T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PERFORMATİF GİYDİRME CEPHE TASARIMINDA YAPI BİLGİ MODELLEMESİ KULLANIMI

Naime USLU GÜÇLÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mimarlık Anabilim Dalı
Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı

Danışman
Doç. Dr. Togan TONG

TEMMUZ, 2023

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PERFORMATİF GİYDİRME CEPHE TASARIMINDA YAPI BİLGİ MODELLEMESİ KULLANIMI

Naime USLU GÜÇLÜ tarafından hazırlanan tez çalışması 12.07.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Togan TONG
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Togan TONG, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Şensin YAĞMUR, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Bülent Onur TURAN, Üye
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. Togan TONG sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Performatif Giydirme Cephe Tasarımında Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımı başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Naime USLU GÜÇLÜ

İmza

Sevgili Aileme

ve

Biricik Eşime

TEŞEKKÜR

Öğrenme merakımın, teknoloji severliğimin ve mimarlık tutkumun buluşup beni getirdiği bu alanda mesleki kariyerimi inşa etmek hayatımın çok keyifli ve gurur verici yanıdır. Yüksek lisans eğitimim de bu inşanın en kıymetli parçasıdır. Lisans eğitimimde başlayıp, yüksek lisans eğitimimin boyunca desteklerini esirgemeyen, her zaman benim için çok yol gösterici ve ilham verici olan, bana ilgi duyduğum "Cephe ve YBM" alanında tez çalışması yapabilme fırsatı sunan, çok kıymetli hocam Doç. Dr. Togan TONG'a çok teşekkür ediyorum. Ayrıca benden hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen, herzaman her koşulda çok şanslı hissettiren, öğrenme ve gelişme merakımı her zaman destekleyen, aileme ve kıymetli yol arkadaşım eşim Mustafa GÜÇLÜ'ye sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. İyi ki varsınız.

Naime USLU GÜÇLÜ

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ vii

ŞEKİL LİSTESİ ix

ÖZET xii

ABSTRACT xv

1 GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti . . . 1
1.2 Tezin Amacı . . . 3
1.3 Tezin Yöntemi . . . 4
1.4 Tezin Kapsamı . . . 5
1.5 Hipotez . . . 6

2 PERFORMATİF TASARIM SÜREÇLERİ VE ARAÇLARI 7

2.1 Performans ve Sürdürülebilirlik İlişkisi . . . 8
2.2 Mimari Tasarım Süreci . . . 12
2.3 Mimari Proje Sürecinde Paydaşlar . . . 15
2.4 Performatif Cephe Tasarım Kriterleri . . . 17
2.5 Tasarım Araçları . . . 23
2.6 YBM Boyutları . . . 34
2.7 YBM LOD Seviyeleri . . . 35
2.8 En Yaygın YBM Yazılımları . . . 38
2.9 YBM ve Enerji Analiz Süreçleri . . . 44
2.10 YBM ile Birlikte Çalışılabilirlik ve Dosya Değiş Tokuşu . . . 47
2.11 Performatif Cephe Tasarımında YBM Kullanımı . . . 48
2.12 Yapı Kabuğu Tasarımında YBM Kullanımında ilk Örnekler . . . 52
2.13 Performatif Cephe Örnekleri . . . 55

3 PERFORMATİF GİYDİRME CEPHE TASARIMINDA YÖNTEM ÖNERİSİ 66

3.1 Performatif Giydirme Cephe Tasarım Aşamaları . . . 67

3.2 Model Üretim Aşaması 71
3.3 Analiz Aşaması 78
3.4 Optimizasyon Aşaması 82
3.5 Çalışmanın Test Sonuçları ve Kıyaslaması 84

4 SONUÇ **92**

KAYNAKÇA **97**

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR **100**

KISALTMA LİSTESİ

2B	İki Boyutlu
3B	Üç Boyutlu
4B	Dört Boyutlu
AIA	Amerikan Mimarlar Enstitüsü
ASHRAE	American Society Heating Refrigerating AirConditioning Engineers
BDT	Bilgisayar Destekli Tasarım
BIM	Building Information Modelling - Yapı Bilgi Modeli
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology
CAD	Computer Aid Design - Bilgisayar Destekli Tasarım
CDE	Common Data Environment - Ortak Data Ortamı
COBIE	Construction Operations Building Information Exchange
DOE	U.S. Department of Energy (Birleşik Devletler Enerji Bakanlığı)
DWG	2 veya 3 Boyutlu Dizayn Datası Saklayan Dosya Formatı
DXF	2 veya 3 Boyutlu Dizayn Datası Değişimine Yarayan Format
gbXML	Green Building Extensible Markup Language
HVAC	Heating Ventilating and Air Conditioning
IFC	Industry Foundation Classes
LEED	Leadership in Energy Environmental Design
LOD	Level of Development / Detail - Detay Seviyesi
MEP	Mechanical Electrical Plumbing
MIT	Massachusetts Institute of Technology
RIBA	Royal Institute of British Architects

TMMOB	Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birligi
YBM	Yapı Bilgi Modeli
WWR	Window-Wall Ratio -(Pencere-Duvar Oranı)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Bina degerlendirme uygulamaları [9] 9
Şekil 2.2 Türkiye'de enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik üzerine çalışmalar 10
Şekil 2.3 LEED puanlama kategorisi 11
Şekil 2.4 Mimari proje süreci (RIBA'dan uyarlanmıştır [11] 13
Şekil 2.5 Mimari proje sürecinde cephe 14
Şekil 2.6 Geleneksel takım entegrasyonu ve YBM ile entegrasyon kıyaslaması 16
Şekil 2.7 Cephe tasarım kriterleri 18
Şekil 2.8 Sürdürülebilir cepheler ve özellikleri 19
Şekil 2.9 Farklı iklim tiplerine göre tasarım stratejileri 20
Şekil 2.10 Bina yönelimi diyagramı [12] 21
Şekil 2.11 Bina yönelimi grafiği [12] 22
Şekil 2.12 Pencere duvar oranı [18] 22
Şekil 2.13 Parametrik tasarımda gelişim süreci 24
Şekil 2.14 El çizimi - CAD - YBM tasarım araçlarının zamana bağlı kullanım yoğunlukları diyagramı 26
Şekil 2.15 Tasarım araçlarının gelişmişlik düzeyleri grafiği 27
Şekil 2.16 CAD'in el çizimine göre avantajları 28
Şekil 2.17 CAD döneminde oluşturulan sistemler 29
Şekil 2.18 YBM döneminde oluşturulan sistemler 29
Şekil 2.19 YBM sistemlerinin gelişimlerinin tarihi süreci [22] 31
Şekil 2.20 Sonata reklamı 1988 [20] 32
Şekil 2.21 CAD - YBM karşılaştırması 33
Şekil 2.22 YBM boyutları 35
Şekil 2.23 LOD duvar detay seviyesi [25] 35
Şekil 2.24 LOD seviyeleri proje aşamaları eşleştirmesi [26] 36
Şekil 2.25 Odaya ait LOD seviye farklılıkları [27] 36
Şekil 2.26 YBM olgunluk seviyeleri diyagramı 36
Şekil 2.27 LOD tablosuna göre yapı elemanı sınıflandırması (BIMForum'dan [26] faydalanılarak oluşturulmuştur.) 37
Şekil 2.28 YBM program kullanım oranları [22] 39
Şekil 2.29 Güncel YBM sistemleri 39

Şekil 2.30 Revit'in tarihsel gelişimi[22] 40
Şekil 2.31 Revit'in avantaj ve dezavantajları 40
Şekil 2.32 Archicad'in tarihsel gelişimi[22] 41
Şekil 2.33 Archicad'in avantaj ve dezavantajları 41
Şekil 2.34 Vectorworks'ün tarihsel gelişimi[22] 42
Şekil 2.35 Vectorworks'ün avantaj ve dezavantajları 42
Şekil 2.36 Bentley Open Buildings'in tarihsel gelişimi[22] 43
Şekil 2.37 Bentley Openbuildings'in avantaj ve dezavantajları 43
Şekil 2.38 Dijital model kategorileri 44
Şekil 2.39 Enerji analiz formülü 45
Şekil 2.40 Parametrik cephe analiz programları 46
Şekil 2.41 Cephe tasarım metodu olarak YBM 49
Şekil 2.42 YBM özellikleri 50
Şekil 2.43 YBM yaşam döngüsü - (uyarlanmıştır; [31]) 51
Şekil 2.44 MacLeamy eğrisi [32] 51
Şekil 2.45 MacLeamy eğrisi - geleneksel tasarım ve bütünleşik tasarım kıyaslası [32] 52
Şekil 2.46 Ulusal Tenis Stadyumu, [20] 52
Şekil 2.47 Australian Broadcasting Corporation,[20] 53
Şekil 2.48 The Peak Tower 53
Şekil 2.49 Royal Albert Hall, [20] 54
Şekil 2.50 Lloyd Bank,[20] 54
Şekil 2.51 Proje Zed, [7] 55
Şekil 2.52 City Hall, [34] 56
Şekil 2.53 BMW Pavilyonu,[35] 57
Şekil 2.54 100 11th Avenue Newyork,[37] 58
Şekil 2.55 Shanghai Tower,[38] 59
Şekil 2.56 Hangzhou Sports Park,[39] 60
Şekil 2.57 Elbphilharmonie,[40] 62
Şekil 2.58 St Mary Axe (The Gherkin), [41] 62
Şekil 2.59 Center for Urban Waters, [42] 63
Şekil 2.60 Kuwait University College of Education, [43] 65
Şekil 3.1 Performatif giydirme cephe tasarım yöntem şeması 68
Şekil 3.2 Farklı LOD seviyelerinde giydirme cephe özellikleri gereksinimleri 69
Şekil 3.3 Performatif giydirme cephe tasarım aşamaları 70
Şekil 3.4 Proje tasarım sürecinde LOD seviyeleri 71
Şekil 3.5 Farklı LOD seviyelerinde paydaşlar 71
Şekil 3.6 LOD 300 özet tablo 72
Şekil 3.7 LOD 300 aşama 1 73

Şekil 3.8 LOD 300 aşama 2 73
Şekil 3.9 LOD 300 aşama 3 74
Şekil 3.10 LOD 300 aşama 4 74
Şekil 3.11 LOD 300 aşama 5 75
Şekil 3.12 3B kesit 75
Şekil 3.13 Yakın 3B kesit 76
Şekil 3.14 Çevre verili perspektif bakış 76
Şekil 3.15 Yakın perspektif bakış 77
Şekil 3.16 Sistem kesiti 77
Şekil 3.17 Bina görünüşü 77
Şekil 3.18 Insight analizi-aşama 1 78
Şekil 3.19 Insight analizi-aşama 2 79
Şekil 3.20 Insight analizi-aşama 3 79
Şekil 3.21 Insight analizi-aşama 4 80
Şekil 3.22 Insight analizi-aşama 5 80
Şekil 3.23 Insight analizi-aşama 6 81
Şekil 3.24 Insight analizi kontrol listesi 82
Şekil 3.25 Insight analizi optimizasyonu öncesi grafikler 83
Şekil 3.26 Insight analizi optimizasyonu sonrası 83
Şekil 3.27 Insight analizi-optimizasyonu 84
Şekil 3.28 Insight analizi bina yönüne bağlı sonuç kıyaslaması 84
Şekil 3.29 LOD 100 analizi, İstanbul, çevre verisi yok 85
Şekil 3.30 LOD 100 analizi, İstanbul, çevre verisi var 85
Şekil 3.31 LOD 300 analizi, İstanbul, çevre verisi yok 86
Şekil 3.32 LOD 300 analizi, İstanbul, çevre verisi var 86
Şekil 3.33 LOD 100 analizi, Barselona, çevre verisi yok 87
Şekil 3.34 LOD 100 analizi, Barselona, çevre verisi var 87
Şekil 3.35 LOD 300 analizi, Barselona, çevre verisi yok 88
Şekil 3.36 LOD 300 analizi, Barselona, çevre verisi var 88
Şekil 3.37 LOD 100 analizi, Stokholm, çevre verisi yok 89
Şekil 3.38 LOD 100 analizi, Stokholm, çevre verisi var 89
Şekil 3.39 LOD 300 analizi, Stokholm, çevre verisi yok 90
Şekil 3.40 LOD 300 analizi, Stokholm, çevre verisi var 90
Şekil 3.41 Genel sonuç tablosu 91

ÖZET

Performatif Giydirme Cephe Tasarımında Yapı Bilgi Modellemesi Kullanımı

Naime USLU GÜÇLÜ

Mimarlık Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Togan TONG

1970'lerin sonunda patlak veren petrol krizleri ile doğal kaynakların tükenmesi, küresel ısınma, artan çevre kirlilikleri ve doğanın dengesinin bozulması ile önemi gittikçe artan en önemli başlıklardan bir tanesi "Sürdürülebilirlik" kavramıdır. Gün geçtikçe tüm alanlarda bu probleme çözüm bulmaya ve enerjiyi daha verimli kullanmaya yönelik çalışmalara önem verilmektedir. Karşımıza ilk defa 1987'de çıkan "Sürdürülebilir Mimarlık" kavramının en önemli alt başlığı ise "Performatif Mimarlık" kavramıdır. Daha iyi, daha verimli, daha az enerji harcamayı ve birçok dahayı bir araya getirip optimize etmeye yarayan performatif mimarlık bir optimizasyon sürecidir.

Yapı sektörü için enerji, zaman ve kaynak optimizasyonu sağlamada karşımıza çıkan çok önemli bir kavram vardır. Ürünü tasarlamaktan ileri giderek, süreci tasarlayıp, ürünün daha performatif olmasını sağlamaya yönelik atılmış adımlardan en önemlisi Yapı Bilgi Modellemesidir. YBM tasarım sürecinin, tasarımın, tasarının üretilmesinin hatta ürünün bakım ve yıkımının bile tasarlanıp kontrol edildiği bir bütüncül bir kavramdır. Performatif ürün almada, süreci optimize etmede ve verimliliği sağlamada son dönemlerdeki en büyük aktörlerden bir tanesidir.

Yapı kabuğu, verimli bir enerji performansı almada ve bir binanın konfor parametrelerine en önemli katkıyı sağlayan elemanlardan bir tanesidir. Fiziksel çevresel faktörlerin kontrolü ve kullanıcıların konforunu artıran tasarım stratejileri tasarım sürecinde göz önünde bulundurulmalıdır. Yüksek performanslı kabuklar, olumsuz dış hava koşullarını engellemeli ve konforlu bir iç ortam sağlamalıdır.

Cephe ise bu yapı kabuğunun ön yüzüdür. Bunu sağlarken minimum enerji tüketimi, yer ve iklime uygun tasarım stratejilerinin seçiminde çok önemli faktörlerden biri haline gelmiştir.

Bu çalışmada, tasarımcılar için performatif giydirme cephe tasarımında YBM kullanılarak tasarımın tüm aşamalarında kılavuz olacak açık kaynak yaklaşımlı bütünleşik bir performatif cephe tasarım model önerisi yapılmaktadır. Bu sayede tasarımcılar tasarımın erken evrelerinde hiçbir uzmana ihtiyaç duymadan ve yaratıcı süreci kesintiye uğratmadan; cepheyle ilgili enerji verimliliğini sağlayacak önemli kararlar alabilecek, optimizasyonunu gerçekleştirebilecek ve tasarımlarını çıkan verilere göre geliştirebilecektir.

Çalışmanın 1. bölümde; literatürde tez konusuyla ilgili yapılan çalışmalar, odak noktaları ve ilişkileri vurgulanarak incelenmekte ve konuyla ilgili alt yapı oluşturulmaktadır. Bu alt yapıya dayanarak; problem tanımı yapılmakta ve tezin amacı ortaya konmaktadır. Daha sonrasında çalışmanın yöntemi hakkında bilgi verilerek, sınırlamalar belirtilerek çalışmanın kapsamı anlatılmaktadır. Sonunda ise hipotezler ortaya konularak bu bölüm bitirilmektedir.

Çalışmanın 2. bölümünde; "Performatif" yani "Edimsellik" üzerinden sürdürülebilirlik ve enerji verimliliğinin önemi vurgulanmaktadır. "Performatif Mimarlık" kavramı açıklandıktan sonra performatif cephenin hangi araçlarla oluşturulduğu anlatılmaktadır. Tasarım süreçleri, paydaşlar, ilişkiler ağı, performatif cephe tasarım kriterleri anlatılmaktadır. Tasarım araçları tarihsel süreç içerisinde ele alınıp "El Çizimi" - "CAD " - "YBM " olarak 3 dönemde anlatılmaktadır. Sonrasında ise en güncel ve kabul görmüş tasarım aracı olan "YBM" kavramı ile performatif cephe tasarım süreçleri ve araçları anlatılmaktadır. YBM'de önemli olan kavramlar anlatılarak çalışmanın diğer bölümü için alt yapı oluşturulmaktadır. Daha sonra en çok kullanılan YBM yazılımları ve enerji performans analizleri hakkında bilgiler verilmektedir. İlk YBM projelerinden örnekler incelendikten sonra güncel performatif cephe örnekleri incelenmektedir.

Çalışmanın 3. bölümünde; önceki bölümlerden elde edilen bilgiler ışığında performatif giydirme cephe yöntem önerisi oluşturulup, örnek bir ofis bina modülü üzerinde vaka çalışması yapılmaktadır. Bu ofis binasının YBM modeli oluşturulup, Insight enerji performans analizleri yapılmakta ve sonrasında analiz sonuçlarının optimizasyonu yapılmaktadır. Analiz parametresi olarak; konum bilgisi, çevre verisi, LOD seviyesi ve cephe yönü belirlenip, bu parametrelere bağlı analiz sonuçlarının nasıl farklılık gösterdiğini tablolaştırılarak ortaya konmaktadır. Tüm bu çalışmalardan elde edilen verilerle figma ortamında kullanıcı dostu bir arayüz ile

kontrol listelerinin ve video anlatımlarının olduğu bütünleşik bir performatif cephe tasarım model önerisi yapılmaktadır. Bu kılavuz tek bir ortamda verilerin ilgili programlardan çekildiği bütünleşik bir kılavuz olarak oluşturulmaktadır.

Çalışmanın 4. bölümünde ise; tezin genel sonuçları ve gelecekte yapılacak çalışmalar için öngörüler ele alınmaktadır.

Anahtar Kelimeler: YBM, LOD, performatif cephe, cephe optimizasyonu, giydirme cephe tasarımı

ABSTRACT

Using of Building Information Modelling In Performative Curtain Wall Design

Naime USLU GÜÇLÜ

Department of Architectural Design
Master of Science Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Togan TONG

One of the most important and increasingly important heads of concern with the oil crises that broke out in the late 1970s and the depletion of natural resources, global warming, increasing environmental pollution and disruption of the balance of nature is the concept of "sustainability". Over time, efforts are being made to find solutions to these problems and to use energy more efficiently. The most important subtitle of the “Sustainable Architecture” concept, which first appeared in 1987, is “Performative Architecture”. It is a performance architecture optimization process that combines and optimizes better, more efficient, less energy consumption and many additions.

There is a very important concept that we face in providing energy, time and resource optimization for the construction sector. From designing the product, the most important of the steps taken to design the process and ensure that the product is more performative is Building Information Modeling. BIM is a holistic concept in which the design process, the design, the production of the design and even the maintenance and destruction of the product are designed and controlled. He is one of the biggest actors in recent years in purchasing performance products, optimizing processes and ensuring efficiency.

Shell is one of the elements that provide efficient energy performance and the most important contribution to the comfort parameters of a building. Control of physical environmental factors and design strategies that increase user comfort should be considered in the design process. High-performance shells should prevent adverse

outdoor weather conditions and provide a comfortable indoor environment. The facade is the front of the building. While ensuring this, the minimum energy consumption has become one of the very important factors in choosing design strategies suitable for the space and climate.

In this study, designers are proposed an integrated performative curtain wall design model with an open source approach that will guide all stages of design using BIM in performative curtain wall design. Thus, designers will be able to make important decisions to ensure energy efficiency related to the curtain wall without needing any specialists in the early stages of design and without interrupting the creative process, optimize and improve their designs according to the resulting data.

In the first section of the study; the work on the subject of the thesis in literature, the focus points and relationships are studied and the sub-structure related to the subject is formed. Based on this understructure, the problem is defined and the purpose of the thesis is revealed. Subsequently, with information about the method of work, the scope of the work is described by indicating the limitations. At the end of this chapter, the hypotheses are revealed.

In the second section of the study; the study emphasizes the importance of sustainability and energy efficiency through “performative” or “efficiency”. After the concept of "Performative Architecture" has been explained, it is explained with what tools the performative front is created. Design processes, stakeholders, network of relationships, performance front design criteria are described. Design tools are dealt with in the historical process and described in 3 periods as "Hand Drawing" - "CAD " - "BIM". Subsequently, performative curtain wall design processes and tools are described with the "BIM" concept, the most current and accepted design tool. The concepts that are important in BIM are described by the sub-structure for the other part of the work. Next, information about the most commonly used BIM software and energy performance analyses is provided. After examining the examples from the first BIM projects, the current performance front examples are examined.

In the third section of the study; in the light of the information obtained from the previous sections, a proposal for the method of performative curtain wall is made, and a case study is carried out on a sample office building module. The BIM model of this office building is created, Insight energy performance analyses are carried out and then the analysis results are optimized. As an analysis parameter, location information, environmental data, LOD level and facade direction are determined and how the results of the analysis depending on these parameters differ. With the

data obtained from all these studies, an integrated performative curtain wall model is proposed with a user-friendly interface and checklists and video narratives. This guide is created as an integrated guide in which data is extracted from relevant programs in a single environment.

In the fourth section of the study; the general results of the thesis and forecasts for future studies are discussed.

Keywords: BIM, LOD, performative facade, facade optimization, curtain wall design

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Tezin yürütülmesi sırasında hem basılı hem de elektronik kaynaklar kullanılmıştır. Konuyla ilgili çalışmalar, makaleler, kitaplar ve tezler kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Türkiye'de yapılan tezler için Ulusal Tez Merkezi web sitesinden anahtar sözcükler kullanılmıştır. Sürdürülebilirlik ile ilgili olarak, bu çalışmada "Performatif Mimarlık" incelenmiştir. Enerji tasarrufu için yapılarda en önemli rol oynayan "Cephe" ile ilişkilendirilmiş ve hangi parametrelerin dikkate alındığı, hangi tasarım tekniklerinin ve araçların kullanıldığı incelenmiştir. Daha sonra bu araçlardan en yenisi olan dünya çapında kabul görmüş ve en yaygın olarak kullanılan inşaat sektöründe çok büyük bir devrim olarak görülen "YBM" kavramı anlatılmıştır. YBM kullanılarak oluşturulan yüksek performanslı cepheler araştırılarak bu üç önemli başlığın birleştiği çalışmalar incelenmiştir.

Yapılan araştırmalar sonucunda enerji verimliliğinin çok gündeme geldiği günümüzde 1980'lerden beri karşımıza çıkan sürdürülebilirlik kavramını tanımlamada "Performatif Tasarım" yaklaşımının çok önemli bir rolü olduğu ortaya çıkmıştır. Birbirleriyle doğrudan ilişkili olan bu çok önemli iki başlık tasarımın amacı, yöntemi ve ortaya çıkan ürünün niteliğine kadar hemen her şeyi etkilemiştir. Daha verimli, daha hızlı üretilebilen, daha konforlu, daha az maliyetli, daha az enerji harcayan, doğaya daha az zarar veren gibi birçok dahayı barındıran performatif tasarım, zaman içerisinde tasarım yönteminde ya da tasarının üretiminde farklılıklar görülmüştür.

İşte bu noktada YBM bu tasarının projelendirme, tasarlanma, detaylandırma, üretilme, işletme ve yıkım gibi aşamalarında bize en verimli sonucu vermek için tasarlanmış süreçler bütünü araçlardan bir tanesidir. Yapının performansını değerlendirmede tasarımın en başından itibaren tüm paydaşlara gerçeğe çok yakın sonuçlar vererek önemli kararlar alma, koordinasyon sağlama, birlikte çalışılabilirlik ve bütünleşik tasarım gibi çok ciddi rolleri barındırmaktadır.

Yapı kabuğu ise enerji verimliliği sağlamada ve kullanıcıları için uygun konfor koşulları oluşturmada bir yapıdaki en önemli yapı bileşenidir. Cephe ise bu yapı kabuğunun ön yüzüdür. Cephenin, YBM'in sağladığı projelendirme, tasarlanma, detaylandırma, üretim, işletme ve yıkım gibi aşamalarında sağladığı avantajlarla kullanılması tekil bir yapının enerji tasarrufundan öte küresel anlamda ne kadar enerji tasarrufu sağladığı tahmin edilemez boyutlardadır. YBM ile bir cephenin performansının ölçülerek tasarımın şekillendirilmesi ve projenin tüm diğer süreçlerinde kullanılması ile üretimi hiç şüphesiz ki enerji tasarrufu ve yüksek verim almada en iyi yöntemlerden bir tanesidir.

"Harika bir bina ölçülemez olanla başlar, tasarlanırken ölçülebilir yollardan geçmelidir ve sonunda ölçülemez olmalıdır." —Louis Kahn

Louis Kahn'ın da dediği gibi sezgisel olanla başlayan tasarım serüveni, tasarım sürecinde ölçülebilir yollardan geçmelidir ve en sonunda kullanıcılarına yaşattığı olağanüstü tecrübelerde ölçülemez olmalıdır.

Performansın ölçülebilirliğiyle ilgili olarak altmışlı yılların sonlarında ve yetmişli yılların başlarında Tom Maver ve arkadaşları [1], bina tasarımının bilgisayar sistemleriyle entegre çalışan performans değerlendirmelerinin yardımları ile doğrudan aktif olarak desteklenmesi gerektiğini önermiştir. Bu çalışmaların öncülerinden olan Tom Maver'e göre [2]; bina değerlendirmesi için bilgisayar grafiğinin ilk kullanımı 1966'da, bina performans değerlendirmesi için ilk entegre paket 1972'de, ilk bilgisayarla oluşturulan perspektif çizimler 1973'te oluşturulmuştur.

Yetmişli yıllar; Maver'e göre [3]; mimarların, ısı kaybı, gün ışığı, gölge ve akustik performans gibi bina performans ölçütlerinin son derece doğru tahminlerinin elde edilmesini mümkün kılan, tasarımcıya tasarım önerileri hakkında önemli geri bildirim sağlamak için büyük bir bilgisayar desteği sağlanmıştır.

PACE (Package for Architectural Computer Evaluation) (Mimari Bilgisayar Değerlendirme Paketi), 1970'lerde ortaya çıkan ilk dijital performans analizi araçlarından biridir. Program maliyetleri, mekansal performansı, çevresel performansı ve faaliyet performansını ölçmüştür [4]. Çalışma tek bir parametrenin optimizasyonu değil, kapsamlı ve entegre değerlendirme açısından önemlidir.

Tom Maver, 1980'de bilgisayar destekli değerlendirmeyi dört ana unsurdan oluştuğunu tanımlamıştır: temsil, ölçüm, değerlendirme ve modifikasyon [5]. Tasarımcı, bilgisayara girdi olan (temsil) bir tasarım hipotezi üretir; bilgisayar yazılımı, varsayılmış tasarımın davranışını modeller ve bir dizi ilgili kriter

(ölçümler) temelinde maliyet ve performans ölçümlerini çıkarır; tasarımcı (belki de müşteri ile bağlantılı olarak) kendi değer yargısını (değerlendirme) uygular ve tasarım hipotezinde (modifikasyon) uygun değişikliklere karar verir.

Ulrich Flemming ve Ardershir Mahdavi, 1993 yılında kavramsal tasarımda kullanmak üzere performans değerlendirmesi için eleştiride bulunmuşlardır. Mahdavi, SEMPER adlı açık bir simülasyon ortamı geliştirmiştir. Böylece performans modellemesi ile simülasyon modellemesi arasında kesintisiz ve dinamik bilgi akışı sağlanmıştır.

Son olarak 2000'li yıllara geldiğimizde "performatif" yaklaşım tamamen araçsal bir düzeyde ve tasarımın belirli performatif yönlerine dayanan dinamik oluşum süreçlerini sağlayabilen nitelikte değildir. Tasarımcıların belirli bir aşamadaki projelerinin belirli performans yönlerini değerlendirebilecek özelliklere sahip dijital analitik araçları barındırabilir boyuttadır. Bu yıllarda özellikle Kolarevic'in performatif tasarım ve dijital üretim üzerine öncülük ettiği birçok ışık tutan çalışması bulunmaktadır. Ayrıca N.Oxman, üretimde geri bildirim ile otomatik modifikasyon ve performans üzerine önemli çalışmaları bulunmaktadır. Kumar 2008'de yaptığı bir çalışmada YBM'in geleceğin teknolojisi olduğunu, enerji analizi yazılımları ile bütünleşmiş çalışmanın gelişmekte olan bir alan olduğunu belirtmiştir. 2020'li yıllara geldiğimizde ise Ajla Aksamija'nın YBM ve performatif cephe tasarımı ile ilgili güncel olanaklarla yaptığı çok kapsamlı çalışmaları bulunmaktadır.

Geçmişe baktığımızda karşımıza iki önemli sorun çıkar; ilki yapısal, aydınlatma, akustik veya hava akışı analizi, ticari olarak temin edilebilen bina performansı simülasyon yazılımlarının çoğu, detaylı modelleme gerektirir. Bu da konsept yani tasarımın ilk aşamalarında kullanımının nadir olduğu anlamına gelir. Bu sebeple tasarımın ilk aşamalarında analizler yapılması enerji verimliliği sağlamada çok öneme sahiptir. Diğer önemli sorun ise performans simülasyonlarının başka bir ortamda yeniden modellenmesi ile sonuçlanmasıdır. Günümüzde bu sorunsal ortak dosya alışverişi ile büyük ölçüde çözümlenmiştir. Geometri ve analiz arasındaki kopukluk ortak dosya alışverişi sağlayan formatlarla ve daha güçlü birlikte çalışılabilirlik felsefesiyle ilerleme göstermiştir. Bu tez kapsamında bu iki sorun üzerinde çalışmalar yürütülmüştür.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmanın temel amacı performatif giydirme cephe tasarımında, tasarımcılara en başından en sonuna kadar eşlik edecek, açık kaynak yaklaşımıyla kılavuz olacak,

bütünleşik bir performatif giydirme cephe tasarım modeli oluşturmaktır. Bu model sayesinde tasarımcıların tasarımın erken aşamalarında enerji etkin kararlar alacağı ve tasarımlarını optimize ederek enerji verimliliği sağlayacağı amaçlanmaktadır. Ayrıca giydirme cephe tasarımında konum bilgisi, çevre verisi, LOD seviyesi ve cephe yönüne bağlı analiz sonuçlarının nasıl değişkenlik gösterdiği sınamak amaçlanmıştır.

Ayrıca bu tezin ikincil amacı olarak aşağıdakileri sıralamak mümkündür:

- Performatif giydirme cephe tasarımının enerji verimliliği sağlamadaki öneminin vurgulanması ve tasarımcılarda bu farkındalığın yaratılması,
- Performatif giydirme cephe tasarım araçlarının belirlenmesi,
- YBM'in performatif giydirme cephe tasarımında avantaj ve dezavantajlarının tespiti,
- LOD tanımlarını Giydirme cephe özelinde oluşturmak ve LOD seviyelerine bağlı analiz sonuçlarının nasıl değiştiğini test etmek,
- Tüm aşamaların adım adım anlatıldığı performatif giydirme cephe tasarım yöntemi oluşturmak,
- Seçilen YBM modelleme programı ile enerji performans analiz programı arasında bütünleşik bir veri alışverişinin olup olmadığı irdelemek,
- Analiz sonuçları ile yöntemin amaca yönelik verimliliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

1.3 Tezin Yöntemi

Tez çalışması literatür araştırması ile başlamaktadır. Öncelikle performatif mimarlık yaklaşımı anlatılmış, cephe'nin performatif tasarım bağlamında ne kadar büyük öneme sahip olduğu, neden cephe seçildiği ve performatif cephe tasarım kriterleri anlatılmış, ardından bunu sağlamada en etkin araç olarak YBM araçları ve önemli kavramları anlatılarak literatür incelemesi bitirilmiştir.

Mimari tasarım süreci tüm aşamalarıyla ve tüm paydaşlarıyla ele alınmış, cephe özelinde derinlemesine işlenmiştir. Mimari tasarım araçları dönemlere ayrılarak el çizimi-CAD dönemi-YBM dönemi olarak ayrılarak, avantaj ve dezavantajlarıyla bu dönemlerde kullanılan programlar anlatılmıştır. Daha sonrasında bu dönemlerden en günceli ve günümüzde geçerli olan YBM

döneminde kullanılan enerji performans analizleri, işleyişi ve kullanılan programlar anlatılmıştır. Sonrasında analiz ölçüm teknikleri kullanılarak tasarlanan başarılı performatif cephe örneklerinden bahsedilmiştir.

Performatif cephe tasarımında gerekli bilgiler ve yöntemler sistematize edilerek, en etkin yöntem önerisi yapılmıştır. Dünyada en yaygın kullanımı sebebiyle YBM yazılımlarından Revit seçilmiş ve enerji performans analiz programı olarak da en etkin iş birliği sebebiyle insight 360 seçilmiştir.

Sonrasında örnek vaka çalışmasına geçilmiştir. Seçilen YBM yazılımı ile Revit ortamında örnek bir çalışma olması için ofis binası modellenmiştir. Bu ofis binası standart niteliklerde aks aralığı değişkenlik gösterebilir, modeli uzatmak kısaltmak mümkündür. Analiz kolaylığı sebebiyle ofis binasının bir modülü olarak tasarlanmıştır. Sonrasında enerji performans analizleri yapılarak optimizasyonlar gerçekleştirilmiştir. Enerji analizleri konum-yön-lod seviyesi-çevre bilgisi değişkenlerine bağlı nasıl sonuçlar verdiği tablolaştırılarak kıyaslanmıştır.

Performatif cephe tasarımında tüm bu aşamalar ayrı ortamlarda gerçekleştiğinden, bilgi ve yöntem açısından tasarımcılar için daha anlaşılır ve sistematik olması için tüm bu veriler tek bir arayüzde; dijital projeler için bulut tabanlı bir tasarım ve prototip oluşturma aracı olan figma ile yapılmıştır. Figma yardımıyla tasarımcılara kontrol listeleriyle ve tüm aşamalarını kapsayan anlatımıyla performatif cephe tasarım modeli olarak sunulmuştur.

1.4 Tezin Kapsamı

Bu tez kapsamında "Performatif Mimarlık" kavramı giydirme cephe tasarımı özelinde derinlemesine incelenmektedir. Cephe alan genişliği sebebiyle giydirme cepheler ile sınırlandırılmakta ve kullanılan malzemeler kapsam dışı bırakılmaktadır. Bu tez kapsamında performans simülasyonları ve analiz programları "YBM ve Cephe tasarımı" özelinde incelenmektedir. YBM programlarından dünya genelince en çok kullanılan Autodesk ürünü Revit programı seçilip ve analizleri yine en uyumlu çalıştığı Autodesk ürünü Insigh-360 ile yapılıp kapsam içinde bırakılmaktadır. Yapılan analizlerde şu 4 parametre seçilmiştir; konum bilgisi, LOD seviyesi, cephe yönü ve çevre verisi olup olmamasıdır. Bu tez kapsamında yapılan enerji performans analiz sonucu optimizasyon aşamasında mekanik ve elektrik ile ilgili sistemler analiz sonuçlarını etkilediğinden onları ideal değerlerde sabit parametreler olarak kabul edip sonuca etkileri göz ardı edilip ve kapsam dışı bırakılmaktadır. Tasarımcılara tüm performatif cephe tasarım süreci kolay kullanımı sebebiyle Figma ortamında tasarlanıp kontrol

listesi ve video gösterimi ile tasarlanıp bir arayüz ile kılavuz olarak oluşturularak gelecek çalışmalara yol gösterici bir performatif cephe tasarım model önerisi hazırlanmaktadır.

1.5 Hipotez

Bu çalışmanın ana hipotezi; tasarımcılara performatif giydirme cephe tasarımında tasarımın en başından en sonuna kadar kılavuz olacak bütünleşik bir performatif cephe tasarım modeli oluşturmak mümkün olduğudur. Bu model önerisinde tek bir ortamda model ve analiz verilerinin ilgili YBM programlarından çekildiği, tasarımcılara performatif cephe tasarım aşamalarının anlatıldığı ve kontrol listelerinin oluşturulduğu bütünleşik bir model oluşturulacaktır. Bu sistemi herkesin ulaşabileceği açık kaynak yaklaşımıyla web tabanlı bir uygulama ile yapmak mümkündür. Bu model tasarımın erken evrelerinde alınan kararları etkileyeceğinden elde edilen sonuçlar diğer yöntemlerden daha başarılı olacaktır. Yüksek performanslı cephe tasarımı için bina performans analizlerinin tasarım sürecinin en başından itibaren yapılması ve tasarım stratejilerinin en başta belirlenmesi bina enerji tüketimini en aza indirir. Konum bilgisi, çevre verisi, LOD seviyesi ve cephe yönüne bağlı analiz sonuçları farklılık gösterecektir.

Çalışma boyunca ayrıca şu sorulara cevaplar aranacaktır:

- Güncel YBM araçları tasarım sürecinde ve bütünleşik performans ölçümünde yeterli gelişmişlikte midir?
- YBM'de en güncel ve en verimli giydirme cephe performans analiz araçları nelerdir ve nasıl geliştirilebilir?
- Tüm bu performatif giydirme cephe tasarımı süreci daha etkili bir sistem haline nasıl getirilir ve tasarımcılara bu bilinç en iyi hangi modelle aktarılır?

2
PERFORMATİF TASARIM SÜREÇLERİ VE ARAÇLARI

Tasarım, günlük hayatta karşımıza çıkan yapıların, eşyaların, yolların, bitkilerin yerleşiminin en büyük ölçekten (kent ölçeği gibi), en küçük ölçeğe (obje tasarımı gibi) kadar serüveni olan, işlevsel nedenlere dayanarak kurgulanmasıdır. Bu işlevsel nedenlere dayandırarak kurgulanması kavramı performatif mimarlık tanımının ortak noktasını oluşturmaktadır.

Performans diyince; yapısal performans, gün ışığı performansı, termal performans, akustik performans, enerji performansı, yangın performansı gibi bir çok yapı performansı karşımıza çıkar. Tasarımın gerekçesini işlevsel nedenlere dayandırmak tasarım değişen ihtiyaçlar ve zaman kavramına direnerek yaşama mücadelesi gerçekleştirmiş olmaktadır. Yapıyı işlevsel nedenlere bağlı tasarladıktan sonra binanın performansının kullanıcılar tarafından deneyimlenerek performansının test edilmesinden ziyade, tasarım aşamasında bir dizi dijital performans analizi ve simülasyon araçlarıyla test edilmesi gerekmektedir.

21. yüzyılın başında, bina performansını yol gösterici bir tasarım ilkesi olarak kullanan ve şehirlerin ve binaların tasarımı için performansa dayalı yeni bir öncelikler listesi benimseyen yeni bir mimarlık türü ortaya çıkımaktadır. Bu yeni mimarlık türünün adı permormatif mimarlıktır. Genel olarak tanımlanmış performansı form oluşturmayla denk veya daha yüksek bir seviyeye yerleştirip; yerleşik ortamın tasarımına kapsamlı bir yeni yaklaşım sunmak için nicel ve nitel performansa dayalı simülasyonun dijital teknolojilerini kullanmaktadır [6].

Kolarevic binanın ne olduğundan ne yaptığına doğru bir yönelim değişikliğini savunuyor. Genel olarak, tasarımcılar ve eleştirmenlerin binaları görme eğiliminde oldukları iki yol vardır: 1) tasarım ve inşaat tekniklerinden kaynaklanan nesneler olarak ve 2) çeşitli uygulamaları ve fikirleri temsil eden nesneler olarak. Bu anlatılar binanın kökenini ve varış noktasını tam olarak açıklar gibi görünse de teknolojik ve

estetik düşünce tarzları mimariyi bizim konseptlerimize indirgemektedir. Binanın gerçekliğinin büyük ölçüde eylemlerinde, performanslarında olduğu varsayılırsa, binaların diğer ve önemli yönleri ortaya çıkmaktadır[7].

Performatif mimarinin, büyük ölçüde pratik bir dizi soruna bir dizi pratik çözüm geliştirmenin basit bir yolu olarak görülmemesi gerektiğine dikkat etmek önemlidir. Başka bir deyişle; mimari bir tür neo-işlevselci yaklaşıma indirgenmemelidir. Vurgu, bir uçta kültürel performans gibi soyutluklara dayanan performatif tasarım stratejilerine dayanan biçim oluşturma süreçlerine kaymaktadır. Diğer yandan yapı, akustik veya çevresel tasarım gibi bina tasarımının ölçülebilir ve nitelendirilebilir performatif yönlerinde belirli bir projedeki farklı performans yönlerini belirlemek ve genellikle çelişen performans hedeflerini yaratıcı ve etkili bir şekilde uzlaştırmak, mimariye yönelik bu yeni ortaya çıkan yaklaşımdaki temel zorluklardan bazılarıdır [4].

Gelecek nesillere amaca uygun, ekonomik, çevre dostu ve kültürel açıdan önemli, gerçekten sürdürülebilir bir çevre bırakmak için performatif araçlardan faydalanarak performatif tasarım yapmak bir hayli önemlidir.

2.1 Performans ve Sürdürülebilirlik İlişkisi

"Analiz alışkanlığı edinin - analiz zamanla sentezin zihninizin alışkanlığını haline gelmesini sağlayacaktır."-Frank Lloyd Wright.

Bu sözde de belirtildiği gibi analiz alışkanlığı bir tasarım paradigması olarak tasarımcılar için bir zihin alışkanlığı haline gelmesi sürdürülebilirlik bağlamında çok önemlidir.

Bir tasarım paradigması olarak yapı performansına yönelik mevcut ilgi, büyük ölçüde sürdürülebilirliğin tanımlayıcı bir sosyo-ekonomik sorun olarak ortaya çıkmasından ve teknoloji ve kültür teorisindeki son gelişmelerden kaynaklanmaktadır. Böylesine geniş bir bağlam içinde çerçevelenen performansa dayalı tasarım; finansal, mekânsal, sosyal ve kültürel alanlardan tamamen teknik alanlara kadar (yapısal, termal, akustik vb.) çok geniş bir şekilde tanımlanabilir. Bu terimlerden anlaşılacağı üzere; performansa dayalı tasarım veya performatif mimari, ayrıca her bir projenin performansla ilgili belirli yönlerine bağlı olan evrensel amaçları olan bir "üst anlatı" olarak tanımlanabilir [4].

Ülkemizin enerji bağımlılığının yüksek olması nedeniyle üretilen enerjinin büyük bir bölümünün binalarda kullanımı önemli bir meseledir. Son yıllarda gerek devlet

inisiyatifli gerekse özel sektörde enerji verimliliği yüksek yapı inşası ve işletmesi üzerine olan vurgu gittikçe artmaktadır. Sürdürülebilirlik kavramının çok sık duyulmasının beraberinde "Yeşil Bina", "Eko-Tasarım", "Çevreci Yaklaşım", "Sıfır Enerji Bina", gibi birçok kavramın da popüler hal aldığı, yer yer bu kavramların karıştığı, birbirinin yerine kullanıldığı gözlenmektedir.

Dünyada tüketilen enerjinin çoğu; ofis veya konut amaçlı kullanılan binalardaki konfor şartlarının yerine getirilmesi için harcanmaktadır. Bina şartlandırılması için harcanan enerji aynı zamanda büyük miktarda karbon emisyonunun atmosfere verilmesine yol açmaktadır. Bu durum toplam enerji tüketiminin azaltılması ve mevcut enerji kullanımlarının daha verimli olan yollarla gerçekleştirilmesini beraberinde getirmektedir.

Yapının tasarlanma sürecinde birçok parametre göz önünde bulundurulur. Yapının bulunduğu yerdeki sosyolojik özelliklerinden, yapının teknik özelliklerine kadar geniş bir yelpazeyi kapsar. İklim parametreleri, konum ve yön bilgisi gibi parametreler tasarım sürecinde önemli niteliklerdir. Erken tasarım aşamasında yapılabilecek analizler sayesinde ısı ve günışığı değerleri verimli olarak düzenlenebilmekte ve yenilenebilir enerji kaynaklarından maksimum yararlanma sağlanabilmektedir. Böylece iklim parametresine uyum sağlayabilen yapılar tasarlanabilmekte ve bu tasarımlar uygulanabilmektedir [8].

Dünyada enerji verimli, yüksek performanslı, çevre dostu ve sürdürülebilir yeşil binaların tasarımı, inşası ve işletmesi için kullanılan bina değerlendirme sistemleri olarak BREEAM, CASBEE, DGNB-Seal, EcoEffect, Green Globes, Green Star, HQE, BEAM, LEED, VERDE vb. sıralayabiliriz. Bunlardan LEED ve BREEAM uluslararası kullanımıyla en sık duyduklarımız arasında yer almaktadır Şekil 2.1.

İsim	Enstitü	Ülke	Kullanım	Ekonomik Gereksinim	Çevresel Gereksinim	Sosyal Gereksinim	Derecelendirme Aracı	Karmaşıklık
BREEAM	BRE	İngiltere 1990	Uluslararası	-	x	x	x	x
CASBEE	IBEC	Japonya 2004	Ulusal	-	x	-	x	x
DGNB-Seal	DGNB	Almanya 2008	Ulusal	x	x	x	x	x
EcoEffect	KTH, HIG	İsveç 2000	Ulusal	x	x	-	x	x
Green Globes	ECD	Kanada, İngiltere 1996	Ulusal	-	x	-	x	-
Green Star	GBCA	Avustralya 2003	Ulusal	-	x	x	x	x
HQE	AssoHQE	Fransa 1996	Ulusal	-	x	x	x	x
BEAM	BEAM HKGBC	Hong Kong 1996	Ulusal	-	x	x	x	x
LEED	USGBC	A.B.D. 2000	Uluslararası	-	x	-	-	-
VERDE	GBCE	İspanya 2010	Uygulanıyor	x	x	x	x	x

Şekil 2.1 Bina degerlendirme uygulamaları [9]

Teknolojinin, artan farkındalık ve çevre bilincinin etkisiyle Türkiye'de de dünyada olduğu gibi enerji verimli, yüksek performanslı, çevre dostu ve sürdürülebilir çalışmalarda artış söz konusu olmuştur. Türkiye'de yapılar için Şekil 2.2 enerji verimliliği çalışmaları, enerji tüketimini azaltmak ve yenilebilir enerji kaynak tüketimini arttırmak hedefiyle; devlet ve bazı özel sivil toplum örgütleri yardımıyla yürütülmektedir.

