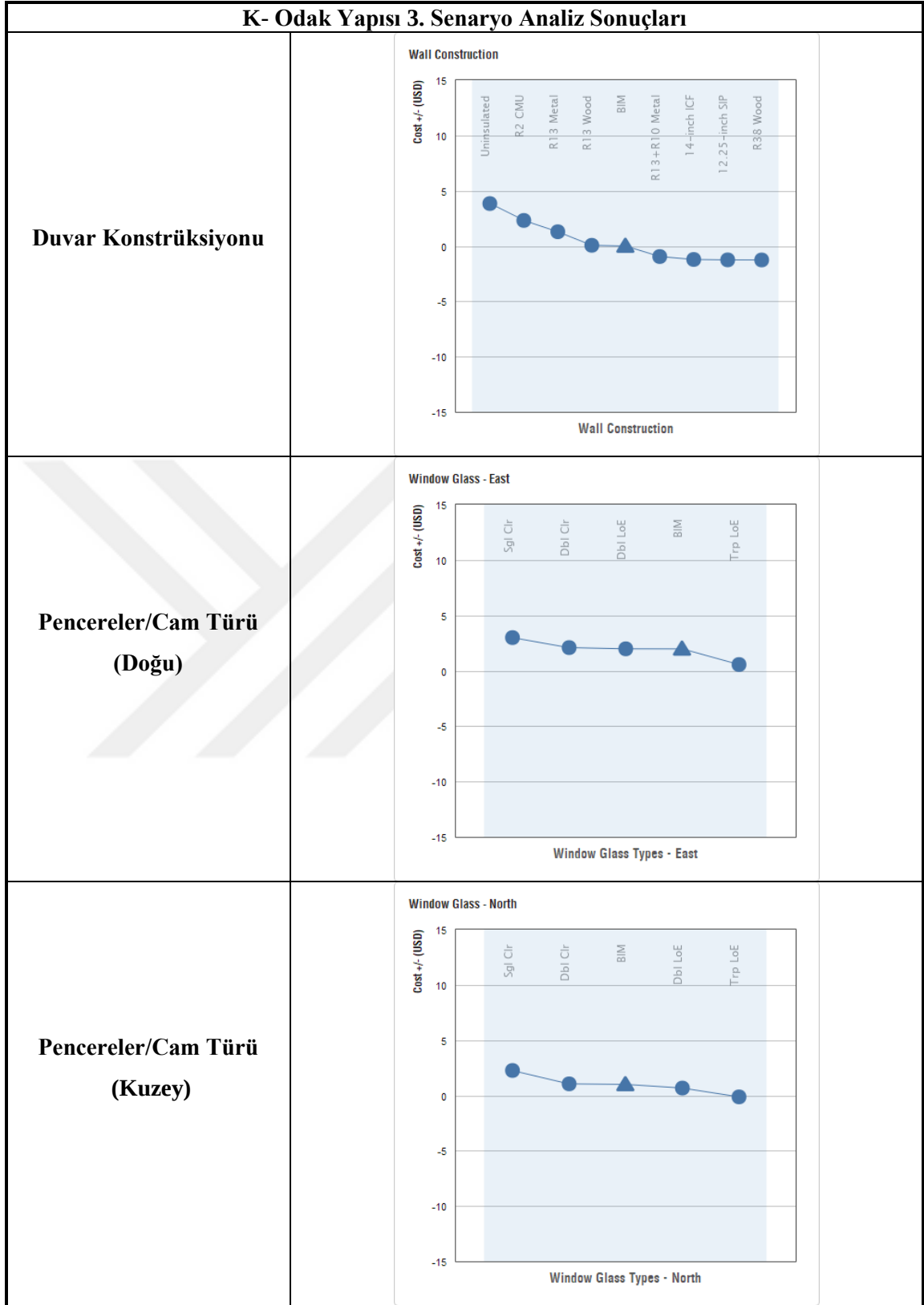
Şekil 5.41. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları



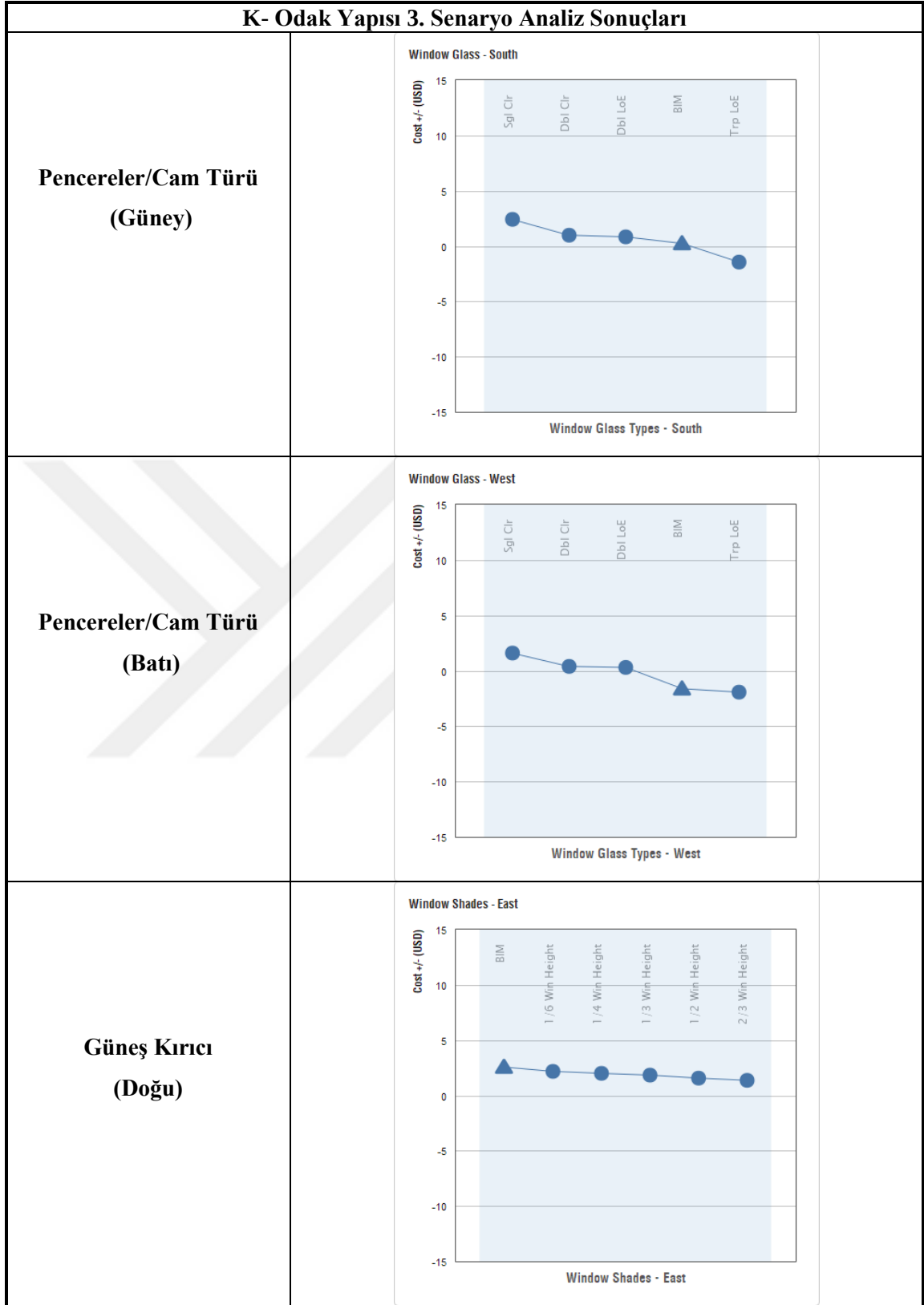
Şekil 5.42. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları

K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları																				
Gerİ Ödeme Limiti		PV - Payback Limit <table><tr><th>Payback Limit</th><th>Cost +/- (USD)</th></tr><tr><td>10 yr</td><td>0</td></tr><tr><td>20 yr</td><td>-0.5</td></tr><tr><td>30 yr</td><td>-2.5</td></tr></table>	Payback Limit	Cost +/- (USD)	10 yr	0	20 yr	-0.5	30 yr	-2.5										
Payback Limit	Cost +/- (USD)																			
10 yr	0																			
20 yr	-0.5																			
30 yr	-2.5																			
PV Panel/ Çatı Yüzey Oranı		Roof Construction <table><tr><th>Roof Construction</th><th>Cost +/- (USD)</th></tr><tr><td>Uninsulated</td><td>6</td></tr><tr><td>R10</td><td>1</td></tr><tr><td>R19</td><td>0.5</td></tr><tr><td>R15</td><td>0.5</td></tr><tr><td>BIM</td><td>0</td></tr><tr><td>10.25-inch SIP</td><td>0</td></tr><tr><td>R38</td><td>0</td></tr><tr><td>R60</td><td>0</td></tr></table>	Roof Construction	Cost +/- (USD)	Uninsulated	6	R10	1	R19	0.5	R15	0.5	BIM	0	10.25-inch SIP	0	R38	0	R60	0
Roof Construction	Cost +/- (USD)																			
Uninsulated	6																			
R10	1																			
R19	0.5																			
R15	0.5																			
BIM	0																			
10.25-inch SIP	0																			
R38	0																			
R60	0																			
Çatı Konstrüksiyonu		Roof Construction <table><tr><th>Roof Construction</th><th>Cost +/- (USD)</th></tr><tr><td>Uninsulated</td><td>6</td></tr><tr><td>R10</td><td>1</td></tr><tr><td>R19</td><td>0.5</td></tr><tr><td>R15</td><td>0.5</td></tr><tr><td>BIM</td><td>0</td></tr><tr><td>10.25-inch SIP</td><td>0</td></tr><tr><td>R38</td><td>0</td></tr><tr><td>R60</td><td>0</td></tr></table>	Roof Construction	Cost +/- (USD)	Uninsulated	6	R10	1	R19	0.5	R15	0.5	BIM	0	10.25-inch SIP	0	R38	0	R60	0
Roof Construction	Cost +/- (USD)																			
Uninsulated	6																			
R10	1																			
R19	0.5																			
R15	0.5																			
BIM	0																			
10.25-inch SIP	0																			
R38	0																			
R60	0																			