Türkiye'de Enerji Verimliliği ve Sürdürülebilirlik Üzerine Çalışmalar

İSİM	YIL	EYLEM
TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı	1998	İlk Kez Yürürlüğüe Girişi
Çevre Dostu Binalar Derneği (ÇEDBİK)	2007	İlk Defa Kuruldu
5627 Sayılı Enerji verimliliği Kanunu	2007	Kabul Edilmiş
5627 Sayılı Enerji verimliliği Kanunu	2009	Enerji Yöneticisi Atanması İçin Yönetmelik
Dünya Yeşil Binalar Konseyi (WGBC)	2012	İlk Defa Kuruldu
T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	2011	İklim Değişikliği Eylem Planı (İDEP)
T.C. Kalkınma Bakanlığı	2014	Enerji Verimliliğinin Geliştirilmesi Programı Eylem Planı
Resmi Gazetede Yayın	2018	Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı
İstanbul Uluslararası Enerji ve İklim Merkezi - IICEC	2022	Kamu-Sanayi-Akademi İş birliği
Binalar ve Yerleşmeler İçin Yeşil Sertifika (YES-TR)	2022	Ulusal Yeşil Sertifika Değerlendirme Sistemi

Şekil 2.2 Türkiye'de enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik üzerine çalışmalar

Günümüz şartlarında yüksek performanslı sürdürülebilir yapıların yapımında tasarımdan uygulamaya tüm yaşam döngüleri boyunca farklı uzmanlıklar ve teknolojik yeterlilikler gerekmektedir. Danışmanlıkların ve uzmanlıkların yüksek maliyet getirmesinden ve yaygın olmaması yüksek performanslı sürdürülebilir yapıların yapımında önemli engeller oluşturmaktadır.

Mimarlar ve mühendisler kaynakların tükenmesi, kirlilik ve küresel ısınma gibi sıkça duyduğumuz çevre sorunlarına çözümler oluşturabilecek nitelikte çalışmalar yapmaya çabalamaktadır. Profesyoneller sürdürülebilirliğin tanımını yapmakta ancak bu kavramların uygulaması büyük zorluklar barındırmaktadır. Sürdürülebilir enerji sadece enerji tüketimi değildir, çevresel, ekonomik ve sosyal kaygılar arasında doğru dengeyi bulmaktır. Sürdürülebilirlik gezegeni kurtarmak demek değildir, gezegenimizdeki kaynakları mümkün olduğunca uzun yıllar kullanmak ve en az zararı vermek demektir.

Binalar tarafından tüketilen enerji, toplam enerji tüketiminin yüksek bir payını temsil etmektedir. Bu nedenle, buradaki inşaat endüstrisi bu kaynağa hizmet etmede önemli bir role sahiptir. Binalarda sürdürülebilirlik, genellikle kaynakların (su, enerji, malzemeler) tüketiminin en aza indirilmesi anlamına gelir, ancak giderek artan bir şekilde, sakinlerinin sağlık, güvenlik ve yaşam kalitesinin en üst düzeye çıkarılmasını da gerektirir.

Bir yapının sürdürülebilir olması ile; tüm yaşam döngüsünün iyi bir şekilde

planlanması, çevresi ile kurduğu güçlü ilişki, enerji ve kaynak tasarruflu malzeme kullanımı için oldukça önemlidir.

Sürdürülebilir bir tasarım argümanındaki paydaşlar çoktur. Mal sahipleri mali sorumluluğu taşır ve bir binanın tasarımının uzun vadeli etkileri konusunda endişeleri vardır. Kullanıcıların bir hissesi vardır ancak nadiren dahil olurlar, bu nedenle sessiz paydaşlar olarak görülebilirler. Devlet kurumları ve yerel yetkililer, kurallarının ihlal edilmemesini sağlamalıdır. Tasarımcılar ve inşaatçılar genel olarak olumlu bir miras bırakmak isterler. Topluluğun kendisi hem yerel hem de küresel olarak, tasarımın sonuçlarıyla onlarca yıl yaşamak zorundadır. Son olarak, gelecek nesil paydaşlar vardır. Ebediyen, hafife aldığımız çevrenin kalitesinden yararlanabileceklerini umduğumuz insanlar. Bu paydaşların çoğunluğu tipik tasarım sürecine dahil olmadıkları için, tasarım ekibinin başkalarının pozisyonlarını benimsemek ve süreci onların bakış açısından inceleme görevi vardır [10].

Sınırlı bütçeler ve ödenekler, ulaşılabilecek sürdürülebilir hedeflere sınır koyan pratik kısıtlamalardır. Paydaşlar belirlendikten, eğitildikten ve taahhüt edildikten sonra, bütçeleri ciddi şekilde dikkate alan hedefler belirlenmelidir. Bu hedefler, enerji hedefleri gibi çok basit olabilir ve hedefleri karşılamadaki ilerlemeyi ölçmek için LEED (Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik) gibi derecelendirme sistemlerini kullanılmalıdır.

LEED PUANLAMA KATEGORİSİ

KATEGORİLER	PUANLAR (LEED® ver. 2.2)
Sürdürülebilir Arazi	14
Su verimliliği	5
Enerji ve Atmosfer	17
Malzemeler ve Kaynaklar	13
İç Ortam ve Çevre Kalitesi	15
Tasarımda yenilikçi Yaklaşım	5
Total	69

26-32 puan	LEED® SERTİFİKASI
33-38 puan	LEED® GÜMÜŞ SERTİFİKASI
39-51 puan	LEED® ALTIN SERTİFİKASI
52-69 puan	LEED®PLATİN SERTİFİKASI

Şekil 2.3 LEED puanlama kategorisi

LEED, bir yapının sürdürülebilirliğini ölçmede iyi bir yol olarak benimsenmektedir. LEED Platinum derecesi bir binanın gerçekten sürdürülebilir olduğunu göstermeyebilir. Tasarım ekiplerinin LEED derecelendirme şemasında belirli

bir puan elde ettiğini göstermektedir. Bu enerji puanlama sistemleri Şekil2.3 tasarım ekibine biraz odak sağlarken, sistemin iyileştirilmesi ve genişletilmesi gerekmektedir. Hedef belirlemek iyi bir tasarım ekibiyle hedefleri alıp harika sonuçlara dönüştürmeye olanak sağlayacaktır.

2.2 Mimari Tasarım Süreci

Mimari tasarım bir probleme çözüm bulma süreci sonunda bulunan çözüm ürünü olarak tanımlanabilmektedir. Bir başka deyişle fiziksel çevrelere, kültürel, sosyal etmenlere bağlı değişkenlik gösteren yorumlama ve düşünme biçiminin ürünü olarak üretilen somut bir mesaj denilebilmektedir. Mimari tasarım özetle tüm ihtiyaç ve talepleri karşılamak amacıyla belirli araçları kullanarak teknolojik, estetik ve fonksiyonelliği birleştiren teknik ve yaratıcı bir süreç olarak betimlenebilmektedir.

Mimari proje sürecini Royal Institute of British Architects (RIBA)'nın açıklamış olduğu tablolardan yararlanarak aşamalar halinde anlatacak olursak temelde 4 bölümde ve alt başlıklarla anlatmak mümkündür; tasarım öncesi çalışmalar, tasarım çalışmaları, inşaat ve inşaat sonrası çalışmalardır Şekil 2.4.

- **Tasarım Öncesi Çalışmalar:**

0- Stratejik Tanım: Müşteriyle yüz yüze yada online görüşerek müşteri gereksinimlerinin belirlendiği, seçilen arazinin incelenip gerekli ölçüm ve değerlendirmelerinin yapıldığı, işin değerlendirilmesinin yapıldığı aşamadır.

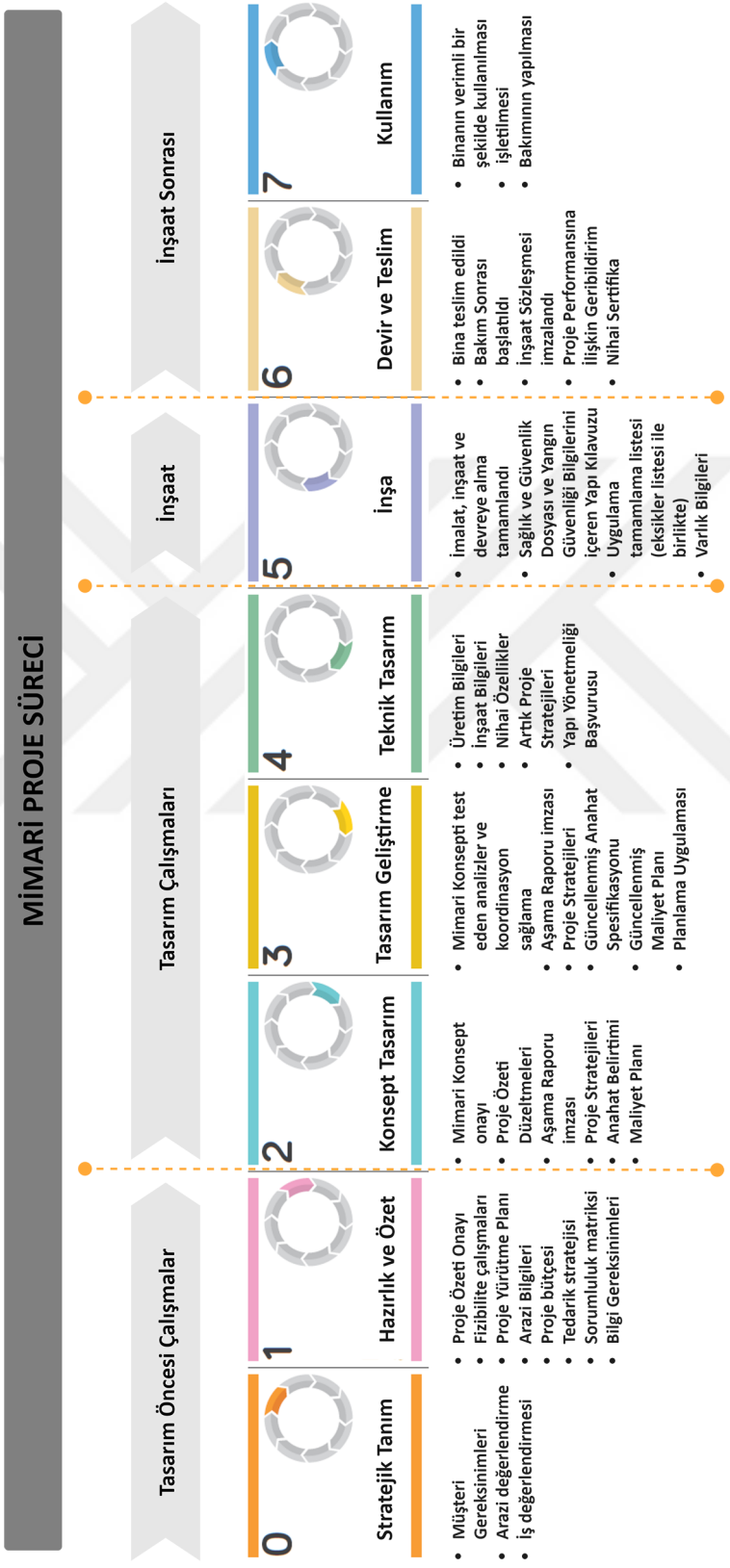
1- Hazırlık ve Özet: Proje özetinin müşteri tarafından onayının alındığı, gerekli fizibilite çalışmalarının yapılarak, proje yürütme planının, arazi bilgilerinin, proje bütçesinin, tedarik stratejisinin, sorumluluklarının tanımlandığı, gerekli tüm bilgilerin toplandığı aşamadır.

- **Tasarım Çalışmaları:**

2- Konsept Tasarım: Mimari konsept onayı, proje özeti düzeltmeleri, aşama raporu imzası, proje stratejileri, ana hat belirtimi, maliyet planlarının yapıldığı aşamadır.

3- Tasarım Geliştirme: Mimari konsepti test eden analizlerin yapıldığı ve diğer disiplinlerle koordinasyonun sağlandığı aşamadır. Bu aşamada aşama raporu imzalanmaktadır. Proje stratejileri, güncellenmiş ana hat spesifikasyonu onayları

alınmaktadır. Güncellemiş maliyet planı ve planlama uygulaması müşteriyle görüşülmektedir.



Şekil 2.4 Mimari proje süreci (RIBA'dan uyarlanmıştır [11]

Şekil 2.5 Mimari proje sürecinde cephe

4- Teknik Tasarım: Tasarım üretimine ve inşaata ilişkin nihai kararların belirlendiği bu aşamada proje stratejileri de daha net ve kesindir. Buna göre; yapı yönetmeliği başvuruları yapılmaktadır.

- **İnşaat Çalışmaları:**

5- İnşa: Bu aşamada imalat, inşaat ve devreye alma tamamlanmaktadır. Sağlık ve güvenlik dosyası ve yangın güvenliği gibi bilgileri içeren yapı kılavuzu tamamlanmaktadır. Uygulama tamamlanır yapı inşa edilmektedir. Eksikler listelenmekte ve varlık bilgileri belirlenmektedir.

- **İnşaat Sonrası Çalışmalar:**

6- Devir ve Teslim: Bu aşamada bina artık tamamlanmakta ve kullanıcılarına teslim edilmektedir. Bakım aşaması başlatıp inşaat sözleşmesi imzalanarak proje performansına ilişkin geri bildirimler yapılmaktadır. Ayrıca nihai sertifika verilmektedir.

7- Kullanım: Binanın verimli bir şekilde kullanıldığı aşamadır. Yapı işletmesine teslim edilmiş ve işletme başlatılmıştır. Bakımları belli periyotlarla yapılır.

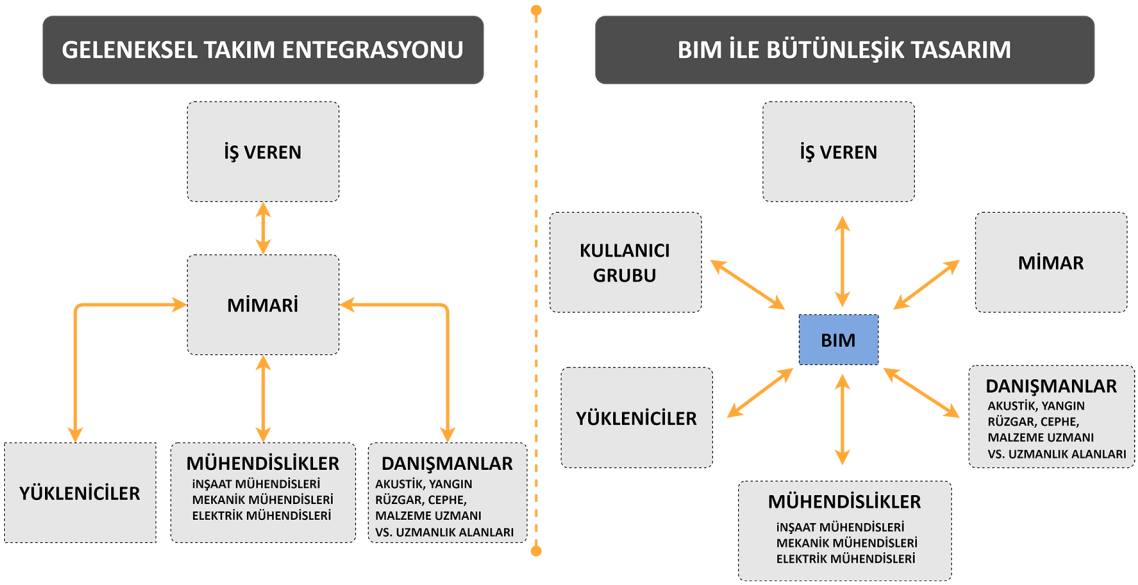
Proje sürecinin geliştirilmesiyle oluşturulan, cepheyle ilgili proje sürecinde her aşamada alınan kararlar ve yürütülen çalışmalar için hazırlanan özet Şekil 2.5'i inceleyebilirsiniz.

2.3 Mimari Proje Sürecinde Paydaşlar

Bir projenin tüm aşamalarında farklı paydaşların farklı rolleri bulunmaktadır. Projenin ilk aşamalarında daha basit olan sorumluluklar ve iletişim ağı ilerleyen aşamalarında daha karmaşık, daha çok dikkat ve koordinasyon gerektiren ilişkiler ağına evrimleşmektedir.

Geleneksel takım entegrasyonunda işveren mimar ile iletişim halinde olurken, mimar da yükleniciler, mühendisler ve danışmanlarla iletişim ve koordinasyon halinde olmaktadır.

YBM ile bütünleşik tasarımda ise bu ilişki daha farklıdır. Tüm ekip üyeleri ve paydaşlar YBM aracılığıyla aynı anda eş zamanlı çalışabilir ve eş zamanlı güncel projeyi görüntüleyebilir. Sıralı bir çalışma çizelgesi sistemi yerine eş zamanlı daha koordineli bir çalışma sistemi karşımıza çıkar Şekil 2.6.



Şekil 2.6 Geleneksel takım entegrasyonu ve YBM ile entegrasyon kıyaslaması

- **İşveren:** Müşteri olarak da adlandırdığımız projeyi belli bir para karşılığında talep eden kişi yada kişi grubudur.

- **Mimar:** Yapı tasarımı konusunda eğitim almış ve yapı üretim sürecinde baş rol oynayan uzman kişi yada ekiplerdir. Müşterinin ihtiyaçlarını, projenin gereksinimlerini analiz ederek yapı programına estetik, teknolojik, sürdürülebilir ve işlevsel olarak entegre eder. Yapıyı bir sistem olarak ele alarak iklimlendirme, enerji verimliliği, yangın, doğal ve yapay aydınlatma, tesisat, akustik gibi tüm faktörleri göz önünde bulundurarak konforlu alanlar tasarlar.

- **İnşaat Mühendisi:** Projenin statik olarak doğal ve fiziksel yüklere karşı dayanıklılığını analiz eden ,tasarlayan ve denetleyen kişi yada ekiplerdir.

- **Makine Mühendisi:** Projedeki mekanik sistemlerin tasarımını, analizini, üretimini ve bakım-onarımını yapan kişi yada ekiplerdir. Asansör sistemleri, yangın söndürme, ısıtma-soğutma-havalandırma, sıcak-soğuk su, yağmur suyu toplanması ve geri kullanılması gibi sistemleri tasarlayan, uygulayan, ekipmanların seçiminden sorumlu disiplindir.

- **Elektrik-Elektronik Mühendisi:** Projedeki elektrik gücü ile çalışan tüm cihazların ve sistemlerin tasarımını ve uygulamasını yapmak üzere uzmanlaşmış bir disiplindir. Gerekli tüm yapay aydınlatma sistemleri, güvenlik sistemleri, bilgi sistemleri gibi tüm alt yapılardan sorumludur.

- **Danışmanlar:** Projeler çok fazla derin bilgi gerektiren karmaşık çok disiplinli tasarılardır. Projenin ölçeğine ve fonksiyonuna göre farklı danışmanlık hizmetleri almak mümkündür. Ancak temelde yangın, cephe, sürdürülebilirlik, akustik gibi danışmanlıklar sık karşılaştığımız danışmanlık alanlarıdır.

- **Yükleniciler:** Müşteriye karşı belli bir ücret karşılığında kurallarına uygun olarak belirlenen tarihte projeyi yapmayı, teslim etmeyi üstlenen kişi yada kişi grubudur.

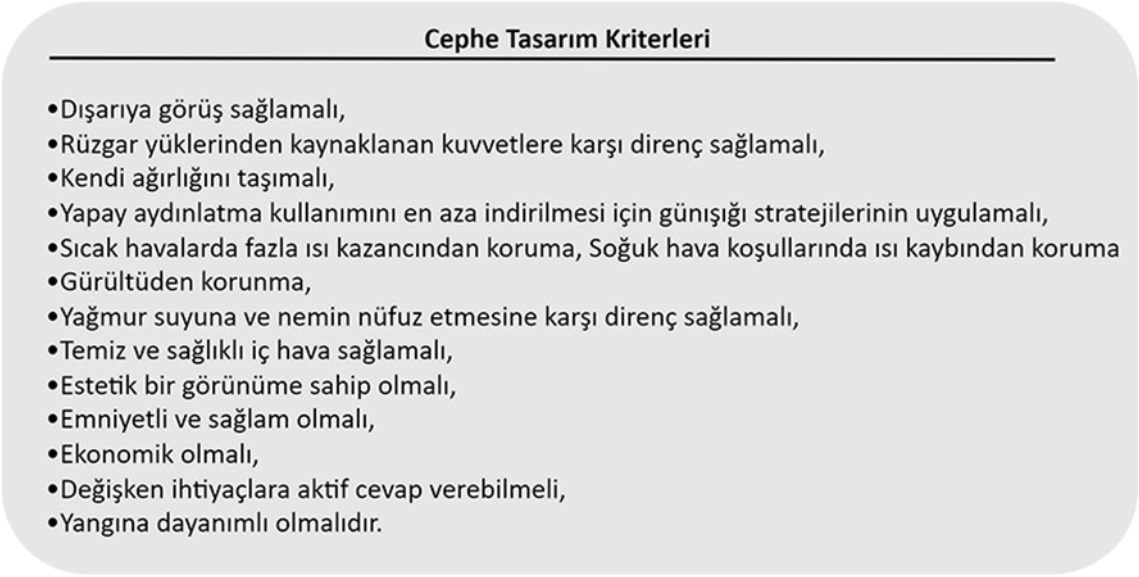
2.4 Performatif Cephe Tasarım Kriterleri

Yapı kabuğu; dışardan bakanlar için yapının fonksiyonu, yapıldığı dönemi, stili, etkilendiği mimari akımı, mimarının ve kullanıcıların kimlikleri ve yaşantıları hakkında ip uçları barındırarak, ilk izlenim oluşturan yüzüdür, başka bir deyişle bir dış imajıdır. Cephe ise bu yapı kabuğunun dışa bakan ön yüzüdür. Yapı kabuğunun amacı kullanıcılarını dışarıdaki olumsuz hava koşullarından korumaktır. Tıpkı canlı bir organizmadaki gibi iç ile dış arasında bir kalkan görevi görmektedir. Kullanıcıların temiz hava, ışık, ısı, sessizlik gibi temel gereksinimleri vardır. Bunu yaparken de içerideki kullanıcıları için konforlu bir iç ortam sağlamalıdır. Dışarıdaki olumsuz olarak adlandırabileceğimiz aşırı sıcak ya da soğuk, gürültü veya aşırı rüzgarlı gibi hava koşullarından içerisinin etkilenmesini minimuma indirmek, konforlu bir iç kullanım alanı oluşturmak başarılı bir kabuk tasarımı yapıldığının ölçütü olacaktır. Güneşliyken ışığın içeriye yeterli miktarda gelmesi sağlanmalı, gereksiz yapay aydınlatma ile enerji kaybı oluşturulmamalı, fazla alarak da içerde konforsuz bir kamaşma yaratmaması gerekir. dışarıdaki aşırı sıcak ya da soğuk havayı içeri alarak iç ortam koşullarının konforunu bozmamalı, gereksiz ısı kayıp ya da kazanımları yaparak konforsuz bir oda sıcaklığı oluşturmamalıdır. Bununla birlikte, yüksek performanslı, düşük enerji tüketimli bir kabuk tasarlandığının bir göstergesi olacaktır. Bunları sağlamak için yüksek performanslı cepheleri tasarlarken yer bilgisi, iklim bilgisi ve yön bilgisi yapı kabuğu tasarımında dikkat edilmesi gereken önemli parametrelerdendir.

Kristal Saray 1851'de inşa edildiğinden beri camlı cepheler mimari tasarımlarda oldukça kullanılmaktadır. Ancak, 1950'lerin başlarına kadar, bina teknolojisi ve savaş sonrası ekonomik bunalım, dünya çapında giydirme cephelerin yaygın kullanımına izin vermedi. Bundan on yıllar sonra tasarımcılar, cephelerin tüm binanın enerji performansını nasıl iyileştirebileceğinden çok estetik ve görünüşüne çok daha fazla öncelik verdi. 1970'lerin petrol kıtlığından başlayarak, mimarlar

dünya çapındaki enerji kaynakları, küresel iklim değişikliği ve enerji verimli binalar ve yüksek performanslı cepheler tasarlamanın önemi konusunda giderek daha fazla endişe duymaya başladılar [12].

Cepheler, toplam bina inşaat maliyetinin yüzde 30'unu oluşturmaktadır [13]. Sürdürülebilir, yüksek performanslı cephe tasarlanması için tasarımcıların izlediği strateji ve yaklaşımlar oldukça hayati önem arz etmektedir. Bu cephe iç ve dış ortam arasında bariyer görevi görür ve çok önemli görevleri yerine getirmesi beklenir. Bu görevler Şekil2.7'deki gibi sıralanabilir;



Şekil 2.7 Cephe tasarım kriterleri

Esasen iki tür cephe vardır. Bunlar; "Opak Cepheler" ve "Cam Cepheler"dir.

- Opak Cepheler; tuğla duvar, taş, prekast beton paneller, metal kaplama, yalıtım ve soğuk şekillendirilmiş çelik çerçeve gibi katı malzeme katmanlarından yapılmış cephelerdir. Opak cepheler ayrıca delikli açıklık veya pencereler içerebilir.
- Cam Cepheler; çoğunlukla şeffaf veya yarı saydam cam malzemeler ve metal çerçeve bileşenlerinden oluşan giydirme cephe veya vitrin cepheleri gibi cephelerdir.

Bu iki cephe tipinin fiziksel davranışları, bileşenleri, malzemeleri ve yapım yöntemleri farklı olduğu için farklılık gösterir. Opak cepheler tipik olarak daha fazla kütleye, daha yüksek yalıtım seviyelerine ve camlı cephelere göre daha iyi ısı tutma özelliğine sahiptir. Buna karşılık, camlı cepheler genellikle iç mekanlara

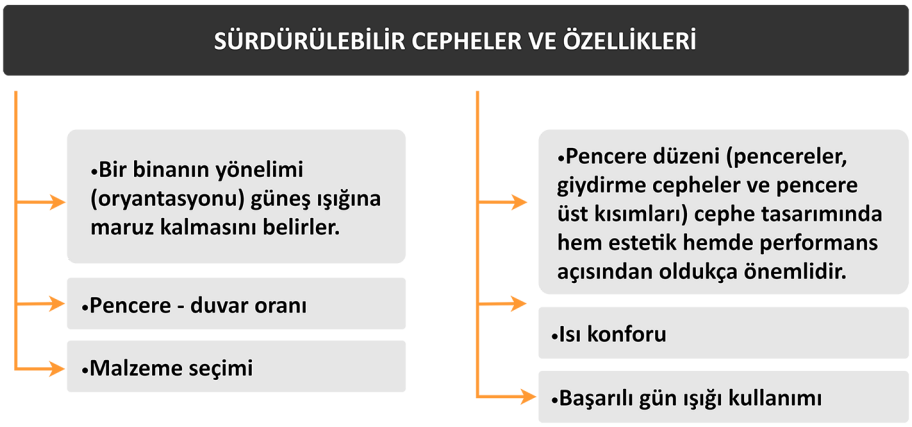
daha fazla gün ışığı girmesine izin verir, bina sakinleri için daha iyi görüş sağlar ve opak cephelere göre bina yapısına daha az ölü yük bindirir [12].

Dört temel mekanizma cephelerin genel bina enerji kullanımını nasıl etkilediğini belirler. Bunlar;

- termal ısı transferi,
- güneş ısısı kazancı,
- hava kaçağı,
- aydınlatma yükleridir.

Tasarımcıların cephelerin performansını iyileştirmek için kullanabileceği çok sayıda strateji ve araç vardır. Geliştirilmiş duvar yalıtımı, iletken ısı kayıplarını azaltacaktır. Güneş kırıcı ve yüksek performanslı cam, güneş ısısı kazanımını kontrol edecektir. Sürekli hava bariyerleri ve iyi tasarlanmış pencere sistemleri hava kaçağını önleyecektir. İç mekanların gün ışığının artması, elektrik aydınlatmasına olan ihtiyacı ve buna bağlılığı azaltacaktır [12].

Enerji tasarruflu, sürdürülebilir bina cephelerinin özellikleri neler olduğu tarandığında; bir binaya gün ışığının girmesine izin verme, binaya istenmeyen güneş ısısının girmesinin önlenmesi, ısıyı duvarın kütlesi içinde depolamak, iyileştirilmiş yalıtım yoluyla ısı transferinin önlenmesi, cepheden hava veya nemin geçmesini önlemek ve binanın içini soğutmak için doğal havalandırmanın sağlanması olduğu görülmektedir. Bu özellikler büyük ölçüde iklime ve bir binanın işlev doluluk modellerine, yönelimine ve ekipman yüklerine ve cephe tipine bağlıdır Şekil 2.8.



Şekil 2.8 Sürdürülebilir cepheler ve özellikleri

- **İklime Dayalı Tasarım**

Sıcak ve kurak iklimlerde en çok işe yarayan stratejiler, ılıman veya sıcak ve nemli bölgelerde işe yarayan stratejilerden farklıdır. Çoğu bina için cephe, binanın enerji bütçesini ve bina sakinlerinin konforunu diğer sistemlerden daha fazla etkiler. Bina sakinlerine rahat bir ortam sağlamak için bir cephenin; dışarıya görüş sağlamak, rüzgar yüklerine direnmek, kendi ölü yük ağırlığını desteklemek, gün ışığını iç mekanlara girmesine izin verilmesi, istenmeyen güneş ısısı kazanımını engellemek, kullanıcıları dış gürültüden ve aşırı sıcaklıklardan korumak ve hava-nem girişine direnmek gibi birçok görevi vardır [14].

Farklı iklim bölgeleri için farklı tasarım stratejileri gereklidir. Bunlar; (Şekil 2.9)

- Güneş pozisyonuna yanıt vermek için binanın geometrisini ve kütlesini yönlendirmek ve geliştirmek,
- Soğutma yüklerini kontrol etmek ve termal konforu artırmak için güneş kırıcı sistemler sağlamak,
- Hava kalitesini artırmak ve soğutma yüklerini azaltmak için doğal havalandırma kullanmak (iklimlerde ve doğal havalandırma kullanımına izin veren bina türleri için) ,
- Dış cephe yalıtımını ve günışığı kullanımını optimize ederek yapay aydınlatma ve mekanik soğutma ve ısıtma için kullanılan enerjinin en aza indirilmesidir [15].

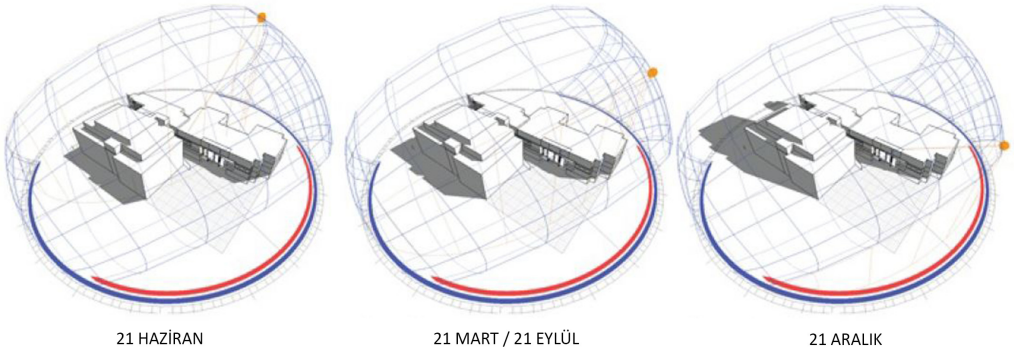


Şekil 2.9 Farklı iklim tiplerine göre tasarım stratejileri

Tasarım stratejilerinin, etkilerini en aza indirmek ve enerji tüketimini azaltmak için iklim bölgesinin koşullarının dikkate alması gerekir. Isınmanın hakim olduğu iklimler, güneş radyasyonunun toplanması, pasif ısıtma, ısı depolaması (dış ısı kazançlarının içleri aştığı bina türleri için), ısıtma talebini azaltmak için iyileştirilmiş yalıtım ve aydınlatma talebini azaltmak için günışığı kullanımından yararlanılır. Soğutmanın hakim olduğu iklimlerde, güneşten ve doğrudan güneş ışınlarından korunma daha önemli hale gelir. Karışık iklimlerde, güneşe maruz kalmayı ve gün ışığına erişimi dengeleyen birleşik stratejilerin uygulanması gerekir.

- **Bina Yönelimi**

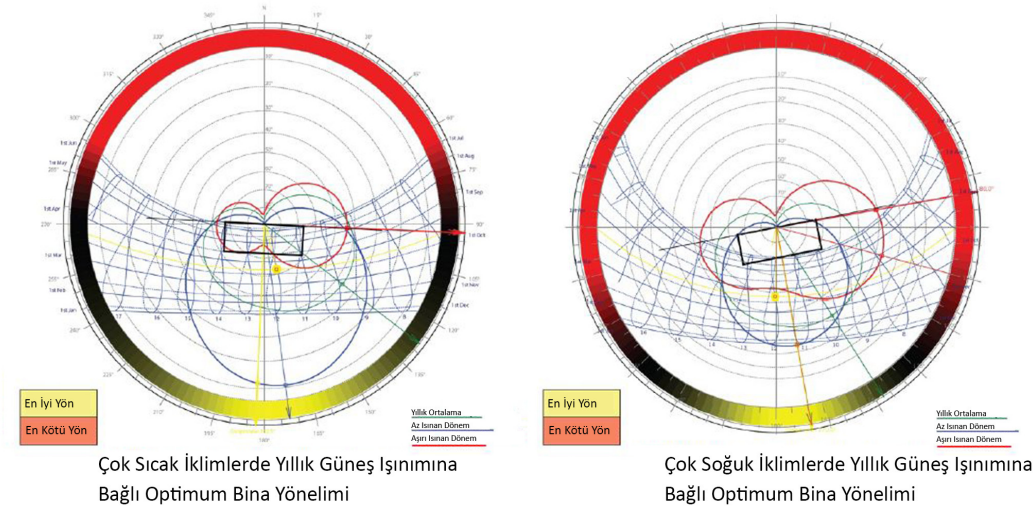
Bir binanın yönü, güneş ışığına maruz kalmasını belirlemektedir (Şekil 2.10). Güneş ısısı kazanımı, kış aylarında daha soğuk iklimlerdeki binalara fayda sağlarken daha sıcak iklimlerde ise, yılın büyük bir bölümünde iç mekanların doğrudan güneş ışığından korunması ve gölgelenmesi gerektirmektedir. Binanın güneş ısısı kazanımı perspektifinden optimum yönü, yaz aylarında güneş kırıcı ile kış aylarında istenen güneş ısısı kazancını dengelemektedir.



Şekil 2.10 Bina yönelimi diyagramı [12]

Güneş yönünün pasif etkileri çok önemli olduğundan, cephelerin yönü tasarım sürecinin başlarında dikkate alınmalıdır (Şekil 2.11). Çevre koşulları ve güneş radyasyonu farklıdır ve kuzeye, güneye, doğuya ve batıya bakan cepheler için farklı tepkiler gerektirmektedir. Ne yazık ki bina yönelimi her zaman tasarımcının kontrolü altında değildir. Bazen imar planları, notları ya da çevresel başka sebeplerden dolayı arazi kullanımı sınırlandırılmış olabilir. Güneş yönünün pasif etkileri çok önemli olduğundan, cephelerin yönlendirilmesi tasarım sürecinin başlarında dikkate alınmalıdır.

- **Pencere Duvar Oranı**

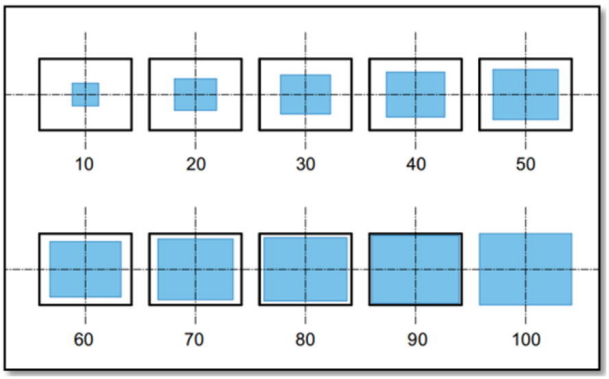


Şekil 2.11 Bina yönelimi grafiği [12]

Binaların enerji tüketiminde pencere-duvar oranının oldukça büyük etkisi vardır. Pencere-duvar oranı cephede kullanılan tüm saydam alanın, tüm opak alana oranıdır (Şekil 2.12). Pencerenin ısı transfer katsayısının duvardan genellikle fazla olması sebebiyle pencere büyüklükleri arttıkça ısı transferleri de artış gösterecektir. Kışın iç ortamdan ısı kayıpları artacak ya da sıcak yaz aylarında iç ortamda güneş ısısı kazanımları olacaktır. Buna bağlı olarak kışın ısıtma ve yazın soğutma için harcanan enerji artış gösterecektir [16]. Tüm iklim türlerinde pencere-duvar oranının artması enerji tüketimini artırır.

Farklı cephe yönlerindeki pencere-duvar oranlarının enerji tüketimi üzerinde farklı etkileri bulunmaktadır. Yapılan çalışmalara göre farklı cephelerdeki pencere-duvar oranının toplam enerji tüketimine etkisini şu şekilde sıralayabiliriz;

"Batı -Doğu > Güney > Kuzey" [17].



Şekil 2.12 Pencere duvar oranı [18]

Cam alanlar ince, geçirimli yüzeylerdir ve duvar alanlarına göre yüksek U değerine ve düşük zaman geciktiriciliğine sahiptir. Bu nedenle bina kabuğunda en hızlı ve

etkin ısı kazanç-kayıp ve yoğuşmaya sebep olur. Bu cam alanların tasarımı güneş ışınımı ve ısıl konfor üzerindeki etkisi büyüktür [19]. Ayrıca bu camlarda kullanılan cam tipinin, çerçeve özelliklerinin ve binanın bulunduğu iklimin özelliklerinin enerji tüketiminde çok önemli rolleri bulunmaktadır. Farklı iklim bölgelerine göre farklı pencere duvar oranlarının kullanılması daha verimli sonuç verecektir [18].

Ajla Aksamija [12] tasarımcıların bina kullanıcılarının termal konforunu iyileştirmek için dört tasarım stratejisini şu şekilde tanımlamıştır:

- En uygun pencere-duvar oranını (WWR) bulun. Bazı koşullarda, daha fazla gün ışığı almak için daha fazla pencereye veya daha büyük pencerelere sahip olmak daha iyidir, oysa diğer koşullarda daha fazla duvar yalıtımı ve daha iyi akustik için daha az veya daha küçük pencerelere sahip olmak daha iyidir. Optimum WWR, tüm termal konfor faktörleri ile yolculara en iyi genel konforu sağlayan diğer faktörler arasında bir denge kurar.
- En iyi performans özelliklerine, özellikle güneş ısısı kazanım katsayısına ve U değerine sahip cam malzemelerini seçin.
- Soğuk mevsimlerde doğrudan güneş ışığının sıcaklık sağlamasına izin verirken, sıcak mevsimlerde iç güneş ısısı kazanımını azaltmak için gölgeleme öğeleri tasarlayın.
- Cephe boyunca havanın kontrolsüz hareketini sınırlandırmak için tüm boşlukların kapatıldığı, mümkün olduğunca hava geçirmez bir cephe montaj stratejisi sağlayın. Bu, dış havanın dış duvara nüfuz etmesini ve iç boşluk içindeki şartlandırılmış havayı önleyecektir.

Bu tez kapsamında üretilen çalışmada yer bilgisi yani iklim verilerinin, bina yönelimi, LOD seviyelerinin ve çevre verilerinin değişmesine bağlı cephe analizleri yapılacaktır. Bu bölümde bu parametrelerin cephe için ne kadar önemli olduğu anlatılmaktadır.

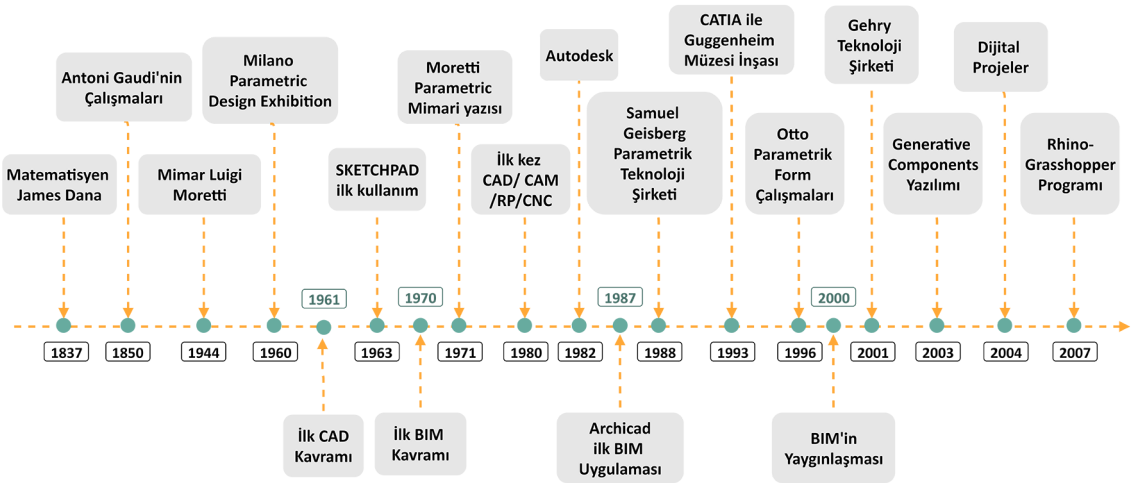
2.5 Tasarım Araçları

Bir mimari çizime baktığımızda gördüğümüz bir çizgi birçok şeyi ifade eder. Uzunluk, yapı elemanının ne olduğu, bir duvar mı yoksa sıva mı olduğu gibi birçok bilgiyi barındırabilir. Bu 3 boyutlu bir nesneye ait bilginin 2 boyutlu bir temsilidir. Bu temsili oluşturma kimi zaman kalem ile, kimi zaman ise bilgisayar gibi hesaplamalı araçlarla gerçekleşmektedir. Mimarlar ve tasarımcılar

için geçmişten günümüze inceleyecek olursak binaların hayal edilme, yapılma ve deneyimlenme yollarında teknolojinin gelişmişlik düzeyine paralel olarak belirgin farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıkların detayına indiğimizde belirgin dönüm noktaları olduğu görülmektedir.

El çizimleri yerine bu temsillerin CAD (Computer Aided Design) araçlarıyla yapılması ise birçok bilginin çok daha kolay depolanmasını, iş tekrarlarını kolaylaştırmada yardımcı olabilir. Ancak çokça yapılan revizyonlarda bu çizimlerin etkili bir şekilde koordinasyonunun sağlanmasının garantisi yoktur. Çoğu zaman ayrı dosyalarda oluşturulan planlar, kesitler, görünüşler yapılan değişikliklerde tamamıyla koordinasyonu sağlanamıyor olabiliyor. Çok büyük projelerde ise bu takibin yapılması ve bilgi akışının sağlanması oldukça karmaşık hale gelmektedir. Teknolojik gelişmelerle birlikte parametrik tasarımın gelişmesiyle bu temsil araçları daha da pratik hal almaktadır. Bu adımda YBM araçları ile geometrinin temsilinin sağlanması ve buna uyum sağlamış çizimlerde gerekli geometrinin güncellenmesiyle ilgili tüm çizimlerde planlarda, kesitlerde, görünüşlerde ve tüm detaylarda otomatik güncellenme ile sonuçlanır. Bu çok daha kolay ve hızlı bir koordinasyon ve üretim sağlamaktadır.

Tarihte yapılan her icat her buluş bugünkü teknolojinin yapı taşlarını oluşturmaktadır. Parametrik ve bütünleşik tasarımın yapı taşlarını oluşturan çalışmaları Şekil 2.13 incelemek mümkündür.



Şekil 2.13 Parametrik tasarımda gelişim süreci

Bilgisayar teknolojilerinin gelişimi bu zaman çizelgesinde önemli bir dönüm noktasıdır. Büyük projelerin büyük ekiplerin bir araya gelip ürün oluşturduğu yapı sektörü bilginin en yoğun olduğu sektörlerdendir. Binalar ve alt yapılar oldukça karmaşıklardır ancak onların inşa edilmeleri ve projelerin yürütülmesi binalardan ve alt yapıdan çok daha karmaşıktır. Çok fazla girdinin ve parametrenin olduğu

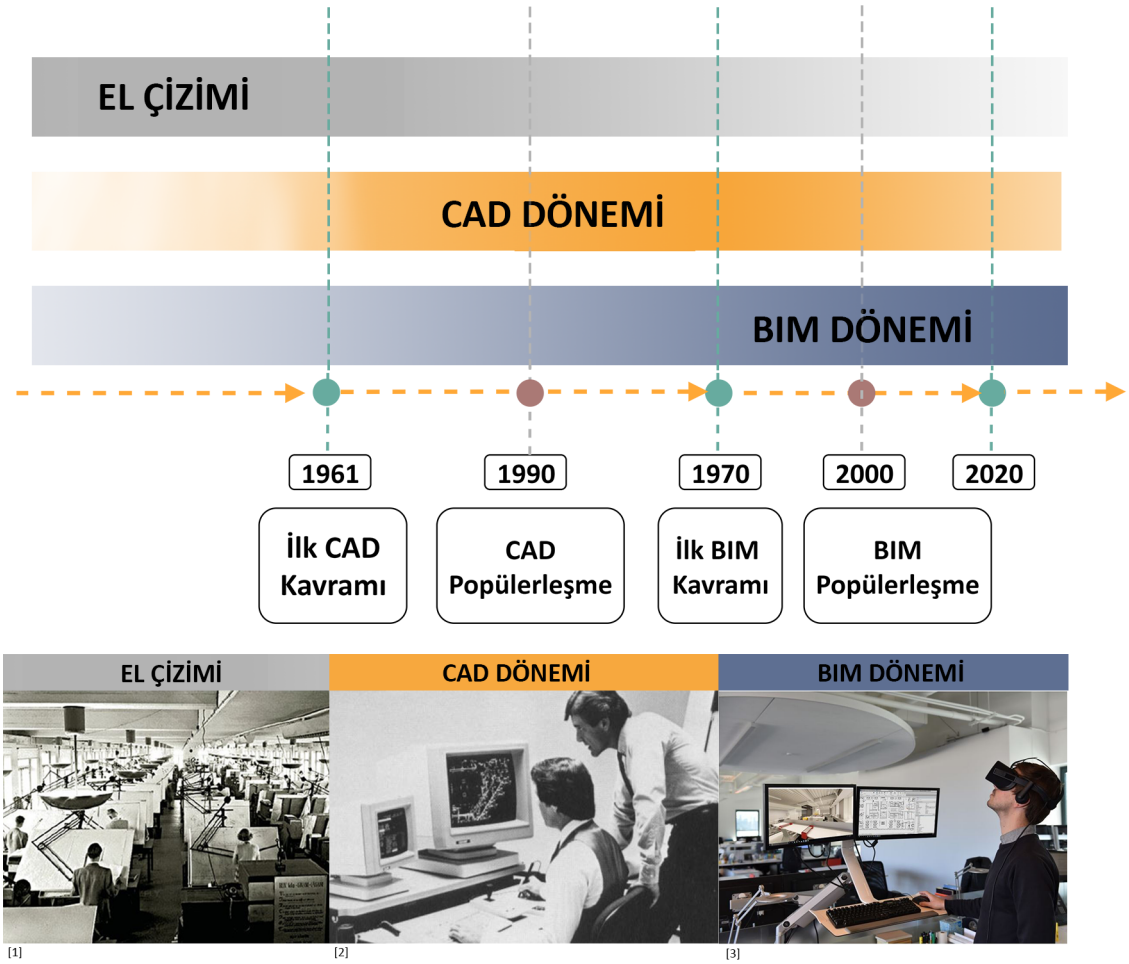
proje süreci en başından en sonuna kadar birçok bilginin üretildiği, çok fazla revizyonun olduğu, çok fazla kişinin ekiplerin paydaşların birlikte çalıştığı bir sistemdir. Bu bilgilerin herkes tarafından kolay takip edilebilir ve ulaşılabilir olması projenin başarısını arttırmaktadır. Teknolojinin gelişmesi bu bilginin üretilip, aktarılıp, depolanıp, değiştirilerek güncel tutulmasında yani paydaşlar arasında bilgi iletişimini sağlamada çok önemli bir araçtır. Zaman içerisinde bu amaca hizmet eden araçlar ve sistemler teknolojik gelişmelere paralel olarak farklılıklar göstermektedir. Bu sistemleri dönüm noktalarına göre bölecek olursak eğer (Şekil 2.14);

- Bilgisayarlardan önceki dönem; **"El Çizimi Dönemi"**
- Bilgisayarların gelmesiyle beraber başlayan dönem; **"CAD Dönemi (Computer Aided Design"**
- Teknolojinin, internetin, bulut sistemlerinin ve yapay zekanın gelişmesiyle beraber bütünleşik tasarımın önem kazandığı dönem; **"YBM Dönemi"** olarak ayırabiliriz.

El Çizimi Dönemi

Mimari tasarım şüphesiz eskiz ile başlar, mimarın zihninde canlanan düşüncelerin dışarı aktarılması en hızlı eskiz ile olmaktadır. Giderek şekillenmekte ve daha teknik çizimler halini almaktadır.

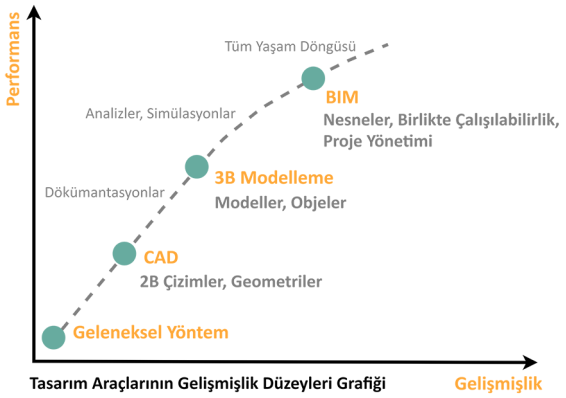
Eskizler bilginin, düşüncenin, tasarımın aktarılmasında en önemli iletişim araçlarıdır. Ancak proje sürecinin çok karmaşık ve bilginin çok fazla olduğu yapı sektöründe; el çizimleri gerekli hızı, koordinasyonu, üretim verimliliğini sağlamada zaman içerisinde yetersiz kalmaktadır. El çizimi dönemi tasarımcılar ve mimarlar için oldukça zahmetli bir dönemdir. Kağıt kullanımının fazla olduğu, veri girişinin, takibinin ve dokümantasyonun zorlu olduğu bu dönemdir. Tekrarın, revizyonların ve proje aşamalarının karmaşık ve çok olduğu büyük projelerde maliyeti fazla ve verimliliği az bir projelendirme yöntemidir. El çiziminin dezavantajlı durumuna teknoloji kullanımı bir çözüm olarak görülmüştür. Örnekleyecek olursak; ilk bilgisayar 1941'de Konrad Zuse tarafından aerodinamik hesaplamalar için kullanılmıştır. Britanya, 2. Dünya Savaşı sırasında 1948'de ilk gerçek programlanabilir bilgisayar sunmuştur. ABD'den Ivan Sutherland, ilk "Sketchpad" olarak adlandırılan ilk robot çizimci geliştirerek CAD dönemine giden yolu açmaktadır.



[1] - https://rarehistoricalphotos.com/life-before-autocad-1950-1980/
[2] - https://cadday.weebly.com/history.html
[3] - https://www.architectmagazine.com/technology/5-steps-to-make-vr-a-reality-in-your-practice_o

Şekil 2.14 El çizimi - CAD - YBM tasarım araçlarının zamana bağlı kullanım yoğunlukları diyagramı

Tasarım araçları zaman içerisinde teknolojinin gelişime bağlı olarak birbirinin devamı olacak şekilde gelişim göstermektedir (Şekil 2.15).



Şekil 2.15 Tasarım araçlarının gelişmişlik düzeyleri grafiği

CAD Dönemi

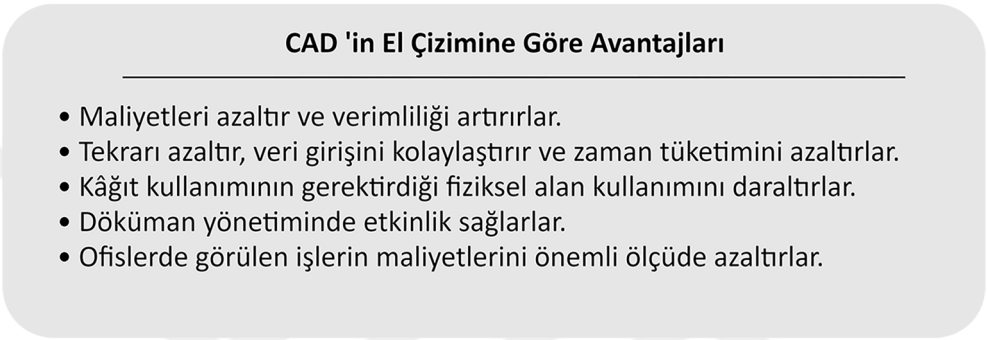
1960'ların sonlarından itibaren bilgisayarlar ve yazılımlar tasarım ve üretim sorunlarını çözmek için geliştirilmiştir. Ağırlıklı olarak otomobil, havacılık, savunma ve elektronik endüstrilerinde kullanılmıştır. 1970'lerde ise ilk CAD programları, el üretimi çizimlere benzeyen yalnızca 2 boyutlu çizimler oluşturabiliyor olmasına rağmen bu ilk basit programlar, üretim ve inşaat endüstrilerinin tasarıma bakışını değiştirmeye yetmiştir. Sonraları birçok CAD sistemi 2 boyuttan 3 boyuta geçerek 1970'lerin sonlarında ilk katı modellemeler oluşmaya başlamıştır.

1980'lerde yeni teoriler ve algoritmalar geliştikçe 3 boyutlu modellemeler gelişti ve CAD sisteme entegre edilmiştir. 1990'larda bilgisayarlar gelişti ve AutoCad gibi CAD yazılımlarını destekleyebilecek kadar güçlü hale gelirken, bu programlar da artık daha kullanıcı dostu ara yüze sahip olmaya başlamıştı. Bu sayede artık CAD; tasarım, mühendislik, mimarlık eğitimine dahil edilmeye başlamıştır.

El çiziminden bilgisayar çizimine geçtiğimiz bu dönemde tekrar eden birçok iş çok daha kolay bir şekilde gerçekleşmektedir (Şekil 2.16). Birçok proje bilgisi kolayca dijital ortama aktarılarak saklanmakta ve değiştirilebilmektedir. Tasarım alternatifleri ya da projenin farklı kısımları aynı anda farklı kişiler tarafından çalışılmaktadır. Değişiklikler çizim tekrarı gerektirmeden modifikasyon yöntemiyle bilgi kaybı olmadan devam etmektedir.

CAD yazılımlarında tasarım elemanları çizgi, dörtgen, elips, yay gibi geometrik şekiller yardımıyla oluşturulmaktadır. Proje çizimi esnasında sembollerle ifade

edilen döşemeler, çatı, duvar, kapı, pencere gibi yapı elemanları CAD yazılımları için sadece çizgi topluluğundan ibarettir. Her plan, kesit görünüş ayrı ayrı çizim gerektirmektedir. Yapılan revizyon için ilgili çizimler ayrı ayrı düzeltilmesi gerekmektedir. Elbette el çizimine göre daha kolay olan proje süreci şu an ki YBM sistemlerine göre kıyasladığımızda oldukça koordinasyonu zor, tekrarı olan iş yükü barındıran, bilgiyi depolamada yetersiz kalan 2 boyutlu kısıtlı bir sistemdir. Her disiplin kendi çalışmalarını ayrı çizimlerde gerekli detayda oluşturmakta ve ayrı ayrı oluşturulan bu çizimlerin koordinasyonu, bilgilerin paylaşılması, hataların bulunması, çakışmaların tespiti oldukça güç olmaktadır.



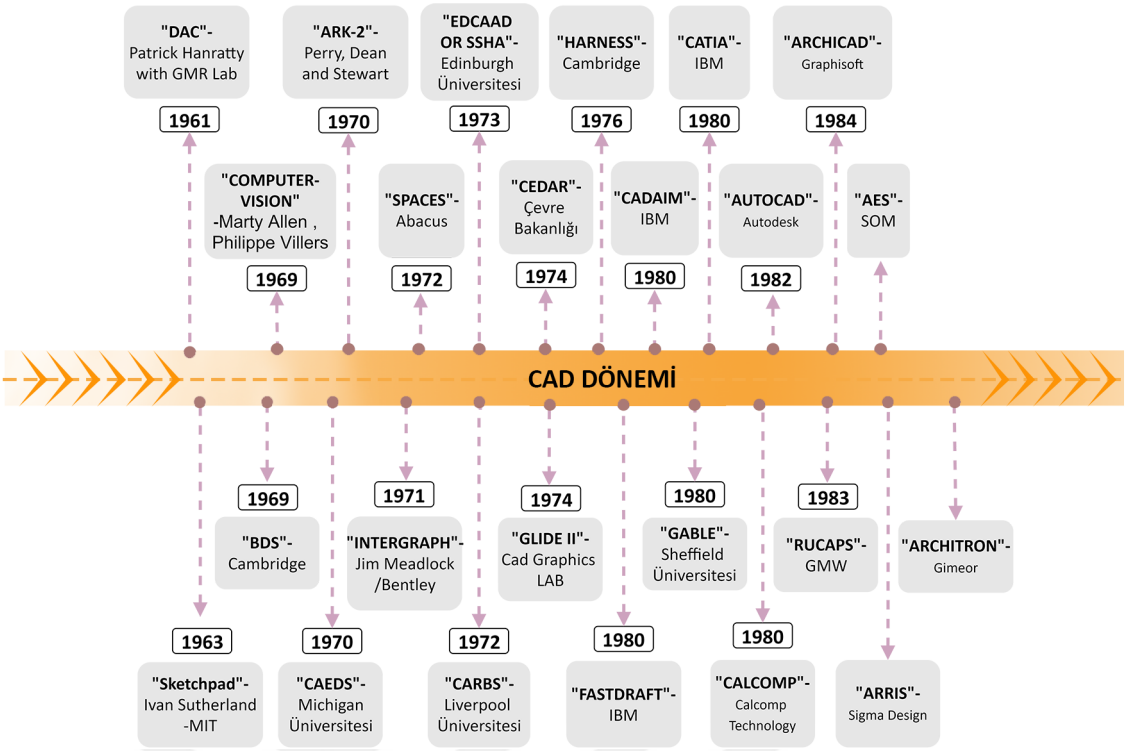
Şekil 2.16 CAD'in el çizimine göre avantajları

Anlatmış olduğumuz CAD döneminde birçok sistem, bilgisayar destekli tasarım sürecinde denenmiştir. Bu sistemleri Şekil 2.17'de tarihsel süreç içerisindeki yeri ile birlikte incelemek mümkündür. Bu sistemlerden bir kısmı günümüzde kullanılmamakta, bir kısmı halen günümüzde CAD sistemi olarak kullanılmakta, bir kısmı ise YBM'e öncülük etmiştir ve günümüzde halen YBM sistemi olarak kullanılmaktadır.

Temsilin 3 boyutlu görselleştirilmesi projenin farklı aşamalarında farklı paydaşlar için gerekli olduğundan bir süre 3 boyutlu CAD dosyaları 2 boyutlu CAD dosyaları birlikte kullanılsa da revizyon sonrası tüm yapılan ölçülendirme, detaylandırma otomatik güncellenmediği için çalışmanın tekrar yapılmasını gerekli kılmaktadır. Bu da obje bazlı çizim kavramını gerekli kılarak YBM çalışmalarına giden yolu açmış bulmaktadır.

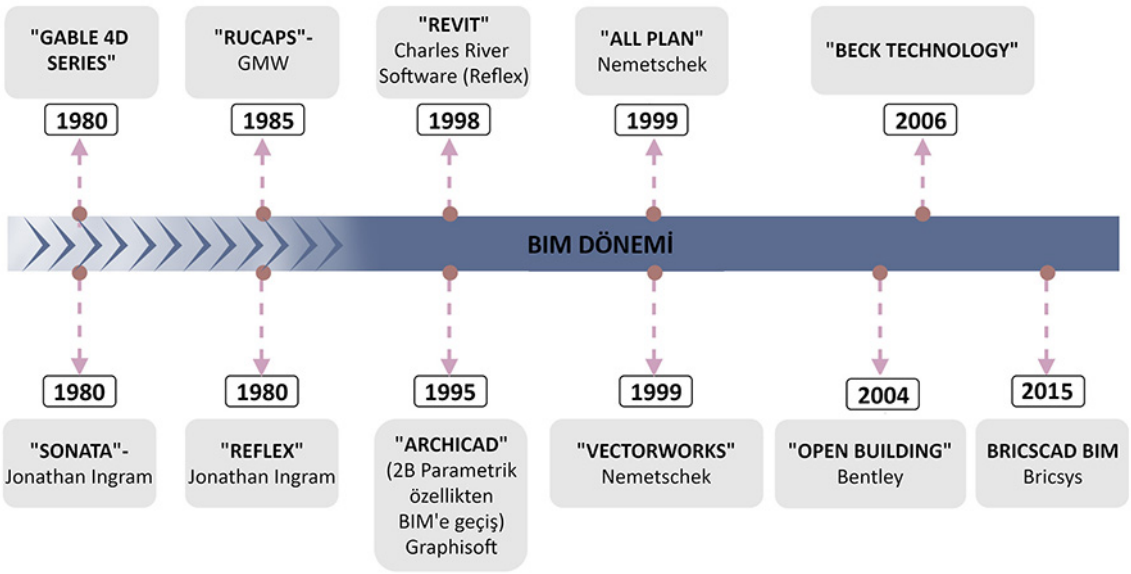
YBM Dönemi

İlk YBM (Yapı Bilgi Modellemesi) kavramı 1992'de G.A. van Nederveen ve F.P. Tolman tarafından kullanılmakta, 1960'lardan beri BDS, ARK-2 ve CEDAR gibi erken dönem yapı bilgi modellemesi örnekleri mevcut bulunmaktadır [20]. Bu sistemler bugün bildiğimiz YBM'den oldukça farklıdır ancak modelden bilgi



Şekil 2.17 CAD döneminde oluşturulan sistemler

alarak çizim oluşturmak amacıyla kullanılarak, yani nesneye yönelik modelleme ilkesiyle YBM'e öncülük etmişlerdir. Sonata, Reflex and ProReflex ise yine başarılı erken dönem örnekleri olarak sayılabilir (Şekil 2.18). 1995'te Archicad ile bugün bildiğimiz YBM kavramına en yakın en başarılı sonuçlar alınmış ve YBM'in öncüsü kabul edilmektedir (Şekil 2.19).



Şekil 2.18 YBM döneminde oluşturulan sistemler

YBM inşaat endüstrisinde yapılmış en büyük teknolojik gelişmelerden bir tanesidir.

Chuck Eastman'ın YBM için:

"YBM ile hem çizimlerin hem de modellerin olumlu yönleri birleştirilecek ve ortak zayıflıkları ortadan kaldırılacaktır. Üç boyutlu bilgileri içerir... ve tüm etkilerinin ortaya çıkması için herhangi bir değişikliğin yalnızca bir kez yapılmasını gerektirir. Değişiklikleri kolayca kabul eder ve mekansal çakışmalar için otomatik kontrol sağlar. Bir bina, uzayda düzenlenmiş üç boyutlu öğelerden oluşan bir sistemle tasarlanabilir ... Tasarım, öğeleri şekillerine ve diğer özelliklerine göre etkileşimli olarak tanımlamayı ve bir balsa-ahşap model oluşturuyormuş gibi düzenlemeyi içerir. O halde aynı modelden kesitleri, planları, izometrikleri ve perspektifleri türetmek mümkün olmalıdır. Gelecekteki tüm çizimlerin güncellenmesi için herhangi bir düzenleme değişikliğinin yalnızca bir kez yapılması gerekecektir. Aynı öğe düzenlemesinden türetilen tüm çizimler otomatik olarak tutarlı olacaktır. "

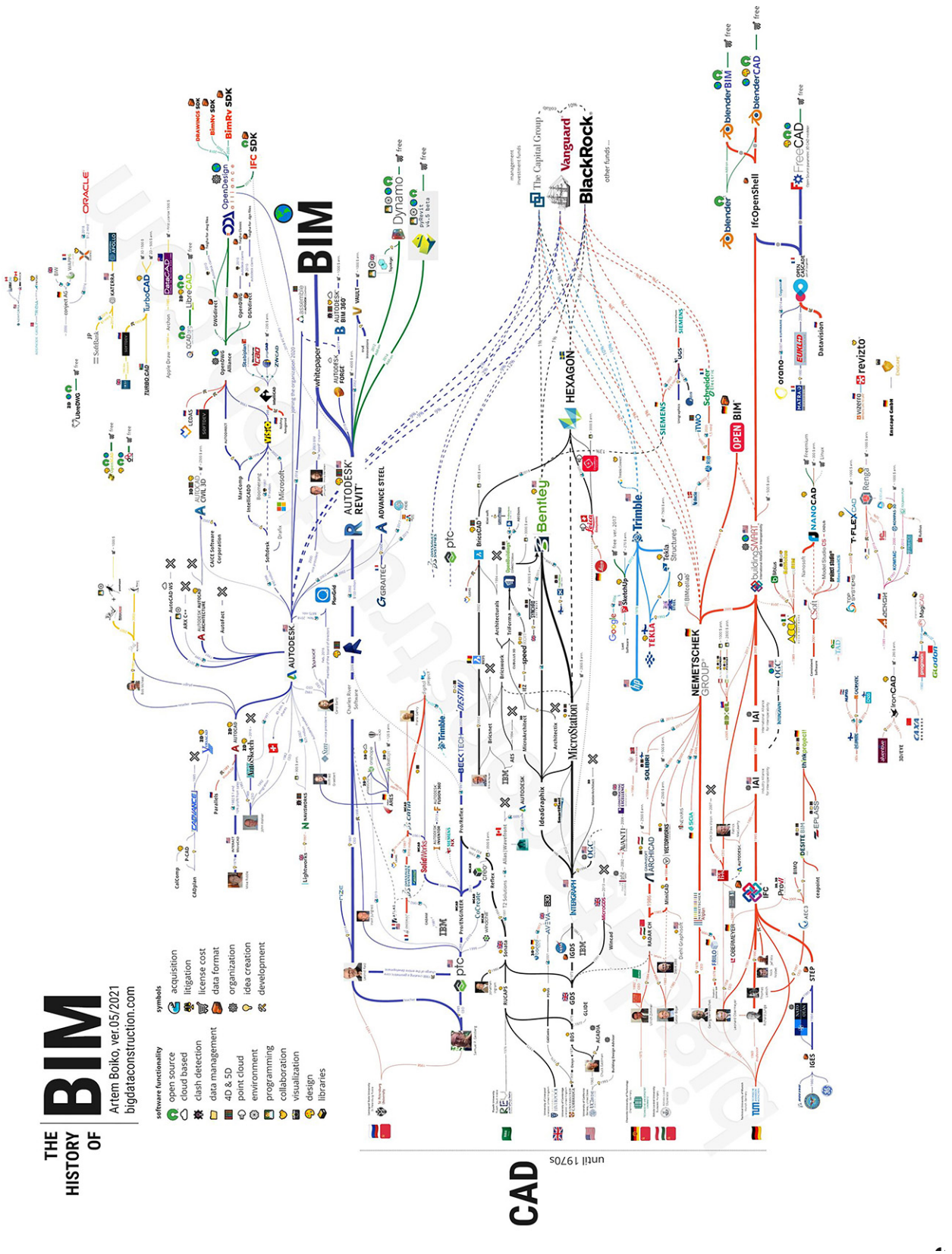
Chuck Eastman'ın bu açıklamaları YBM'in avantajları ve vurgulanması gereken özelliklerini çok güzel özetlemektedir. YBM yazılımlarında tasarım elemanları birçok proje bilgisini de barındıran, geometrik modellerin proje verisi ile birleşimi olan, parametrik özelliklere sahip akıllı nesnelerden oluşmaktadır.

YBM yazılımlarında döşemeler, çatı, duvar, kapı, pencere gibi yapı elemanlarının ne olduğu bilgisi yazılım tarafından tanımlanmıştır ve bu yapı elemanına ait proje için girdi olacak parametrelerin yani bilgilerin kullanıcı tarafından girilmesini ister.

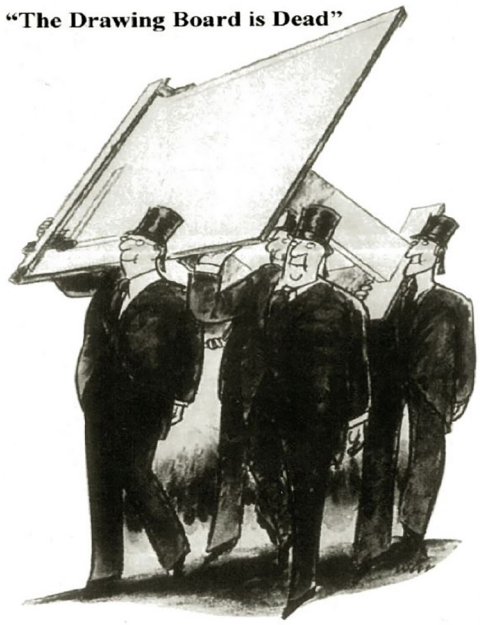
NBIMS-(ABD) - Ulusal YBM Standardının yapmış olduğu tanıma göre [21]; *"Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), bir tesisin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin dijital bir temsilidir. YBM, yaşam döngüsü boyunca alınacak kararlar için güvenilir bir temel oluşturan, bir tesis hakkında en erken fikirsel halinden yıkımına kadar bilgi içeren, paylaşımlı bir bilgi kaynağı olarak tanımlanır. YBM'in temel dayanaklarından biri, ilgili paydaşın rollerini desteklemek ve yansıtmak amacıyla, YBM'deki bilgileri eklemek, çıkarmak, güncellemek veya değiştirmek için tesisin yaşam döngüsünün farklı aşamalarında farklı paydaşlar tarafından yapılan, iş birliğidir."*

YBM el kitabında [23] ise şu ifade ile tanımlanmıştır:

- "Ne olduklarını 'bilen' akıllı dijital temsiller (nesneler) ile temsil edilen ve hesaplanabilir grafik ve veri nitelikleri ve parametrik kurallarla ilişkilendirilebilen bileşenler oluştururlar.
- Bileşenler, analizler ve iş süreçleri için gerektiği gibi nasıl davrandıklarını açıklayan verileri içerir, örneğin kalkış, spesifikasyon ve enerji analizi gibi.



Şekil 2.19 YBM sistemlerinin gelişimlerinin tarihi süreci [22]



Şekil 2.20 Sonata reklamı 1988 [20]

- Bileşen verilerindeki değişikliklerin, bileşenin tüm görünümlerinde temsil edildiği şekilde tutarlı ve gereksiz olmayan verilerdir. Bir modelin tüm görünümlerinin koordineli bir şekilde temsil edildiği şekilde koordineli verilerdir."

YBM; el çizimi ve CAD dönemi diye adlandırdığımız dönemlerde yaşanan sıkıntıların çözülmesi için geliştirilmiş bir sistemdir. Özellikle 1980'lerin ortalarında mimarlar tarafından kullanmaya başlamıştır. Tüm bilgilerin farklı disiplinler tarafından çalışılıp, tek bir modelde toplandığı, güncellendiği, 2B ve 3B'nin yani modelin ve çizimin birlikte olduğu, hatta diğer boyutların da projeye aktarıldığı, bilgi akış yönünün belirlendiği ve güncellendiğinde otomatik ilgili her yerde güncellendiği aynı iş için görev tekrarına düşmeye meydan vermeden, yapının tüm yaşam döngüsü boyunca kullanılabilecek bir sistem.

Proje süreçleri artık daha verimli ve hızlı yürütüldüğü için artık çevre ve ekolojik hedeflere ulaşmak için daha fazla olanak olmakta, projelerin daha verimli, sürdürülebilir, performatif olması için daha fazla araç ve analiz fırsatı oluşmaktadır (Şekil 2.21). Özellikle cephe gibi binanın enerji tüketimine ve kullanıcıların konforuna etki eden yapı elemanının tasarlanmasında YBM oldukça önemli bir araçtır.

YBM'nin avantajları yapı ve inşaat sektöründe yaygın olarak kabul gördüğünden, YBM ile yeşil binalar arasındaki ilişkinin kuvvetli olması adına güncel bir sentez kurulması çok acil bir gereksinimdir [24].



Şekil 2.21 CAD - YBM karşılaştırması

CAD sistemleri YBM'ye alt yapı oluşturarak bugün kullanmış olduğumuz YBM sistemlerine geçişte kullanılan önemli sistemlerdir. Bu bölümde farklı programların sundukları kullanım avantaj ve dezavantajlarıyla güncel YBM sistemlerini anlatılacaktır.

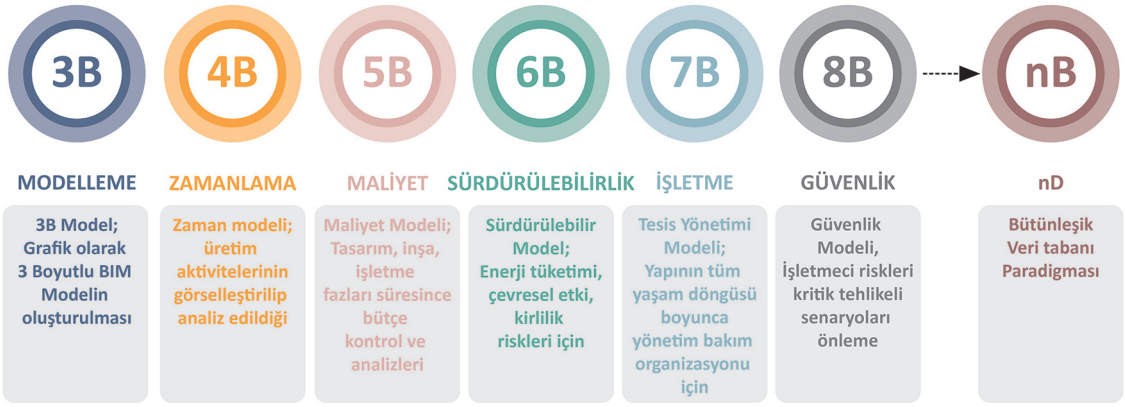
2.6 YBM Boyutları

YBM, bir yapının üretim ve bakım sürecinin planlanmasına, bilgi aktarılmasına ve yönetilmesine yardımcı bir araçtır. YBM üretim sürecinde bir iletişim aracı olarak da düşünülebilir, tüm disiplinlerin birbirleriyle bilgi paylaştığı bir iletişim aracı. YBM'ye farklı parametreleri kontrol edebilmek için ekstra boyutlar eklenmiştir (Şekil 2.22).

- **3B YBM Boyutu:** Tüm proje boyunca 3B YBM 3 boyutlu görselleştirme imkanı sağlar. Olası çakışmaları tespit etmeye, disiplinler ve ekipler arasında iletişime yardımcı olur. Son çıkacak ürünün eş modelini elde ederek ön fikir vermeye yarar.
- **4B YBM Boyutu:** 3 boyuta ek olarak zamanlama verilerini veya zaman öğesi olarak bilinen ek boyutlu bilgileri projeye aktarmaya yarar. Tüm inşaat aşamalarının ve şantiyenin uygun olarak planlamasına, anlaşmazlıkların ve gecikmelerin ortadan kalkmasına, kaliteli iş planlamasına yardımcı olur.
- **5B YBM Boyutu:** 4 boyuta ek olarak bu boyutta maliyet, sayı, metraj kontrolü dahil olur. Finansman akışını tahmin etmeye, proje maliyetlerinin güncel takibine olanak sağlar. Maliyetin görselleştirilmesine, revizyonlara paralel maliyet güncellemelerine ve projenin kapsamının daha anlaşılır olmasına yardımcı olur.
- **6B YBM Boyutu:** 5 boyuta ek olarak sürdürülebilir ve enerji verimli bir yapı yapmak için, enerji tüketimini analiz etmeye ve ilk tasarım aşamalarında enerji tahminleri çıkarmaya yardımcı olur. Binanın tüm yaşam aşamalarında enerji tüketimini doğru tahmin edip kontrol altına tutmada, maliyeti kontrol ederek operasyonel yönetimi sağlamada yardımcı olur.
- **7B YBM Boyutu:** 6 boyuta ek olarak tesis yönetimi ve işletimini destekler. Tasarımcı tarafından oluşturulan modelin yapım sırasında güncellenmesi ve değiştirilmesi anlamına gelir. Bu model bakım durumunda ihtiyaç duyulan gerekli bilgilere sahiptir. Garanti belgeleri, kılavuz bilgileri, çalıştırma ve bakım bilgileri gibi tüm bilgilere sahiptir. Karar vermeyi hızlandırır ve

projenin daha ekonomik ve daha iyi yönetilmesini ve bakım aşamalarının planlanmasına olanak sağlar.

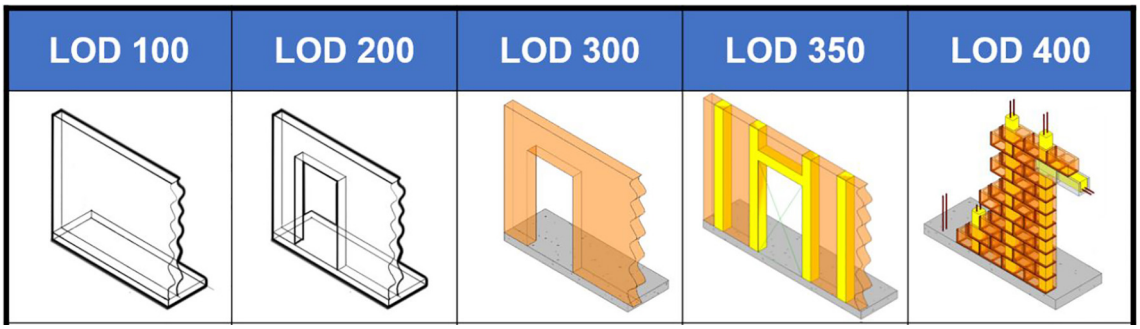
- **8B YBM Boyutu:** 7 boyuta ek olarak güvenlik modeli oluşturmaya yardımcı olur. Kritik tehlikeli senaryoları önlemeye, önceden tespit etmeye yarayarak işletmeci risklerini azaltır.
- **nB YBM Boyutu:** Bütünleşik veri tabanı paradigması sayesinde sonsuz problem ve iş takibi sağlayarak farklı olasılıklar olanaklı kılarak operasyonel yönetimi olanaklı kılar.



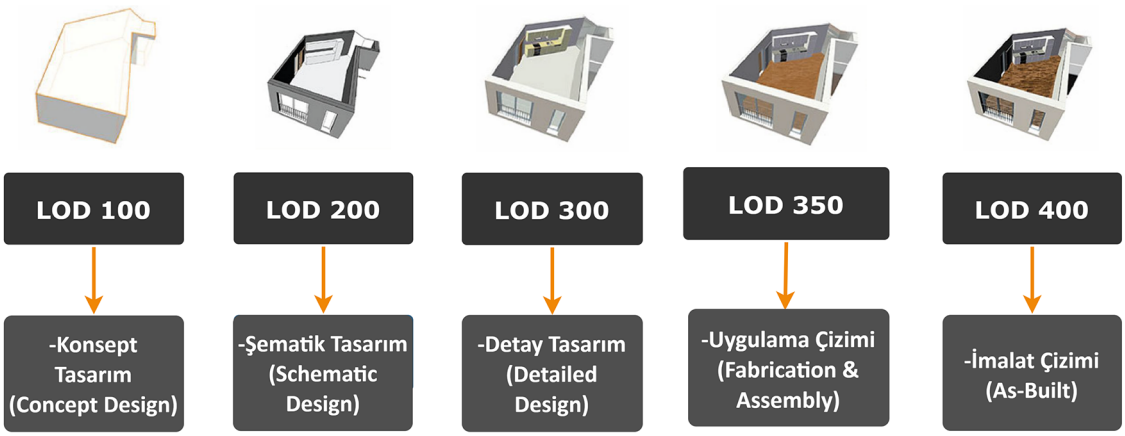
Şekil 2.22 YBM boyutları

2.7 YBM LOD Seviyeleri

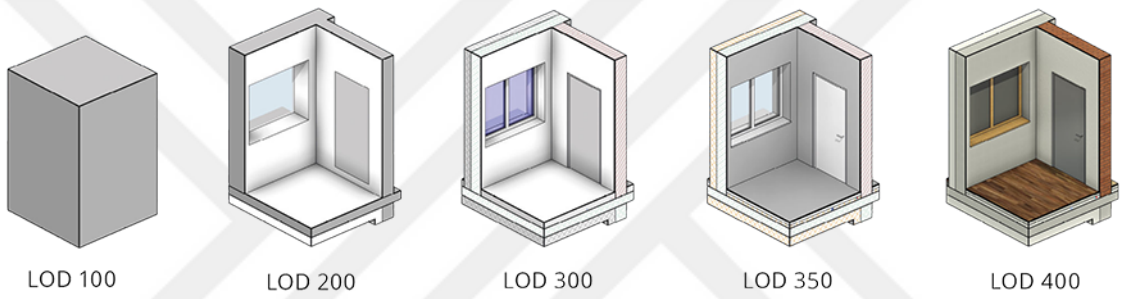
YBM'de en çok geçen kavramlardan bir tanesi "LOD" (Level of Detail / Level of Development) yani Türkçesiyle "Nesne Detay Seviyesi / Nesne Gelişim Seviyesi" kavramıdır. Bina modelini oluşturan bir YBM model elemanının projenin gelişim sürecinde tasarımdan üretim aşamasına kadar hangi aşamasında ne kadar içerikle tanımlanacağını ifade eder (Şekil 2.23,2.24,2.25).



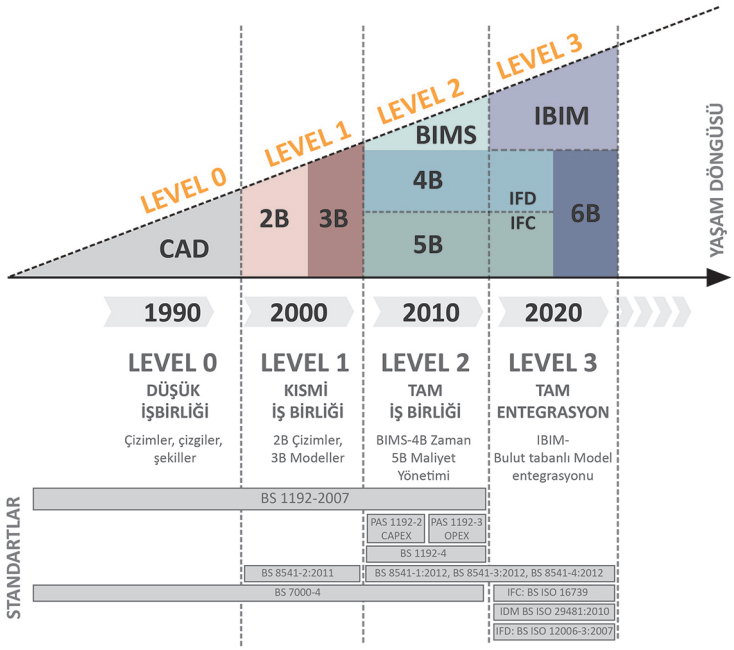
Şekil 2.23 LOD duvar detay seviyesi [25]



Şekil 2.24 LOD seviyeleri proje aşamaları eşleştirmesi [26]

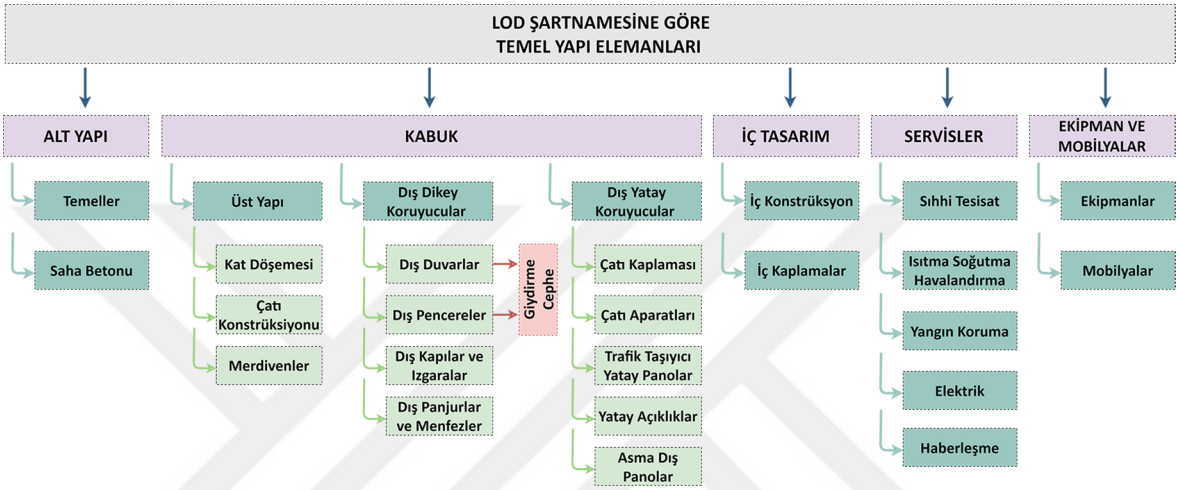


Şekil 2.25 Odaya ait LOD seviye farklılıkları [27]



Şekil 2.26 YBM olgunluk seviyeleri diyagramı

Nesnelerin içermesi gereken bilgi seviyeleri yani LOD seviyeleri hakkında farklı kurumlar tarafından hazırlanmış farklı standartlar bulunmaktadır. AIA (American Institute of Architects) iş birliğiyle Building Smart International'ın ABD şubesi olarak Yapı Bilgi Modellemesi alanında çalışmalar yapan "BIMforum" tarafından hazırlanmış kaynaklarda LOD100, LOD200, LOD300, LOD350, LOD400 şeklinde sınıflandırılırken, İngiliz standartlarında ise LOD0, LOD1, LOD2, LOD3 şeklinde sınıflandırılır. Bu kılavuzdan faydanılarak yapı elemanlarının sınıflandırılması şu şekilde yapılmaktadır (Şekil 2.27).



Şekil 2.27 LOD tablosuna göre yapı elemanı sınıflandırması (BIMForum'dan [26] faydalanılarak oluşturulmuştur.)

Tasarım ilerledikçe her bir elemanın tasarımıyla ilgili ayrıntılar artacaktır ve buna bağlı içermesi gereken bilgi seviyesi de artacaktır. Aşağıdaki duvarda olduğu gibi bir duvarın malzemesine, detayına projenin belirli bir aşamasına kadar karar verilmemiş olabilir bu durumda o duvar karar verildiği ölçüde detaylandırılır. Hangi aşamada hangi detayda nesnelerin detaylandırılacağı ise planlı bir şekilde LOD tabloları ile yapılır. YBM Forum LOD'leri tasarım aşamalarıyla tanımlamamıştır bunun yerine tasarım aşamasının tamamlanması veya bir dönüm noktası LOD dili aracılığıyla tanımlanabilir. Buna sebep olarak şunları sıralayabiliriz. Tasarım aşaması için ayrıntılı bir standart bulunmamaktadır, birçok mimar ya da firma kendi bünyesinde standartlar oluşturmuştur. Hatta bazen bir projenin ihtiyaç ve önceliklerine göre bu gereksinimler düzenlenir. Bir başka sebep ise bina sistemleri konseptten kesin tasarıma doğru farklı oranlarda ilerler. Örneğin projenin şematik tasarım evresinde birçok eleman LOD200'dedir ancak aynı zamanda LOD100'de birçok eleman bulunabilir, hatta bazıları LOD350 ya da LOD 400 de olabilmektedir.

- **LOD100 (KONSEPT TASARIM):** Kavramsal tasarımına denk gelen bu LOD seviyesinde model elemanı, genel bina kütlesinin yaklaşık olarak alan,

hacim, yükseklik, konum ve yönelimini temsil eder. Elde edilen geometrik temsiller kesinlik arz etmez, sembolik ve grafiksel gösterim şeklidir.

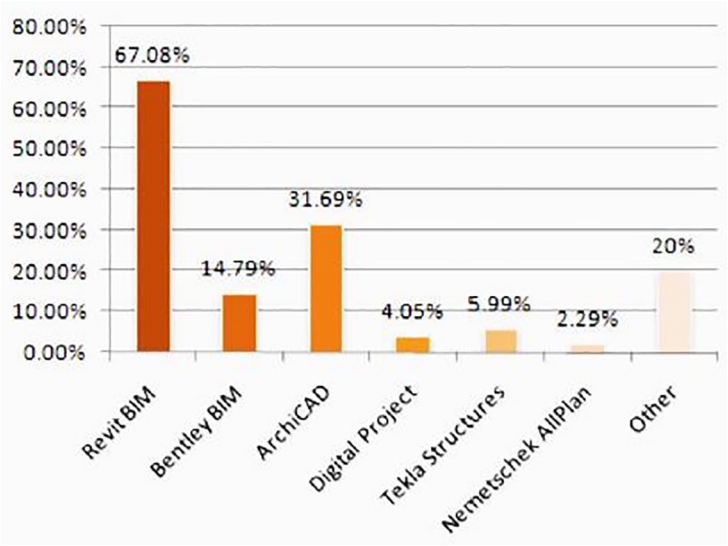
- **LOD200 (ŞEMATİK TASARIM):** Model elemanı, model içerisinde yaklaşık bir boyut, şekil, konum ve yönlendirme ile genel bir sistem, nesne veya montaj olarak grafiksel olarak temsil edilir. Grafik olmayan bilgi datası eklenebilir. Elde edilen bilgiler yaklaşık olarak doğru olduğu düşünülmelidir.
- **LOD300 (DETAY TASARIM):** Model elemanı, model içerisinde sayı, boyut, şekil, konum ve yönlendirme açısından belirli bir sistem, nesne veya montaj olarak grafiksel olarak temsil edilir. Grafik olmayan bilgi datası eklenebilir. Modelden elde edilen bilgiler bir nota, açıklamaya ya da ekstra bir bilgiye başvurmadan doğru kabul edilebilir.
- **LOD350 (UYGULUMA):** Model elemanı, model içerisinde sayı, boyut, şekil, konum, yönlendirme ve diğer bina sistemleriyle arayüzler açısından belirli bir sistem, nesne veya montaj olarak grafiksel olarak temsil edilir. Grafik olmayan bilgi datası eklenebilir. Modelden elde edilen bilgiler ekstra açıklamaya, ölçüye ya da ekstra bir bilgiye başvurmadan doğru kabul edilebilir. Koordinasyon için gerekli elemanlar modellenmiştir.
- **LOD400 (İMALAT):** Model elemanı, model içerisinde detaylandırma, imalat, montaj ve kurulum bilgileri ile boyut, şekil, konum, miktar ve yönlendirme açısından belirli bir sistem, nesne veya montaj olarak grafiksel olarak temsil edilir. Grafik olmayan bilgi datası eklenebilir. Bu LOD seviyesinde model üretimi için yeterli ayrıntıda, doğrulukta, modellenmiş olmalıdır. Modelden elde edilen bilgiler bir nota, açıklamaya yada ekstra bir bilgiye başvurmadan doğru kabul edilebilir. [28].