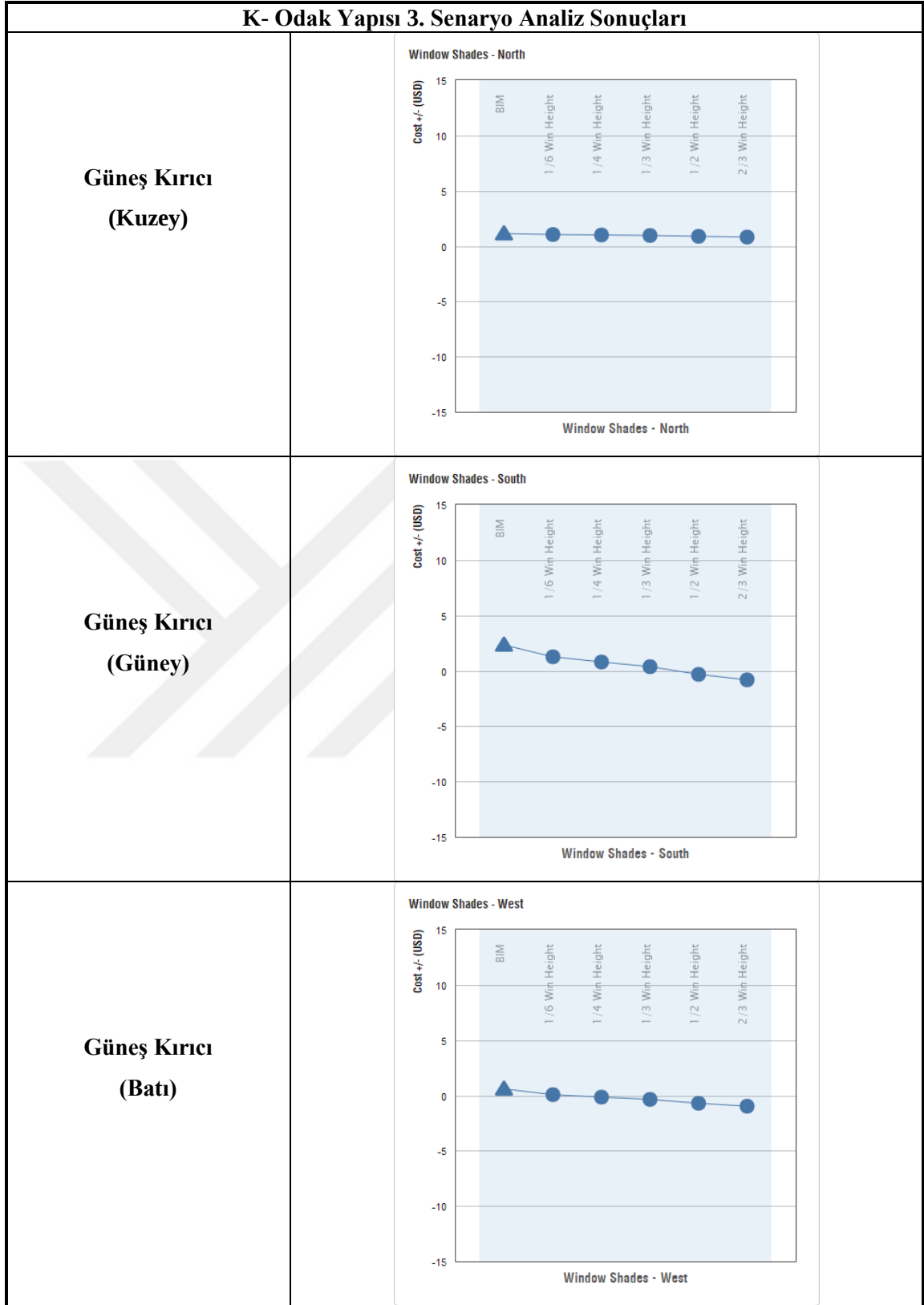
Şekil 5.43. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları



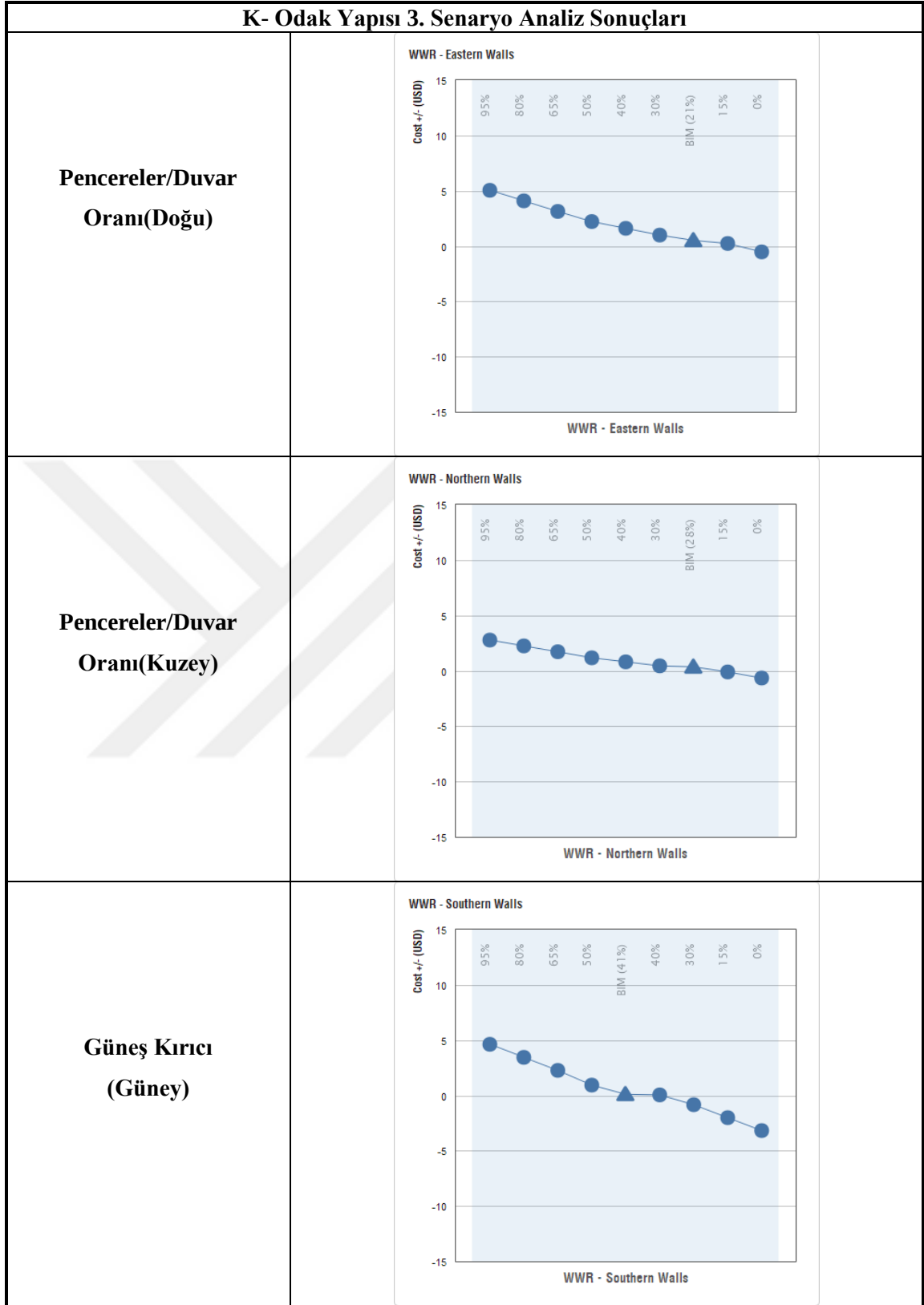
Şekil 5.44. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları



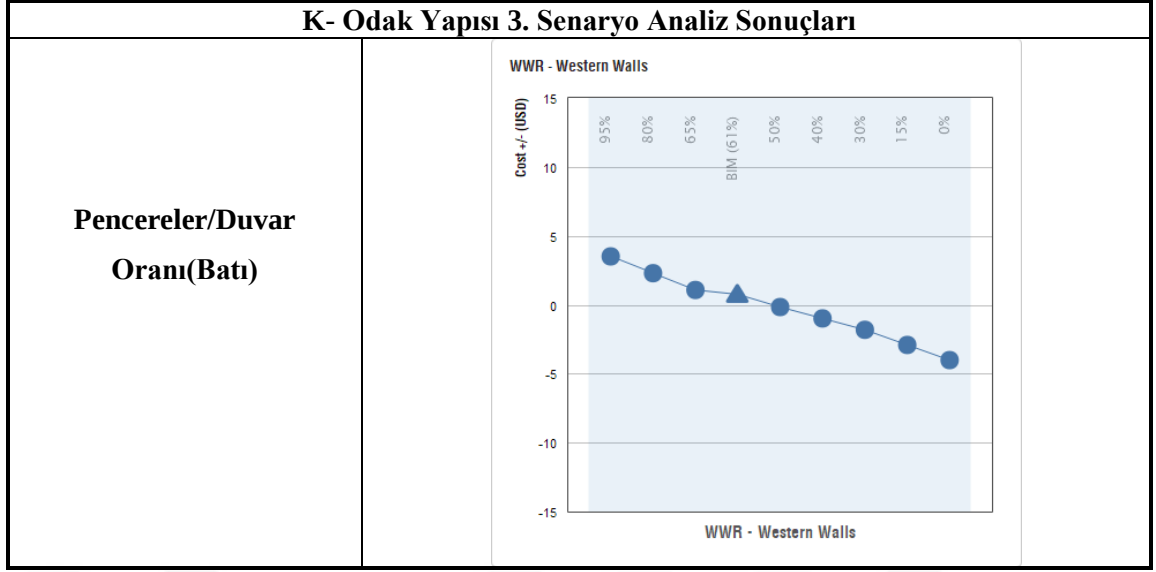
Şekil 5.45. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları



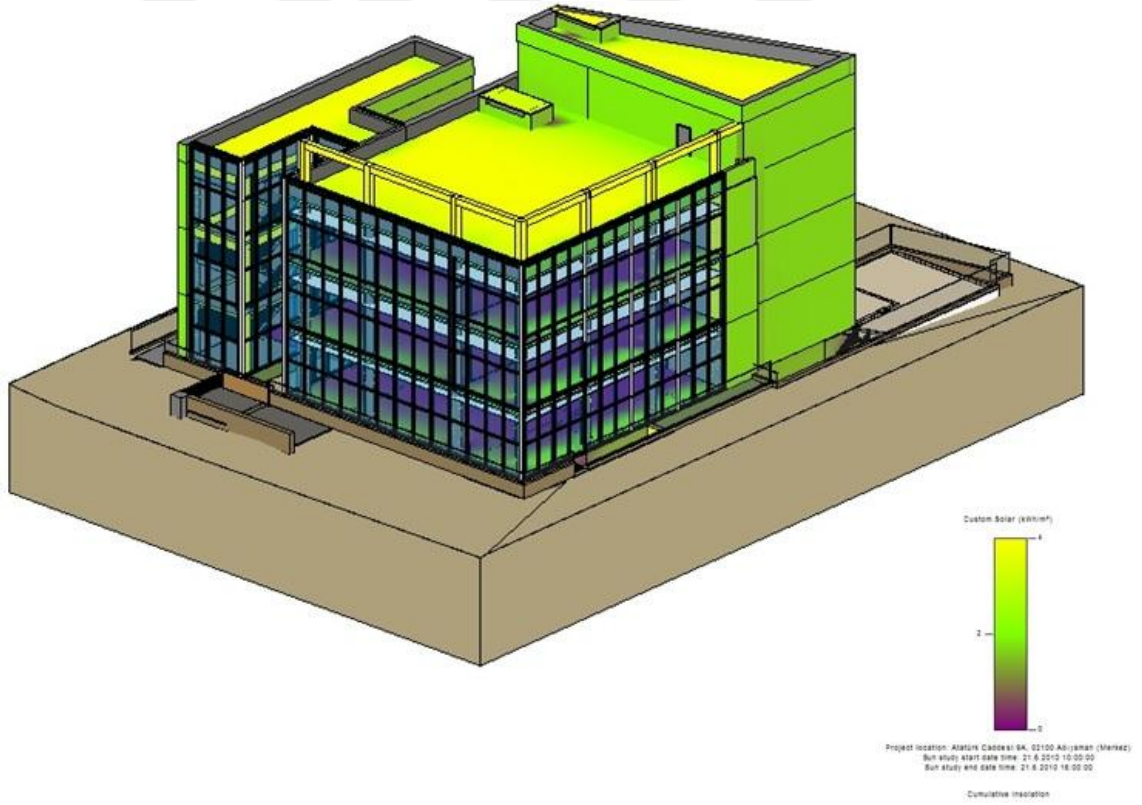
Şekil 5.46. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları



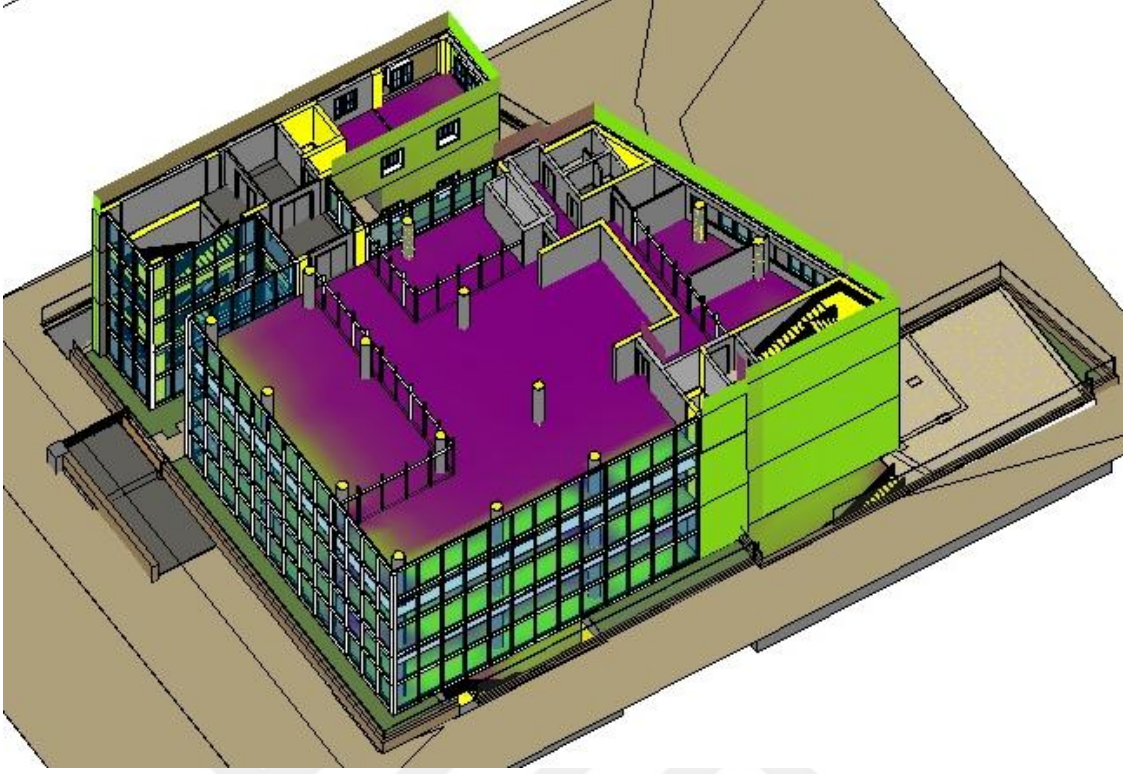
Şekil 5.47. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları



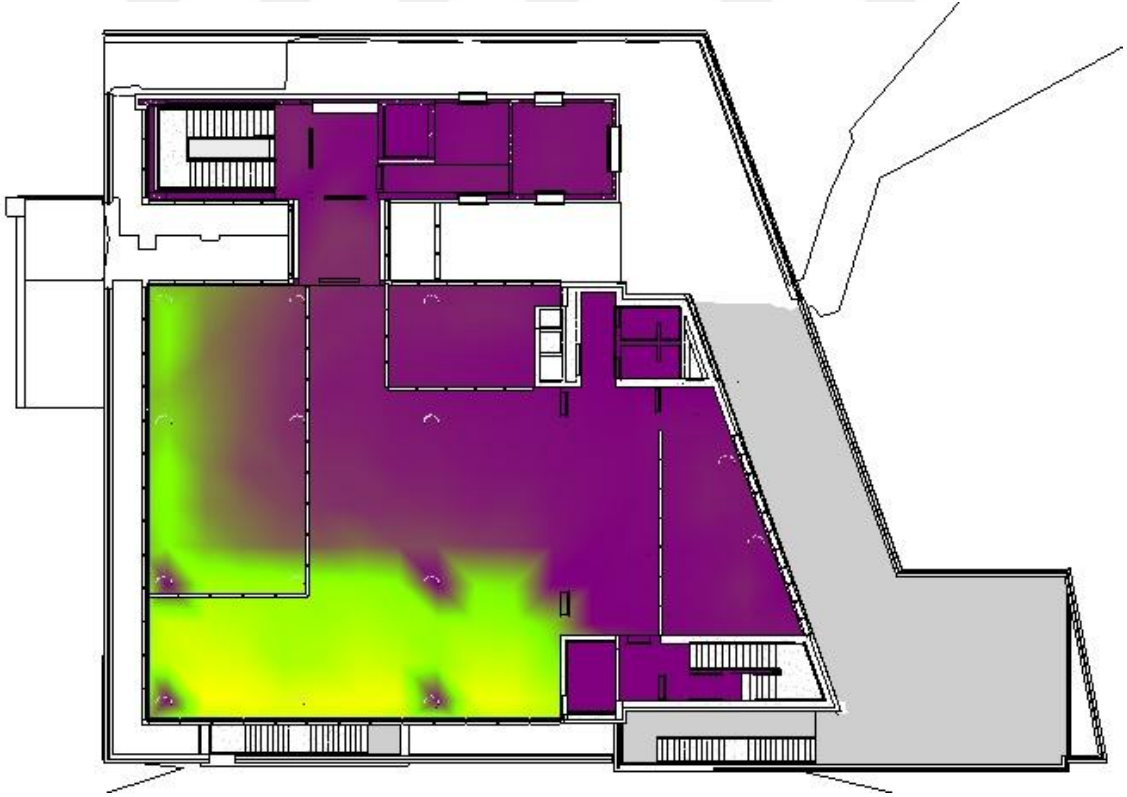
Şekil 5.48. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Analiz Sonuçları



Şekil 5.49. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları



Şekil 5.50. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları



Şekil 5.51. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Kümülatif Güneş Analiz Sonuçları