2.8 En Yaygın YBM Yazılımları

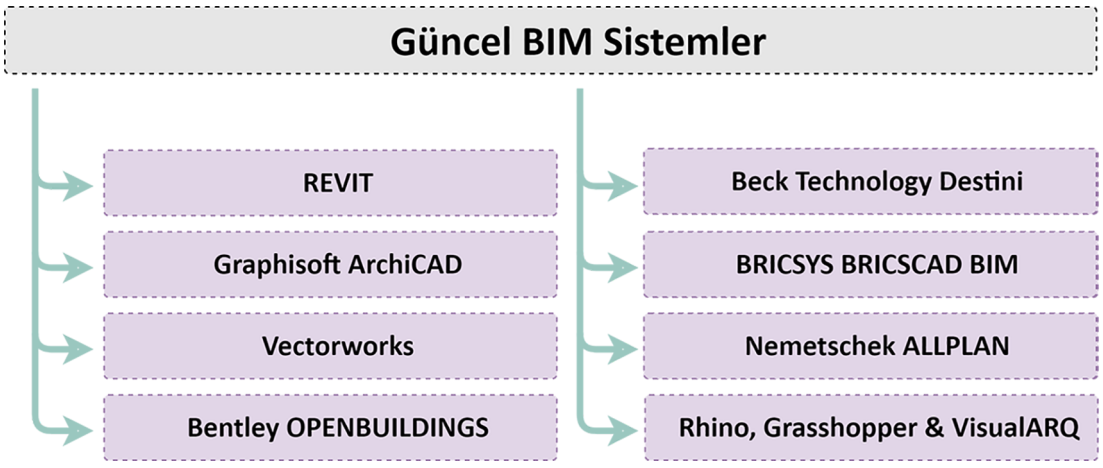
YBM belli bir programdan ibaret değildir. Birçok yazılımı kapsayan bir yaklaşımdır. Yaygın olarak kullanılan birçok YBM programları vardır (Şekil 2.28). Bunlara örnek olarak Revit, Archicad, Vectorworks, Bentley Openbuildings'i saymak mümkündür.

Revit

YBM yazılım pazarında (Avusturya, Almanya, İsviçre ve Japonya hariç) çoğu ülkede lider YBM yazılımı konumundadır. 1997 yılında kurulan Charles River



Şekil 2.28 YBM program kullanım oranları [22]

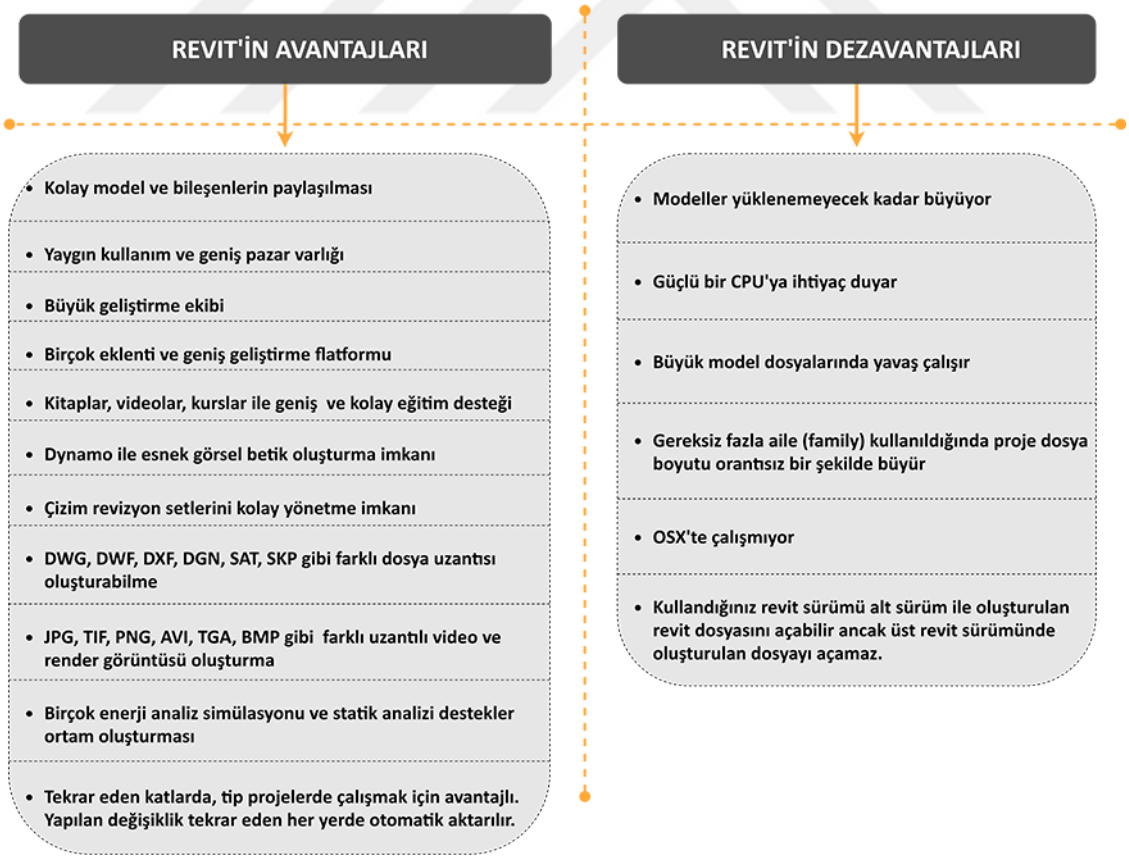


Şekil 2.29 Güncel YBM sistemleri

Software, 1998 yılında Parametric Technology'den REfLEX için bir geliştirme lisansı aldıktan sonra Revit'i geliştirerek, 2000 yılında adını Revit Technology Corporation olarak değiştirmiş ve 2002 yılında Autodesk tarafından satın alınmıştır [20] (Şekil 2.30). Binayı temsil eden parametrik bir modelleme aracıdır. Mimarlık, mühendislik ve inşaat ekiplerinin koordineli yüksek kaliteli projeler tasarlamasına yardımcı olarak çok disiplinli çalışma ortamı sağlamasıyla bütünleşik tasarımda önemli bir programdır. Yapılan değişiklikler model tabanlı olduğu için ilgili kesitlerde, görünüşlerde, perspektif ya da tüm çizimlerde otomatik olarak güncellenir (Şekil 2.31).



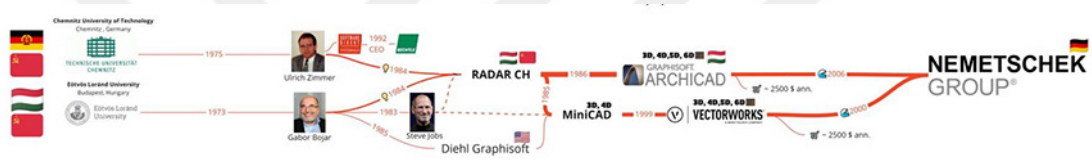
Şekil 2.30 Revit'in tarihsel gelişimi[22]



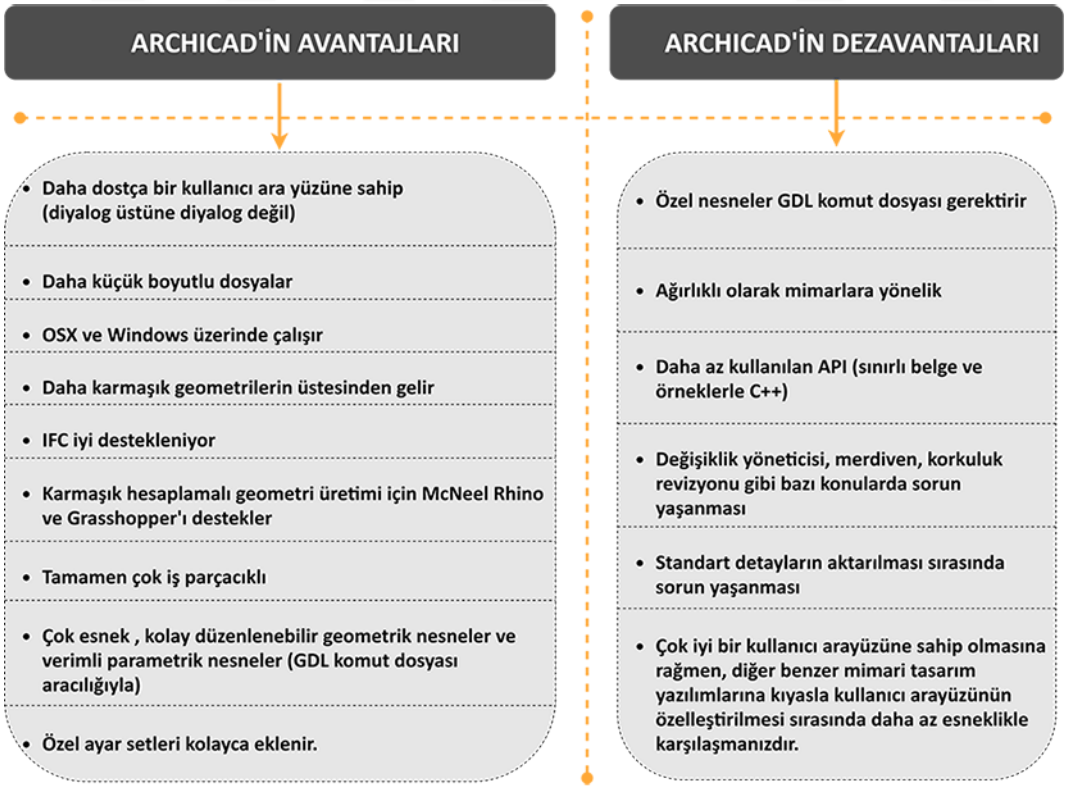
Şekil 2.31 Revit'in avantaj ve dezavantajları

ARCHICAD

Graphisoft 1984 yılında Gabor Bojor tarafından Macaristan'da kuruldu. "RadarCH" adıyla mimarlar için "3B kişisel bilgisayarda tasarım programı" geliştirdi (Şekil 2.32). Graphisoft RadarCH'e paralel olarak 2B çizim programı TOPCAD'i satışa sundu. TOPCAD ise ilişkili ölçülendirme ve yüksek düzenleme özellikleriyle kapsamlı, üst düzey bir 2B çizim programıydı. ArchiCAD ise RadarCH'den türetilmiştir ve 1990'ların ortalarında V4.5 ile YBM'in işlevselleğine izin veren tüm görünümlerde parametriktir[20]. ArchiCAD 90'ların ortalarından beri düzenli geliştirmeler yaparak önemli bir pazar payına sahiptir. Revit ile temel farkı şudur: Revit bileşenin plan, görünüş, kesitinin ve 3B'sinin çok daha uyumlu olduğu, eşleştiği bir grafiksel yapım tekniği kullanır. ArchiCAD ise bu konuda kullanıcıyı daha özgür bırakır. Başlangıçta mimarlar için üretilen ArchiCAD şimdi mekanik-elektrik-tesisatı içinde geniş kütüphanesiyle kullanılabilmektedir. Statik sistem Tekla gibi harici sistemler ile IFC kullanılarak yapılır (Şekil 2.33).



Şekil 2.32 Archicad'in tarihsel gelişimi[22]



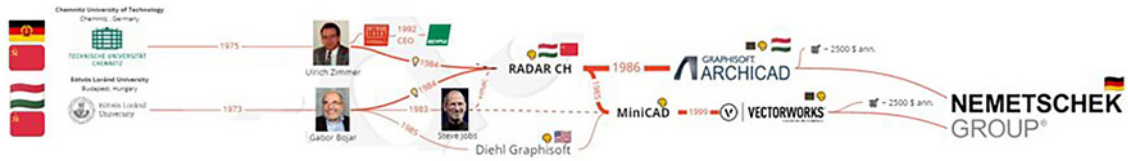
Şekil 2.33 Archicad'in avantaj ve dezavantajları

VECTORWORKS

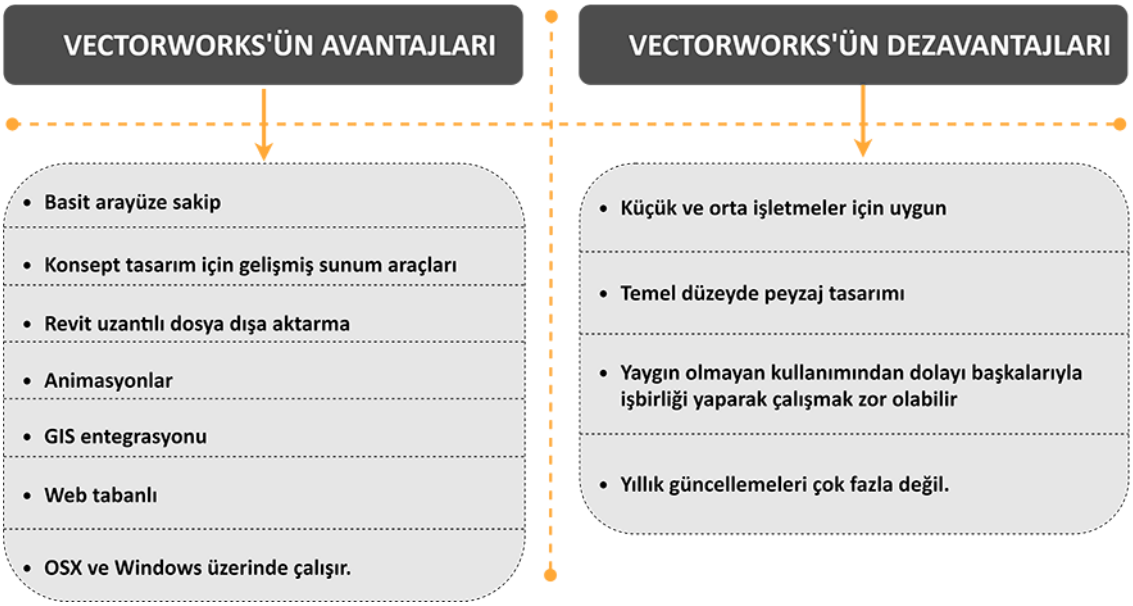
Avrupa'da güçlü bir kullanıma sahip olan Vectorworks, dünya çapında 75'ten fazla ülkede satılmaktadır. Diehl Graphsoft, 1985 yılında bir 3B aracı olarak geliştirildi ve MiniCad yazılımı yazıldı. MiniCAD, 3B inşaat çizimleri üretmek amacıyla kurulmuş bir 3B aracıdır. MiniCAD, 1999'da bir dizi mimari nesne ve parametrik kısıtlamalar eklenerek Vectorworks oldu (Şekil 2.34).

2000 yılında Diehl Graphsoft Almanya Münih'teki Nemetschek Group tarafından satın alındı ve adı Nemetschek North America olarak değiştirildi. 2000'li yılların başında modern anlamda YBM'e dönüştü ve 2010 yılına kadar tam parametrik 2B/3B YBM özelliklere sahip olmuştur. 3B kanal, sıhhi tesisat için "Extensio Pro" MEP plugine sahiptir.

Statik tasarım içinde harici olarak Scia Engineer ile iletişime olanak sağlar. OpenBIM birlikte çalışılabilirlik programında aktif hale gelerek IFC ve birçok dosya formatında içe/dışa dosya aktarmaya olanak sağlamaktadır [20](Şekil 2.35).



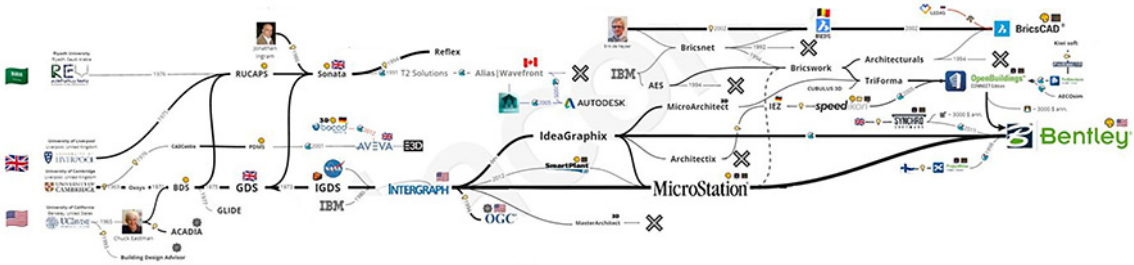
Şekil 2.34 Vectorworks'ün tarihsel gelişimi[22]



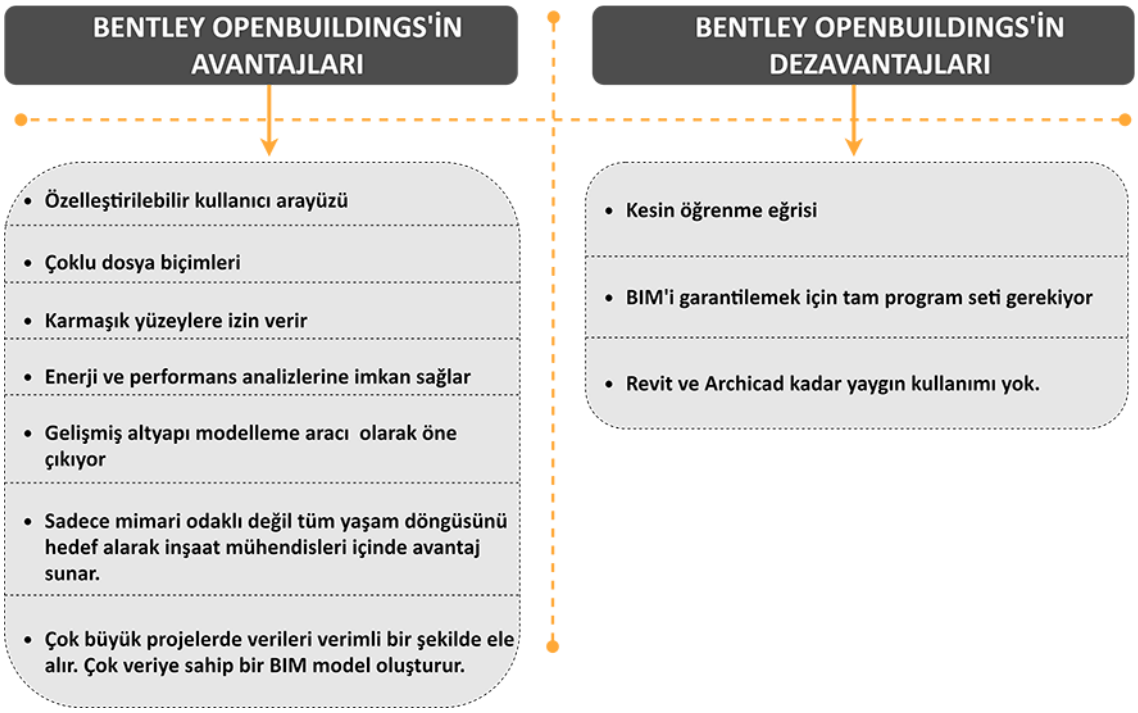
Şekil 2.35 Vectorworks'ün avantaj ve dezavantajları

BENTLEY OPENBUILDINGS

Bentley, 2004 yılında ilk YBM tabanlı yazılımı olan Bentley Architecture'ı piyasaya sürerek YBM pazarına geç katılanlardan biriydi (Şekil 2.36). Bentley'nin ilk ürünleri, IGDS dosyalarını düzenleyen bir 2B çizim paketi olan MicroStation ve bir 3B olan TriForma'idi. Her ikisi de 1980'lerden mimarlık için modelleme paketidir. Zengin bir dizi düzenleme ve yüzey işleviyle Bentley Architecture'ı oluşturmak için birleştirildiler. Bentley Architecture V8'in statik, mekanik, elektrik ve diğer bileşenlere sahip olması onu oldukça geniş bir sistem haline getiriyordu. Revit'e benzer şekilde Bentley Architecture da parametrik bir yeteneğe sahiptir (Şekil 2.37). Bentley'in yaklaşımı farklıdır ve bir bakıma saf YBM değildir. Model bir entegre proje modelidir, ancak gerçekte, doğru programlar olmadan onu sürdüren tek bir model olmayan bir dizi dosya üzerinde çalışan bir dizi programdır. Bu, bu programların çalıştırılması koşuluyla iyi çalışır [20].



Şekil 2.36 Bentley Open Buildings'in tarihsel gelişimi[22]

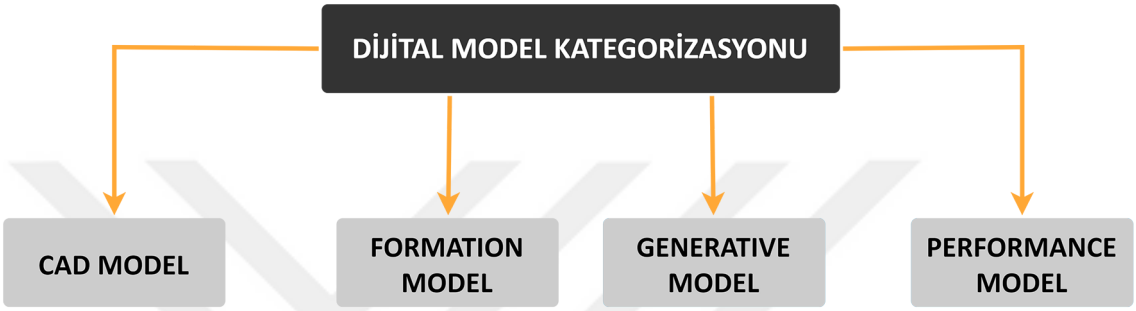


Şekil 2.37 Bentley Openbuildings'in avantaj ve dezavantajları

2.9 YBM ve Enerji Analiz Süreçleri

"Analiz alışkanlığı edinin, analiz zamanla sentezin zihin alışkanlığınız olmasını sağlayacaktır." — Frank Lloyd Wright

Frank Lloyd Wright'ın da dediği gibi analiz alışkanlığı zihnimizin sentez alışkanlığı edinmesinde yardımcı olur. Bu da zihinsel bir otonom ile tasarımın parametrelerine bağlı ön değerlendirme ve eleme gibi bir getiri sağlar. Bunu tekil problemlerden ziyade bina ölçeğinde düşününce kolay bir zihin aktivitesinden öteye gider ve daha gelişmiş bir sistem gereksinimi duyar.

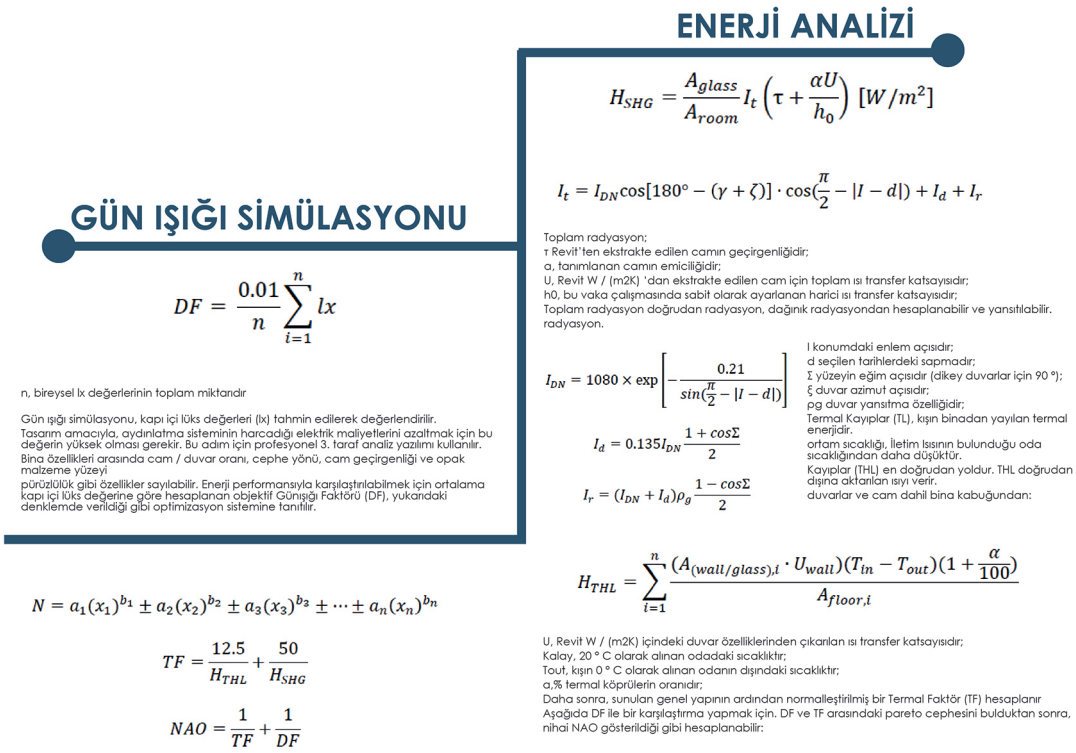


Şekil 2.38 Dijital model kategorileri

Bina performans simülasyonları, tasarım seçeneklerinin araştırılmasına ve tasarım kararlarının çevresel ve enerji etkilerinin değerlendirilmesine yardımcı oldukları için, enerji verimli ve yüksek performanslı binalar için tasarım sürecinin ayrılmaz bir parçasıdır[15]. Sürdürülebilir, yüksek performanslı bina cepheleri için tasarım sürecinin önemli bir parçasıdır. Tasarım sürecinin farklı aşamalarında ölçülebilir tahminler, farklı tasarım stratejileri kullanarak iyileştirmeleri ölçmek için kullanılabilecek ölçümlerin oluşturulmasına yardımcı olur. Dijital model kategorileri bu analiz aşamalarında amaçlarına paralel olarak oldukça önem arz etmektedir (Şekil 2.38).

Yapılan araştırmalarda bu programlardan birçoğu alanında uzman mühendisler tarafından kullanılan, projenin ilerleyen aşamalarında analiz sonuçlarını görmek için kullanılan programlardır. Bazen mevcut tasarımın erken aşamalarında mimarlar tarafından kullanılabilecek uzmanlık gerektirmeyen programlar değildir. Bu durum tasarıma geri bildirimin ne kadar zor olduğunu ve maliyetli olduğunu göstermektedir. Tasarım aşamasında çözülebilecek problemler ilerleyen aşamalarda daha karmaşık mühendislik problemlerine sebebiyet verebilecektir.

YBM ile Yapı Kabuğu performans analiz ölçümleri belli aşamaları içermektedir. Yapı sektöründe farklı programların arasında veri iletişimi ve ortak kullanımı üzerine son yıllarda oldukça gelişmeler yaşanmıştır. IFC ve gbXML verileri farklı programlar arasında veri aktarımını sağlamada oldukça başarılı sonuçlar

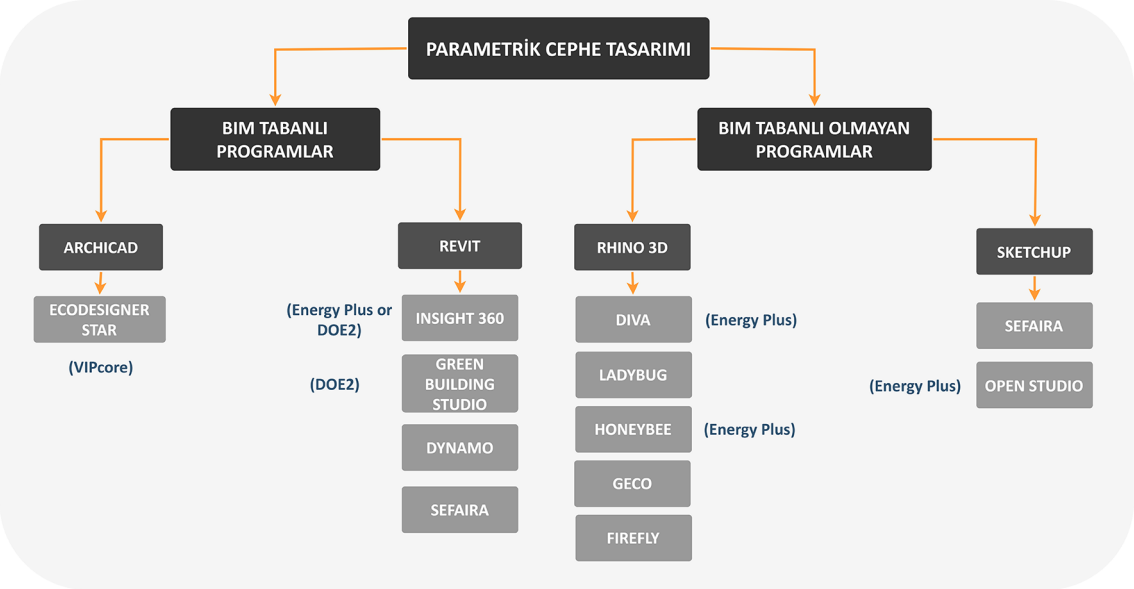


Şekil 2.39 Enerji analiz formülü

vermektedir.

Yapı enerji performansının değerlendirilmesinde standartlarca tanımlanmış, yönetmeliklere ve yönergelere göre uyumlu olması gerekir. Enerji analiz programlarının ortak kullandığı bazı enerji analiz motorları vardır. Bunlar DOE2 ve Energyplus gibi motorlardır. Enerji analizleri bir dizi formüllerin tasarıma göre kodlarla yapılma sürecinin kombinasyonudur (Şekil 2.39).

Tasarımcılara erken tasarım aşamalarında destek olabilecek, tasarım alternatifleri oluşturarak kıyaslamalar yapmasına olanak tanıyan programlarda vardır. Bu yazılımlar arasında Insight, Green Building Studyo, Energy Plus, Ecotect, DOE2, eQUEST, TRNSYS, Design Builder, Power-DOE, HAP, EnergyPro (Şekil 2.40) örnek olarak verilebilir. Bu yazılımlar önceki bölümlerde bahsedilen enerji sertifikasyon sistemleriyle uyumlu çalışmaktadır. Erken aşamalarda yapılan analizlerle enerji performans verimlilik değerleri elde edilebilir. Bu analizler bulut üzerinden yapılabilmektedir. Bu programlarla gün ışığı analizi, aydınlatma analizi, akustik, rüzgar analizi gibi analizleri yapmak mümkündür.



Şekil 2.40 Parametrik cephe analiz programları

Insight

Insight bulut tabanlı bir enerji analiz programıdır. Revit ortamında enerji modeli oluşturulduktan sonra analiz için üyelik ile giriş yaptıktan sonra eş zamanlı olarak bulut sistem üzerinde analizleri yapmaya, optimize etmeye olanak verir. DOE2 ve EnergyPlus motorlarını kullanır. Öncelikle form geometrisi oluşturulup, enerji ayarları yapılıp, enerji modeli oluşturulup enerji analizi için bulut sistemine gönderilir. Enerji analizi için program konum verilerinin girilmesini gerektirir. Böylece iklim verileri otomatik olarak alınacaktır. Sonuçlar görüntülendikten sonra çıkan değerlere göre optimizasyonlar yapılabilir. Çıkan sonuçlara göre tasarım değişikliğine gidip tekrardan analiz yapılarak, alternatifler oluşturularak sonuçlar kıyaslanabilir.

Green Building Studio

Green Building Studio enerji modelleme ortamıdır. Yapı bilgi modelleme özelliklerini taşır. Web tabanlı bir enerji analiz servisidir. Erken tasarım aşamalarında enerji verimliliğini optimize etmede, performans analizlerini almada, karbon emisyonu sonuçlarını sağlamak için yardımcı olur. DOE2 enerji simülasyon motorunu kullanır.

OpenStudio

OpenStudio tüm yapı enerji modellemesini yapabilen bir yazılımdır. Gelişmiş gün ışığı analizlerinde Radiance, bina enerji modellemesinde EnergyPlus kullanır. GbXML ve IFC import etmeye izin verir. Sketchup eklentisi ve Openstudio

uygulaması mevcuttur. ASHRAE standardına uyumludur, LEED sertifika hesaplamalarını destekler.

2.10 YBM ile Birlikte Çalışılabilirlik ve Dosya Değiş Tokuşu

Disiplinler arası çalışmada iletişim ve etkileşim geleneksel olmayan bir yolla olmalıdır. Geleneksel sıralı organizasyon sırası, en iyi sonuçları engelleyecektir. Geri beslemeye ve yeniden çalışabilmeye imkan sağlayan iletişim şekli çok önemlidir. Proje yeni fikirlerin gelmesine ve sürece dahil olmasına imkan sağlayacak organizasyon yapısında olmalıdır.

YBM'in tanımında önceki bölümlerde bahsettiğimiz üzere bina yaşam döngüsü boyunca YBM'in içeriğini paylaşmak için tüm paydaşlar arasında birlikte çalışılabilirliğin sağlanması gerekir. Özellikle bilgi sistemleri arasında birlikte çalışılabilirliğin ve uygulamalar arasında veri aktarımının sağlanması, verilerin tekrar tekrar girilmesinin ya da yeniden oluşturulmasının önüne geçmek amaçlanmıştır. Bilginin tek yönlü akışının ve tekrarlanmayan iş yükünün önemini vurgulamak gerekir. Birlikte çalışabilirlikteki sorunlar temel olarak gereğinden fazla bilgi girişi, verimsiz iş süreçleri, YBM'i etkin kullanamama gibi sebeplerden kaynaklanmaktadır. IFC, ifcXML, COBie ve gbXML gibi farklı standartlaştırılmış dosya formatları ile bu engellerin üstesinden gelmek amaçlanmıştır.

IFC

Birlikte çalışabilirlikle ilgili olarak, buildingSMART, Industry Foundation Classes (IFC), International Framework for Dictionary (IFD) ve Information Delivery Manual (IDM) aracılığıyla verimli bir bilgi alışverişini destekleyecek bir yapı tanımladı.

IFC, bilginin nasıl değiş tokuş edileceğini belirler, bilgiyi tanımlamak, değiş tokuş etmek ve paylaşmak için standartlaştırılmış bir tarafsız veri formatıdır.

Fiziksel öğeleri veya soyut fikirleri ve bunların ilişkilerini (ayrıştırma, atama, bağlama, ilişkilendirme ve tanımlama) belirten, binaların nesne odaklı bir veri modelidir [29].

COBie

COBie (Construction Operations Building Information Exchange- İnşaat Operasyonları Bina Bilgi Değişimi) varlık verilerini geometrik bilgilerden

farklı olarak sunmaya odaklanan, bilgi alt kümesinin yayınlanması için özelleşmiş bir veri formatıdır.

Gbxml

Bina bilgilerini YBM geliştirme platformlarından çevresel (özellikle enerji) analiz yazılımına aktarmak için, gbXML (Green Building extensible Markup Language) çoğunlukla açık veri şeması olarak kullanılır. Resmi standart olarak tescilli değildir ve sadece enerji analizine uygulanır. Veri yapısı, temsili ve uygulaması açısından IFC ve gbXML arasında temel bir karşılaştırma yapılacak olursa: IFC, son derece organize ve ilişkisel veri sunumunda potansiyel faydalar gösterir. Buna karşılık, gbXML şeması daha basittir (XML diline dayandığından) ve anlaşılması daha kolaydır, bu da farklı tasarım amaçları için şema uzantısının daha hızlı uygulanmasını kolaylaştırır.

Bu nedenle, gbXML şemasının uygulanması daha kolaydır, ancak temel olarak enerji simülasyonlarına yönelik olduğu için tüm bina (ve öğeleri) bilgilerini içermez. Ayrıca, gbXML bilgi temsilini yakalar, ancak aralarındaki ilişkileri değil. Daha karmaşık ve daha geniş bina özelliklerini içeren IFC şeması, uygulamasının zorluğu nedeniyle sürdürülebilirlik analiz yazılımında henüz yaygın değildir [29].

2.11 Performatif Cephe Tasarımında YBM Kullanımı

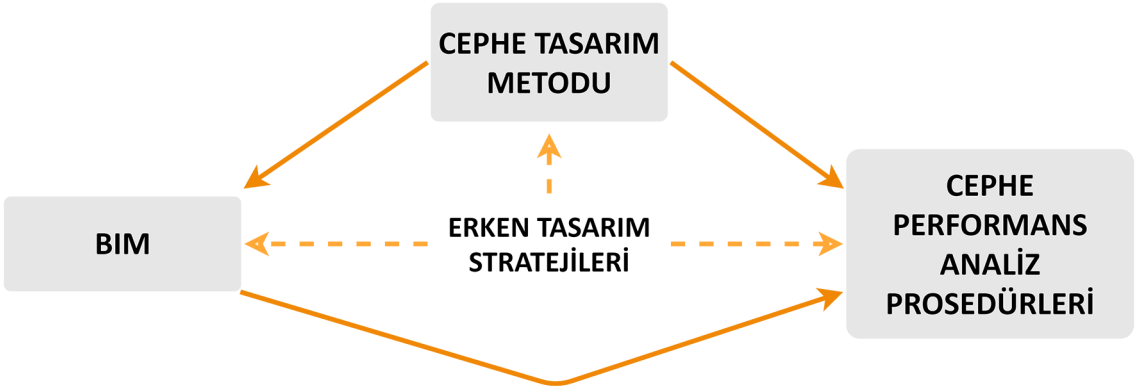
"Mimaride hiçbir şey ayrı problemlerle uğraşmak kadar tehlikeli değildir. Hayatı ayrı problemlere bölersek, iyi bir yapı sanatı yapma olanaklarını da böleriz". —Alvar Aalto

Alvar Aalto'nun bu sözünde de vurguladığı gibi binaları farklı problemlere bölerken bazı zorlukların doğma ihtimalini arttırıyoruz. Bu da bizi bütünleşik tasarımın önemi noktasına getiriyor.

"Yakın zamana kadar YBM uygulamaları, çizim üretimini iyileştirmek için esas olarak 3B modellerin kullanımına odaklanıyordu, ancak YBM'in asıl vaadi, tüm proje ekibi genelinde, özellikle de geliştirilmiş bina performansı alanında uygulamasında yatmaktadır." —Teknoloji sektörü analisti Jerry Laiserin

YBM ve sürdürülebilir tasarım, çözümleri açık ve erişilebilir kılmak için entegre parçaların mükemmel bir birleşimine henüz sahip değil. Yine de tasarım topluluğunun iletişim ve bilgi yönetimi yoluyla daha iyi tasarıma ilham verme ihtiyacının farkındayız. Bu, daha sağlıklı bir gezegen yaratabilmemiz için karbon ayak izimizi

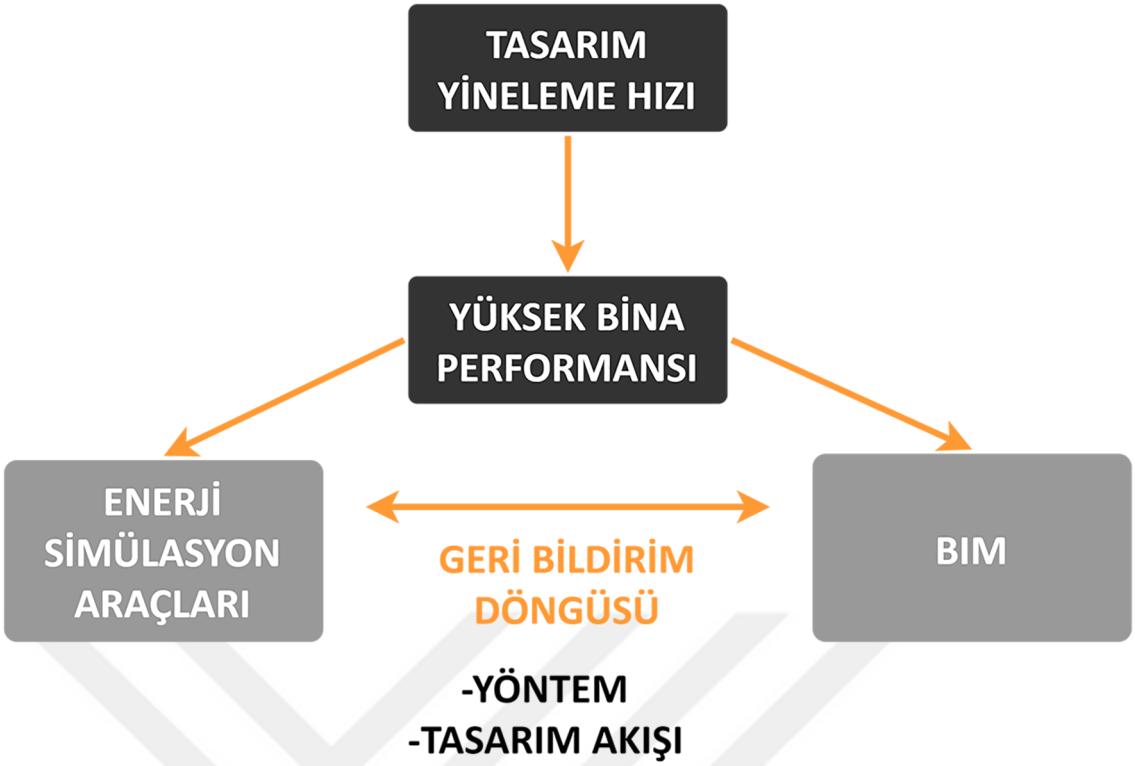
sıfıra indirmeye çalışmamıza büyük ölçüde yardımcı olacaktır. [30]



Şekil 2.41 Cephe tasarım metodu olarak YBM

Bina yapımı esnasında birçok kaza, güvenilmez dokümantasyonlar, hatalı maliyet hesapları, kalitede yetersizlik, planlama yanlışlıkları ve koordinasyonsuzluk gibi birçok ciddi problemle karşı karşıya kalınmaktadır. Yaşadığımız bilgi çağında, bu gibi problemlerin çözümü için üretilmiş birçok teknolojik ürün mevcuttur. YBM (Yapı Bilgi Modellemesi) ilk kez 1970'lerde ortaya çıkan, daha az hata ile daha hızlı bir yapım süreci için sorunların çözülmesinde kullanılan çok önemli bir kavramdır. Bilgi teknolojilerinin gelişmesiyle özellikle son 10 yılda önemi gittikçe artan, teknolojinin yapı taşı olan dijitalleşmenin ürünü olan inşaat endüstrisinin bütün taraflarını birbirine bağlayan ve bütüncül bir yaklaşım olan dijital bir sistem olarak YBM karşımıza çıkıyor (Şekil 2.41). Temiz yapılar, verimli süreçler, düşük maliyetler, daha hızlı, yüksek koordinasyon, hata ve çakışmaların erken tespiti, üretkenlik artışı ve tüm yaşam döngüsü boyunca kullanılabilirlik gibi özellikleri YBM'in sağladığı avantajlar olarak saymak mümkündür.

YBM'in yapıların tüm yaşam döngüleri boyunca kullanılabilirliğini açacak olursak; planlama aşamasından başlayıp, tasarım, inşa etme, işletme, bakım ve yıkım aşamalarında kullanılabilirliği olarak sıralamak mümkündür (Şekil 2.42). Bir yapı projesinin tasarımında, geliştirmesinde kullanılan yapının sadece geometrik modeli değil; yapımı için zaman çizelgeleri, arazi verileri, maliyet tahminleri, enerji temini, aydınlatma, yangından koruma, tesis yönetimi ile ilgili verilerin 3 boyutlu modelleri ve binanın yaşamının son döngüsü olan yıkımına dair verileri barındırarak belge yönetimi, koordinasyon ve simülasyona olanak sağlar. Bina enerji performansının sayısallaştırılmış verilerine ve hesaplarına, ayrıca çok sayıda tasarım alternatiflerine ve kıyaslamalarına olanak sağlar. Birçok hata ve çakışmanın şantiyede yapım aşamasında fark edilip çözülmesinden önce çakışma testleri ile gözlemlenerek müdahale edilmesine olanak sağlayarak maliyet ve zaman tasarrufu sağlar. BIM360 gibi bulut sistemleri ile bina bilgi modellerine ve proje detaylarına herhangi bir



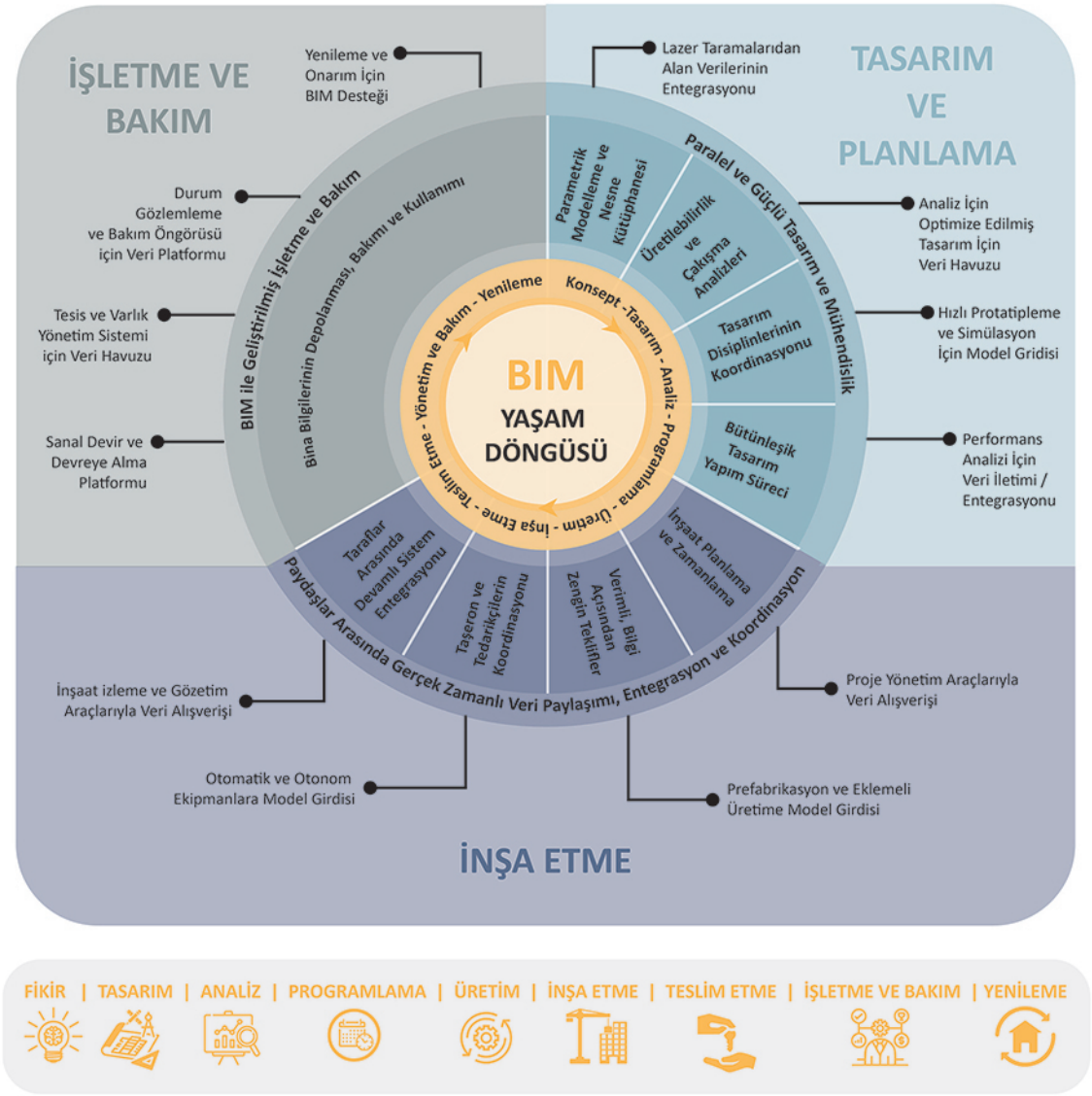
Şekil 2.42 YBM özellikleri

cihazdan, herhangi bir yerden, istenilen zamanda erişebilirliği sağlar.