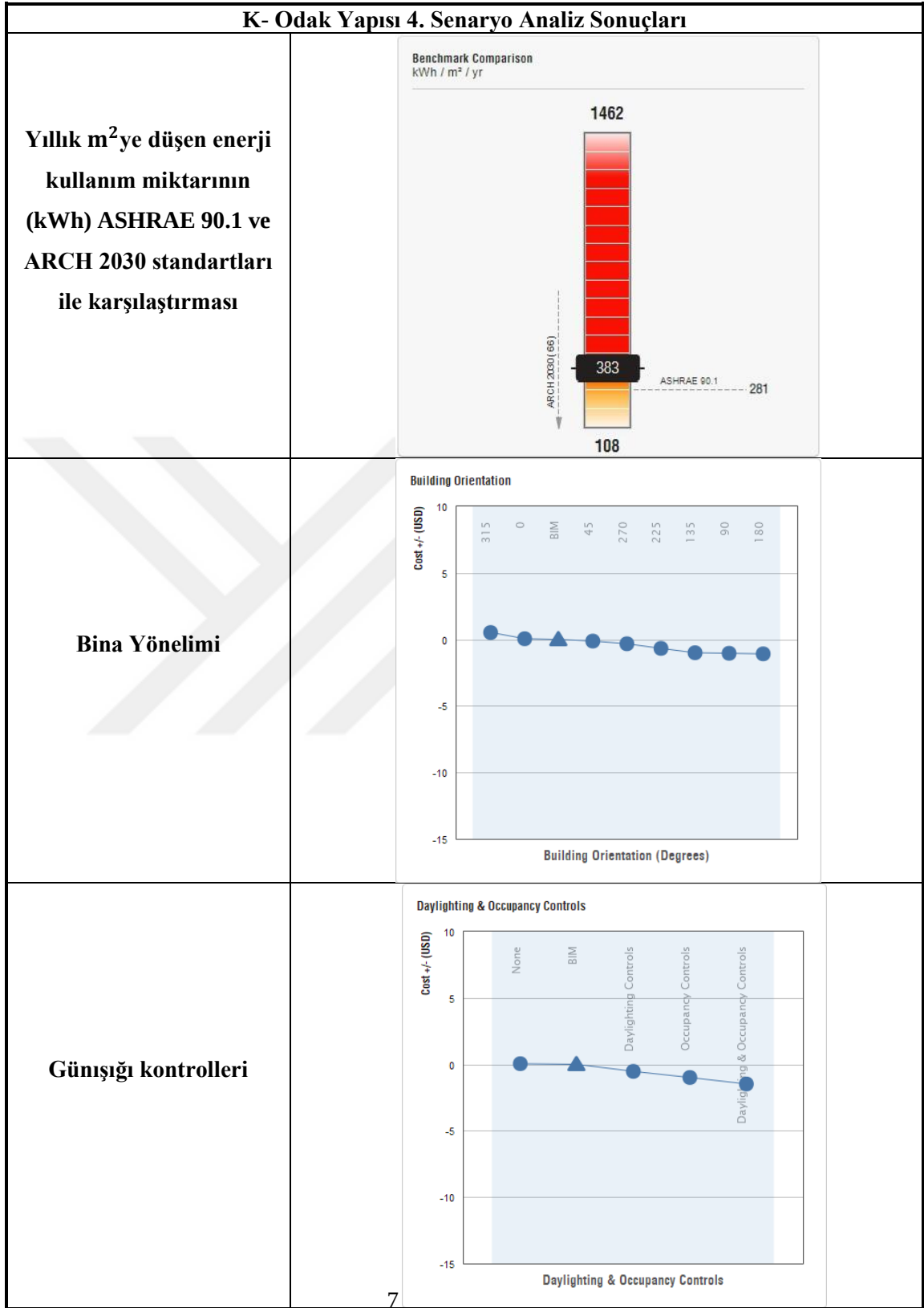


Şekil 5.52. K- Odak Yapısı 3. Senaryo Aydınlatma Analiz Sonuçları

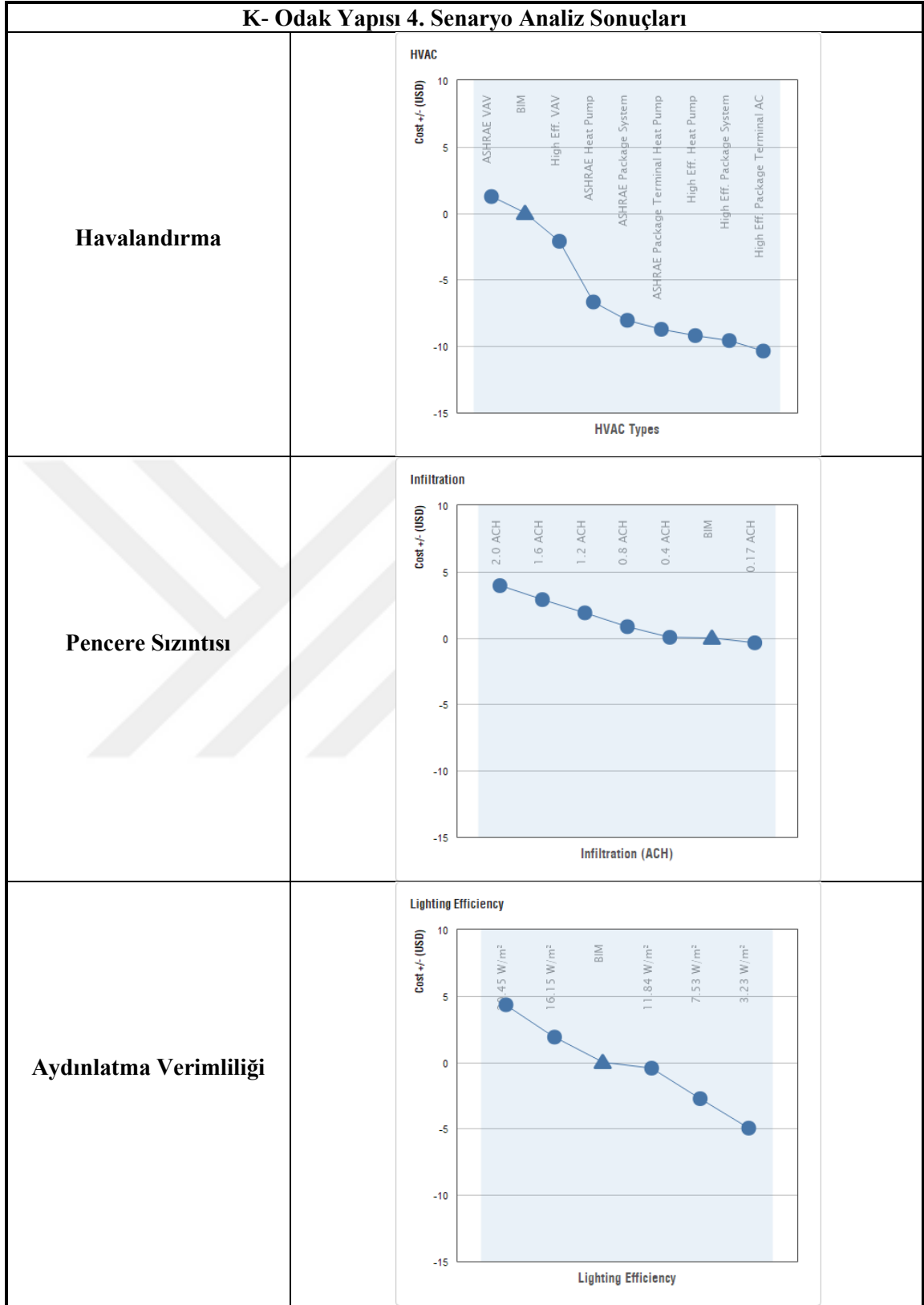
5.1.4. K- Odak Yapısı 4. Senaryo

Autodesk Revit ortamında modellenen K-Odak isimli kütüphane yapısının Autodesk Insight eklentisi ile enerji analizleri yapılmıştır. Daha sonra mevcut yapı üzerinde olumlu yönde birtakım değişiklikler yapılarak yapının m^2 başına düşen yıllık enerji tüketim miktarındaki azalma gözlemlenmiştir.

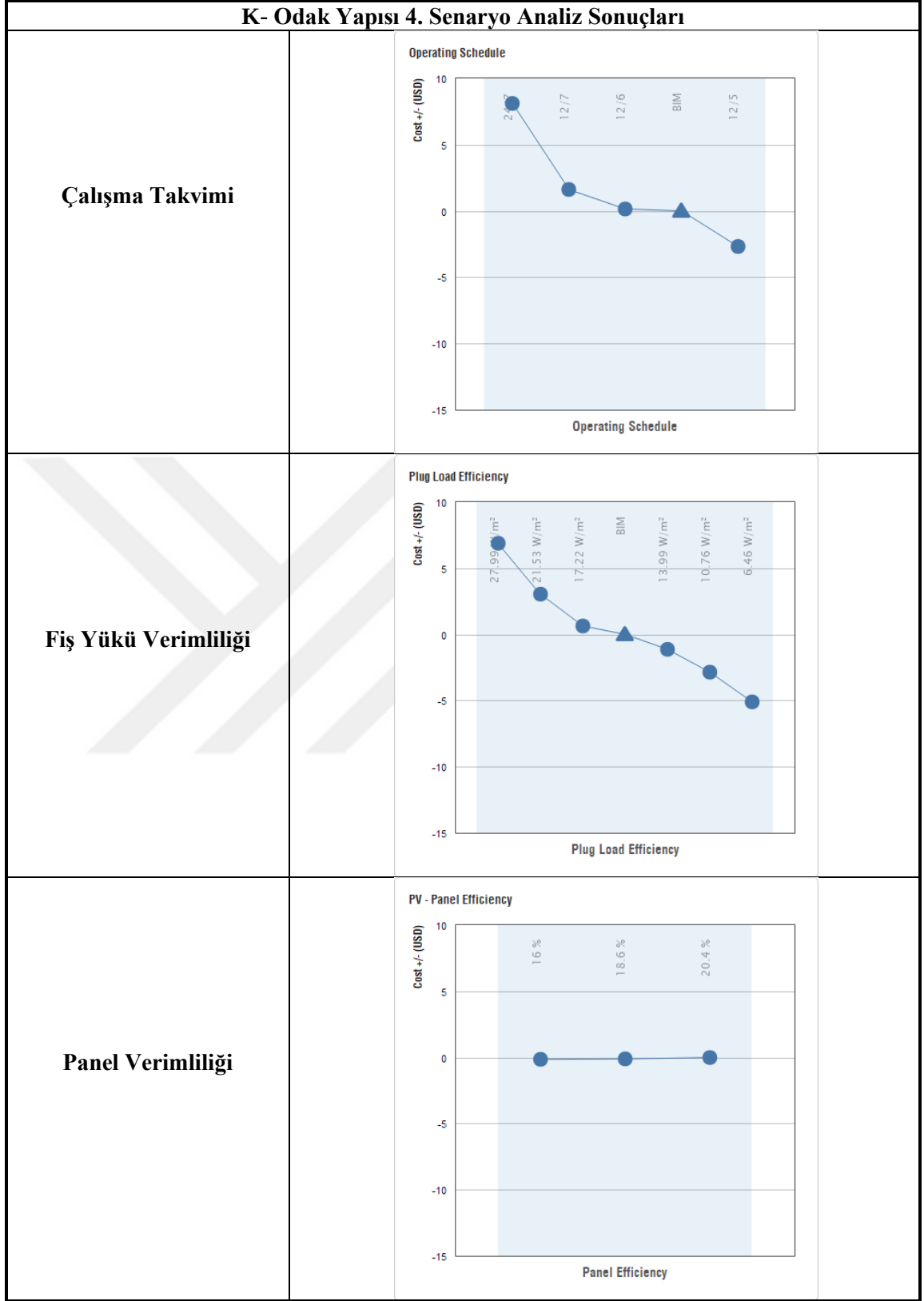
3. Senaryo ile yapının güney ve batı cephelerinde kat boyunca devam eden ve aynı zamanda güneş kırıcı görevi gören kedi yolları ve yapı iç mekanla dış mekan arasındaki görsel teması sınırlandıran galvaniz baskılı geçme tip ızgara kaldırılmıştır. 4. senaryo ile buna ek olarak yapının çatı yalıtımı kaldırılmıştır. Bu değişiklik sonucunda yapının m^2 başına düşen yıllık enerji tüketim miktarının 363 kWh'tan 383 kWh 'a yükseldiği gözlemlenmiştir. Enerji analiz sonuçları aşağıdaki gibidir (Şekil 5.53, Şekil 5.54, Şekil 5.55, Şekil 5.56, Şekil 5.57, Şekil 5.58, Şekil 5.59, Şekil 5.60, Şekil 5.61)



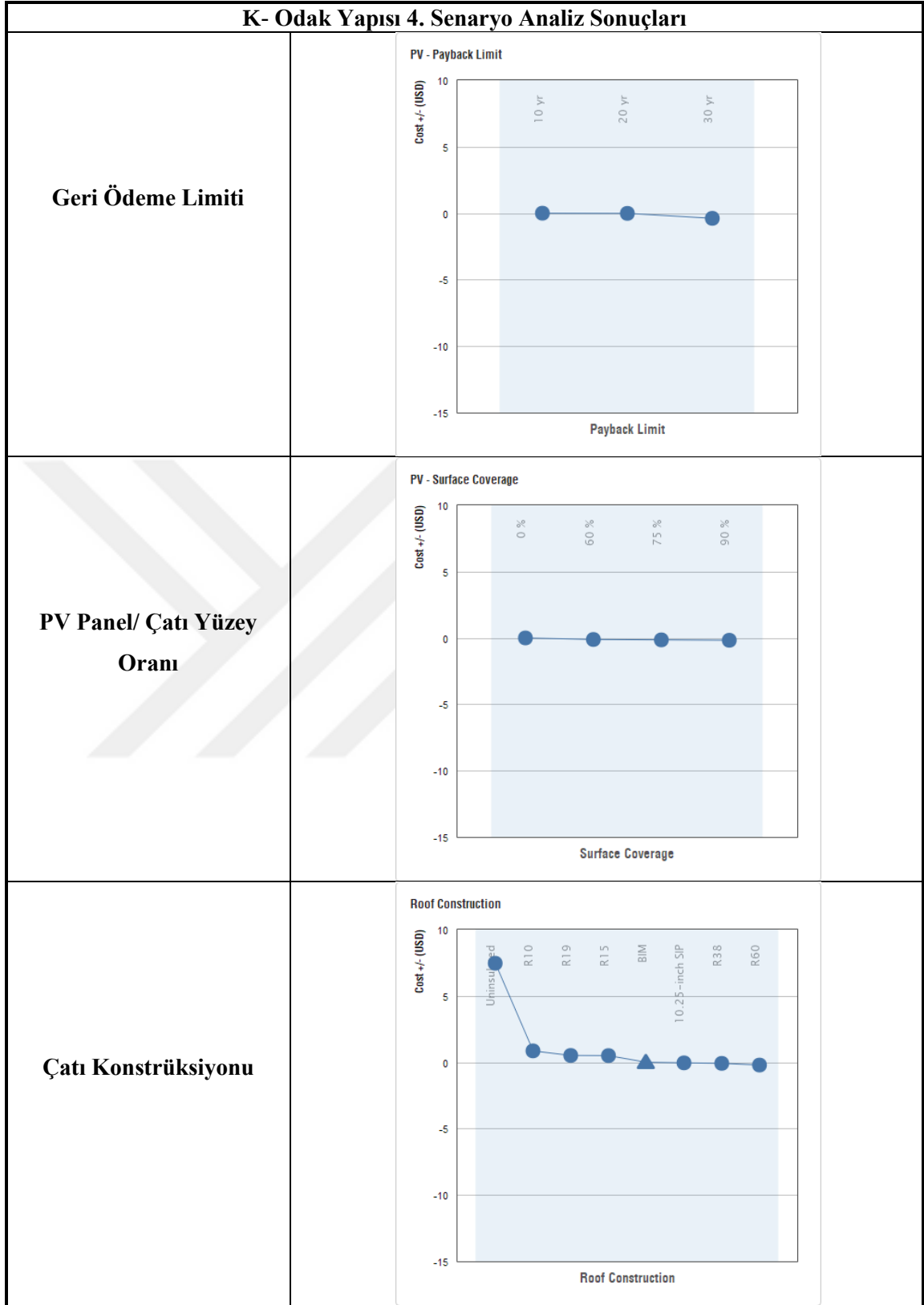
Şekil 5.53. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları



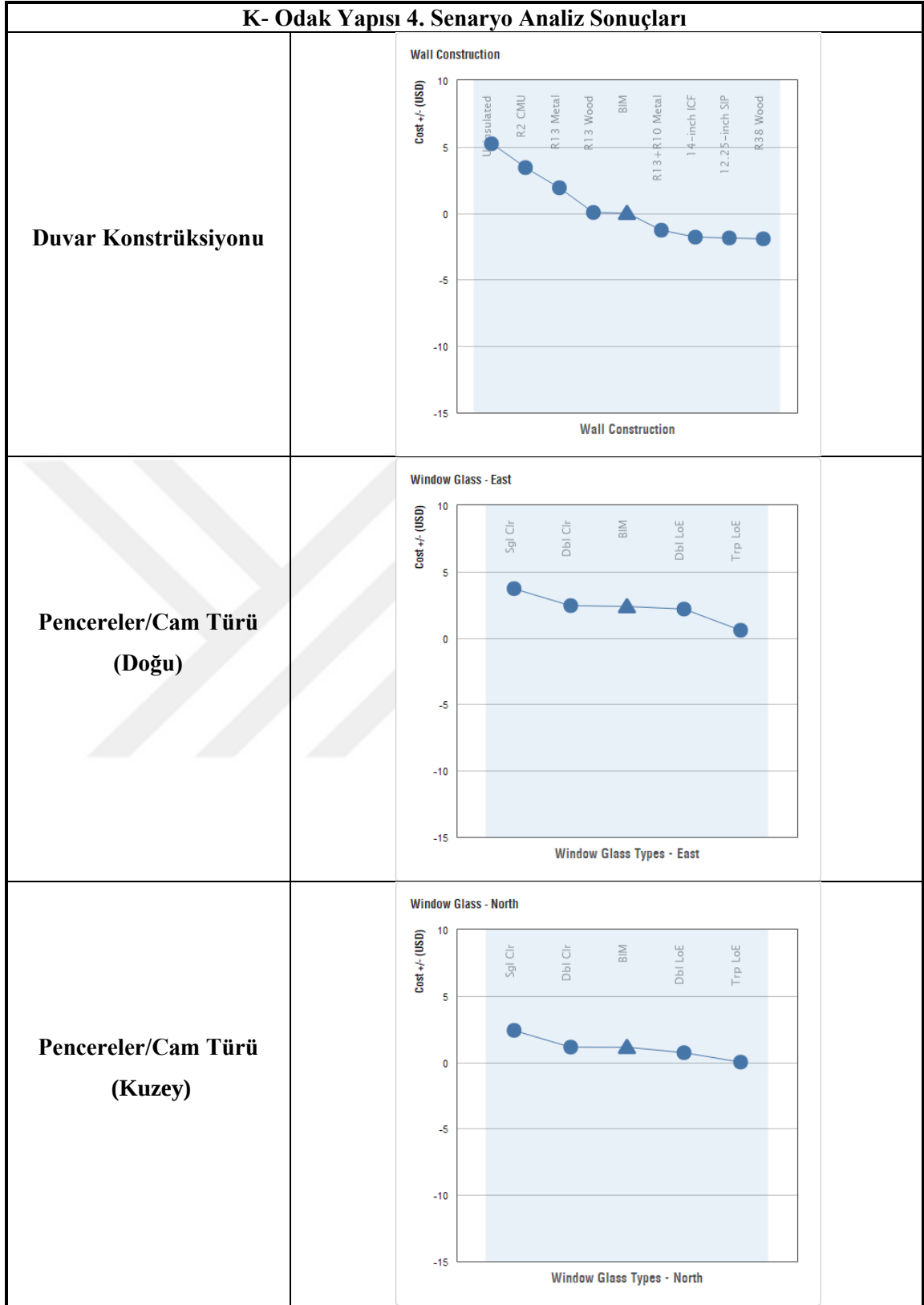
Şekil 5.54. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları



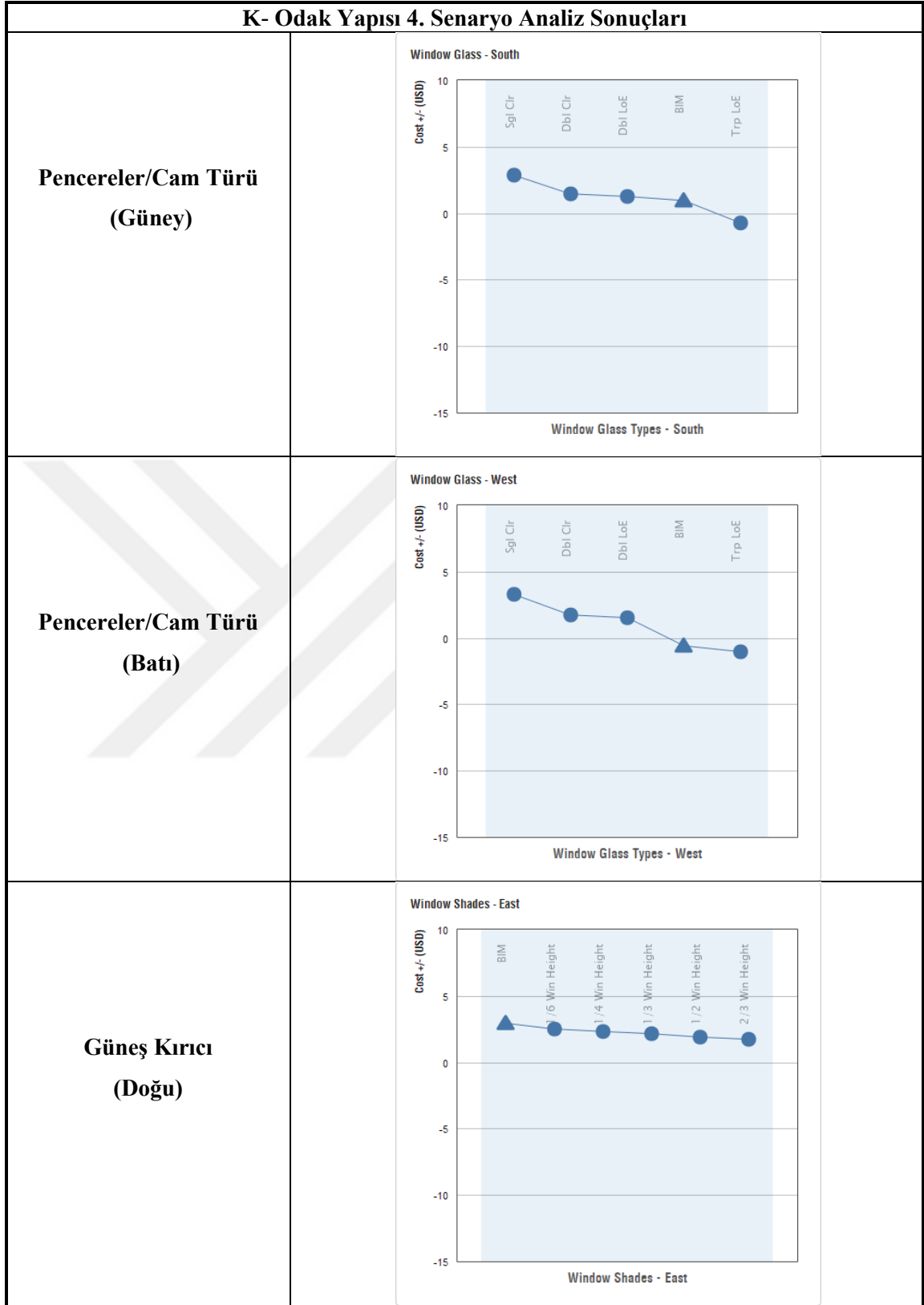
Şekil 5.55. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları



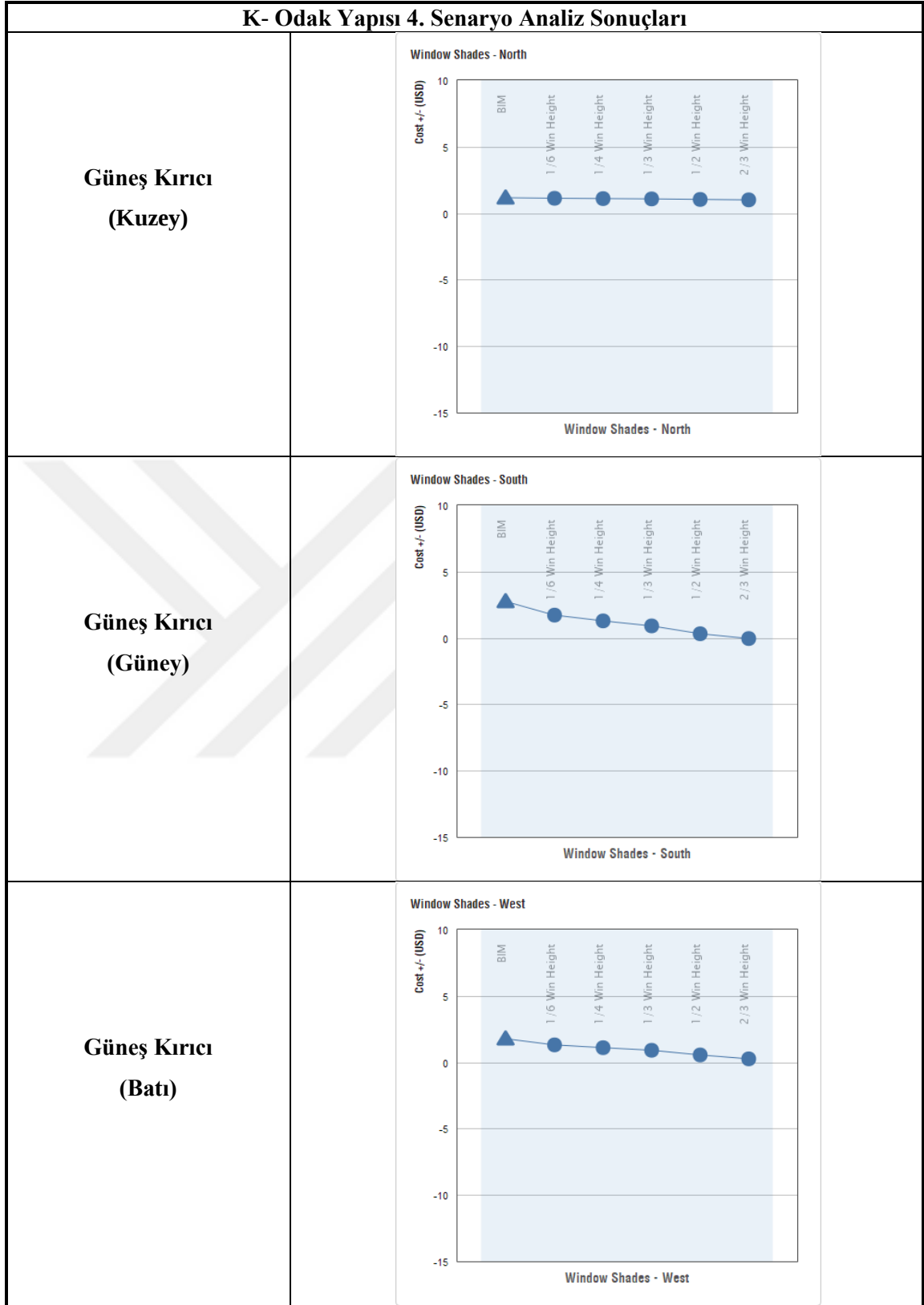
Şekil 5.56. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları