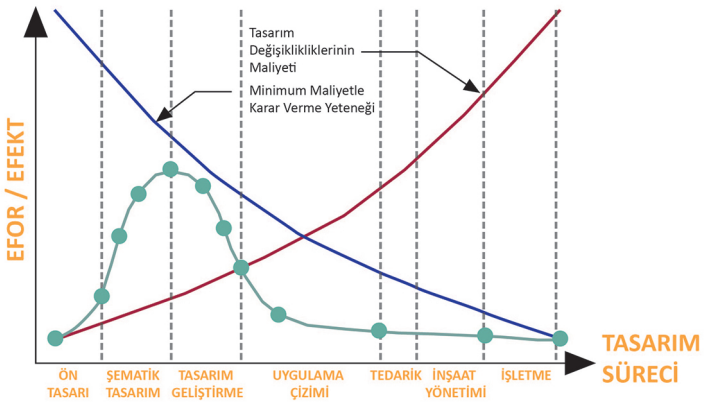
Cephe tasarımında YBM kullanımı ise ayrıca öneme sahiptir. Önceki bölümlerde de işlediğimiz gibi cephe enerji verimliliği sağlamada büyük bir öneme sahiptir. Tasarlanmasından, üretimine kadar tüm aşamalarında YBM kullanımı ayrıca önem arz eder. Erken aşamalarda yapılan analizler ve simülasyonlarla cephe optimizasyonu sağlamak mümkündür. YBM Yaşam döngüsünü Şekil 2.43'de özetlemek mümkündür.

MacLeamy eğrisine bakacak olursak Şekil 2.44'de tasarım süreci ilerledikçe tasarım değişikliklerinin projeye yansıyan maliyetleri giderek artmaktadır. Tasarımın en başında alınan karar değişiklikleri minimum maliyetle sonuçlanır.

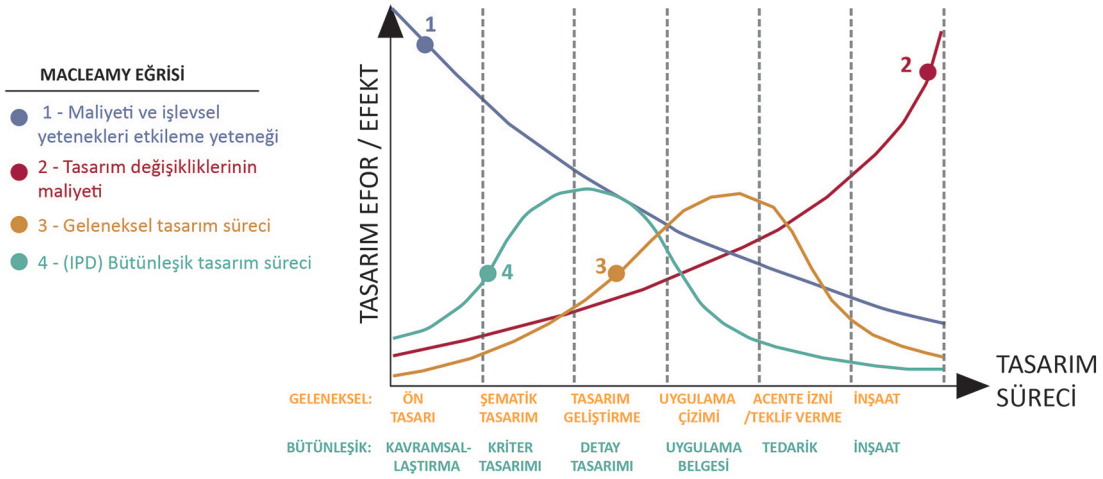
MacLeamy eğrisinde geleneksel ve bütünleşik tasarım kıyaslaması şekline bakacak olursak Şekil 2.45'de tasarım süreci ilerledikçe tasarım değişikliklerinin projeye yansıyan maliyetleri bütünleşik tasarımda geleneksel tasarıma göre daha az efor ve etki ile sonuçlanır. Bütünleşik tasarımda süreci kısaltıp daha erken aşamalarda bu sıkıntılara çözüm bulunur.



Şekil 2.43 YBM yaşam döngüsü - (uyarlanmıştır; [31])



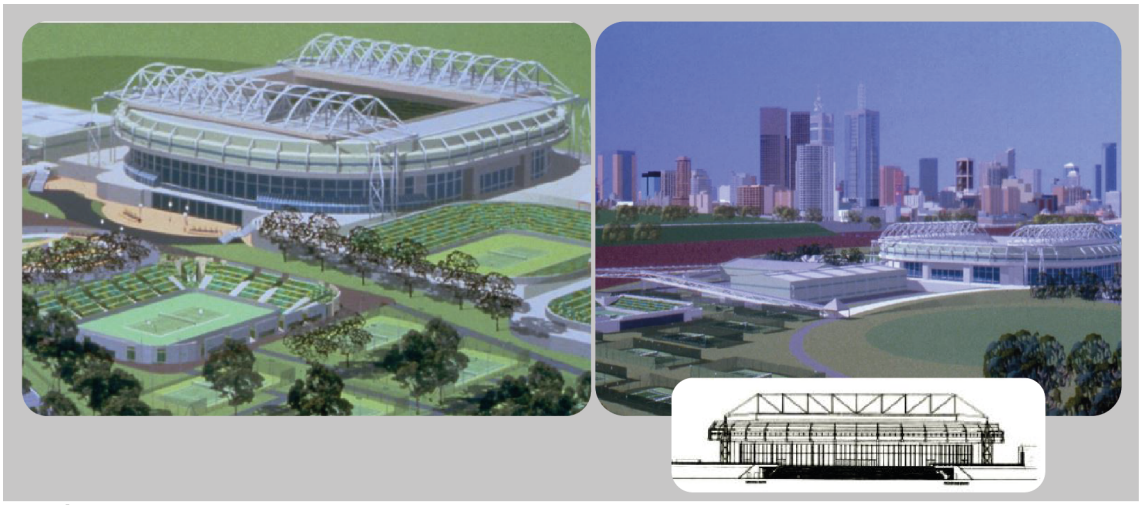
Şekil 2.44 MacLeamy eğrisi [32]



Şekil 2.45 MacLeamy eğrisi - geleneksel tasarım ve bütünleşik tasarım kıyaslası [32]

2.12 Yapı Kabuğu Tasarımında YBM Kullanımında ilk Örnekler

Bu bölümde YBM sistemi ile oluşturulan ilk örnekleri görmekteyiz. SONATA ve REFLEX gibi programlar ilk YBM sistemlerine örneklerdendir. YBM'nin avantajlarından yararlanılarak, maliyet, koordinasyon, 3B model, tasarım alternatifleri oluşturulmuş ilk YBM örnekleridir.

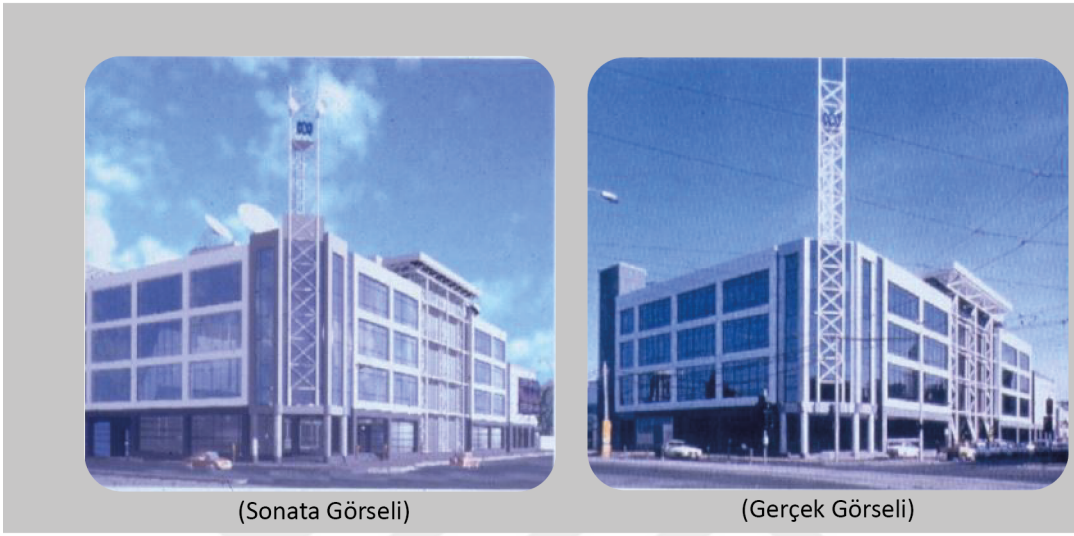


Yıl: 1987
Program: SONATA
Yapı Adı: National Tennis Stadium
Yapan: Jeff Findlay, Peddle Thorp Melbourne

Şekil 2.46 Ulusal Tenis Stadyumu, [20]

Avustralya'nın önde gelen mimarlarından olan Peddle Thorp, ilk BIM teknolojisini benimseyenler arasındadır. Özellikle modelleme aracı olarak kullanan Peddle

Thorp, maliyetlendirme, koordinasyon, kütle oluşturma ve gölgeleme gibi harici etüdler için kullanmıştır. İlk BIM sistemlerinden olan SONATA programını kullanmıştır. Yapı, (Şekil 2.46) çok amaçlı bir eğlenme merkezi ve tennis salonu fonksyonlarını barındırmaktadır. Peddle Thorp'un başka önemli yapısı Australian Broadcasting Corporation projesidir (Şekil 2.47).



Yıl: 1988
Program: SONATA
Yapı Adı: Australian Broadcasting Corporation
Yapan: Jeff Findlay, Peddle Thorp Melbourne

Şekil 2.47 Australian Broadcasting Corporation,[20]

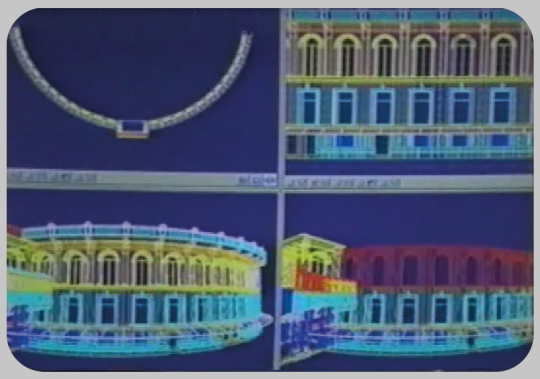


Yıl: 1993
Program: SONATA
Yapı Adı: The Peak Tower
Yapan: Giuliano Zampi, Sir Terry Farrell

Şekil 2.48 The Peak Tower

1993 yılında Peak Tower Hong Kong (Şekil 2.48), yeniden geliştirilme

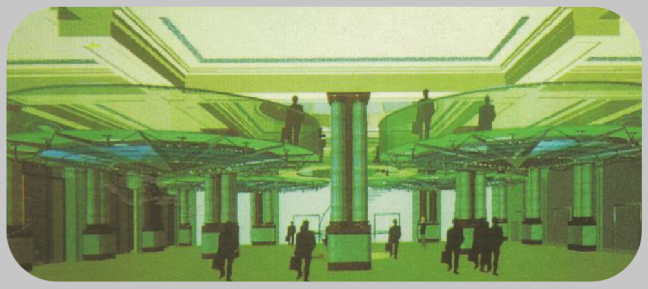
sürecinden geçmiştir. Bu ikonik tasarım Mini hareket tiyatrosu ve Ripley'in Oditoryumunu içermektedir. Doğru ışıklandırma ve modelleme, bir dizi güçlü temsil görüntülerinin oluşturulmasında yardımcı olmuştur.

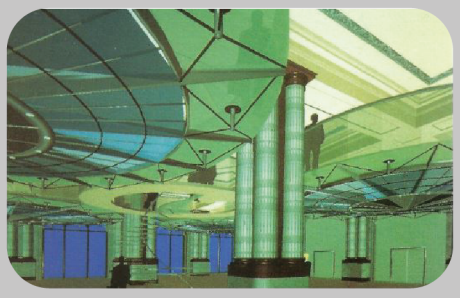




Yıl: 1995
Program: REFLEX
Yapı Adı: Royal Albert Hall
Yapan: Taylor Woodrow

Şekil 2.49 Royal Albert Hall, [20]





Yıl: 1986
Program: SONATA
Yapı Adı: Lloyds Bank
Yapan: Giuliano Zampi, Richard Rogers Architects

Şekil 2.50 Lloyd Bank,[20]

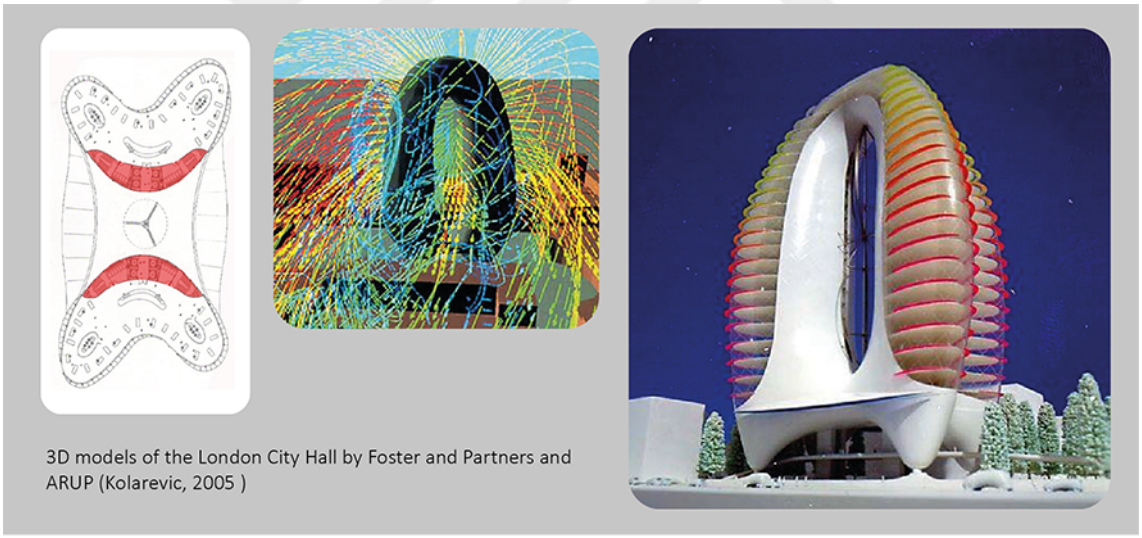
Ayrıntılı iç mekanlara, dış pencerelere ve sofistike aydınlatmalara sahip binaların, mimarın tasarımlarının etkinliğini doğrulamasına, ortamı optimize etmesine ve müşterinin tasarım hakkında ön fikir oluşturmasını sağlamak amacıyla

modellenmesi gerekmektedir. Giuliano Zampi, Richard Roger'ın tasarladığı (Şekil 2.50) bu ikonik binayı modellemek için SONATA'yı kullanmıştır.

2.13 Performatif Cephe Örnekleri

Bu bölümde literatürdeki performatif mimarlık ürünü, analiz ölçümleri yapılarak tasarlanmış başarılı projelerden bahsedilecektir. Bazıları ödül almış bazıları ilk olma özelliklerine sahip performatif ürünlerdir.

Proje Zed; (Şekil2.51) sıfır CO2 emisyonu için tasarlanmış ilk binalardan biridir [33]. Güneş ve rüzgar enerjisinden faydalanması, enerji kullanımı açısından kendi kendine yeterli bir bina haline gelmesi gerekiyordu. Binanın kavisli şekli, rüzgarın geri tepmesi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Kabuğun aerodinamik performansı, hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizi ile geliştirilmiştir ve böylece binaya çarpan rüzgarı merkeze yerleştirilmiş dev türbine kanalize etme yeteneği kazanmıştır. Güneş ışığını yakalamak için cephe, panjurlara dahil edilmiş fotovoltaik panellerle de yüklenmiştir [7].

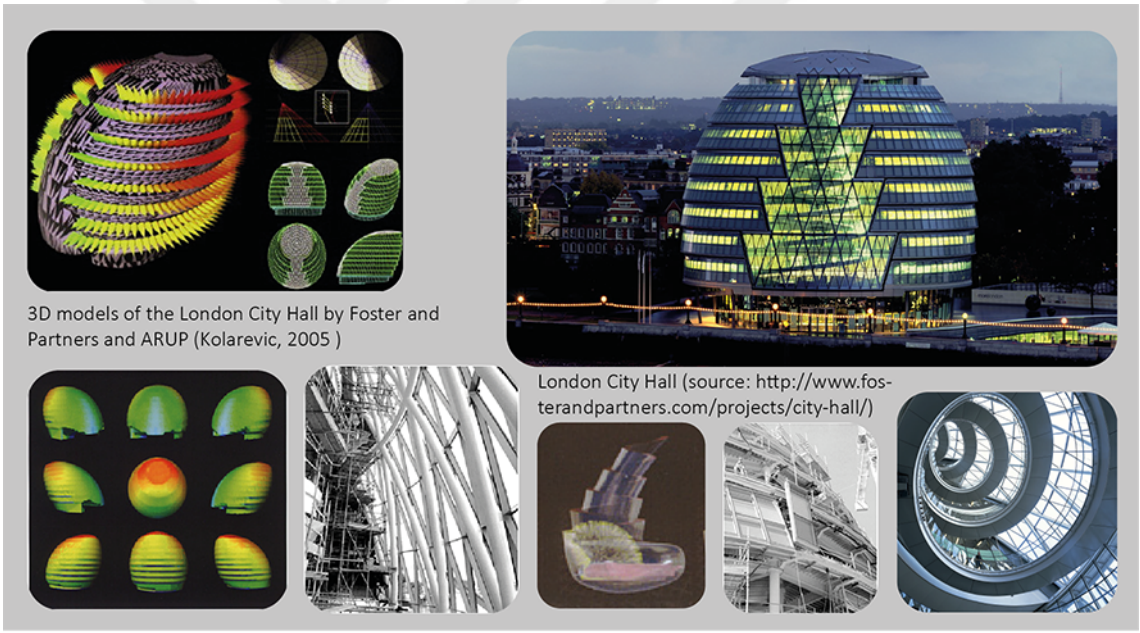


Yapı Adı: PROJE ZED
Fonksiyon: Ofis Binası
Yer: Londra
Yıl: 1995
Yapan: Future Systems & BDSP Partnership
Yöntem: CFD Analizi

Şekil 2.51 Proje Zed, [7]

City Hall; (Şekil2.52) belediye binası, demokratik sürecin şeffaflığını ifade eden ve tamamen sürdürülebilir, neredeyse çevreyi kirletmeyen bir kamu binası potansiyelini gösteren, başkentin sembolik olarak en önemli projelerinden biridir. Bir meclis odası, komite odaları ve kamu tesisleri ile birlikte belediye başkanı,

meclis üyeleri, melediye maşkanı kabinesi ve destek personeli için ofisler barındırmaktadır ve on katta 12.000 metrekarelik yer sağlamaktadır. Bina geleneksel anlamda ön ve arkası olmayacak şekilde tasarlanmıştır. Şekli, bilgisayar modelleme teknikleri kullanılarak geliştirilen geometrik olarak değiştirilmiş bir küreden türetilmiştir. Bu form, doğrudan güneş ışığına maruz kalan yüzey alanını en aza indirerek optimum enerji performansı sağlamaktadır. Yıl boyunca güneş ışığı modellerinin analizi, binanın kaplamasında ifade edilen, binanın yüzeyinin bir termal haritasını çıkarmıştır. Bir dizi aktif ve pasif gölgeleme cihazı kullanılmıştır: güneye doğru bina geriye yaslanır, böylece zemin plakaları, doğal olarak havalandırılan ofisler için gölgeleme sağlamak üzere içeri doğru hareket etmiştir ve binanın soğutma sistemleri, su tablasından sondajlar yoluyla pompalanan yeraltı suyunu kullanmıştır. Bu enerji tasarrufu teknikleri, soğutuculara ihtiyaç olmayacağı ve yılın büyük bir bölümünde binanın ek ısıtma gerektirmeyeceği anlamına gelmektedir. Genel olarak, tipik bir klimalı ofis binası tarafından tüketilen enerjinin yalnızca dörtte birini kullanacaktır [34].

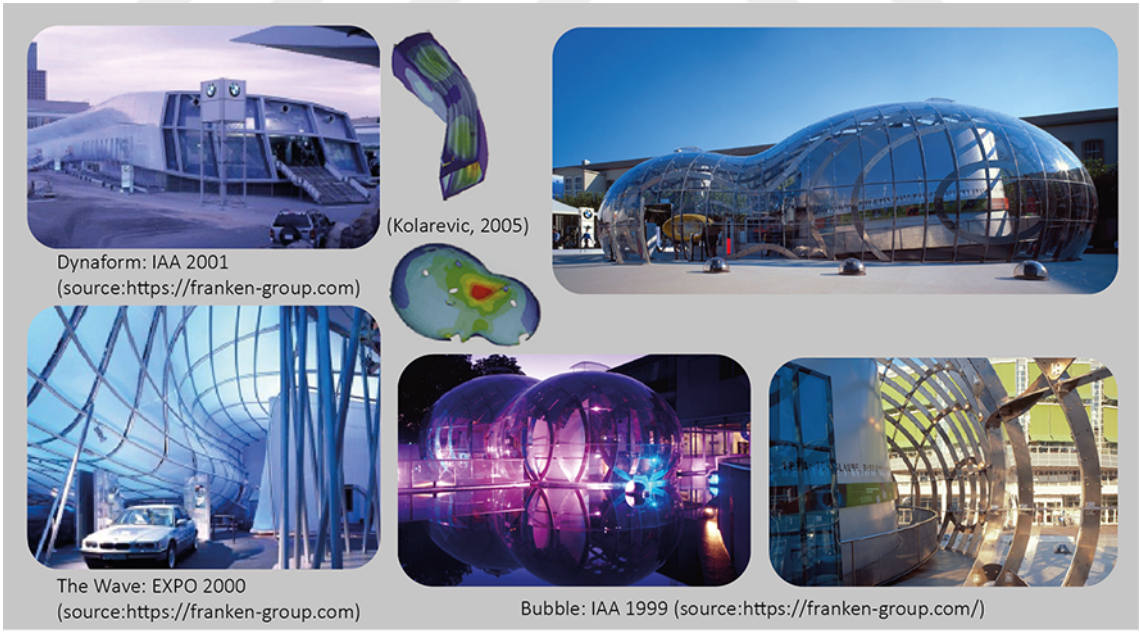


Yapı Adı: City Hall
Fonksiyon: Belediye Binası
Yer: Londra
Yıl: 2002
Ekip: Foster & Partners and ARUP
Yöntem: CFD Analizi

Şekil 2.52 City Hall, [34]

BMW Pavilyon; (Şekil2.53) ana hedefi markanın seçilen pazarlama değerini, yani inovasyonu iletmek olan prototip yapılardandır. Konsepti sadece şekil olarak değil, aynı zamanda üretim süreci ve bitirme kalitesi açısından da içermektir. Bu hedeflere ulaşmak için mimarlar yüksek teknolojiyi kullandılar ve üretim sürecine

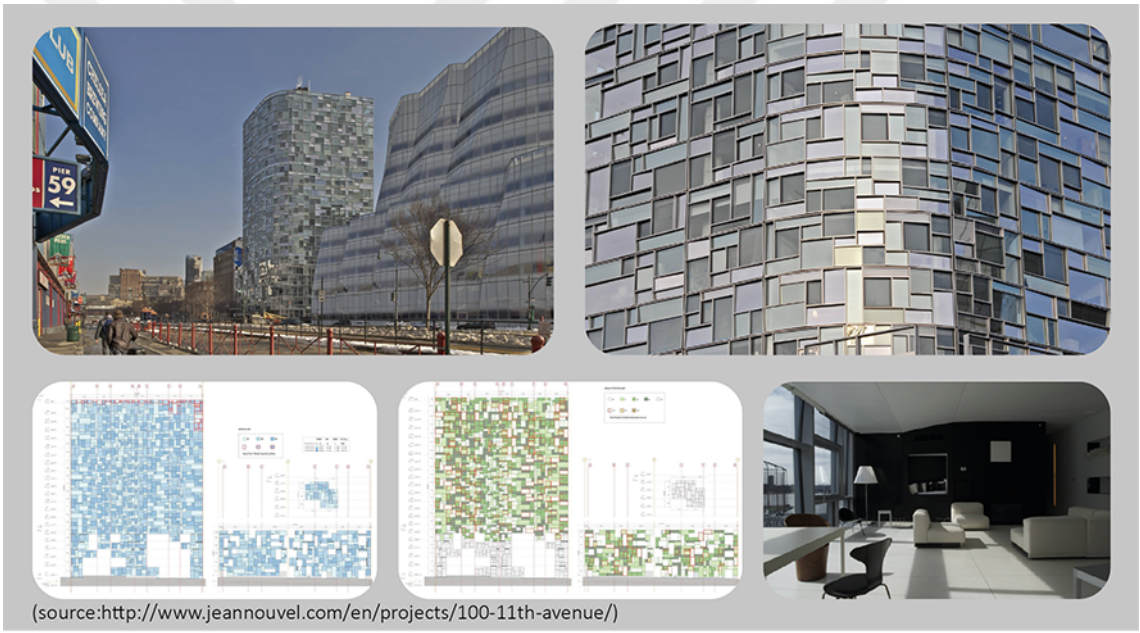
yakından dahil oldular. Franken ekibinin pavilyonlar için tasarladığı sonuçları elde etmek için kendi yeni üretim yöntemlerini icat etmeleri gerektiğini, çünkü inşaat sektöründe mevcut hiçbir tekniğin onların ihtiyaçlarına uygun olmadığını itiraf etmiştir. 75 kişilik mimar, yapı ve makine mühendisleri, iletişim uzmanları, aydınlatma tasarımcıları, görsel-işitsel uzmanlardan oluşan bir ekibin birlikte çalışması ve bu tür projeleri karakterize eden sıkışık programlarda yüksek kaliteli sonuçlar üretmeyi başarabilmesi için ince ayarlanmış bir üretim süreci gerekmiştir. Ekip, tasarım geliştirme için bir animasyon yazılımı olan Maya'yı ve yapısal hesaplamalar ve testler için özel sonlu eleman programları olan Ansys ve R-Stab'ı kullanmıştır. Taşıyıcı strüktür ise, AutoCAD için bir makine mühendisliği eklentisi olan Rhinoceros, Mechanical Desktop ve CATIA kullanılarak tasarlanmıştır. Vectorworks, iç mekan için iletişim, aydınlatma ve diğer yapılardan sorumlu iç mimarlar tarafından kullanılmıştır. Mağaza çizimleri, iş istasyonunda çalışan PK Stahl gibi özel programlar gerektirmiştir. CNC makinelerinde, ayrı verileri sonradan işlemek ve makinenin anlayabileceği bir koda dönüştürmek için ek programlama gerekli olmuştur. Son olarak, bu çeşitli programlarda ve işletim sistemlerinde üretilen tüm dosyaları koordine etmek ve ekip üyeleri arasında alışverişini kolaylaştırmak için, farklı programların iletişim kurabileceği bir arayüz formatı (IGES) ve bir tarayıcı (Rhinoceros) kullanmışlardır [35].



Yapı Adı: BMW PAVİLYONLARI
Fonksiyon: Pavilyon
Yer: Münih, Almanya
Yıl: 1999-2000-2001
Ekip: Franken Architeckten
Yöntem: Maya+ Ansys + R-Stab +CATIA + Rhinoceros + Vectorworks + Autocad

Şekil 2.53 BMW Pavilyonu,[35]

100 11th Avenue Newyork; (Şekil2.54) Manhattan'da bulunan Ateliers Jean Nouvel'in 2010 yılında tamamlanan 21 katlı apartman dairesi çeşitli yazılım birlikte çalışabilirliği de gerektiren YBM'nin uygulanmasına yenilikçi bir yaklaşımı temsil etmektedir [36]. Eastman ve arkadaşlarına göre, ikonik giydirme cephenin cephe danışmanları Font Inc, bu bina için tasarımının ilk aşamalarından itibaren dijital projeyi kullandı ve bu platformdan sadece tüm bilgileri güncellemekle kalmadılar. Giydirme cephe ürünleri ile ilgili olarak, aynı zamanda proje üyelerinin geri kalanıyla da değiş tokuş yapılmıştır. Tasarımların estetik değerinden ödün vermeyecek rasyonel sistemlerini belirlemek için parametrik modelleme kullanılmıştır. Süreç, birkaç farklı yazılım programı kullanmalarını gerektirmiştir. Mimarlardan Rhinoceros'ta geliştirilen eğimli cam panellerin poligonal temsillerini içeren bir 3D model almışlardır. Rhino modeline göre tasarımcının amacını dijital projede uygulamışlardır. Beyer Blinder Belle (BBB), çelik ve cam cephe hariç,

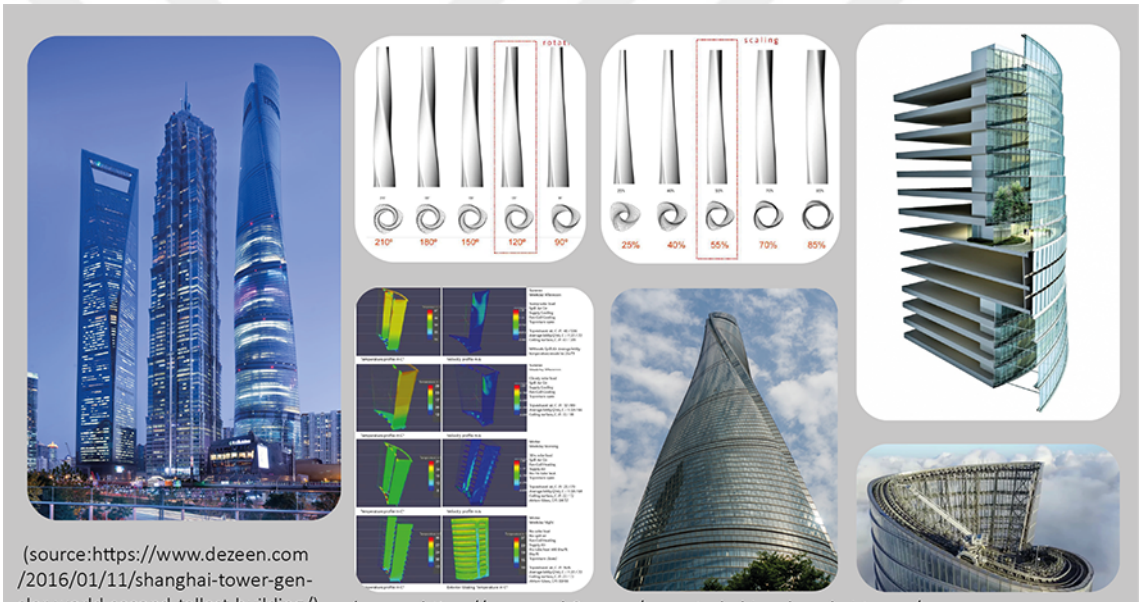


Şekil 2.54 100 11th Avenue Newyork,[37]

inşaat için tüm belgeleri üretmiştir. Cephenin ayrıntılı kesitinin üretimi için Font Inc ve BBB arasındaki koordinasyon, belge aktarımının birçok yineleme döngüsünü gerektirmiştir. Font Inc, PDF belgelerini teslim etmiş ve BBB, bilgileri AutoCAD dosyalarında geri göndermiştir. AutoCAD'den alınan iki boyutlu bilgiler daha sonra DP'ye aktarılmıştır. Son olarak, Çin'deki imalatçı için Font Inc., CATIA'da bir 3D model sağlamıştır. Robot ve Strand, çerçeveleme sisteminin yapısal analizi

için de süreç boyunca kullanılmıştır. Bu amaçla, iki simülatörün okuması için DP dosyasının IGES formatında dışa aktarılması gerekmiştir [37].

Shanghai Tower; (Şekil2.55) Çin'in en yüksek dünyanın 2. en yüksek binasıdır. Şanghay'ın geçmişini, bugününü ve geleceğini temsil eden bir kule üçlüsünün parçasıdır. Konsept ilk olarak Rhinoceros'ta, yapının kütlesinin ve dış kabuğunun parametrik tasarımı için Grasshopper kullanılarak oluşturulmuştur [32]. Daha ileride, mimarlar performansa dayalı tasarım için YBM'e, bu durumda Autodesk Revit'e döndüler. Tasarım ekibi, çeşitli seçenekleri modelleyerek ve bunları rüzgar tüneli testine göndererek, hem rüzgar yüklerini hem de malzeme maliyetlerini azaltan kulenin bükülme açısı ve koniği için bir değerler kombinasyonunu keşfetmeyi başarmıştır. Sonuç, yüksekliği boyunca 120 derece dönen ve kademeli olarak ilk boyutunun yüzde 55'ine kadar daralan bükülmüş bir şekildir.



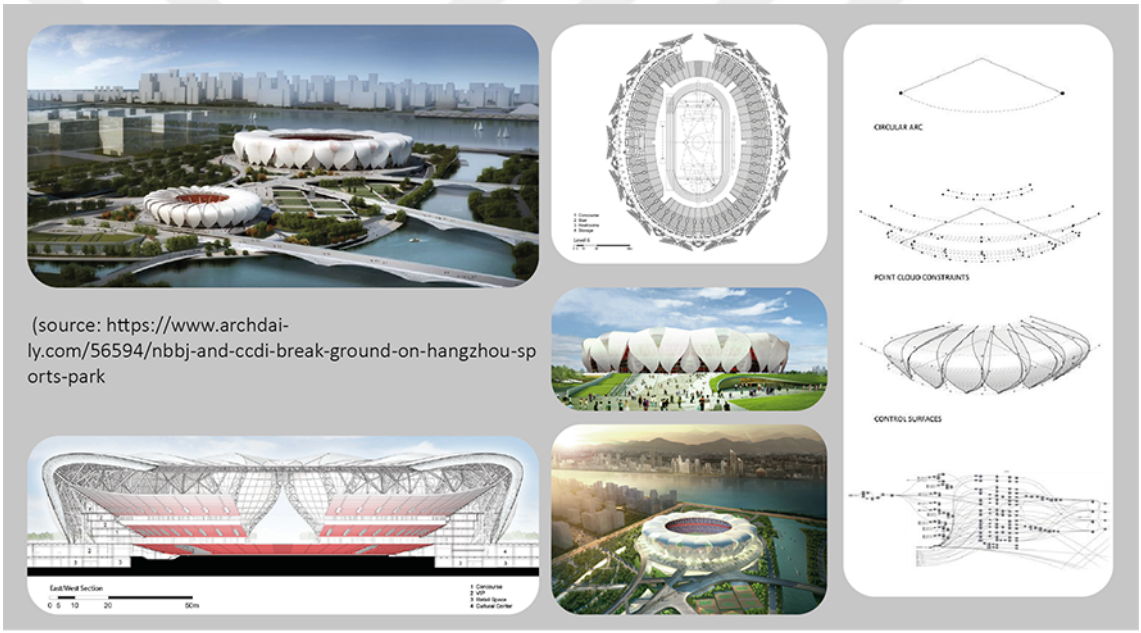
Yapı Adı: SHANGHAI TOWER
Fonksiyon: Otel
Yer: Şanghay, Çin
Yıl: 2010
Ekip: Gensler
Yöntem: Rhinoceros + Grasshopper + Autodesk Revit + Rüzgar tüneli testleri

Şekil 2.55 Shanghai Tower,[38]

Sürdürülebilir özellikler, yağmur suyu toplama, yeşil çatılar, rüzgar türbinleri, su verimli armatürler, aydınlatma kontrolü, jeotermal ısıtma ve soğutma ve akıllı bir dış görünüm dahil olmak üzere bina şeklinin ötesine geçmiştir. Yıllık enerji maliyetlerinde yüzde 21. 59 tasarruf sağlamak üzere tasarlanmıştır. Elektrik ve ısı enerjisi sağlayan 2.000 KW'lık doğalgaz yakıtlı kojenerasyon sistemi vardır. Shanghai Tower yeşil bina özelliğine sahip olup, en önemli tasarım özelliği ise

dikey eksenli rüzgar türbinleridir. Yılda 350.000 kWh'ye kadar elektrik üretmek için kulenin tepesine (124. katta (570m yüksekliğe)) çok yakın bir noktaya monte edilmiştir. Binanın ısıtma sistemi olarak jeotermal enerji kullanmaktadır. Ayrıca, binanın dış cephesine yerleştirilmiş bahçeler termal bir tampon bölge yaratmakta ve iç mekan hava kalitesini iyileştirmektedir [38].

Hangzhou Sports Park; (Şekil2.56) dış kabuğu tekrarlanan heykelsi kafesli geometriler oluşturur. Proje Grasshopper kullanılarak Rhinoceros 3D'de oluşturulmuştur. Tenis Merkezi için kullanılan algoritmik tanım, parametrik geometri tasarımı, yapısal analiz, dosya dışa aktarmada koordinasyon vb. içerecek şekilde genişletilmiştir. Kafes modüllerinin veya "yaprakların" temel modeli Grasshopper'da geliştirilmiştir ve bu eklenti, projenin geliştirilmesi boyunca hem tasarım hem de dokümantasyon süreçleri için etkili olmuştur.



Şekil 2.56 Hangzhou Sports Park,[39]

Projede farklı yazılımları kullanan birden fazla varlık iş birliği yaptığından, proje boyunca dosya dışa aktarma gerekli olmuştur. Binanın şekli, CCDI yapısal mühendislik ekibinin elinde yapısal analiz süreçlerinden geçmiştir. Ekip başka bir alternatif model oluşturmak zorunda kalmıştır. Analiz yazılımı yalnızca yapısal bir merkez hattı modeli gerektirdiğinden, bu nedenle ekip, yapının tel kafes modelinin oluşturulmasını otomatikleştirmek için stadyumun algoritmasını genişletmiştir.

Her bir metalin imalat için panellere bölünmesi gerektiğinden, geometrideki eğrilik alanlarını görselleştirmek ve ölçmek için yüzey de analiz edilmiştir. Son olarak, modelin daha sonra Autodesk'in YBM aracı olan Revit'e aktarılabilen 3D DWG'lere dışa aktarma sürecini otomatikleştirmek için başka bir komut dizisi oluşturulması gerekmiştir. Ekip, Revit'i kullanarak birlikte çalışılabilirlik sağlamıştır ve dış kabuğun ortografik çizimlerini içeren dokümantasyon sayfaları üretebilmiştir [39].

Elbphilharmonie; (Şekil2.57) Herzog ve De Meuron'un Hamburg'da açtığı konser salonunda CAD-BIM işbirliği gerekli olmuştur. Projenin kalbi olan büyük salon, akustikçi Yasuhisa Toyota ile iş birliği içinde son derece gelişmiş ve özel olarak geliştirilmiş benzersiz bir ses yayan yüzey desenine sahiptir. "Tek renkli mercan resifini" andıran 10.000 benzersiz alçı fiber panelden oluşan oda, parametrik tasarım ve üretim tekniklerinin bir ürünüdür. Mimarlar, Büyük Salon'un yüzey deseni için, onu akustik özelliklerin mümkün olan tüm konumlarda aynı olduğu mükemmel bir dağınık alana dönüştürecek dijital verileri oluşturmak üzere sözleşme yaptı. Daha sonra, bir milyon ses yayan hücre, Rhinoceros üzerinde hesaplamalı olarak oluşturuldu ve daha sonra alçı fiber levha paneller üzerine CNC ile frezelenmiştir. Çekirdek CAD yazılımında geliştirilirken, HOCHTIEF ViCon tarafından YMB'de binanın genel bir modeli de oluşturuldu. Projenin ilk aşamalarından itibaren, 3B model düzenli olarak güncellendi ve geometrik çakışmaların ve çarpışmaların analizi için temel girdi görevi gördü [40].

Gerkin; (Şekil2.58) Londra'nın ilk çevreci gökdelenidir. Kule, binanın enerji tüketimini önemli ölçüde azaltmak için doğal aydınlatma ve havalandırma miktarını en üst düzeye çıkaran aerodinamik şekliyle oldukça ilerici bir çevre stratejisini bünyesinde barındırmaktadır. Şehir manzarasına cesur bir müdahaledir ve mağazalar, kafeler ve bir restoran ile şehir yaşamının canlı bir karışımını teşvik eden cömert bir kamusal plazada yer almaktadır. Ödün vermeyen modernliği, doğal çevreye duyarlılıkla bağlantılıdır. Kapsamlı bir dizi sürdürülebilir önlem, binanın tipik bir prestij klimalı ofis binasından yüzde 50 daha az enerji kullanacağı anlamına gelir. Taze hava, ofis içlerini doğal olarak havalandırmak ve yapay soğutma ve ısıtmaya olan bağımlılığı en aza indirmek için spiral şeklindeki ışık kuyularından çekilir.