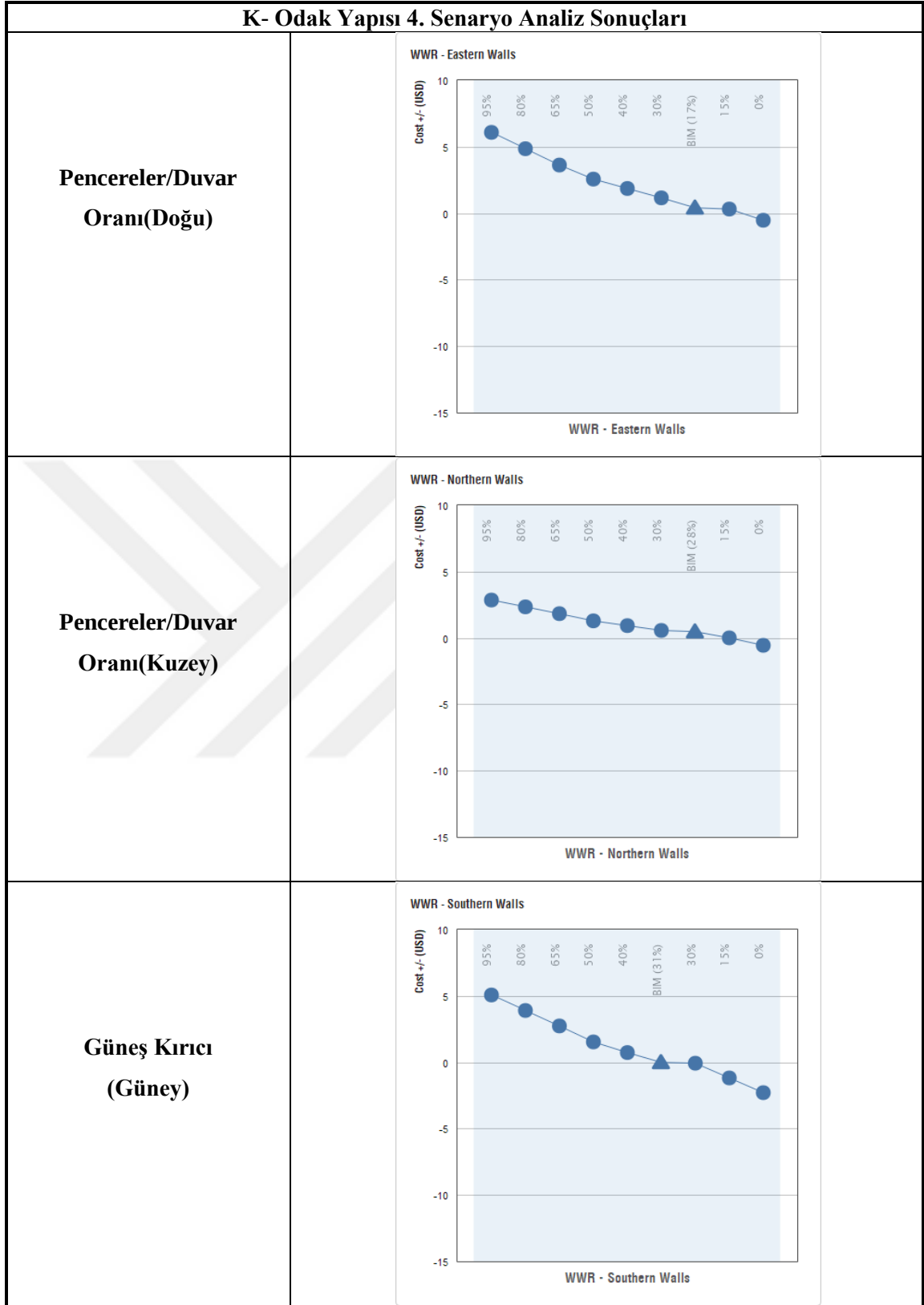
Şekil 5.57. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları



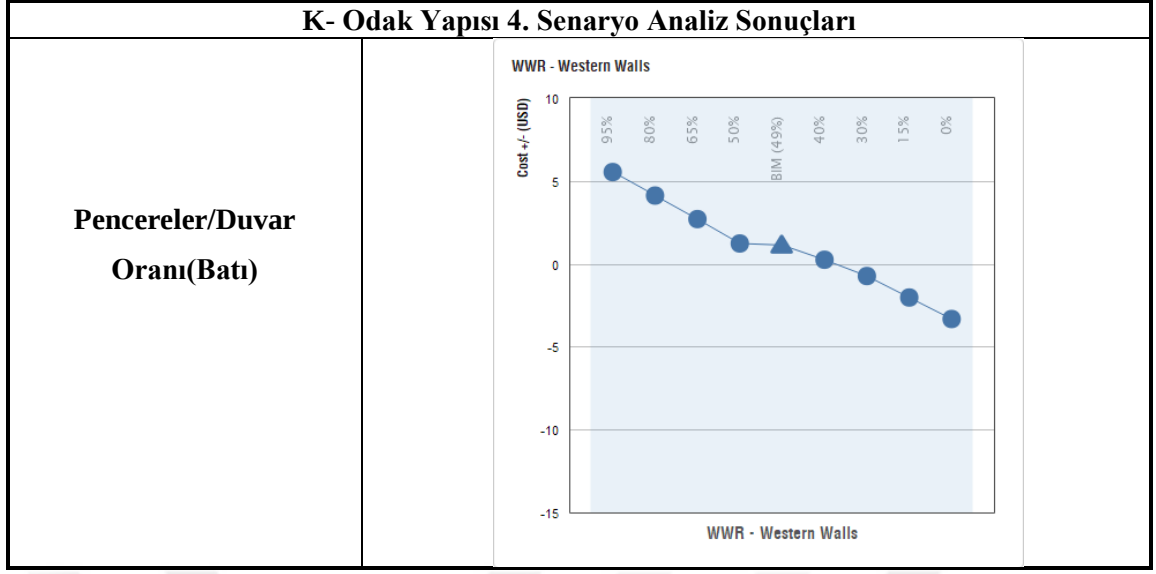
Şekil 5.58. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları



Şekil 5.59. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları



Şekil 5.60. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları



Şekil 5.61. K- Odak Yapısı 4. Senaryo Analiz Sonuçları

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnsanlık olarak yakında geri dönüşü olmayacak bir takım küresel sorunlarla karşı karşıyayız. Sosyal ve kültürel açıdan ihtiyaçlarımıza cevap verebilen aynı zamanda gelecek nesillerin kaynak ihtiyaçlarını sınırlandırmadan yaşayabileceğimiz sürdürülebilir çevreler tasarlanarak devam eden kentsel ve doğal ortamlarda oluşan problemlerin önüne geçilmelidir.

Ekosistemin sadece şuan üzerinde yaşayan canlılara ait olmadığını, nasıl ki geçmişten günümüze miras olarak bırakıldığı gibi, tekrar gelecek nesillere miras olarak bırakılacağının bilincinde olarak yapılı ve doğal çevre sürdürülebilir ve ekolojik yaklaşımlarla tasarlanmalıdır.

Bu fikirler ışığında söyleyebiliriz ki, yaşadığımız çevreyi iyileştirmek için öncelikle içinde yaşayan nüfus bilinçlendirilmeli, yaşam tarzlarının doğa ve kent üzerindeki etkileri anlatılmalı ve her bireyin yaşadığı çevreye daha saygılı bir hale gelmesi sağlanmalıdır. Ancak bu şekilde uygulanan çözüm önerileri kalıcı bir hal alır ve sürekli müdahale edilmeksizin de yaşanabilir ve sürdürülebilir çevreler oluşturulabilir.

Yapılar tasarlanırken iklim koşulları, topografya, ulaşım yolları, yapı yoğunluğu, sokak genişlikleri, yerel malzemeler vb. çevresel faktörler incelenmeli ve her bir yapı için gereğine uygun tasarımlar yapılarak mümkün olduğunca enerjiden ve malzemeden tasarruf edilmelidir. Bu analizler doğrultusunda yapılan tasarımlar güneş ve rüzgar gibi doğal unsurları doğru kullanarak ısıtma, soğutma, aydınlatma ve elektrik gibi yapının yaşam süreci boyunca ihtiyaç duyacağı enerji kaynaklarından tasarruf edecektir.

Sürdürülebilir yapılar tasarlanırken amaç, daha az enerji tüketen, insan ihtiyaçlarına cevap verebilen ve çevreye zarar veremeyen yapılar oluşturmaktır. Tüm enerji kaynakları kullanıldıkları zaman ortama zararlı bir takım etkileri vardır fakat oluşturulacak yeni yapılarda enerji ihtiyacını fosil kaynaklar yerine doğaya da az etki eden yenilenebilir, sürdürülebilir ve aynı zamanda düşük maliyetli enerji kaynakları seçilmelidir. Böylelikle sürdürülebilirliğin üç temel şartı olan sosyal, çevresel ve ekonomik sürdürülebilirlik şartları sağlanmış olacaktır.

Ekonomik, sosyal ve çevresel gelişmelere paralel olarak toplumsal ihtiyaçlara cevap verebilmek adına her geçen gün inşaat sektörüne yapılan yatırımlar artmaktadır. Yapım ve kullanım aşamalarında doğal kaynaklardan faydalanan bu yapıların artışı maalesef kaynak sıkıntısı ve çevresel sorunlar olarak geri dönmekte, günümüz dünyasını ve gelecek nesillerin yaşama alanlarını ve haklarını tehdit etmektedir. Bu tip çevre sorunları nedeniyle halihazırda bulunan çevre politikaları revize edilmeli ve sürdürülebilir planlar oluşturulmalıdır. Kısmi değil, bütünsel ve kesin çözümler hedef olmalıdır. Bu bakımdan, İnşaat sektöründe alınan önlemler uzun vadede çevresel sorunların ve kaynak sıkıntılarının önüne geçecektir.

Sürdürülebilir tasarımlarda yapı ölçeğinde, kullanılan malzeme , yönelim, iklimlendirme ve geri dönüşüm uygulamalarıyla yapılar tasarım aşamasından yıkım aşamasına kadar çevreye duyarlı , daha az enerji tüketen ve doğayla uyumlu birimler olarak tasarlanabilirler.

Çevresel sürdürülebilirliğin sağlanabilmesi için doğanın akışını bozmayan, topografik hatlara uyarak, su akışı takip edilerek ve taban alanı yeşil alanlar yerine toprak alanlardan seçilerek küçük sınırları olan mimari yapılar tasarlanmalıdır.

Başarılı bir sürdürülebilir tasarım için insan ve doğal çevre arasında bir denge oluşturulmalı ve bu iki unsur kesinlikle birbirinden bağımsız olarak düşünülmemeli, doğal kaynaklar dikkatli kullanılarak gelecek nesillere aktarılacağı unutulmamalıdır.