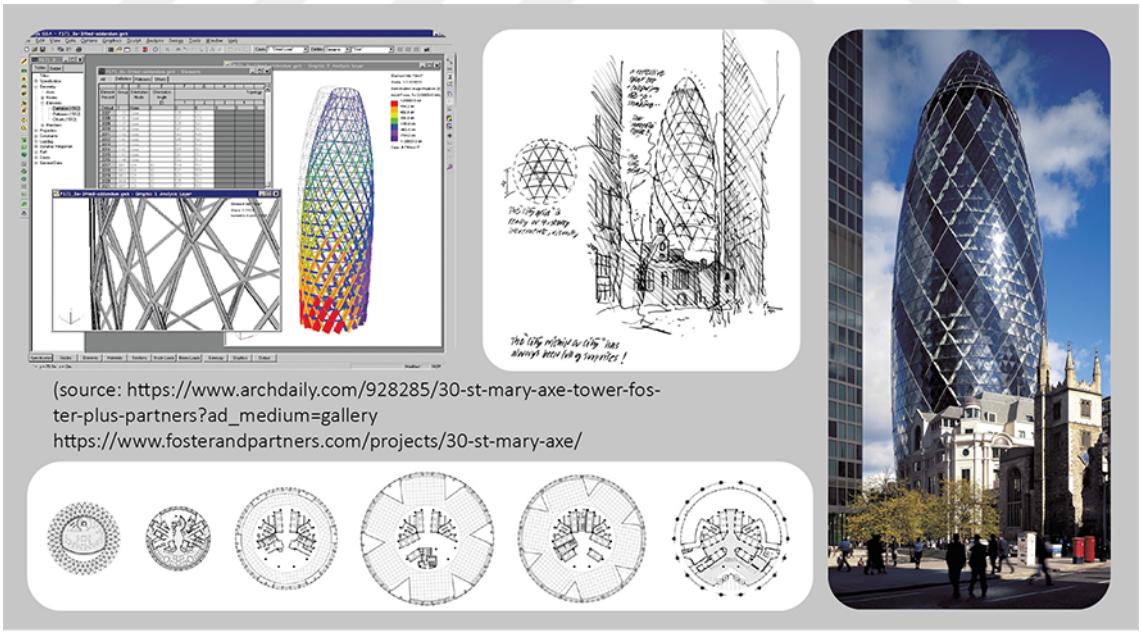
Işık kuyuları ve binanın şekli, doğal gün ışığını en üst düzeye çıkarır, yapay aydınlatma kullanımını hafifletir ve binanın derinliklerinden manzaralara izin verir. Her ışık kuyusunun kenarındaki balkonlar, katlar arasında güçlü görsel bağlantılar sağlar ve ortak ofis tesisleri için doğal bir odak oluşturur. İç avlu, dışta gri camın ayırt edici spiral bantları ile ifade edilir. Dış formu, parametrik bilgisayar



(source: https://www.elbphilharmonie.de/en/the-halls#historie,
https://www.archdaily.com/802093/elbphilharmonie-hamburg-herzog-and-de-meuron

Yapı Adı: ELBPHILHARMONIE
Fonksiyon: Konser Salonu
Yer: Hamburg, Almanya
Yıl: 2016
Ekip: Herzog & de Meuron
Yöntem: Rhinoceros + Grasshopper + Autodesk Revit + Rüzgar tüneli testleri

Şekil 2.57 Elbphilharmonie,[40]



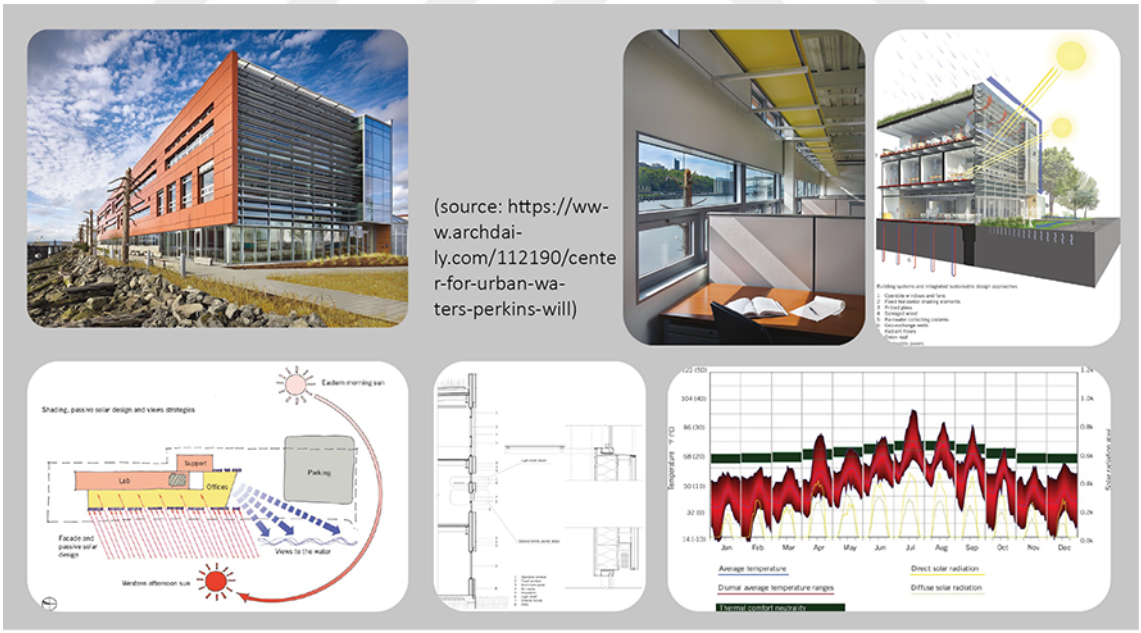
(source: https://www.archdaily.com/928285/30-st-mary-axe-tower-foster-plus-partners?ad_medium=gallery
https://www.fosterandpartners.com/projects/30-st-mary-axe/

Yapı Adı: St Mary Axe (The Gherkin)
Fonksiyon: Ofis Binası
Yer: Londra, İngiltere
Yıl: 2004
Ekip: Foster and Partners + Arup
Yöntem: Rhinoceros + Grasshopper + BESO3D + CFD Analizleri

Şekil 2.58 St Mary Axe (The Gherkin), [41]

modelleme tekniklerinin yardımıyla bir dizi aşamalı eğriyi araştırmıştır. Şekil ve geometrinin doğada tekrar eden formlarla yakınlıkları vardır. Örneğin, çam kozalağının doğal bir sarmalı vardır ve bu bina gibi, havadaki değişikliklere tepki olarak açılır ve kapanır. Binanın düzgün şekli ayrıca hava hareketini bina çevresinde yönlendirir ve yaya konforunu artırmak için plaza seviyesindeki rüzgar miktarını en aza indirir. Dış diyagonal çelik yapı, doğası gereği güçlü ve hafif olan üçgen geometrisi sayesinde esnek, kolonsuz bir iç alana izin vermiştir [41].

Center for Urban Waters; (Şekil2.59) kuzey cephesi, doğu cephesinin oluklu metal yağmur perdesini devam ettiriyor. Bu cephe, yüksek ısıl direnç sağlamak için tasarlanmıştır. Bu nedenle pencereler küçük tutulmuştur. Bu yönlendirme için güneş kırıcı elemanlara ihtiyaç duyulmamıştır. Dört cephenin tümü için toplam pencere-duvar oranı (WWR) yaklaşık yüzde 32'dir ve bu oran da epey düşüktür. Cam seçimi, pencerelerin yönüne ve iç mekanların işlevsel gereksinimlerine göre yapılmıştır. Tüm cepheler için görüş alanları, dış yüzeyine uygulanan low-e kaplamalı, çift camlı, hava yalıtımlı cam ünitelerinden oluşur. Giydirme cephe köşebentleri, yeşil renkli düz camdan yapılmış, iç yüzeyinde beyaz çizgili bir cila ile kumlanmış, iç yüzeyinde renkli bir frit desenli yalıtımlı cam ünitelerinden oluşmuştur [42].

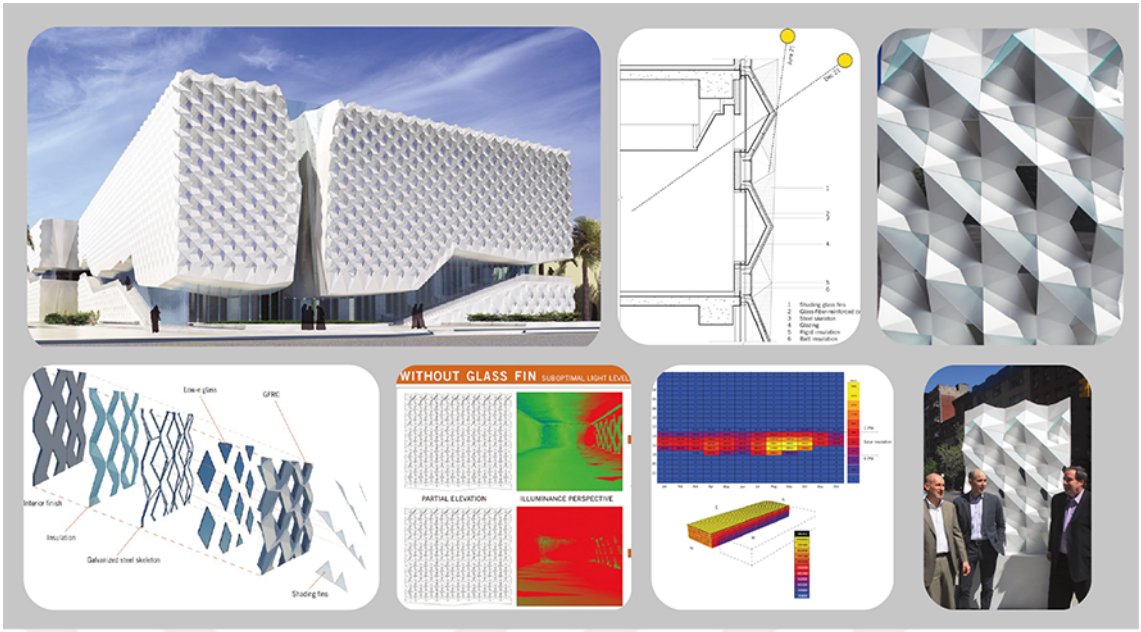


Şekil 2.59 Center for Urban Waters, [42]

Kentsel Sular Merkezi, yüksek performanslı cephe tasarımının yanı sıra, bitkilendirilmiş çatılar, yağmur suyu toplama, suyun yeniden kullanımı, geri dönüştürülmüş ve geri kazanılmış malzemelerin kullanımı, jeo-değişim kuyuları, radyan ısıtma ve soğutma dahil olmak üzere diğer enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik stratejilerini ve laboratuvarlarda ve ofis alanlarında bir ısı geri kazanım sistemi içermektedir. Sonuç olarak, modellenen enerji tüketimi, ASHRAE 90.1 temel binaya kıyasla yüzde 36 enerji kullanımı tasarrufu gösterdi. Merkezin Enerji Kullanım Yoğunluğu (EUI), başlangıç için 123 kBtu/ft2 (388 kWh/m2) ile karşılaştırıldığında 81 kBtu/ft2 (256 kWh/m2)'dir. Binaya kurulan ölçüm ve doğrulama sistemleri, gerçek bina performansını takip eder ve kullanıcıları gerçek zamanlı enerji kullanımı hakkında bilgilendirir. Kentsel Sular Merkezi 2010 yılında tamamlanmıştır ve ABD Yeşil Bina Konseyi tarafından LEED Platin sertifikası almıştır.

Kuwait University College of Education; (Şekil2.60) güçlü, bireysel bir kimliğe sahip, öğrenme topluluğunu teşvik eden, öğrenci merkezli bir ortam sunar. Tüm sınıflara, ofislere ve ana sirkülasyon alanlarına gün ışığı sağlayan son derece sürdürülebilir bir tasarım sağlanmıştır. Tasarım sırasında gerçekleştirilen enerji modellemesi, diğer enerji verimli tasarım stratejileriyle birlikte cephe tasarımının, ASHRAE 90.1-2004 standardı tarafından öngörülen temel bir binaya kıyasla binanın enerji tüketimini yüzde 21 oranında azaltacağını göstermiştir. Cephe tasarımı ayrıca güneş ısısı kazancının yüzde 82'sini ortadan kaldırmıştır. ABD Yeşil Bina Konseyi tarafından LEED Altın derecesini almıştır. Cephenin karmaşık geometrisi, görüldüğü gibi, binayı yoğun güneş radyasyonundan gölgelemek için en uygun kesme açılarına ayarlanmış entegre gölgeleme elemanları kullanmıştır [43].

Sonuç olarak performatif prensiplerle tasarlanmış bu cephe örneklerinde farklı tasarım süreçleri ve hikayeleri olduğu gözlenmiştir. Çoğunun uluslararası geçerli sürdürülebilir sertifikaları olduğu başarılı sonuçlar alındığına kanıt olarak gösterilebilir. Bir yapının sürdürülebilir olması için YBM ortamında tasarlanması yeterli değildir. Sürdürülebilir kararların alınması ve etkin araçların kullanılması önemlidir. Tasarım süreçlerinde amaçlarına yönelik farklı model ve analiz süreçlerini yaşamalarına rağmen koordinasyon ve çizim üretim aşamalarında YBM'ye dönüldüğü sonucuna varılmıştır. Sürdürülebilir ve yüksek performanslı cephe tasarlamak için enerji etkin kararların tasarım sürecinin en başından itibaren alınması gerektiğine çok güzel örneklerdir.



Yapı Adı: Kuwait University College of Education
Fonksiyon: Endüstriyel Bina
Yer: Kuwait, Amerika
Yıl: 2010
Ekip: Perkins+Will
Yöntem: Termal Konfor Analizleri

Şekil 2.60 Kuwait University College of Education, [43]

3
PERFORMATİF GİYDİRME CEPHE TASARIMINDA YÖNTEM ÖNERİSİ

Önceki bölümlerde performatifliğin sürdürülebilirlik bağlamında ne kadar önemli olduğu, performatif cephe tasarım kriterleri, tasarım süreçleri, bu kriterlerin hangi araçlarla gerçekleştirildiği ve performatif cephe örnekleri, güncel tasarım araçlarından en önemlilerinden biri olan YBM kullanımının önemi, YBM modelleme ve analiz programları, önemli kavramlar ve örneklerle Bölüm 2'de detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

Bu bölümde ise performatif giydirme cephe tasarımında nasıl bir yol izlenmesi gerektiği anlatılıp ve bunun için bir akış şeması önerisi yapılmaktadır. Örnek çalışma olması amacıyla bir ofis binasının giydirme cephesinin modelleme, analiz ve optimizasyon aşamaları anlatılmaktadır. Analizler 3 farklı şehir seçilerek İstanbul, Barselona, Stokholm için, LOD 100 ve LOD300'de tekrarlanarak, çevre verisi olma ve olmama durumuna göre, farklı cephe yönleri için elde edilen sonuçlar tablolaştırılarak kıyaslanmıştır. Sonrasında bu elde edilen verilerin nasıl yapıldığı ve analiz sonuçlarıyla Figma ortamında hazırlanan bir arayüz ile kılavuz hazırlanmıştır. Burada kontrol listeleri ve altında video anlatımlarının olduğu açık kaynak yaklaşımlı kullanıcı dostu bir arayüz ile tasarımcılara bir kılavuz olarak sunulmuştur. Enerji analizlerinin sonuçlarında sıkça yaşanan tutarsızlığının sebebi olarak karşımıza çıkan LOD seviyeleri analiz kıyaslamarı sonucunda ne kadar önemli olduğu bir defa daha vurgulanmıştır. Konum, yer bilgisi, cephe yönü ise analiz sonuçlarını ve performansı etkilediğinden tasarımın erken aşamalarında tasarım kararı olarak optimize edilmelidir.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalarda, YBM programlarından uluslararası düzeyde en yaygın kullanımı sebebiyle Autodesk ürünü Revit programı seçilip enerji analizleri yine uyumluluk açısından en iyi sonuç veren Autodesk ürünü Insight360 kullanılmaktadır. Yüksek performanslı cephe tasarımı kapsam genişliği sebebiyle giydirme cephelerle sınırlandırılmaktadır. Tasarım süreci en başından

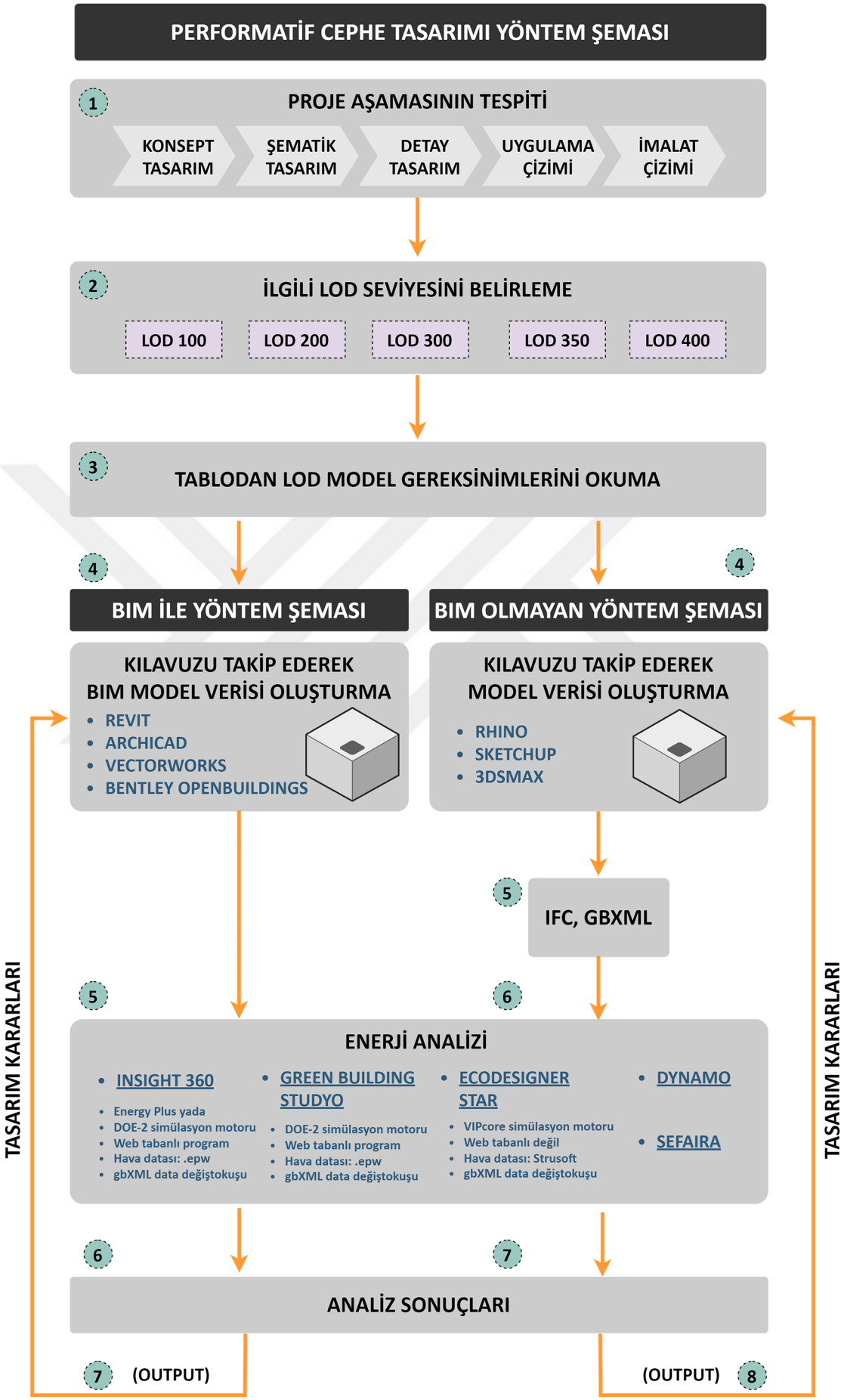
sonuna kadar ve tüm paydaşlarıyla beraber tasarımcıya tüm aşamalarda yol gösterecek bir arayüz tasarımı ile Figma ortamında (web tabanlı bir uygulama) kontrol listesi ve videolu anlatımlarıyla kılavuz oluşturulmaktadır. Tüm arayüz tasarımı Figma ortamında gerekli tasarım programlarından üretilip gömülü imajlar ve gifler olarak yapılıp gelecekteki doktora çalışmasında bu dataların doğrudan çekilebilirliği ön görülmektedir. Sistemin veri alışverişi bir excel ya da model verisinin içinden çekilmesi planlanmaktadır. Bu aşamada böyle bir arayüz hedefiyle analiz sürecinde farklı lokasyonlarda davranış biçimi test edilip bu bilginin aktarılması sağlanmaktadır.

3.1 Performatif Giydirme Cephe Tasarım Aşamaları

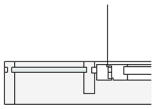
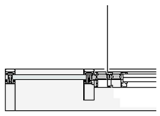
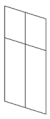
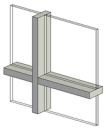
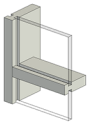
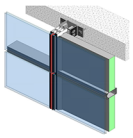
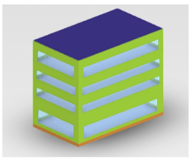
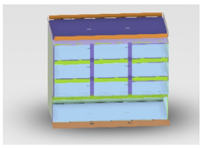
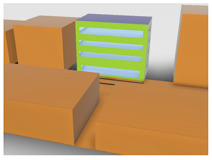
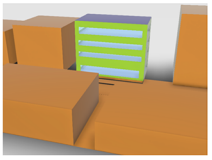
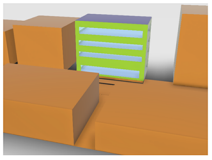
Mimari tasarım sürecinde performatif giydirme cephe tasarımına hiç bilmeyen birinin başlayacağını göz önünde bulundurursak; bölüm 2 'de temel bilgi düzeyine ulaşılması amaçlanmaktadır. Gerekli kavramlar, tasarım kriterleri, tasarım araçlarını artık tanıyor bulunmaktayız. Bu bölümde ise önerilen yöntem ve akış şeması ile şu aşamalar takip edilmelidir (Şekil 3.1):

- Proje aşaması tespiti,
- İlgili LOD seviyesi belirleme,
- LOD seviyesine uygun 3 boyutlu YBM model verisi oluşturma (Şekil 3.2),
- Enerji analizi yapma,
- Analiz sonuçlarını optimize etme,
- Tasarım geri bildirimi ile geri bildirim oluşturmakdır.

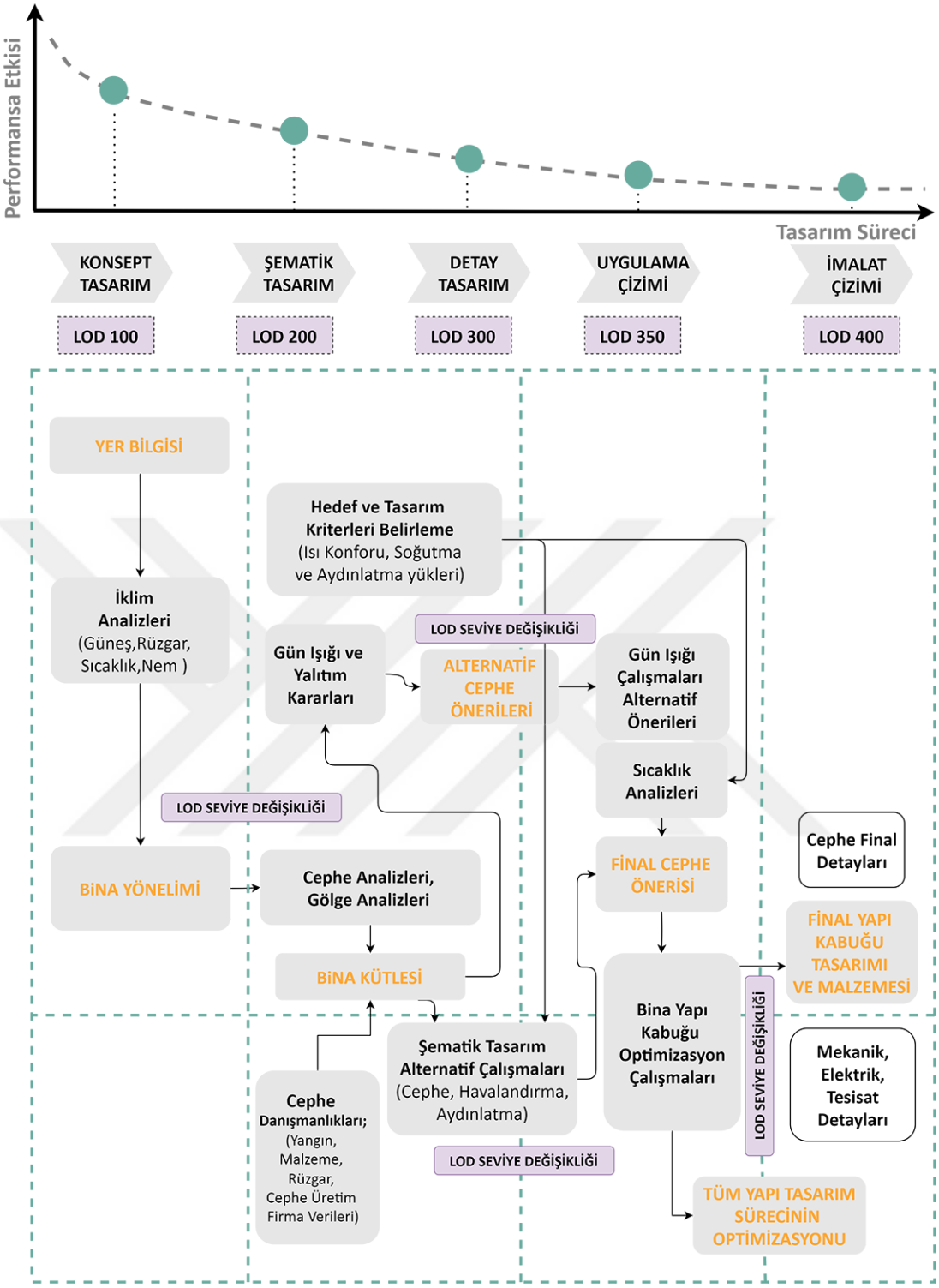
Öncellikle ilgili proje aşaması tespit edilmelidir. Konsept, şematik, detay, uygulama, imalat çizimi hangi aşamada olunduğu tespit edilmelidir. Daha sonra bu aşamaya karşılık gelen LOD seviyesi tablodan seçilmelidir. Seçilen LOD seviyesinin giydirme cephe model gereksinimi (Şekil 3.2) kılavuzundan bakılmalı ve gerekli olgunlukta giydirme cephe modellenmelidir. Bu tez kapsamında yaygın kullanımı sebebiyle Revit kullanılmıştır. Bu aşama daha detaylı tüm aşamalarıyla figma ortamında oluşturulan arayüz ile ilerleyen bölümlerde anlatılacaktır. Model aşaması tamamlandıktan sonra analiz aşamasına geçilmelidir. bu tez kapsamında insight 360 programı kullanılmıştır. Analiz optimize edilmeli ve sonuçlar geri dönülüp analiz girdisi olarak tasarıma yön verilerek analizler tekrarlanmalıdır.



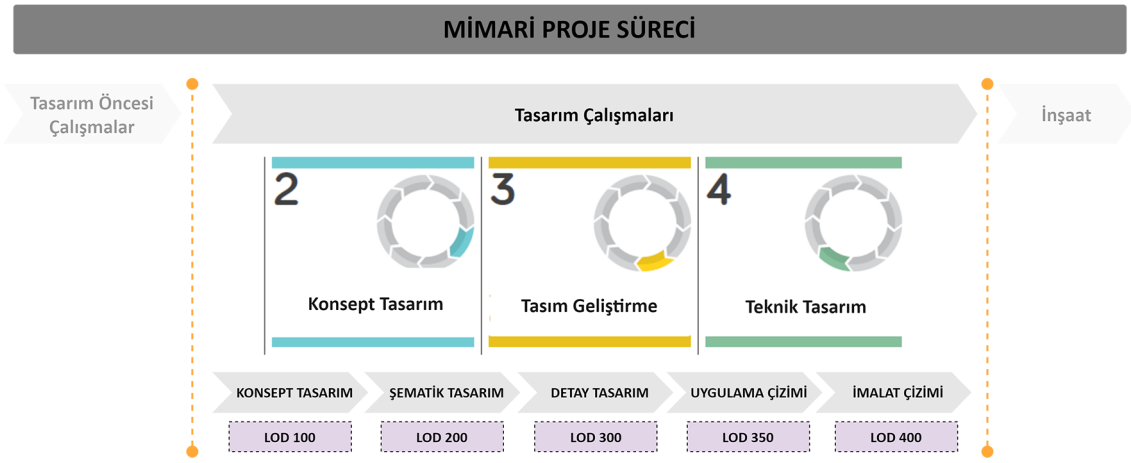
Şekil 3.1 Performatif giydirme cephe tasarım yöntem şeması

FARKLI LOD SEVİYELERİ İÇİN GİYDİRME CEPHE KILAVUZU				
KONSEPT TASARIM	ŞEMATİK TASARIM	DETAY TASARIM	UYGULAMA ÇİZİMİ	İMALAT ÇİZİMİ
LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 350	LOD 400
-Genel bina hacmini temsil eden katı kütle modeli olarak yada tip veya malzeme ile ayırt edilemeyen şematik duvar elemanları olarak modellenmeli. -Montaj derinliği/ kalınlığı ve yerleri hala esnek.	-Konum, boyut, sayı ve tür açısından yaklaşıktır. -Birimler basit, yekpare bir bileşen olarak modellenmiştir, sade çerçeve ve camla temsil edilmeli. -Yaklaşık birim boyutu sağlanır.	-Cam yüzeyin konumunun ve yönünün belirtilmeeli. -Yaklaşık cam boyutlarının ve cam kalınlığının belirtilmeli. -Düşey profillerin aralığının, konumunun, boyutunun ve yönünün belirtilmeli. -Çalıştırılabilir bileşenler tanımlanmalı (pencereler, panjurlar ve kapılar) ve modele dahil edilmelidir.	-Profil şekilleri ve geometrisi tanımlanmalı. -Gerçek ankraj düzenleri ve türleri tanımlanmalı ve modellenmeli. -Gerçek panel boyutları modellenmelidir.	-Tüm dikey ve yatay profiller modellenmeli. -Tüm duvar sistemleri (iç) ile duvar ve dolgu macunları, uç bentleri, kaplamalar ve membranlar dahil olmak üzere destek sistemleri arasındaki arayüz ayrıntıları dahil modellenmelidir.
PLAN DETAY SEVİYESİ				
3B BAKIŞ 				
YAKIN 3B BAKIŞ 				
ANALİZ 				

Şekil 3.2 Farklı LOD seviyelerinde giydirme cephe özellikleri gereksinimleri



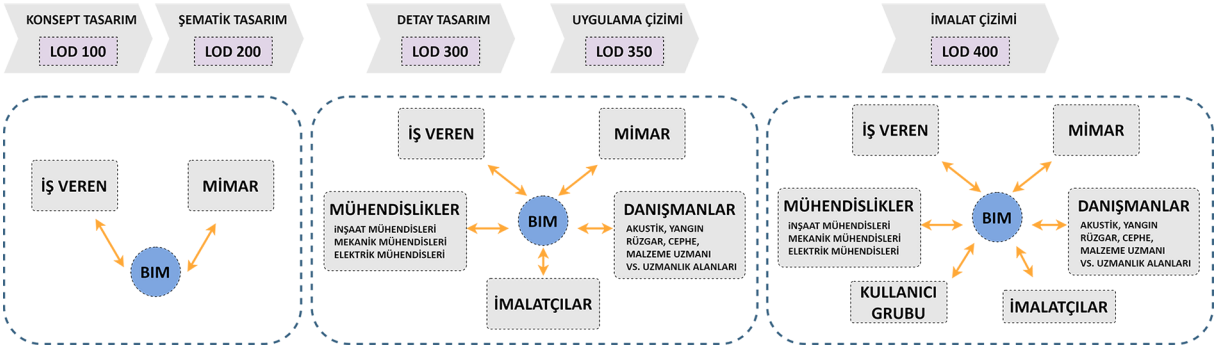
Şekil 3.3 Performatif giydirme cephe tasarım aşamaları



Şekil 3.4 Proje tasarım sürecinde LOD seviyeleri

Şekil 3.3 'de performatif giydirme cephe tasarım tüm aşamaları LOD seviyeleri değişiklikleri ve gerekli analizleriyle anlatılmıştır.

Önceki bölümde anlatılan RIBA'dan türetilen tüm proje aşamalarında tasarım çalışmaları bölümünü LOD seviyeleriyle ilişkendirecek olursak Şekil 3.4 belli aşamalardan oluşmaktadır. Proje sürecinde farklı aşamalarda ilişkiler ağı değişiklik göstermektedir. LOD 100 ve LOD 200'de konsept ve şematik tasarım aşamalarında işveren ve mimar ana rollerde bulunuyorken, LOD 300 ve LOD 350 detay ve uygulama aşamalarında; işveren, mimar, mühendisler, imalatçılar, danışmanlar koordinasyon ve iletişim halindedir. LOD 400 imalat çizimi aşamasında bu gruba kullanıcı grubuda eklenerek ekip gelişmektedir. Bu şekle bakarak farklı proje aşamalarındaki paydaşlar ve ilişki ağlarını görülebilmektedir Şekil 3.5.

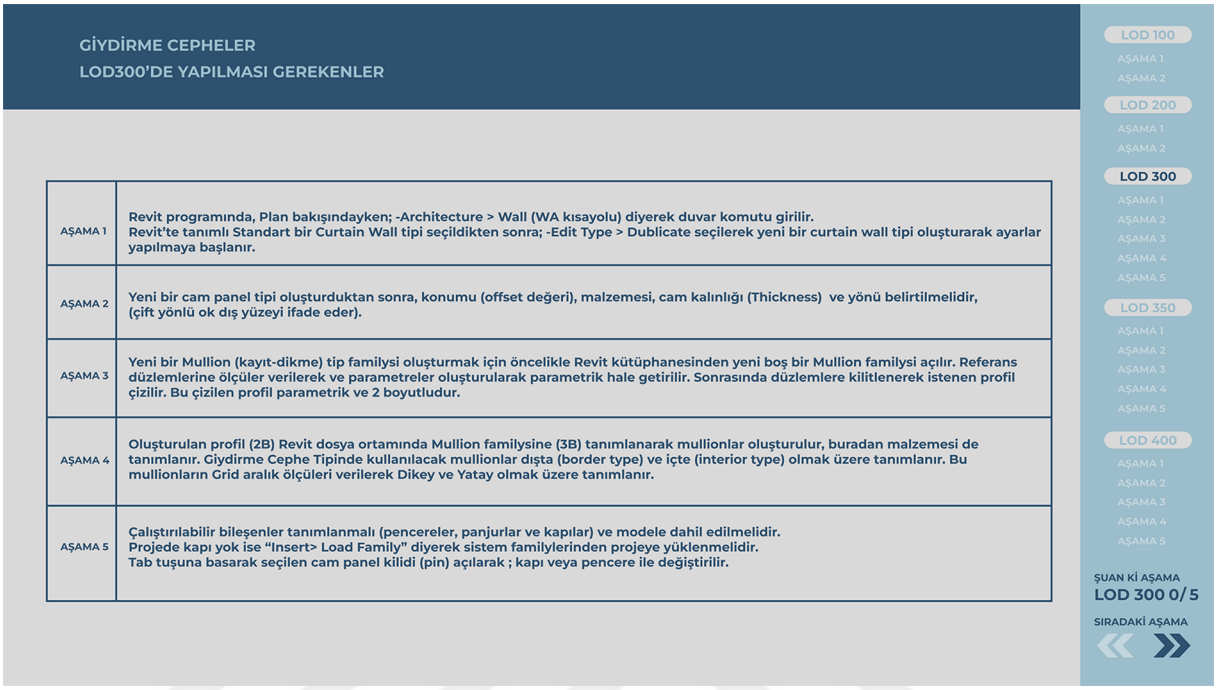


Şekil 3.5 Farklı LOD seviyelerinde paydaşlar

3.2 Model Üretim Aşaması

Performatif bir giydirme cephe tasarlamak için yöntem şemasında gördüğü üzere aşağıdaki aşamalar takip edilir. Örnek olması için LOD 300 aşamasında bir kılavuz hazırlanmıştır. LOD 300 seçilme sebebi ise model karmaşıklığı açısından ne çok

karmaşık ne çok basit bir aşama olması sebebiyle anlatım için en uygun aşama olduğu belirlenmiştir. Figma ortamında arayüz tasarımı ile tasarımcılara kılavuz sunmak için aşama aşama hazırlanmış kontrol listelerini imajlarla anlatılamaktadır. Tüm aşamaların olduğu özet Şekil 3.6'dedir.



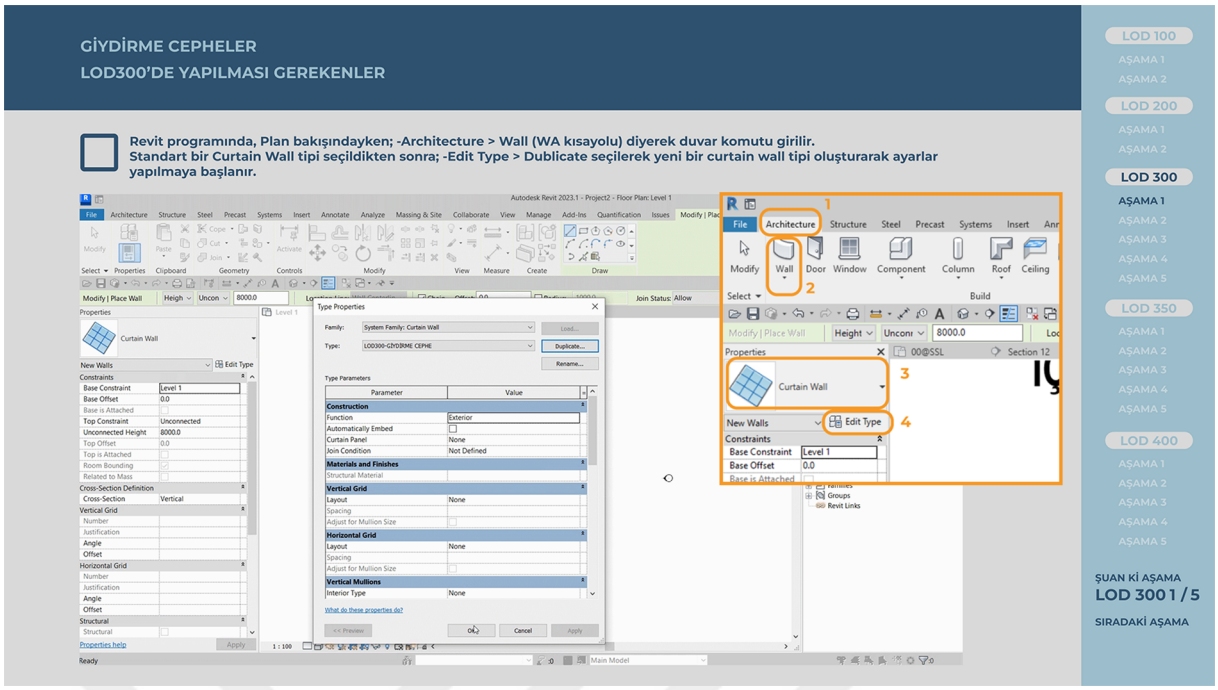
Şekil 3.6 LOD 300 özet tablo

Aşama 1; öncelikle Revit programında, plan bakışındayken; -architecture > wall (WA kısayolu) diyerek duvar komutu girilir. Standart bir Curtain Wall tipi yani giydirme cephe tipi seçildikten sonra; -Edit Type > Dublicate seçilerek yeni bir curtain wall tipi oluşturarak ayarlar yapılmaya başlanır (Şekil 3.7).

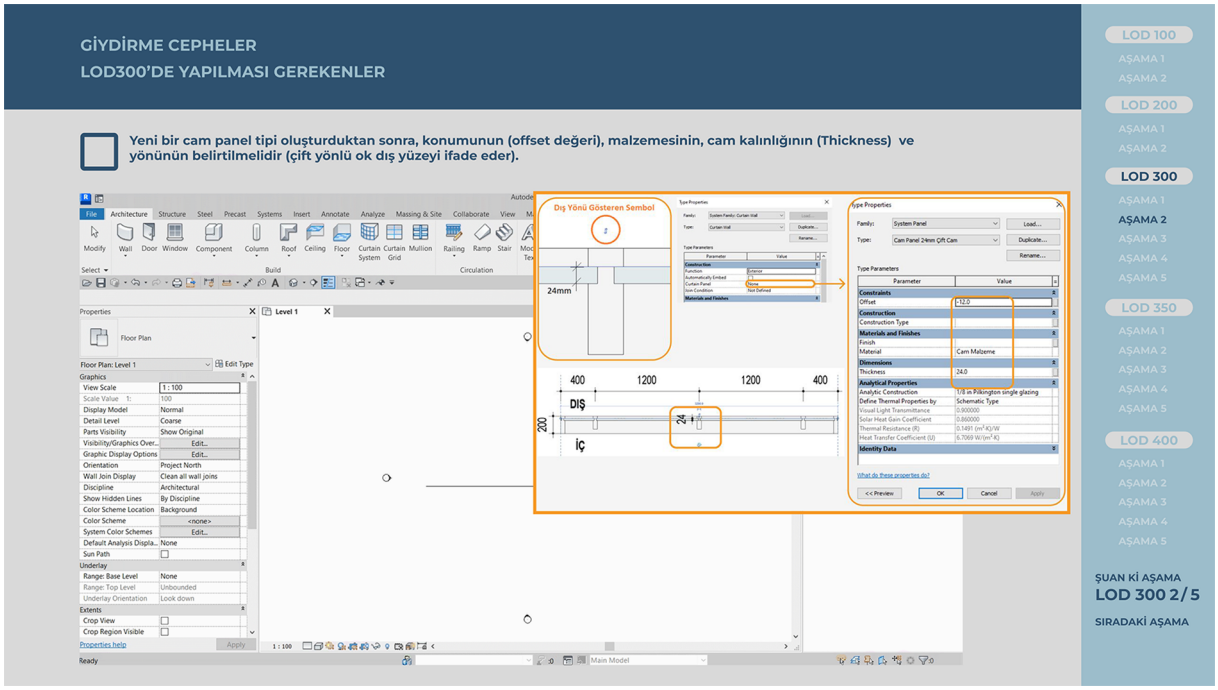
Aşama 2; yeni bir cam panel tipi oluşturduktan sonra, konumunun (offset değeri), malzemesinin, cam kalınlığının (Thickness) ve yönü belirtilmelidir (çift yönlü ok dış yüzeyi ifade eder) (Şekil 3.8).

Aşama 3; yeni bir Mullion (kayıt-dikme) tip familysi oluşturmak için öncelikle Revit kütüphanesinden yeni boş bir Mullion familysi açılır. Referans düzlemlerine ölçüler verilerek ve parametreler oluşturularak parametrik hale getirilir. Sonrasında düzlemlere kilitlenerek istenen profil çizilir. Bu çizilen profil parametrik ve 2 boyutludur (Şekil 3.9).

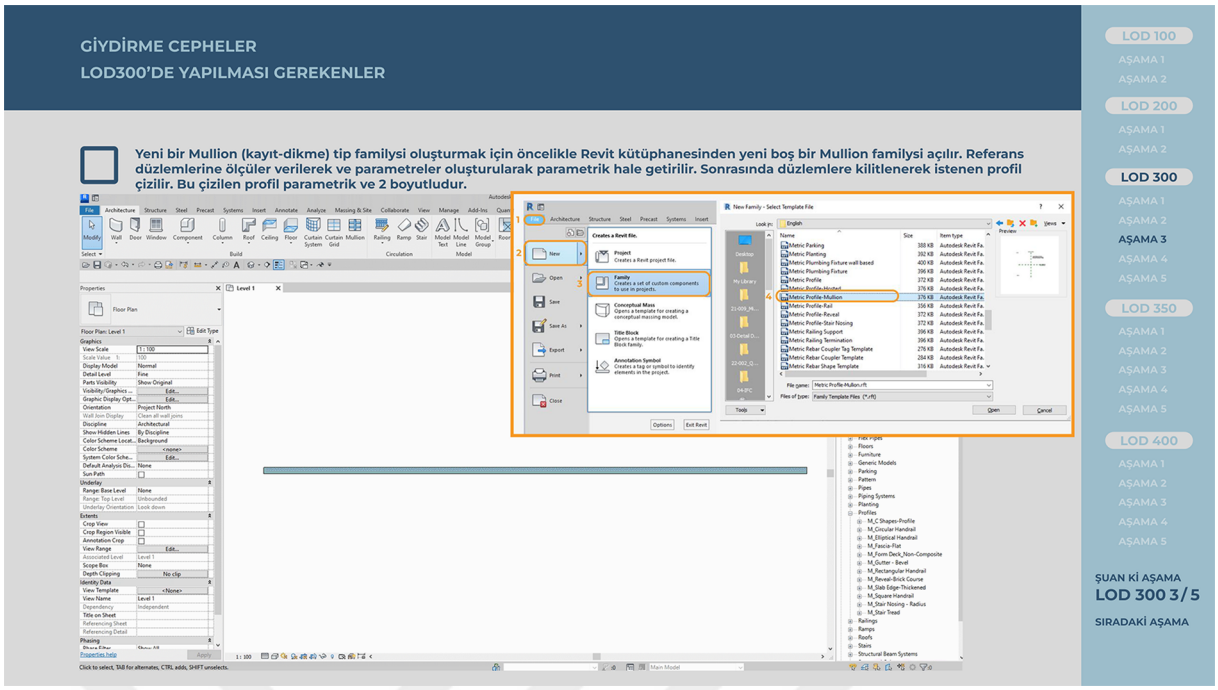
Aşama 4; oluşturulan profil (2B) Revit dosya ortamında mullion familysine (3B) tanımlanarak mullionlar oluşturulur, buradan malzemesi de tanımlanır. Giydirme cephe tipinde kullanılacak mullionlar dışta (border type) ve içte (interior type)



Şekil 3.7 LOD 300 aşama 1

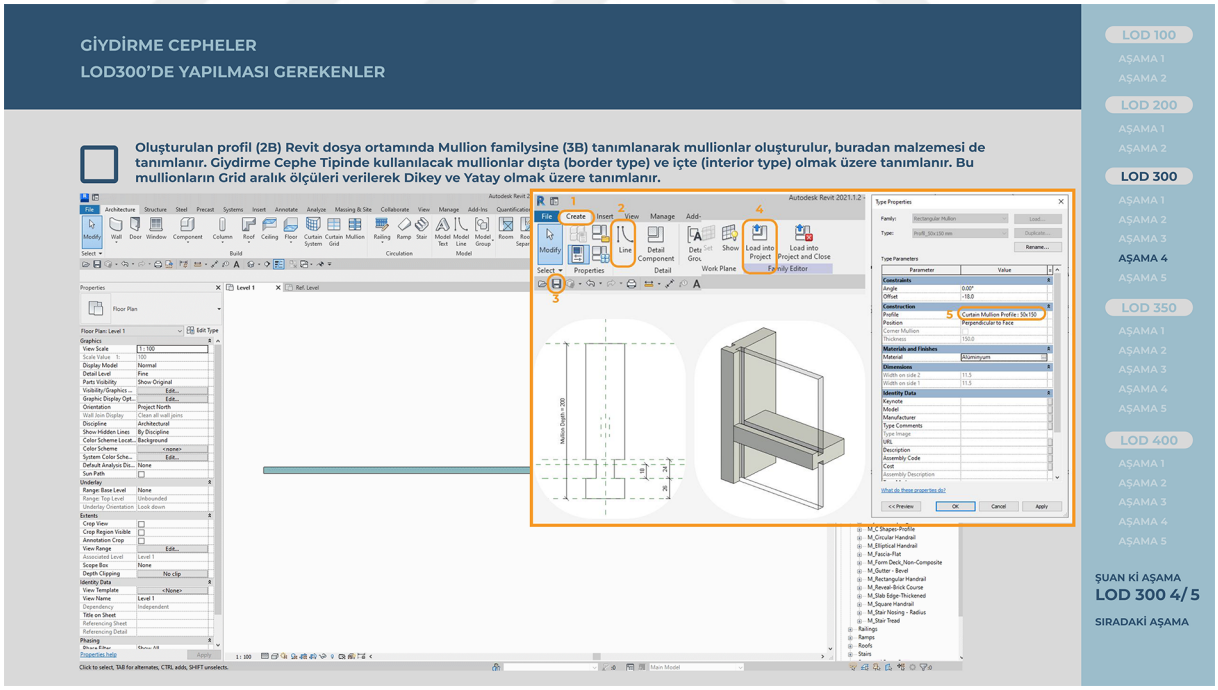


Şekil 3.8 LOD 300 aşama 2



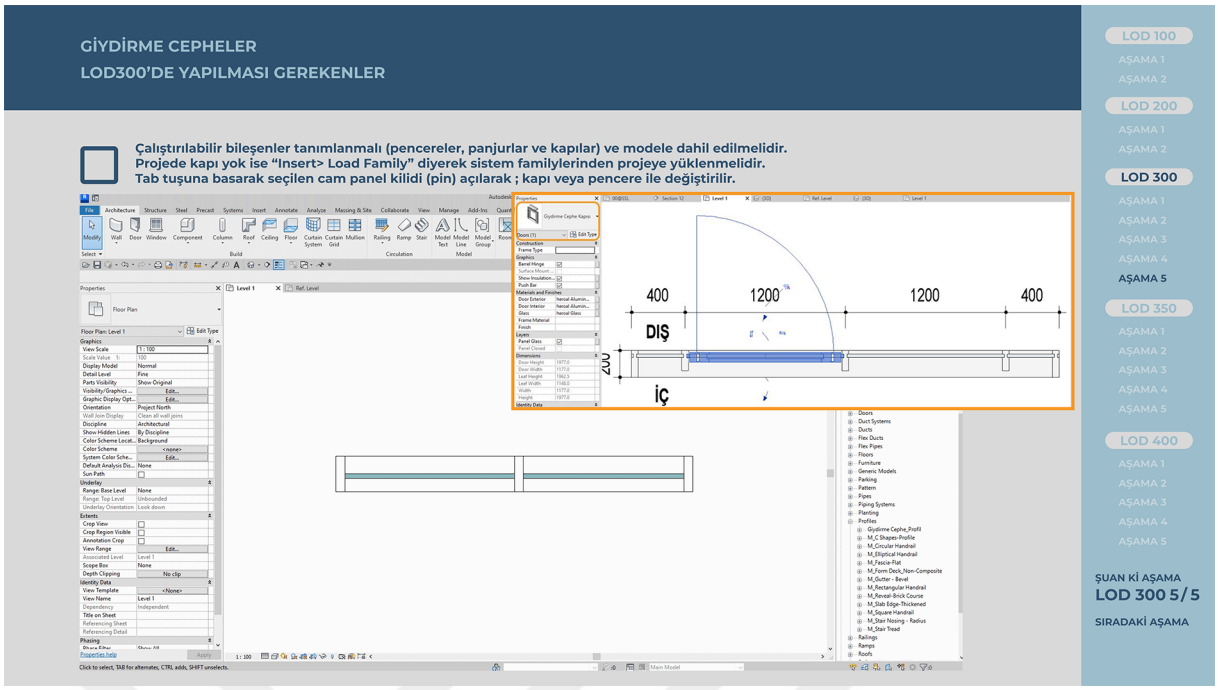
Şekil 3.9 LOD 300 aşama 3

olmak üzere tanımlanır. Bu mullionların Grid aralık ölçüleri verilerek Dikey ve Yatay olmak üzere tanımlanır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 LOD 300 aşama 4

Aşama 5; çalıştırılabilir bileşenler tanımlanmalı (pencereler, panjurlar ve kapılar) ve modele dahil edilmelidir. Projede kapı yok ise "Insert> Load Family" diyerek sistem familylerinden projeye yüklenmelidir (Şekil 3.11).Tab tuşuna tıklayarak



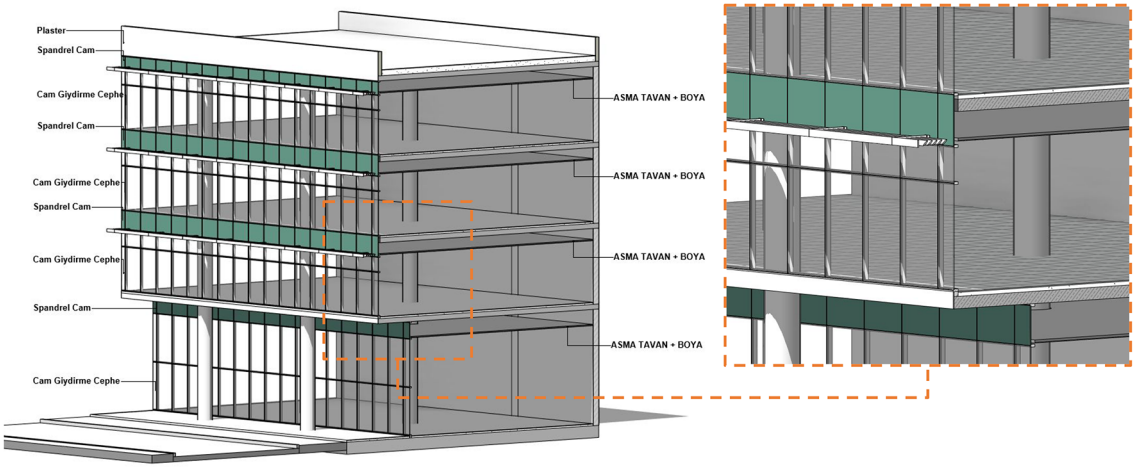
Şekil 3.11 LOD 300 aşama 5

seçilen cam panel kilidi (pin) açılarak; kapı veya pencere ile değiştirilir.



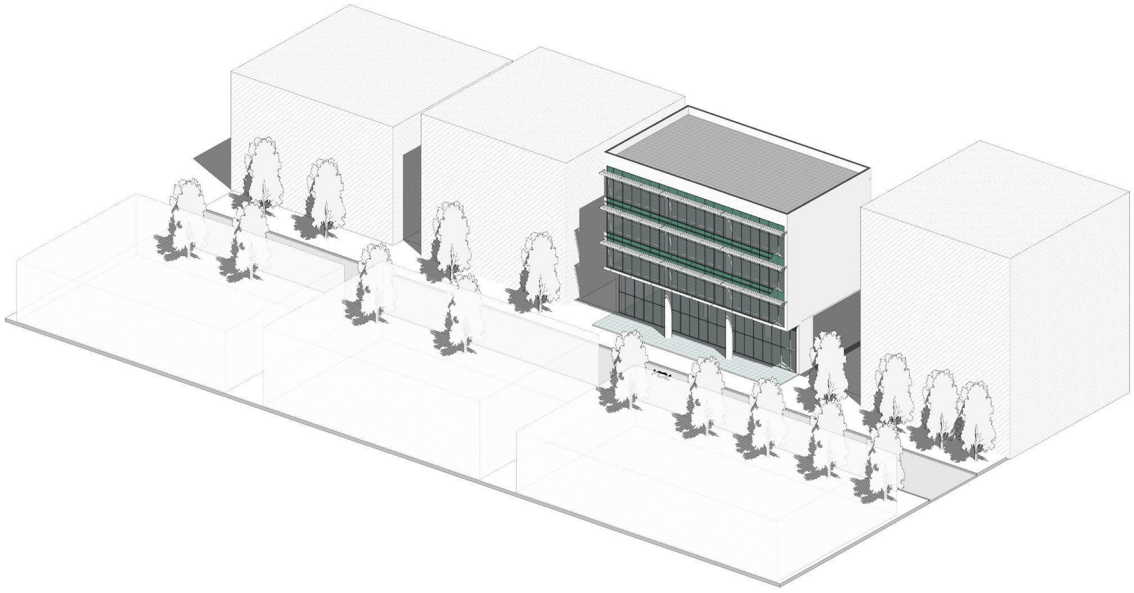
Şekil 3.12 3B kesit

Basit bir giydirme cephe modeli oluşturduktan sonra basit bir ofis modülü oluşturulmuştur. Cephe uzunluğu projeye göre değişkenlik gösterebilir. Modülü uzaltmak kısaltmak mümkündür. Burada amaç standart bir ofis binasında ortalama



Şekil 3.13 Yakın 3B kesit

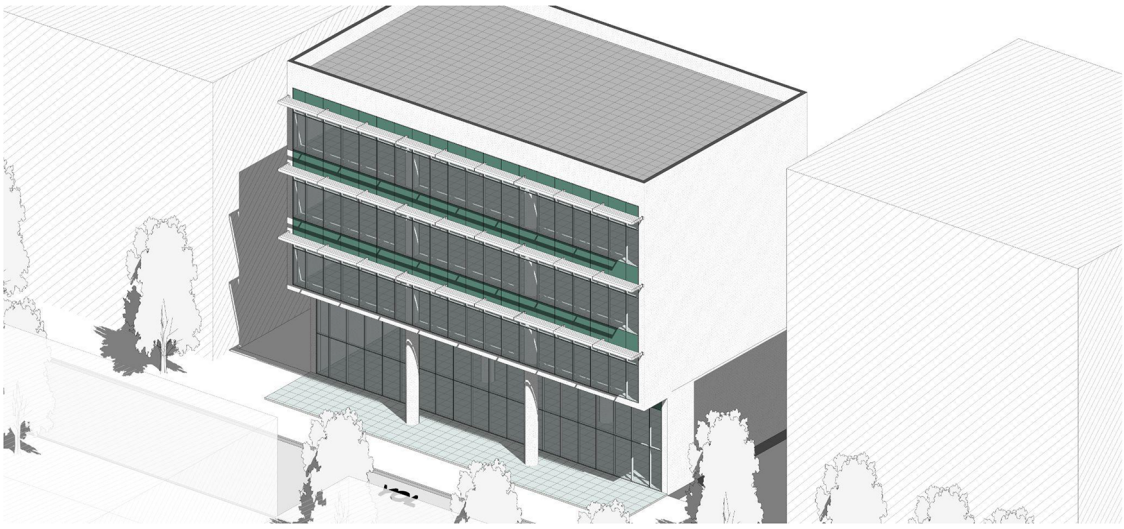
bir aks sisteminde oluşturulan bir cephenin analiz sonuçlarında nasıl sonuç vereceği ve optimize edileceğidir. Bu sebeple modül ufak ve basit tutulmuştur. Zemin kat üzeri 3 kat tip ofis katından oluşmaktadır. 3 boyutlu genel kesine Şekil 3.12 ulaşmak mümkündür. O kesite yakınlaşmış daha büyük ölçekli haline Şekil 3.13 'den ulaşmak mümkündür.



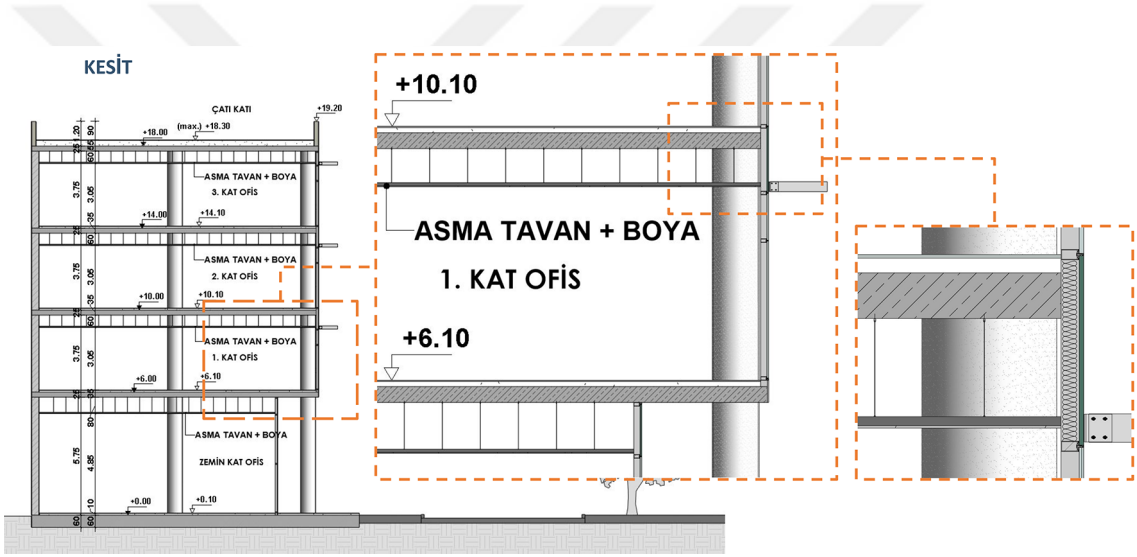
Şekil 3.14 Çevre verili perspektif bakış

Model verisi oluşturduktan sonra analiz kıyaslaması yapabilmek için çevre verisi eklenmiş bir versiyonu oluşturulmuştur. Burada amaç erken aşamalarda bazen hızlıca sonuç almak için göz ardı edilen çevre verisinin analiz sonuçlarını nasıl etkilediği gözlemlemektir. Şekil 3.14'nda çevre verisi eklenmiş görselleri görebilirsiniz. Daha yakın büyük ölçekli hali Şekil 3.15'dedir.

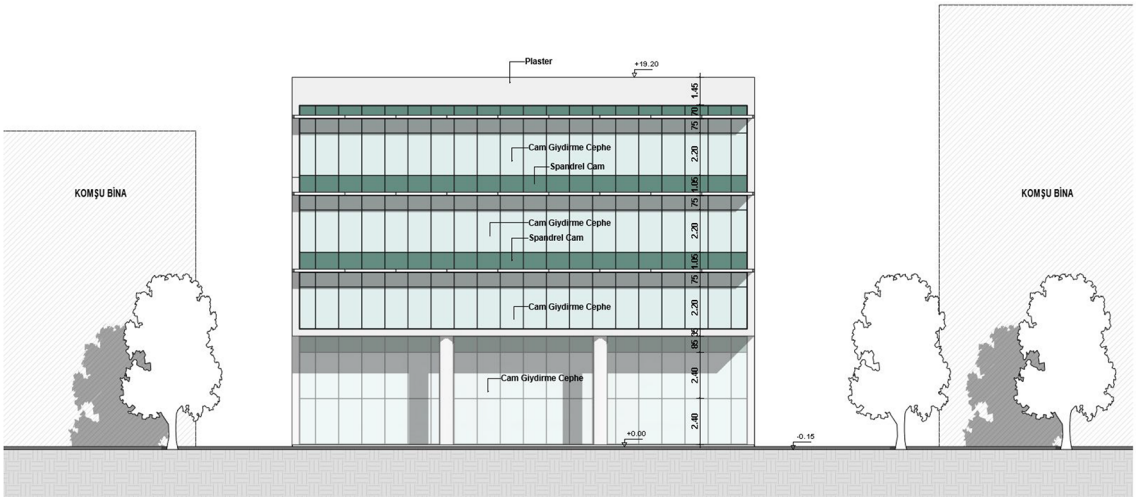
Model LOD 300 gereksinimlerinde gerekli detayda modellenmiştir. Asma tavan



Şekil 3.15 Yakın perspektif bakış



Şekil 3.16 Sistem kesiti



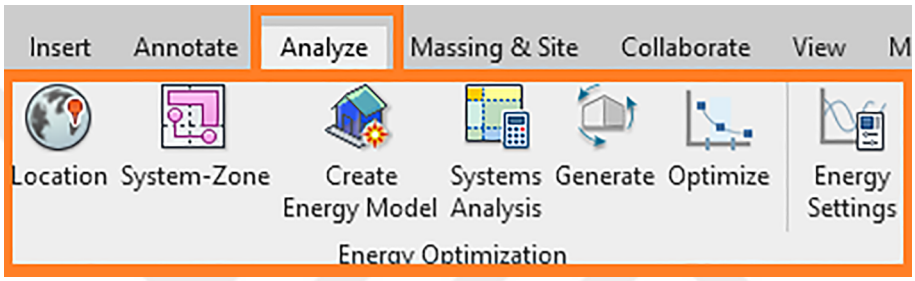
Şekil 3.17 Bina görünüşü

kısmı temiz bir görünüm için spandrel cam ile kapanmıştır. Alt kısımlarda ise görüş sağlaması için vision cam kullanılmıştır Şekil 3.16. Komşu yapılarla birlikte görünüşü Şekil 3.17.

3.3 Analiz Aşaması

Revit ortamında model verisi oluşturduktan sonra sıradaki aşama insight360 ortamında model analizlerinin yapılma aşamasıdır.

Aşama 1; analyze (analiz) sekmesinden enerji optimizasyon paneli kısmından location (yer) butonuna tıklayarak yer bilgisi girilmektedir (Şekil 3.18).



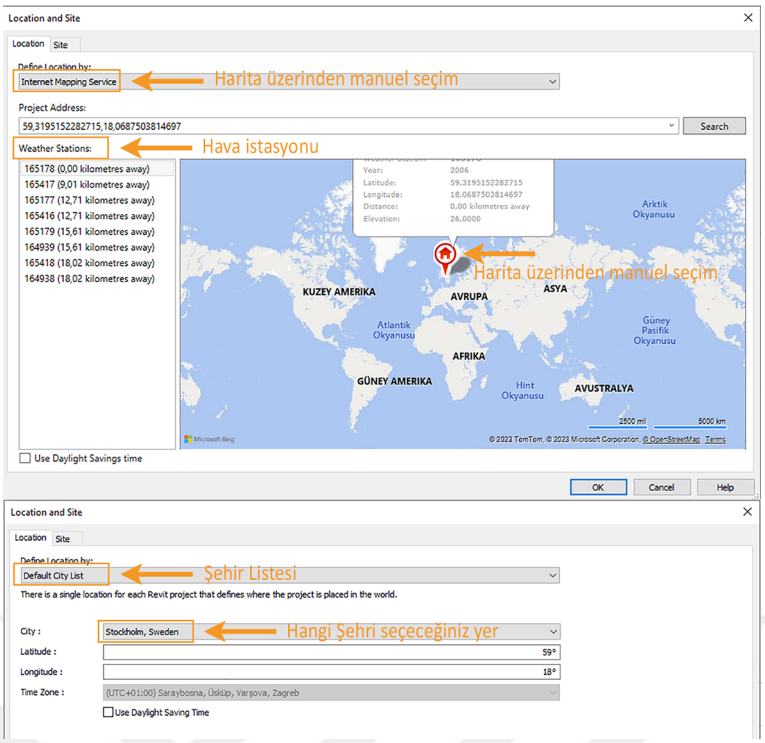
Şekil 3.18 Insight analizi-aşama 1

Aşama 2; yer bilgisi açılan haritadan ev ikonu sürüklenerek manuel seçilebileceği gibi, şehir ve ülke adı seçilerek de girilebilmektedir. Seçilen yere yakın hava istasyonlarını gösterilip onlardan birinin üzerine tıklayarak da hava bilgilerinin seçileceği istasyon tanımlanmaktadır (Şekil 3.19).

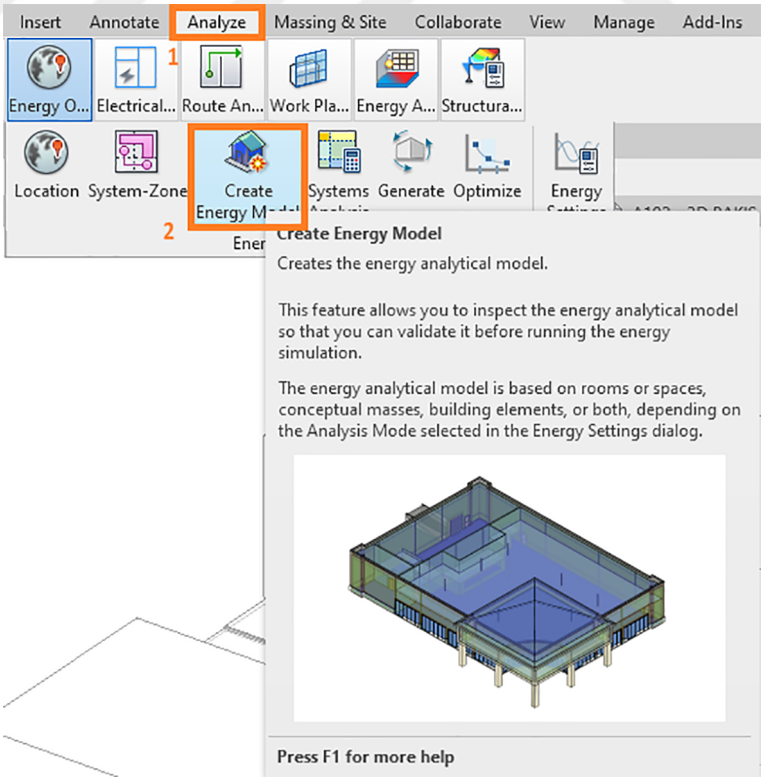
Aşama 3; enerji optimizasyon panelinden create energy model yani enerji modeli oluştur butonuna tıklayarak model datasından enerji modeli oluşturulmaktadır. Enerji modeli oluşturmak geleneksel yöntemde çok uzun ve zahmetli bir yöntem iken burada oluşturmak oldukça basittir (Şekil 3.20).

Revit içerisinde ASHRAE 90.1 standardı ile otomatik olarak enerji modeli oluşturulmakta ve analiz edilmektedir.

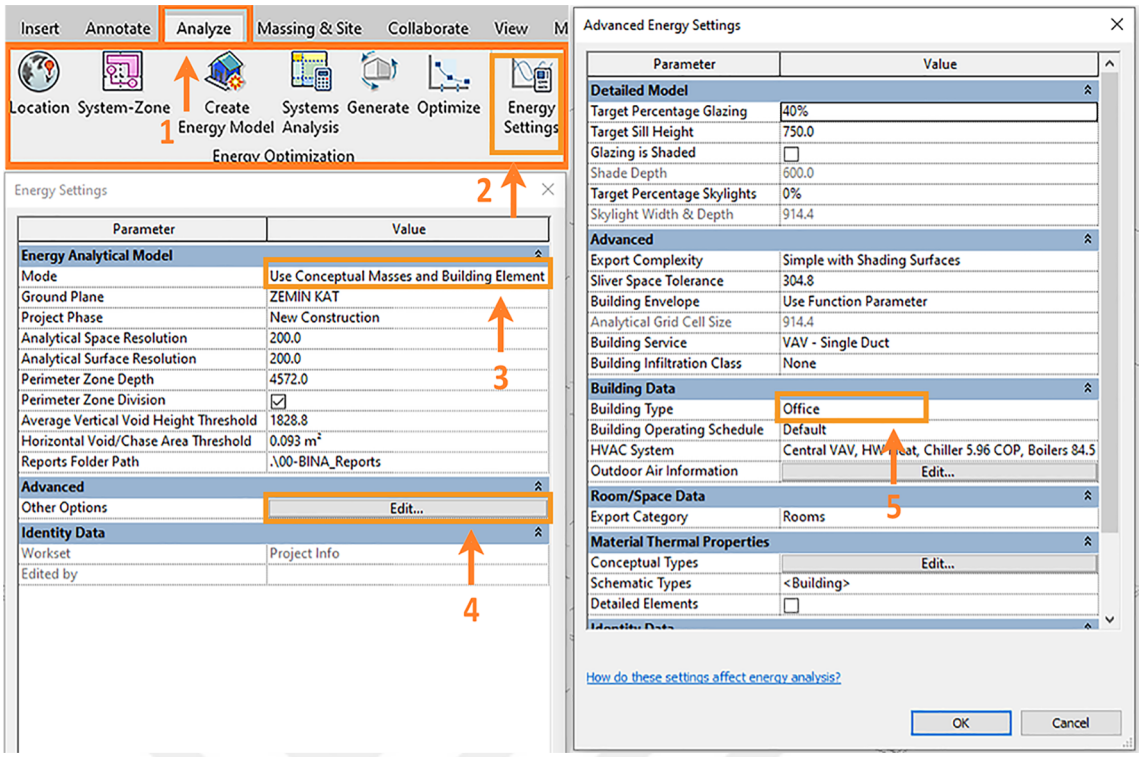
Aşama 4; enerji ayarları kısmından enerji ayarları yapılmaktadır. Burada önemli olan model verisinin katı kütle ya da bina elemanı olarak tanımlı olmasına bağlı analizi neye göre yapacağını tanımlamaktır (3 ile işaretli kısım). Gelişmiş ayarlar kısmından ise açılan 2. panelden bina tipi yani fonksiyonu seçilmelidir. Burada Revit'te otomatik olarak yapılan ön ayarlar gelecektir. O yüzden bina fonksiyonunu doğru seçmek önemlidir (5 ile işaretli kısım) (Şekil 3.21). Fonksiyona bağlı ön tanımlı ayarlar gelecektir. Bunları kendimiz değiştirmemiz yada kabul edilen bu standart ayarlar üzerinden ierlemek mümkündür.



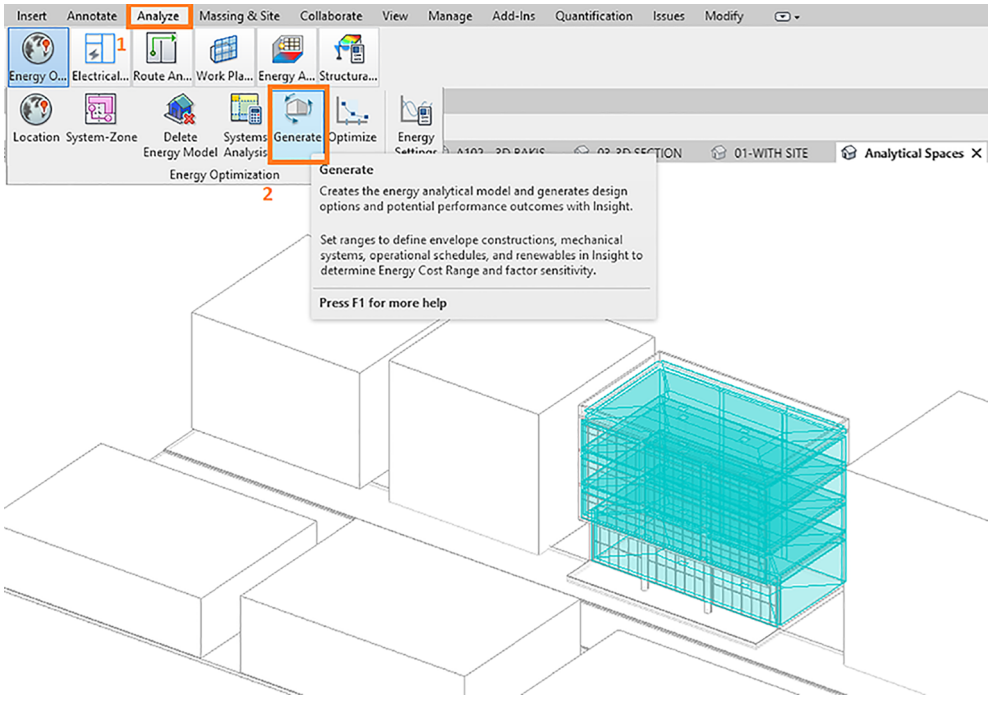
Şekil 3.19 Insight analizi-aşama 2



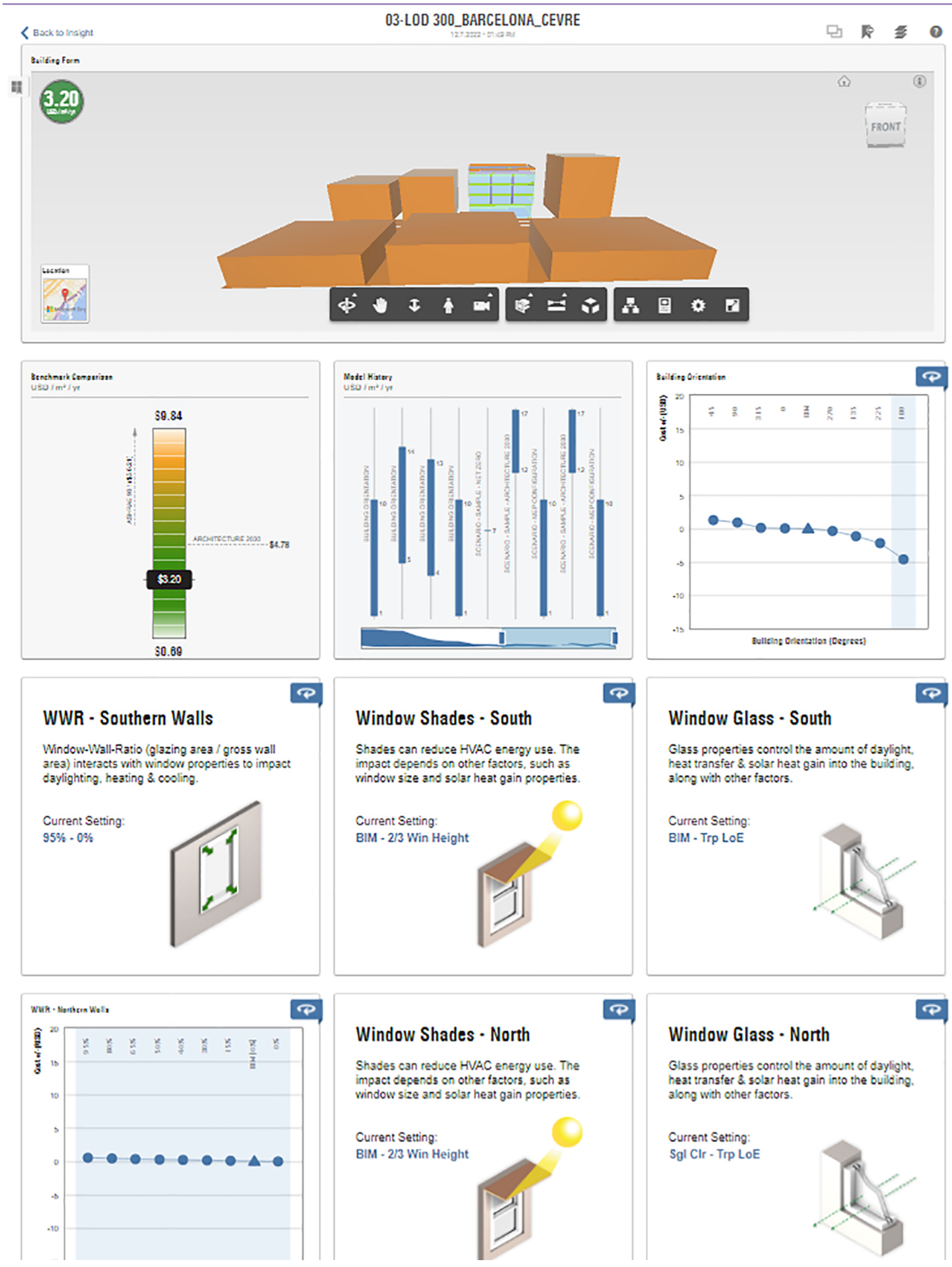
Şekil 3.20 Insight analizi-aşama 3



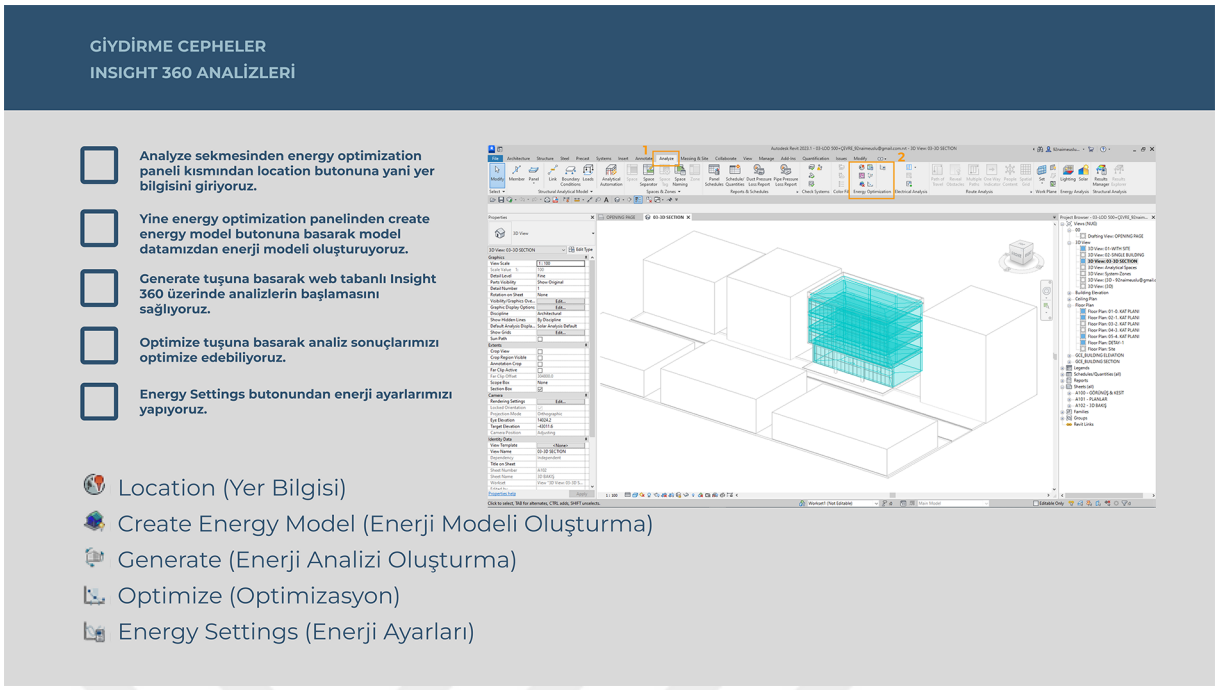
Şekil 3.21 Insight analizi-aşama 4



Şekil 3.22 Insight analizi-aşama 5



Şekil 3.23 Insight analizi-aşama 6



Şekil 3.24 Insight analizi kontrol listesi

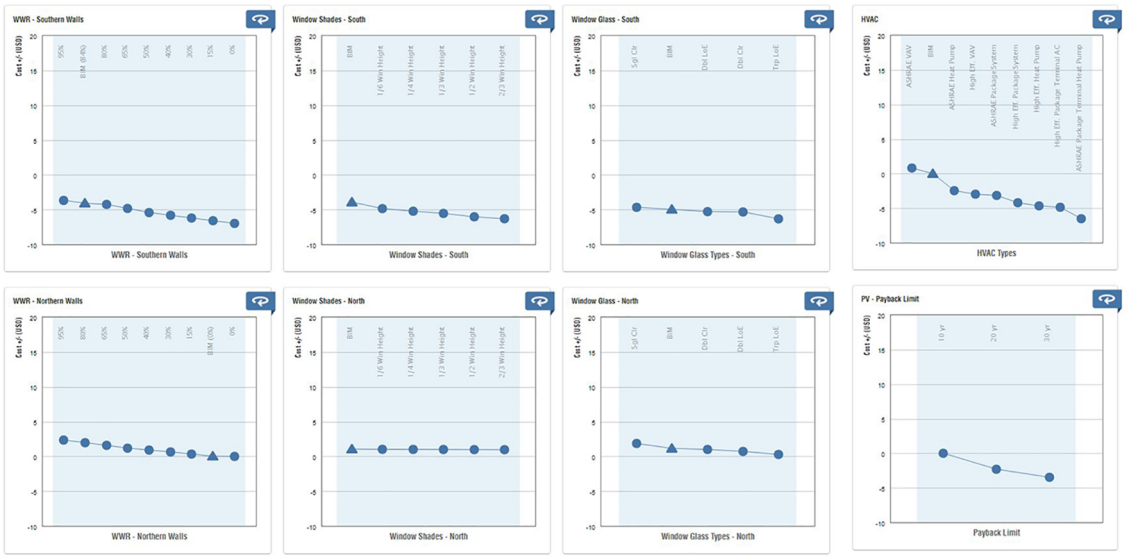
Aşama 5; generate tuşuna tıklayarak web tabanlı Insight 360 üzerinde analizlerin başlamasını sağlanmaktadır. Enerji analizini program oluşturmaya başlamadan önce mail adresiyle Autodesk üzerinden oturum açılması gerekmektedir. Oluştur dendiğinde enerji modeli web tabanlı Insight programına Revit üzerinden otomatik aktarılır ve kullanıcı mailine modeli teslim alındığına ve analizin başladığına dair mail gelmektedir. Analiz tamamlandığında ise tekrar mail ile haber gelmektedir (Şekil 3.22).

Aşama 6; Optimize tuşuna tıklayarak web tabanlı Insight ortamına giderek analiz sonuçlarımızı optimize edilebilmektedir Şekil 3.23. Başlangıçta tüm parametreler ortalama değerleri gösterir. Verilerimize göre optimize ederek daha doğru analiz sonuçlarına ulaşılabilmektedir. Bu tez kapsamında ana parametrelerimizden biri bina yönü olduğu için orada bina yönüne bağlı seçimler yaparak analiz sonuçları kıyaslanacaktır.

Tüm bu analiz süreci figma arayüzü ile kullanıcı dostu olarak özetlenmektedir (Şekil 3.24).

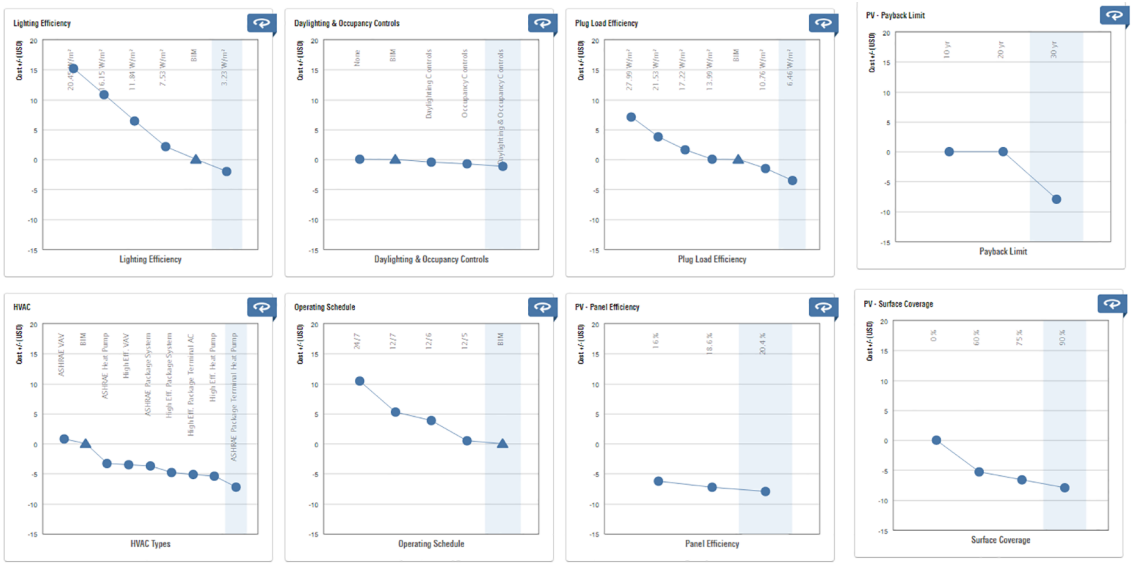
3.4 Optimizasyon Aşaması

Optimizasyon öncesi (Şekil 3.25) Insight varsayılan olarak tüm olasılıkların ortalaması olarak hesap yapmaktadır. Bu sebeple her bir parametrenin optimize edilmesi ve bu aralıkların gerçek aralıkları yansıtması gerekmektedir.



Şekil 3.25 Insight analizi optimizasyonu öncesi grafikler

Bu çalışmada kapsam dışı olması sebebiyle Insight ortamında bazı parametreler ideal değerlerinde kabul edilerek diğer değişkenlerin kıyaslaması yapılmaktadır. Aydınlatma verimliliği, gün ışığı kontrolü, fiş yükü verimliliği, Fotovoltaik geri ödeme limiti, havalandırma, Yönetim programlama, PV panel verimliliği, PV yüzey kapsamı gibi parametreler bu tez kapsamında alan dışı bırakılmış ve tüm analizlerde en verimli sonucu verecek ideal sistemler seçilmiş olarak kabul edilmiştir (Şekil 3.26).



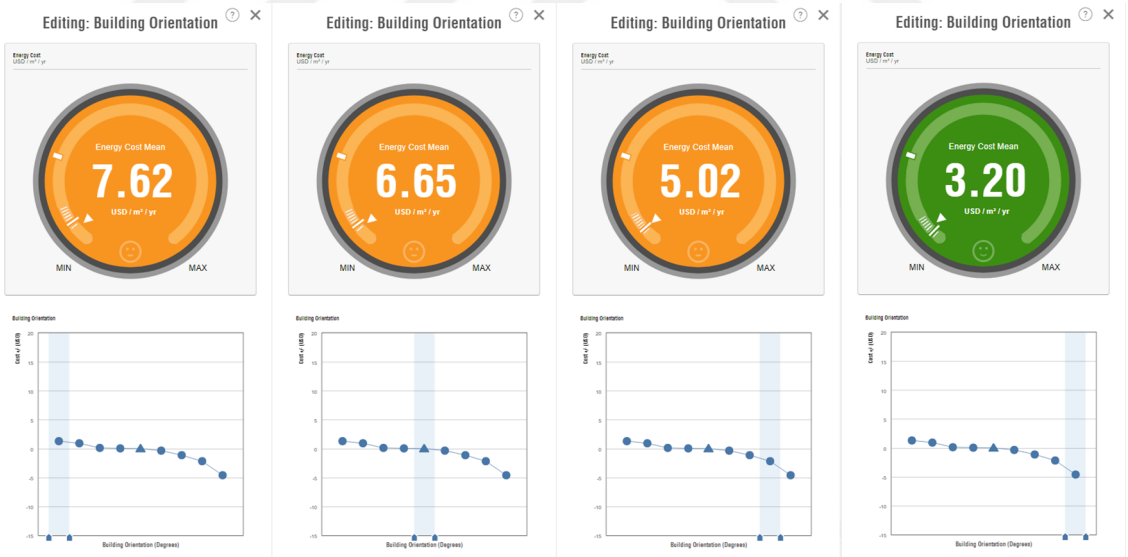
Şekil 3.26 Insight analizi optimizasyonu sonrası

Optimizasyon aşamasında bu işaretli optimizasyonlar yapıldığında değer 30.7'den 6.58'e düşmüştür. Tablolar seçilen aralıkların olasılıklarını gösterecek şekilde daraltılmış ve gerçeğe yakın hale getirilmiştir (Şekil 3.27).



Şekil 3.27 Insight analizi-optimizasyonu

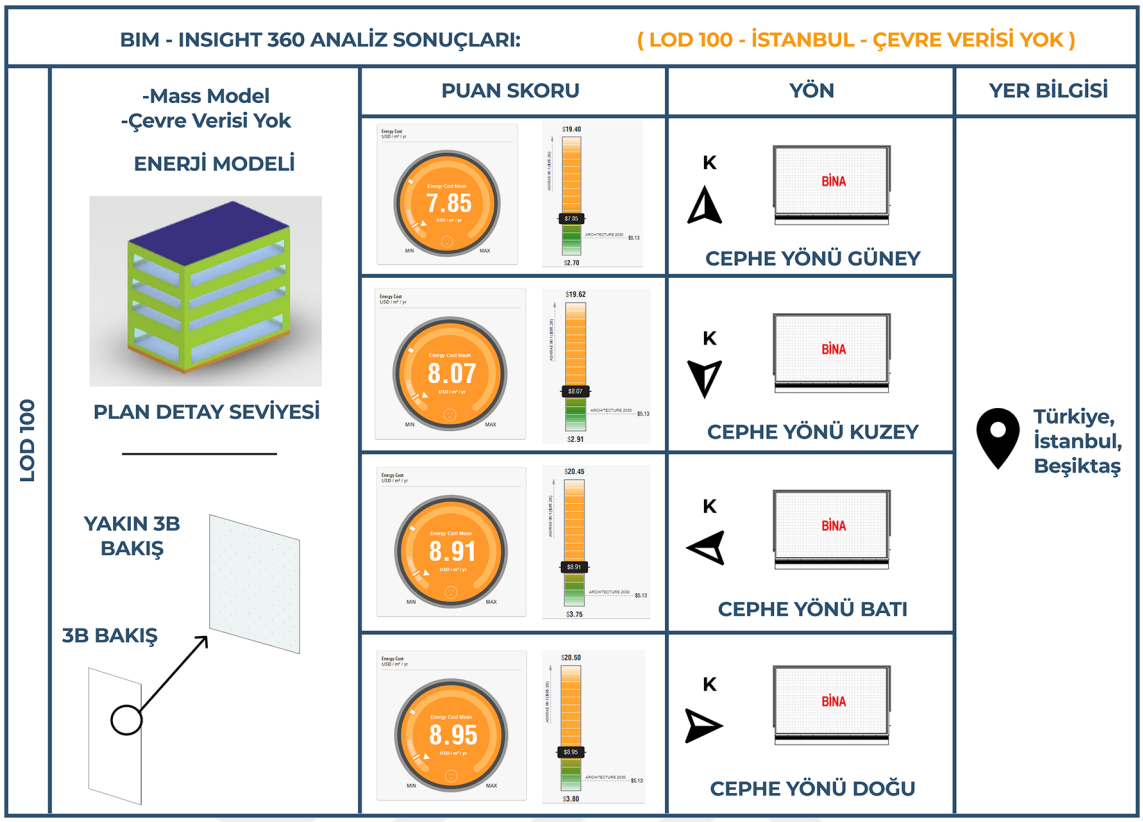
Sadece bina yönünün değişimine bağlı sonuçların nasıl değiştiğini Şekil 3.28'nda görebilirsiniz.