KAYNAKLAR

- [1] Mersal, A. (2016). Sustainable Urban Futures: Environmental Planning For Sustainable Urban Development, Procedia Environmental Sciences, C.34, 49-61.
- [2] Harris, J.M. (2000). Basic Principles Of Sustainable Development, Global Development and Environment Institute Working Paper: 00-04, Tufts University, USA
- [3] Tıraş, H. H. (2012). Sürdürülebilir Kalkınma Ve Çevre: Teorik Bir İnceleme, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C.2 , Sayı 2, 57-73.
- [4] Civan, U. (2006). Akıllı Binaların Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [5] <https://cedbik.org/> , Erişim: Ekim, 2021.
- [6] Hamzakadı, A. (2019). Çevre Kaynaklarının Korunmasında Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisi ile Yeşil Bina Oluşumunun Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [7] Erol, İ., Özcan, U. (2018). Sürdürülebilir Tasarımda Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), International Congress Engineering and Architecture, Alanya.
- [8] Ofloğlu, S. (2014). Yapı Bilgi Modelleme: Gereksinim ve Birlikte Çalışılabilirlik, Mimarist, Ocak.
- [9] Kaypak, Ş. (2011). Küreselleşme Sürecinde Sürdürülebilir Bir Kalkınma İçin Sürdürülebilir Bir Çevre, KMÜ Sosyal Ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, C.13, Sayı 20, 19-33.
- [10] Aksu, C. (2011). Sürdürülebilir Kalkınma Ve Çevre, Güney Ege Kalkınma Ajansı.
- [11] Özer, A. Ö. (?). Güncel Bir Tartışma: Sürdürülebilir Kalkınma, Habitat II, Planlama, C.95, Sayı 3-4, 21-26.
- [12] Aytıs, S. , Polatkan, I. (2010). Sürdürülebilir Tasarım Kavramında Temel İlkelerin Yapı Ve Toplum Ölçeğinde Değerlendirilmesi, Yapı Fiziği ve Sürdürülebilir Tasarım Kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [13] Aykal, F.D., Gümüş, B., Özbudak Akça, Y.B. (2009). Sürdürülebilirlik Kapsamında Yenilenebilir ve Etkin Enerji Kullanımının Yapılarda Uygulanması, V. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Diyarbakır.
- [14] Utkuğ, G. (2011). Sürdürülebilir Bir Geleceğe Doğru Mimarlık Ve Yüksek Performanslı Yeşil Bina Örnekleri, X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- [15] Öztürk, K. (2002). Küresel İklim Değişikliği Ve Türkiye'ye Olası Etkileri, G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, C. 22, Sayı 1, 47-65.
- [16] Uyar, T.S. Enerji Sorunu, Fosil Yakıtlar ve İklim Değişikliği, <https://ozgurlukdunyasi.org/arsiv/21-sayi-195/183-enerji-balk-deiecek> , Erişim: Kasım, 2019.
- [17] Çavuşoğlu, Ö. H., Çağdaş, G. (2020). Bina Bilgi Modelleme İle Erken Tasarım Aşamasında Karar Verme Süreçlerinin Sürdürülebilirlik Bağlamında Değerlendirilmesi, JCoDe: Journal of Computational Design, C.1, Sayı 2, 1-26.
- [18] Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı, http://www.canaktan.org/hukuk/insan_haklari/yirminci-yuzyilda/insan_cevresi.htm , Erişim: Kasım, 2019.
- [19] Mısır, M. (2016). Uluslararası Ormancılık, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi. http://.ktu.edu.tr/dosyalar/ormanamenajmani_49c63.pdf , Erişim: Kasım, 2019.
- [20] Alada, A. , Gürpınar, E. , Budak, S. (1993). Rio Konferansı Üzerine Düşünceler, İstanbul Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi, C. 0, Sayı 3-4-5.
- [21] Kaya, A. (2017). Kyoto Protokolü Nedir?, <https://www.tech-worm.com/kyoto-protokolu-sozlesmesi-nedir/> , Erişim: Kasım, 2019.
- [22] Özmehmet, E. (2008). Dünyada Ve Türkiye Sürdürülebilir Kalkınma Yaklaşımları, Journal Of

Yaşar University, C.3, Sayı 12, 1853-1876.

- [23] <http://benkoltd.com/suyapo/surdurulebilir/surdurulebilirlik.asp> , Erişim: Kasım, 2019.
- [24] Özorhon, G. (2013). Sürdürülebilir Mimarlık, Yarının Binaları Ve Bir Örnek, 11. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir. Çeviren: Özmete, E. , Doç. Dr. , Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Sosyal Hizmet Bölümü Öğretim Üyesi.
- [25] Sev, A. (2009). Sürdürülebilir Mimarlık, Yapı Endüstri Merkezi, Yem Yayınları.
- [26] Dikmen, Ç. B. (2011). Enerji Etkin Yapı Tasarım Ölçütlerinin Örneklenmesi, Politeknik dergisi, C.14, Sayı 2, 121-134.
- [27] Görcelioğlu, E. (1995). Ekosistem, Kent ve İnsan, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Seri:B, C.45, Sayı 3-4.
- [28] Karakurt Tosun, E. (2017). Sürdürülebilirlik Bağlamında Ekolojik Kent Söylemi, AİBU Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, C.17, Sayı 4, 169-189.
- [29] Gökalp, D.D., Yazgan, M.E. (2013). Kentsel Tasarımda Kent Ekolojisi, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, C.6, Sayı 1, 28-31.
- [30] Çetinkaya, Ç. (2013). Eko-Kentler: Kent ve Doğa İlişkisinde Yeni Bir Sistem Tasarımı, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, C.6, Sayı 1, 12-16.
- [31] Keskin, E.B. (2012). Sürdürülebilir Kent Kavramında Farklı Bir Bakış: Yavaş Şehirler(Cittaslow), PARADOKS Ekonomi, Sosyoloji ve Politika Dergisi, C.8, Sayı 1, 81-99.
- [32] Sat, N.A., Gürel Üçer, Z.A., Varol, Ç., Yenigül, S.B. (2017). Sürdürülebilir Kentler İçin Çok Merkezli Gelişme: Ankara Metropolitan Kenti İçin Bir Değerlendirme, Ankara Araştırmaları Dergisi, C.5, Sayı 1, 98-107.
- [33] Karakut Tosun, E. (2013). Sürdürülebilir Kentsel Gelişim Sürecinde Kompakt Kent Modelinin Analizi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, C.15, Sayı 1, 103-120.
- [34] Erdoğan Onur, B., Demiroğlu, D. (2016). Kentsel Sürdürülebilir Mekanlar: Ekolojik Parklar, Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, C.66, Sayı 1,340-355. DOI: 10.17099/jffiu.47580
- [35] Engin, N. (2012). Enerji Etkin Tasarımda Pasif İklimlendirme: Doğal Havalandırma, Tesisat Mühendisliği, Sayı 129, 62-70.
- [36] <https://architecture2030.org/> , Erişim: Eylül, 2021.
- [37] Pamuk, R. , Kuruoğlu, M. (2016). İnşaat Sektöründe Sürdürülebilirlik Ve Bina İnşaatlarında Evrensel Uygulama Örnekleri, Beykent Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, C. 9, Sayı 1, 161-177.
- [38] <https://www.semtrio.com/> , Erişim: Ekim, 2021
- [39] Kim, J.J., Rigdon, B., Graves, J. (1998). Qualities, Use and Examples of Sustainable Building Materials , National Pollution Prevention Center for Higher Education, College of Architecture and Urban Planning The University of Michigan.
- [40] <https://www.semtrio.com/> , Erişim: Ekim, 2021
- [41] Erdoğan, İ. (2005). Yapıda Kullanılan Malzemelerin Sürdürülebilirlik Kapsamında Oluşum Enerjisi Açısından İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [42] <https://www.iea.org/topics/buildings> , Erişim: Mayıs, 2021.
- [43] Kılıç Demircan, R., Gültekin, A.B. (2015). Binalarda Pasif ve Aktif Güneş Sistemlerinin İncelenmesi, 2nd International Sustainable Buildings Symposium, Gazi Üniversitesi, 839-847.
- [44] Ülgen, K. (1995). Binaların Pasif Güneş Enerjili Sistemler Yardımıyla Isıtılması, Tesisat Mühendisliği Süreli Teknik Yayını, C.22, 35-42.
- [45] Yılmaz, Z. (2006). Akıllı Binalar ve Yenilenebilir Enerji, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı 91, 7-15.
- [46] Çakmanus, İ. (2004). Enerji Verimli Bina Tasarım Yaklaşımı, Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı

- [47] Majjad, M.Z. (2007). Using of Passive Solar Systems in Buildings, Engineers Association.
- [48] Wachberger, M., Wachberger, H. 1988. Güneş ve Konut, Çev. Cemil Gerçek, Yaprak Kitabevi, Ankara.
- [49] Sayın, S. (2006). Yenilenebilir Enerjinin Ülkemiz Yapı Sektöründe Kullanımının Önemi ve Yapılarda Güneş Enerjisinden Yararlanma Olanakları, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [50] Alparslan, B. (2010). Ekolojik Yapı Tasarım Ölçütleri Kapsamında Ankara'da Örnek Bir Yapı Tasarımı ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [51] Chel, A., Nayak, J.K., Sizing Calculations for Passive Building Components, M.Tech. Dissertation thesis, Energy Systems Engineering, Indian Institute of Technology Bombay, Mumbai, India, 2004.
- [52] Yüre, T. (2007). Güneş Enerjisinden Edilgen Sistem Yararlanmada Güneş Odası Ekleme Yönteminin İç Ortam Sıcaklığına Etkisinin İncelenmesi-İstanbul Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [53] Ulusoy, S. (2012). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanan Enerji Etkin Binaların Yapı Bileşeni Açısından İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [54] <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/getting-started/caas/simplecontent/content/trombe-wall-and-attached-sunspace-part-2.html>, Erişim: Şubat, 2021.
- [55] Abuşka, M. Güneş Enerjisi Sistemleri, <https://docplayer.biz.tr/5021300-Yrd-doc-dr-mesut-abuska-gunes-enerjisi-sistemleri.html>, Erişim: Nisan, 2021.
- [56] <https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/simplecontent/content/solar-photovoltaics-part-1.html>, Erişim: Nisan, 2021.
- [57] Cezim, C. (2013). Fotovoltaik Sistemler ve Uygulamaları, TMMOB, <http://www.solar-academy.com/menus/Fotovoltaik-Sistemler-ve-Uygulamalari.122101.pdf>, Erişim: Nisan, 2021.
- [58] <https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/simplecontent/content/solar-hot-water-part-1.html>, Erişim: Nisan, 2021.
- [59] Pak Öztürk, E., Orhon A.V. (2009). Yapı Cephelerinde Enerji Üreten Aktif Rüzgar Sistemlerinin Kullanımı, Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu.
- [60] Ahmadikia, H., Moradi, A., Hojjati, M. (2012). Performance Analysis of a Wind-Catcher with Waterspray, International Journal of Green Energy, 9:160-173. DOI: 10.1080/15435075.2011.622019.
- [61] Bekleyen, A., Melikoğlu, Y. (2019). Antik Rüzgar Yakalayıcıların Anadolu'daki Örnekleri: Şanlıurfa'nın Badgelleri, Art-Sanat, İstanbul Üniversitesi Yayınevi, Sayı 12, 109-128. DOI: 10.26650/artsanat.2019.12.0007.
- [62] Yüksek, İ., Esin, T. (2011). Yapılarda Enerji Etkinliği Bağlamında Doğal Havalandırma Yöntemlerinin Önemi, Tesisat Mühendisliği, Sayı 125, 63-77.
- [63] İnan, T., Başaran, T. (2014). Çift Cidarlı Cepheler Üzerine Bir Araştırma, Megaron, C.9, Sayı 2, 132-142. DOI: 10.5505/MEGARON.2014.91885.
- [64] https://www.archdaily.com/409062/john-and-frances-angelos-law-center-behnisch-architekten?ad_medium=gallery, Erişim: Şubat, 2021.
- [65] Boduroğlu, Ş., Seçer Kariptaş, F. (2012). Rüzgar Enerjili Etkin Sistemlerin Yapılarda Kullanım Biçimleri, GreenAge Sempozyumu, Mimar Sinan Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [66] Singh, T. (2012). "Venger Wind Unveils World's Largest Rooftop Wind Farm in Oklahoma City", İnhabitat, <https://inhabitat.com/venger-wind-unveils-worlds-largest-rooftop-wind-farm-in-oklahoma-city/> Erişim Tarihi: Ekim, 2021.
- [67] Koç, E., Şenel, M.C. (2013). Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu- Genel Değerlendirme, Mühendis ve Makine, C. 54, Sayı 639, 32-44.

- [68] Yıldız, M. (2006). Dünyada ve Türkiye'de Alternatif ve Fosil Enerji Kaynaklarının Geleceğe Yönelik Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [69] <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-biyokutle> , Erişim: Mayıs, 2021.
- [70] Koç, E., Kaya, K. (2015). Enerji Kaynakları- Yenilenebilir Enerji Durumu, Mühendis ve Makine, C.56, Sayı 668, 36-47.
- [71] Yüksek, İ., Esin, T. (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Yapılarda Kullanım Olanakları, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), Karabük.
- [72] Varınca, K.B., Gönüllü, M.T. (2006). Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Bu Potansiyelin Kullanım Derecesi, Yöntemi ve Yaygınlığı Üzerine Bir Araştırma, I. Ulusal Güneş ve Hidrojen Enerjisi Kongresi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- [73] Ofluoğlu, S. (2016a). BIM ve Sürdürülebilirlik, Akademik Bilişim Konferansı, Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın.
- [74] Yılmaz, B. (2012) Türkiye İçin Sürdürülebilir Bina Performans Kriterleri Ve Bütünleşik Tasarım Yönetim Modeli Oluşturulması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [75] <https://www.xn--leedsertifika-jgc.com/> , Erişim: Ekim, 2021.
- [76] <https://www.ecobuild.com.tr/> , Erişim: Ekim, 2021.
- [77] Yetkin, E.G. (2015). Mevcut Binalar Kapsamında LEED, BREEAM ve DGNB Sistemleri Enerji Ölçütlerinin Karşılaştırmalı Analizi, 2nd International Sustainable Buildings Symposium, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- [78] Ürük. Z. F. & İslamoğlu, A. K. K. (2019). Breeam, Leed Ve DGNB Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Standart Bir Konutta Karşılaştırılması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (15), 143-154.
- [79] Altun, M., Akçamete Güngör, A. (2016). Yapı Bilgi Modellemesi Tabanlı Bina Enerji Optimizasyonu, 4. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- [80] <https://www.autodesk.com.tr/solutions/bim> , Erişim: Ekim, 2021
- [81] Ofluoğlu, S. (2016b). Yapı Bilgi Modelleme ve Kullanım Alanları, TİMÖB Dergisi, Şubat.
- [82] Taşlı Pektaş, Ş. (2017). Mimarlıkta Yapı Bilgi Modellemesi Uygulamaları, ResearchGate, https://www.researchgate.net/publication/314838064_Mimarlikta_Yapi_Bilgi_Modellemesi_Uygulamaları , Erişim Tarihi: Ekim, 2019.
- [83] <https://turkeco.com/yesil-bina-ve-butunlesik-tasarim/> , Erişim tarihi: Ekim, 2021.
- [84] Kaya, K. (2011). Sürdürülebilir Binalar için Çevresel Ürün Bildirimine Sahip Yapı Malzemeleri Konusunda Türkiye'de Mevcut Durumun İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [85] Sürdürülebilir Kalkınma, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Yönetim Kurulu, 15-49, https://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/ec3ef3b37983cdb_ek.pdf?dergi=678 , Erişim Tarihi: Ocak, 2020.

EKLER

EK- 1: K-ODAK KÜTÜPHANE YAPISI DÖŞEME MALZEME LİSTESİ

Döşeme Malzeme Listesi	
Döşeme (Bodrum Kat Genel)	Emperador (Light) Mermer 30mm
	Harç 30mm
	Tesviye Betonu 40mm
	Betonarme Döşeme
	XPS (35kg/m ³)
	Stabilize Dolgu
	Betonarme Radye Temel
	Koruma Betonu
	300gr/m ² Ayırıcı Keçe
	Su Yalıtımı (PVC ya da ECB Esaslı Çift Kat)
	300gr/m ² Ayırıcı Keçe
	Grobeton
	Kum Çakıl Dolgu
Su Deposu	Suni Mermer Karo Plak (40x40cm) 20mm
	Harç 40mm
	Sürme Su İzolasyonu
	Eğim Betonu (%0.5 eğim) min. 40mm
	Betonarme Döşeme
	XPS (35kg/m ³)
	Stabilize Dolgu
	Betonarme Radye Temel
	Koruma Betonu
	300gr/m ² Ayırıcı Keçe
	Su Yalıtımı (PVC ya da ECB Esaslı Çift Kat)
	300gr/m ² Ayırıcı Keçe
	Grobeton
	Kum Çakıl Dolgu
Mescit	Rulo Halı 10mm
	Kimyasal Yapıştırıcı
	Tesviye Betonu 90mm
	Betonarme Döşeme
	XPS (35kg/m ³)
	Stabilize Dolgu
	Betonarme Radye Temel
	Koruma Betonu
	300gr/m ² Ayırıcı Keçe
	Su Yalıtımı (PVC ya da ECB Esaslı Çift Kat)
	300gr/m ² Ayırıcı Keçe

Ek-1 Devamı	
	Grobeton
	Kum Çakıl Dolgu
Çakıl Havuzu	Çakıl 100mm
	Betonarme Döşeme
	XPS (35kg/m3)
	Stabilize Dolgu
	Betonarme Radye Temel
	Koruma Betonu
	300gr/m ² Ayırıcı Keçe
	Su Yalıtımı (PVC ya da ECB Esaslı Çift Kat)
	300gr/m ² Ayırıcı Keçe
	Grobeton Kum Çakıl Dolgu
Bodrum Kat Wc	Emperador (Light) Mermer 30mm
	Harç 30mm
	Sürme Su İzolasyonu
	Eğim Betonu (%0.5 eğim) min. 40mm
	XPS (35kg/m3) 90mm
	Betonarme Döşeme
	Stabilize Dolgu
	Betonarme Radye Temel
	Koruma Betonu
	300gr/m ² Ayırıcı Keçe
	Su Yalıtımı (PVC ya da ECB Esaslı Çift Kat)
	300gr/m ² Ayırıcı Keçe
	Grobeton Kum Çakıl Dolgu
Jeneratör Odası	Yüzey Sertleştirici Boya
	Betonarme Döşeme
	XPS (35kg/m3) 100mm
	Betonarme Döşeme
	Stabilize Dolgu
	Betonarme Radye Temel
	Koruma Betonu
	300gr/m ² Ayırıcı Keçe
	Su Yalıtımı (PVC ya da ECB Esaslı Çift Kat)
	300gr/m ² Ayırıcı Keçe
	Grobeton Kum Çakıl Dolgu
Döşeme (Genel)	Emperador (Light) Mermer 30mm
	Harç 30mm
	Tesviye Betonu 40mm
	Betonarme Döşeme
	Emperador (Light) Mermer 30mm
	Harç 30mm

Ek-1 Devamı	
Wc	Sürme Su İzolasyonu
	Eğim Betonu (%0.5 eğim) min. 40mm
	XPS (35kg/m3) 90mm
	Betonarme Döşeme
Döşeme (genel)	PVC Kaplama
	Kimyasal Yapıştırıcı
	Tesviye betonu
	Self Levelling 90mm
	Betonarme Döşeme
Çakıl Çatı	İki Kere Yıkanmış Dere Çakılı 60mm
	Drenaj Levhası 10mm
	XPS (35kg/m3) 100mm
	Bitümlü Su Yalıtımı 3+3mm
	Astar
	Eğim Betonu (%1) 40mm
	Betonarme Döşeme
Mekanik Oda	Suni Mermer Karo Plak (40x40cm) 20mm
	Harç 40mm
	Sürme Su İzolasyonu
	Eğim Betonu (%0.5 eğim)
	Betonarme Döşeme

EK-2: K-ODAK KÜTÜPHANE YAPISI DUVAR MALZEME LİSTESİ

Duvar Malzeme Listesi	
Bodrum Kat Perde Duvarı	Toprak dolgu
	Hdpe kabarcıklı drenaj levhası (400kn/m2 basınç)
	XPS (35kg/m3) 80mm
	Su yalıtımı (PVC veya ECB tip örtü – 2 kat)
	Dış Sıva Betonarme Duvar/Kolon
Bodrum Kat Perde Duvarı	Dış Cephe Boyası
	Isı Yalıtım Sıvası XPS (35kg/m3) 50mm
	Su yalıtımı (PVC veya ECB tip örtü – 2 kat)
	Dış Sıva
	Betonarme Duvar/Kolon
Bodrum Kat Perde Duvarı	Emperador (Light) Mermer Süpürgelik (h=80mm)
	Yapıştırıcı
	Isı Yalıtım Sıvası XPS (35kg/m3) 50mm
	Su yalıtımı (PVC veya ECB tip örtü – 2 kat)
	Dış Sıva
	Betonarme Duvar/Kolon
Genel	Boya
	Saten Alçı Sıva
	Alçı Sıva
	Kaba Sıva
	Betonarme Duvar/Kolon
Genel	Boya
	Saten Alçı Sıva
	Alçı Sıva
	Kaba Sıva
	Delikli Tuğla Duvar
Genel	Boya
	Saten Alçı
	Alçı Levha Kaplama (2x12.5mm) 25mm
	Taşyünü (52kg/m3) 50mm
	Alçı Levha Konstrüksiyon 100mm
Dış Cephe	Emperador (Light) Mermer 30mm
	Mekanik konstrüksiyon
	Buhar Dengeleyici
	Taşyünü (52kg/m3) 50mm
	Dış Sıva 15mm
	Delikli Tuğla Duvar

Ek-2 Devamı	
Dış Cephe	Emperador (Light) Mermer 30mm
	Mekanik konstrüksiyon
	Buhar Dengeleyici
	Taşıyünü (52kg/m3) 50mm
	Dış Sıva 15mm
	Betonarme Duvar/Kolon
Wc	Emperador (Light) Mermer 20mm
	Yapıştırma Harcı 15mm
	Alçı Sıva
	Kaba Sıva
	Betonarme Duvar/Kolon
Wc	Ayna
	Kimyasal Yapıştırıcı
	MDF
	Alçı Sıva
	Kaba Sıva
	Delikli Tuğla Duvar
Jeneratör Odası	Kümes Teli
	Camtülü Kaplı Taşıyünü 10mm
	Betonarme Duvar/Kolon
Jeneratör Odası	Kümes Teli
	Camtülü Kaplı Taşıyünü 10mm
	Delikli Tuğla Duvar

Ek-3: K-ODAK KÜTÜPHANE YAPISI TAVAN MALZEME LİSTESİ

Tavan Malzeme Listesi	
Genel	Betonarme Döşeme
	Tavan Sıvası
	Alçı Levha Asma Tavan Sistemi
	Saten Alçı Sıva + Boya
Jeneratör Odası	Betonarme Döşeme
	Tavan Sıvası
	Camtülü Kaplı Taşyünü Yalıtım
	Kümes Teli
Genel	Betonarme Döşeme
	Tavan Sıvası
	Yanmaz Akustik Köpük 25mm
	Genleşmiş Metal Asma Tavan Sistemi
Genel	Betonarme Döşeme
	Tavan Sıvası
	Yanmaz Akustik Köpük 25mm
	Genleşmiş Metal Panel (60x60) Asma Tavan Sistemi
Genel	Betonarme Döşeme
	Tavan Sıvası
	Saten Alçı Sıva + Boya
Genel	Betonarme Döşeme
	Tavan Sıvası
	Akustik Ahşap Panel Tavan Sistemi
Wc	Betonarme Döşeme
	Tavan Sıvası
	Cam Elyaf Şilte Kaplı Kaplama Levha Asma Tavan S.
	Saten Alçı Sıva+Boya

ÖZGEÇMİŞ

Şeyda AÇIL

ARAŞTIRMA DENEYİMİ	
✓	AUTOCAD, REVIT, INSIGHT