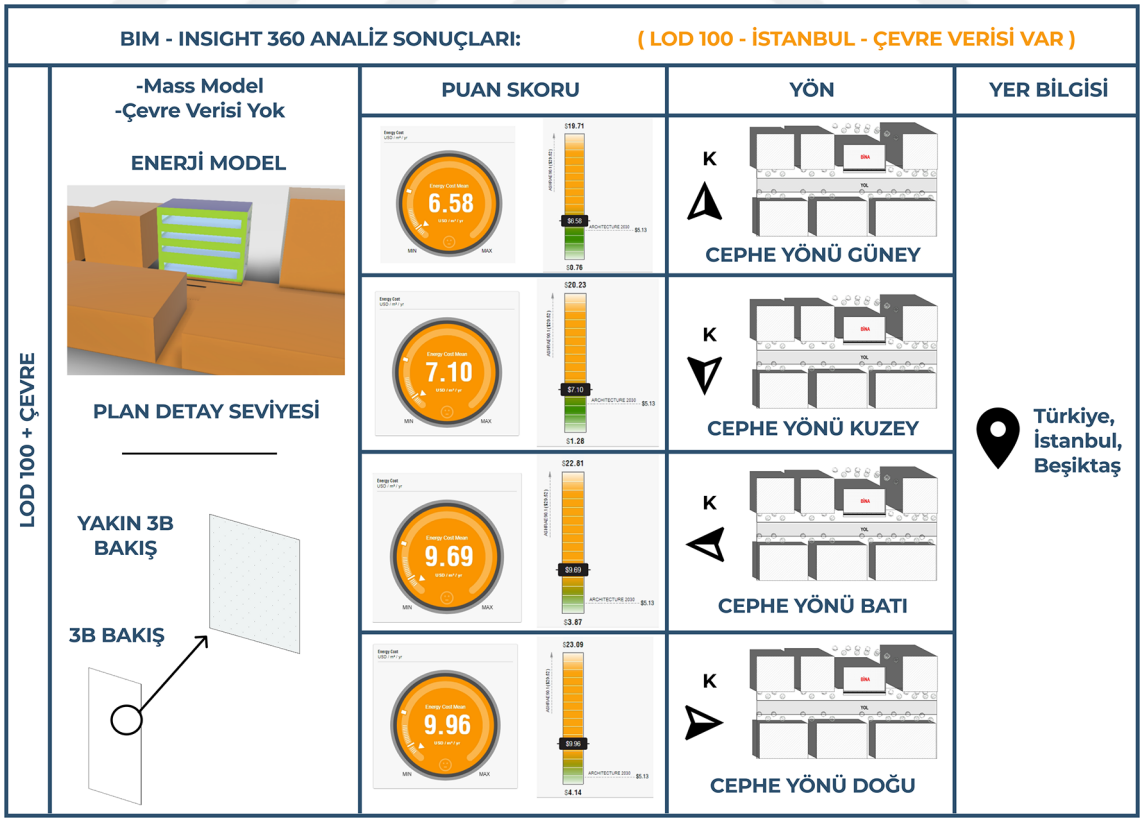
Şekil 3.28 Insight analizi bina yönüne bağlı sonuç kıyaslaması

3.5 Çalışmanın Test Sonuçları ve Kıyaslaması

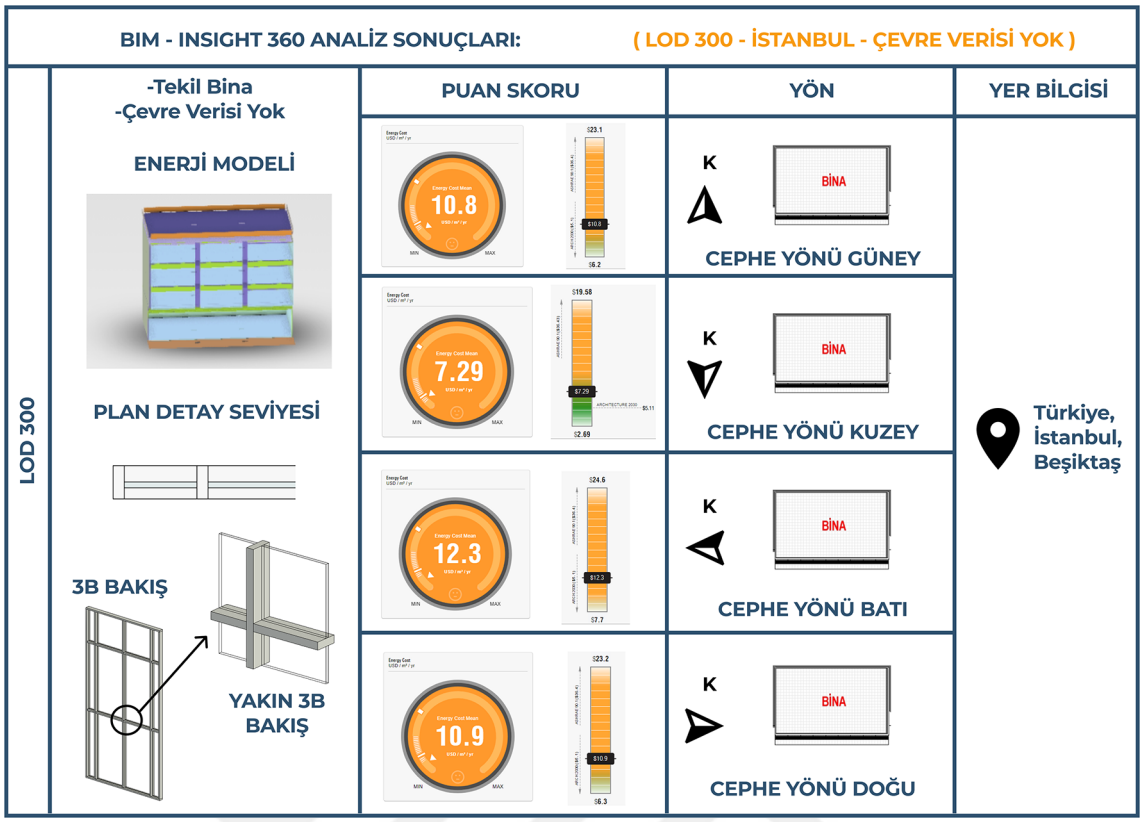
Enerji analizlerini LOD seviyesi, konum, yön ve çevre verisi parametrelerini değiştirerek analiz tekrar tekrar yapılmış ve optimizasyonun ardından sonuçlar tablolaştırılmaktadır. Yer bilgisi iklim verilerini ve güneşlenme sürelerini



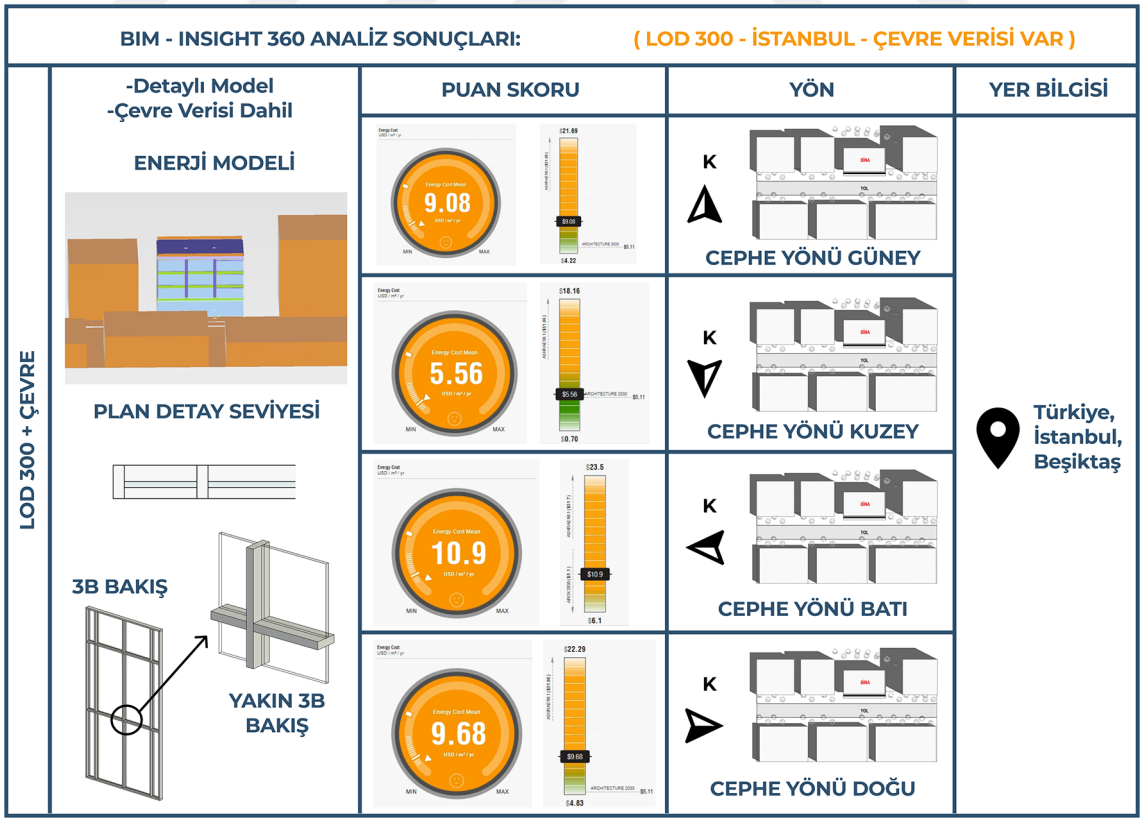
Şekil 3.29 LOD 100 analizi, İstanbul, çevre verisi yok



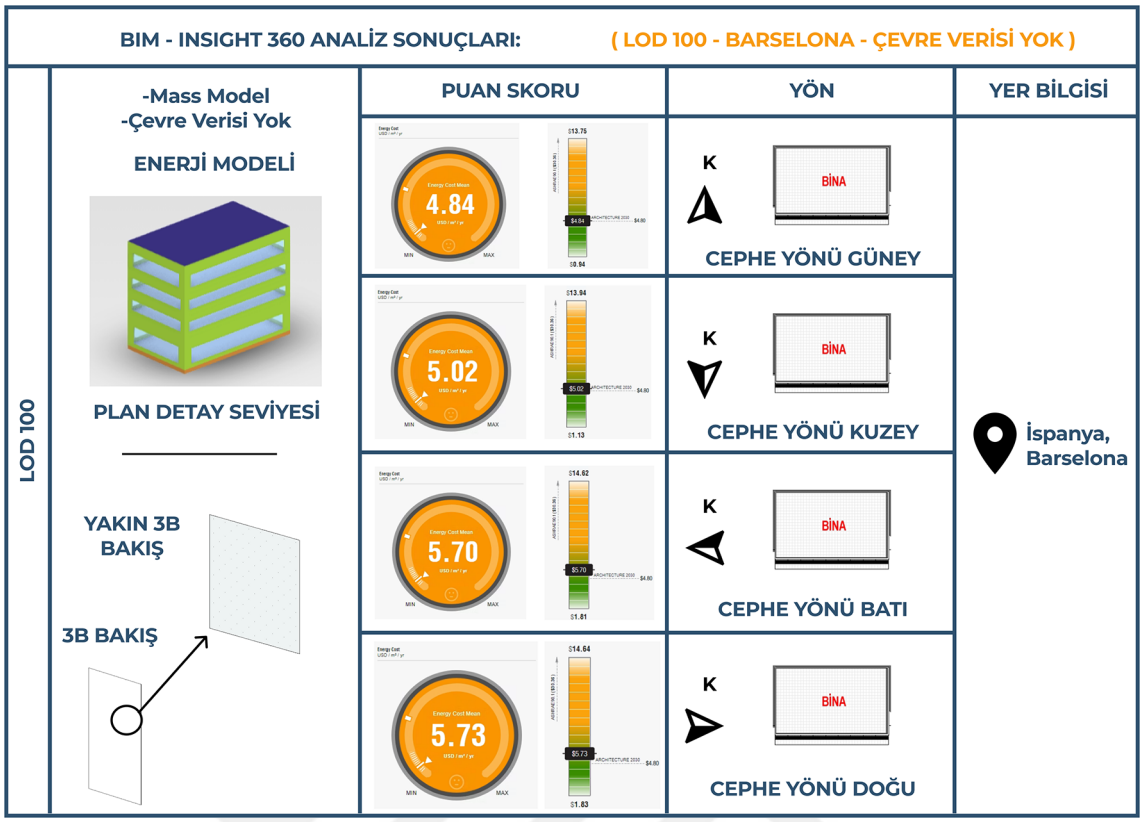
Şekil 3.30 LOD 100 analizi, İstanbul, çevre verisi var



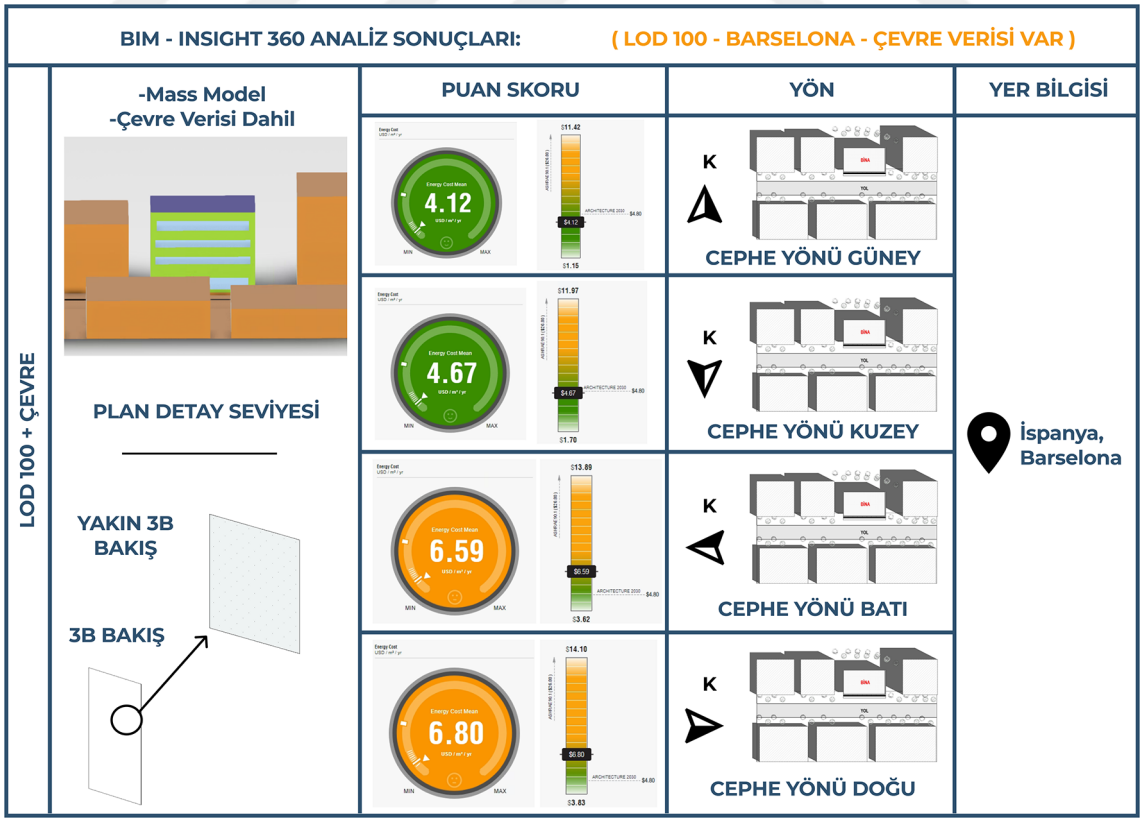
Şekil 3.31 LOD 300 analizi, İstanbul, çevre verisi yok



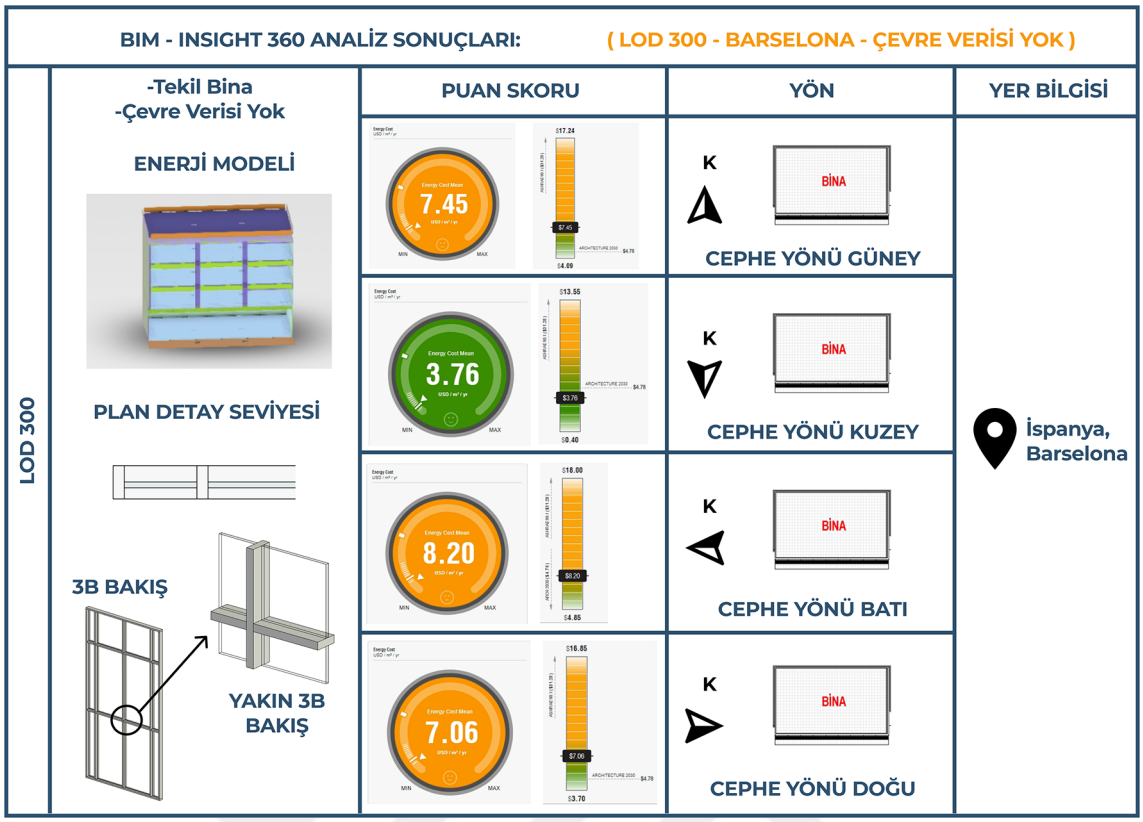
Şekil 3.32 LOD 300 analizi, İstanbul, çevre verisi var



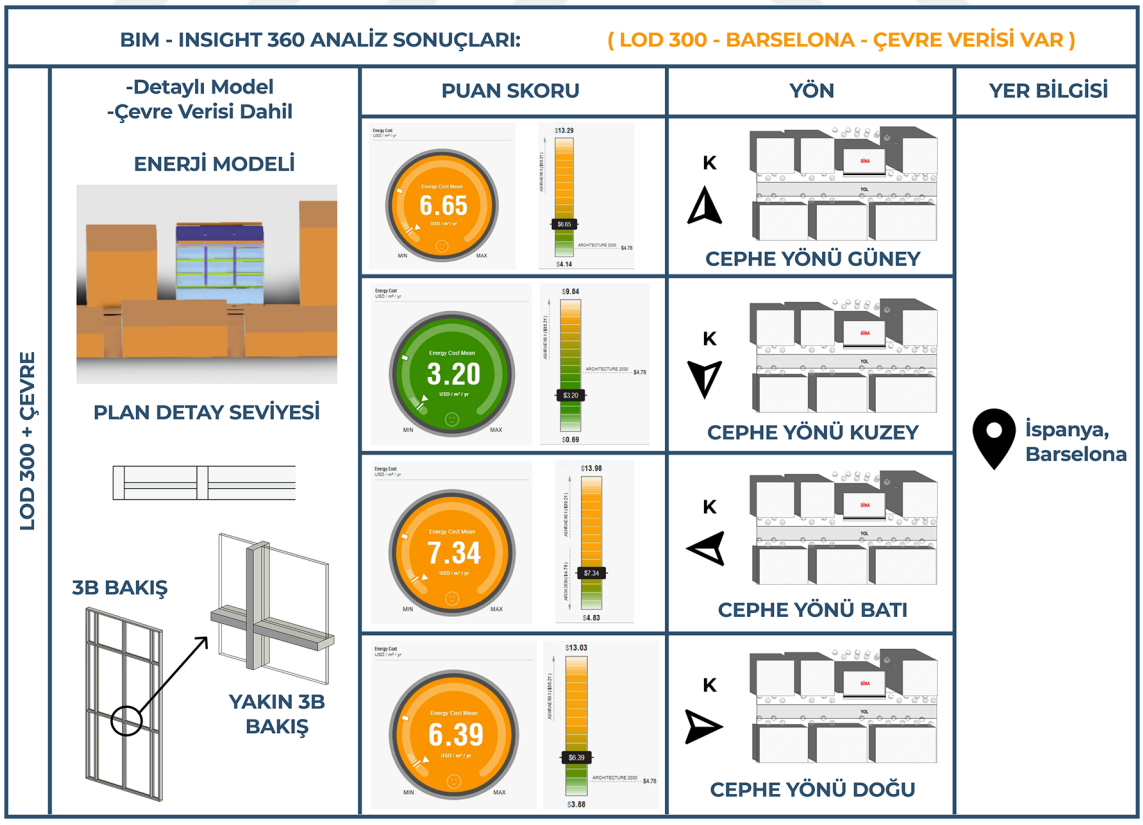
Şekil 3.33 LOD 100 analizi, Barselona, çevre verisi yok



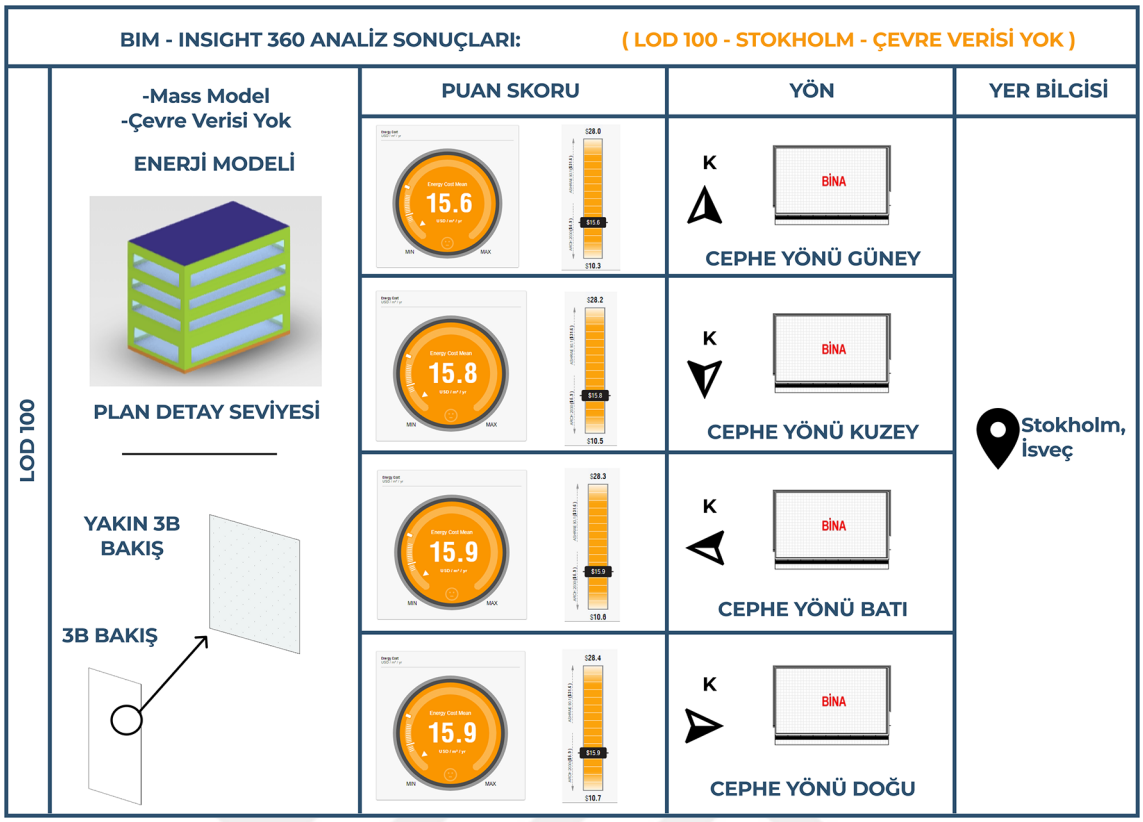
Şekil 3.34 LOD 100 analizi, Barselona, çevre verisi var



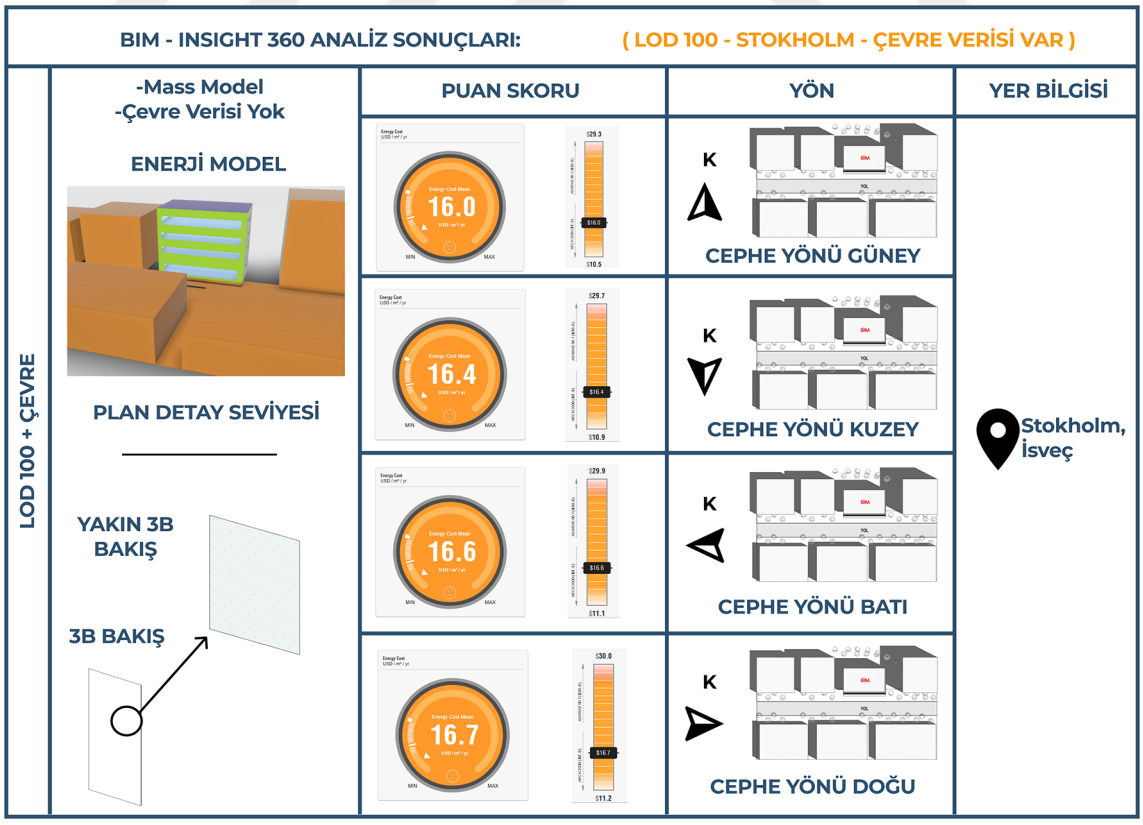
Şekil 3.35 LOD 300 analizi, Barselona, çevre verisi yok



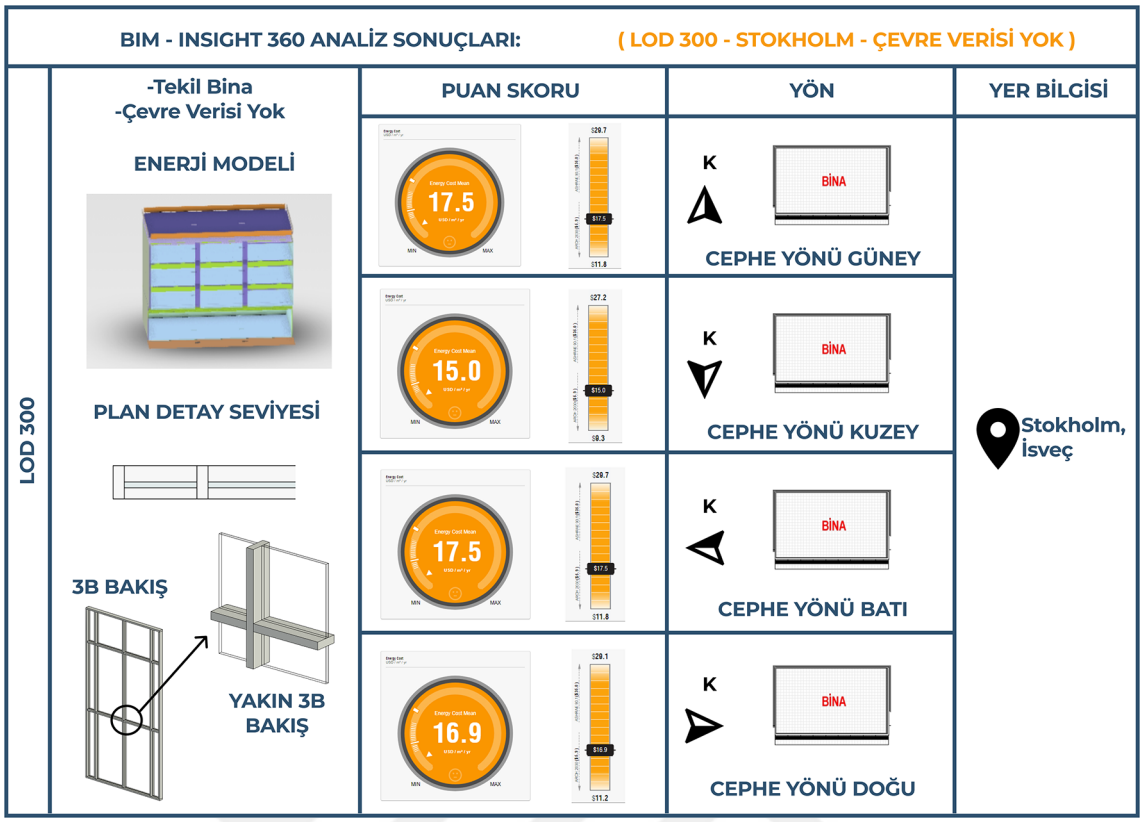
Şekil 3.36 LOD 300 analizi, Barselona, çevre verisi var



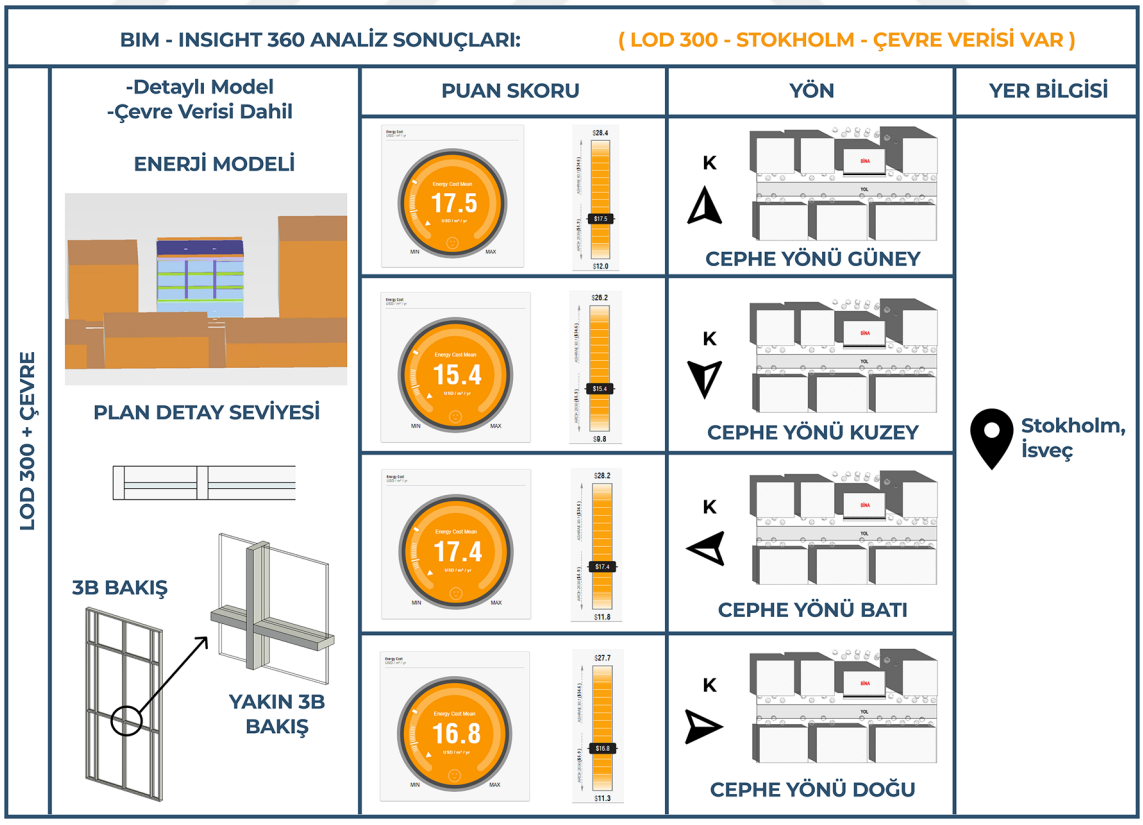
Şekil 3.37 LOD 100 analizi, Stokholm, çevre verisi yok



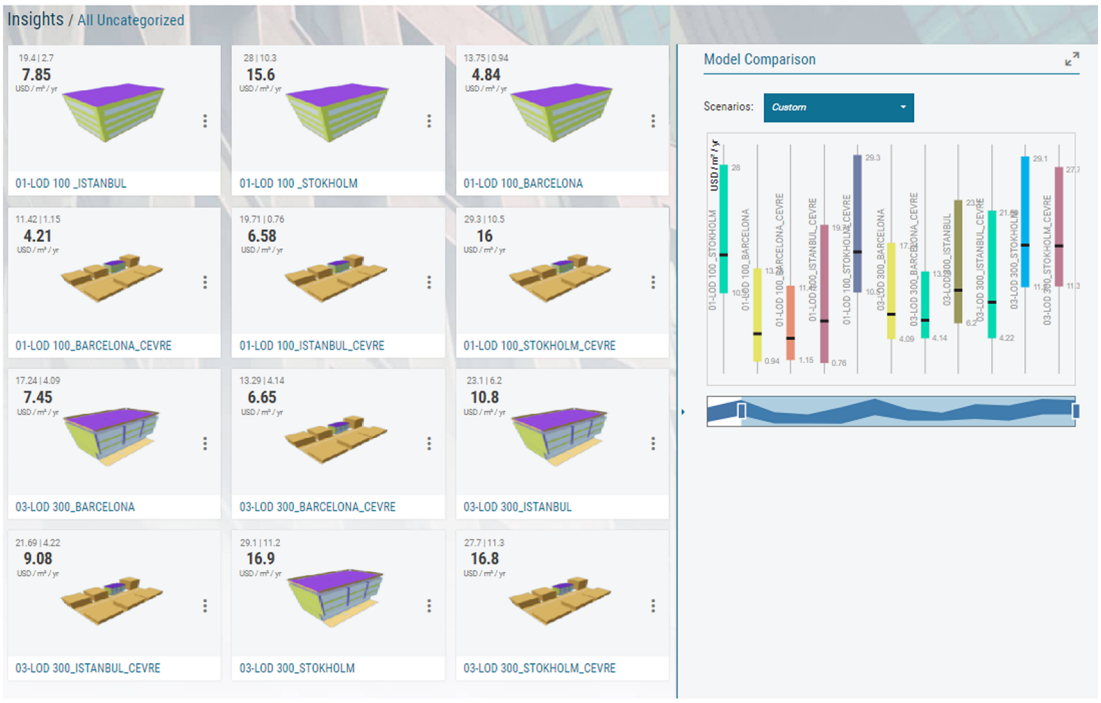
Şekil 3.38 LOD 100 analizi, Stokholm, çevre verisi var



Şekil 3.39 LOD 300 analizi, Stokholm, çevre verisi yok



Şekil 3.40 LOD 300 analizi, Stokholm, çevre verisi var



Şekil 3.41 Genel sonuç tablosu

etkilediğinden, yer bilgisi değiştikçe sonuçlar oldukça çok değişkenlik göstermektedir. Bu tez kapsamında 3 farklı ülkede yer alan 3 farklı şehirden iklim verileri kullanılarak; İstanbul, Barselona ve Stockholm şehirleri için analiz kıyaslamaları yapılmaktadır. Tüm parametreler aynı tutulup LOD seviyesi değiştirildiğinde sonuçların farklı olduğu gözlemlenmektedir. Aynı şekilde cephe yönü kuzey, güney, batı ve doğu olmasına göre de sonuçlar farklılık göstermektedir. Model verisinin çevre verisi dahil olup olmamasına göre de sonuçlar değişkenlik göstermektedir.

4
SONUÇ

Bu çalışmada tasarımcılar için performatif cephe tasarımında tasarımın tüm aşamalarında kılavuz olacak açık kaynak yaklaşımlı bütünleşik bir performatif cephe tasarım model önerisi yapılmaktadır. Bu sayede tasarımcılar, tasarımın erken evrelerinde hiçbir uzmana ihtiyaç duymadan, yaratıcı süreci kesintiye uğratmadan, cepheyle ilgili enerji verimliliğini sağlayacak önemli kararlar alabilecek; optimizasyonunu gerçekleştirebilecek ve tasarımlarını çıkan verilere göre geliştirebilmaktedir.

Bu amaçla ilk etapta performatif mimarlık kavramı açıklanmakta, cephenin bunu sağlamada en önemli rollerden birine sahip olduğu vurgulanmaktadır. Tasarım süreçleri bir bütün olarak uluslararası standartlara göre ele alınmakta ve tüm paydaşlar, ilişkiler ağıyla birlikte anlatılmaktadır. Tüm bu süreçlerin cephe özelinde ne anlam ifade ettiği ayrıca detaylı olarak anlatılmaktadır.

Yapı kabuğu; dışarıdan bakanlar için yapının fonksiyonu, yapıldığı dönemi, stili, etkilendiği akımı, mimarının, kullanıcıların kimliklerini, hayatları hakkında bizlere ipuçları sunan bir dış imajdır. Cephe ise bu yapı kabuğunun ön yüzüdür. Yapı kabuğu kullanıcılarını olumsuz dış hava koşullarından korurken, içerde konforlu bir iç ortam sunmakla sorumludur. Temiz hava, ışık, ısı, gürültü denetimi gibi birçok önemli parametre sunar. Tüm bu konforlu iç ortam sunmak için mimarların göz önünde bulundurması gereken cephe tasarım kriterleri anlatılarak tasarımcılara bir kılavuz çıkarmaktadır.

Tasarım araçları geçmişten günümüze incelenerek en güncel tasarım araçlarından bir tanesi olan YBM derinlemesine önemli kavramlarıyla incelenerek ana bölüm öncesi bilgi altyapısı oluşturulmaktadır. Güncel YBM yazılımları kullanım avantaj ve dezavantajlarıyla anlatılmaktadır. Enerji performans analizleri anlatılıp ilk YBM projelerinden örnekler ve önemli performatif cephe tasarımına sahip projelerden örnekler verilmektedir. Tüm bu bilgilerin ışığında bu tez kapsamında yapılmakta olan çalışmaya altlık oluşturulmaktadır.

Çalışmanın hipotez kısmında bahsedilen bazı sorulara ne cevaplar bulunduğu şu şekilde sıralanabilir:

Güncel YBM araçları tasarım sürecinde ve bütünleşik performans ölçümünde yeterli gelişmişlikte midir? Evet yeterli gelişmişliktedir. Modelleme, analiz ve bilgi edinmede büyük bir problemle karşılaşılmamıştır. Ancak farklı programlar ve farklı ortamlarda gerçekleştiği ve karmaşık bilgiler gerektirdiğinden geliştirilmesi ve daha kullanıcı dostu tek bir arayüz ile tasarımcılarla buluşturulması daha iyi olacaktır.

YBM'de en güncel ve en verimli giydirme cephe performans analiz araçları nelerdir ve nasıl geliştirilebilir? Bu çalışma kapsamında test edilen en yaygın kullanıma sahip Revit ve insight360 oldukça verimli araçlardır. Insight'ın bulut tabanlı olması bilgisayarın performansının önemini ortadan kaldırması, analizin yapıldığı esnada Revit ortamında alternatif üretmeye devam etmeye izin vermesi sebebiyle başarılı görülmüştür. Ancak Revit büyük dosyalarda bilgisayar performansının önemini hissettirmekde ve bu yönü geliştirilebilir görülmektedir. Bu tez çalışması bu programların nasıl geliştirilebileceğine örnek olması amacıyla yapılmıştır.

Tüm bu performatif giydirme cephe tasarımı süreci daha etkili bir sistem haline nasıl getirilir ve tasarımcılara bu bilinç en iyi hangi modelle aktarılır? Bu çalışma kapsamında önerildiği gibi tek bir ortamda açık kaynak yaklaşımıyla ve aşamaların detaylı anlatıldığı kontrol listeleriyle ve videolarla bunu geliştirmek mümkündür. LOD tanımlarının giydirme cephe için daha önce oluşturulmadığı görülmüş ve bu tez kapsamında özgün çalışma olarak oluşturulmaktadır.

Çalışma, literatürdeki performatif cephe örneklerini incelediğinde, tasarımın belirli bir aşamasına gelindikten sonra, enerji analizi alanında uzmanlaşmakta mühendisler tarafından belirli bir model seviyesine ulaştıktan sonra gerçekleştirildiğini göstermektedir. Bu analizler oldukça karmaşık uzmanlık gerektiren tasarımcının dahil olamadığı süreçlerdir. Eskiden bu uzmanlar analiz modelleri için tasarımı yeniden modellemesi gerekirken şuan ortak çalışılabilirlik ve dosya değiş tokuşu geliştiği için IFC, gbXML uzantıları ile dosya değiş tokuşu yaparak yeniden modellenmesine gerek kalmadan ortak veri kullanılabilmektedir. Bu analizler tasarımın erken aşamalarında yapılmalı, tasarıma girdi olarak etkiyerek daha doğru kararlar alınmasında yol gösterici olabilsin. Bu da uzun bir iş akışı, maliyet ve koordinasyon gerektirmektedir. İncelenen bazı örneklerde ise tasarım esnekliği ya da bilgi eksikliği sebebiyle YBM araçları seçilmeyip projenin belli bir aşamasında YBM'ye aktarılıp analizlerin yapıldığı gözlemlenmektedir. İncelemeye göre, YBM yazılımları, Revit tasarım kısıtlamalarını Dynamo gibi daha betiksel esnekliğe izin veren uygulamalarıyla bu özelliğini geliştirmeye çalışmaktadır. Formit uygulaması

ise kütle (mass) tasarımında daha esnek çözümler sunmaya çalıştığının bir kanıtı olarak sayılabilir.

Başka programlarda oluşturulan model verilerinin IFC exportu ile yine analizlerin Insight ortamında yapılmasının mümkün olduğu görülmektedir. YBM yazılımlarında birlikte çalışılabilirlik özelliğinin son on yılda önemli ölçüde geliştiği görülmektedir.

Bu tez çalışması, performatif cephe tasarım yöntemlerine odaklanmaktadır. Kapsam genişliği nedeniyle cephe çalışmaları giydirme cephelerle sınırdırılmaktadır. Bu yaklaşımda öncelikle proje aşaması belirlenmelidir. Projenin konsept, çizim, detay, uygulama ya da imalat aşamasında olduğunu belirlemek önemlidir. Bu aşamaya karşılık gelen LOD seviyesi tablodan bulunmalıdır. Bu tez kapsamında üretilen tablodan seçilen LOD seviyesini belirledikten sonra cephe modellemeye başlanmalıdır. Sektörde sıkça karşılaşılan sorunlar arasında doğru LOD seviyesinde modellenmemesi, malzeme bilgilerinin, analiz ayarlarının doğru yapılmaması sebebiyle analiz sonuçlarında çıkan tutarsızlıklar tespit edildiğinden LOD seviyelerinin önemi ekstra vurgulanma gereği duyulmaktadır. Bu tez kapsamında dünya çapında en yaygın program olduğu için Revit seçilmektedir.

Modelleme ve analiz aşamalarını bu tez kapsamında adım adım nasıl yapılacağını anlatan Figma ortamında bir arayüz tasarlanmaktadır. Burada hiç bilmeyen bir tasarımcı bu kılavuzu takip ederek, kontrol listelerinde bitirdiği adımlara onaylayarak ilerlemesi mümkündür. Figma ortamında hazırlanan bu kılavuz hem performatif cephenin nasıl tasarlanacağının adım adım anlatıldığı bir kılavuz hem de verilerin ilgili programlardan çekildiği bütünleşik bir ortamdır. Bu tez kapsamında model ve analiz verileri manuel olarak gifler, resim imajları olarak metinlerle anlatılmaktadır. Ancak ileride yapılacak bir doktora çalışmasında bu çalışmayı ilerletip bu verilerin Revit ve Insight 360 programından çekilerek tek bir ortamda kullanıcı bir arayüz tasarımıyla tasarımcılara kılavuz bütünleşik bir model olarak sunmak mümkündür. Figma'da tasarlanan bu arayüzü html ve css export alarak bir web sitesinde tasarımcılarla buluşturmak mümkündür.

Modelleme aşamasında örnek uygulama çalışması için ofis binasının bir modülü modellenmektedir. Bu modül standart bir ofis binasının bir bölümünü temsil etmektedir. Aks aralıkları ideal standart bir aralıktadır. Uygulama istenen şekilde uzatılıp kısaltılabilmektedir. Analiz kolaylığı açısından bu çalışmada bir modül basit ve net olarak tutulmaktadır. Bu ofis binası tez kapsamında oluşturulan kılavuzdaki gibi örnek olması açısından LOD300'de modellenmektedir. LOD300 seçilmesinin sebebi hem gerekli gelişmişlikte hem de model verisini

çok ağırlaştırmadan optimum model gelişmişlik düzeyinde olmasındır. Sonrasında ise enerji performans analizleri aşamasına geçilmektedir. Bu analizler Revit programıyla uyumluluk ve yaygın kullanımı sebebiyle Insight 360 ortamında yapılmaktadır. Insight 360, ASHRAE gibi uluslararası standartları kullanan, DOE2 ve EnergyPlus gibi enerji analiz yazılımlarını kullanan, enerji analizlerinin ve optimizasyonlarının yapıldığı gelişmiş bir web tabanlı yazılımdır.

Malzeme seçimi tamamen başlı başına kapsamlı bir konu olması sebebiyle bu tez kapsamında kapsam dışı bırakılmaktadır. Enerji analizleri LOD seviyesi, konum, yön ve çevre verisi parametrelerini değiştirerek tekrar tekrar yapılmakta ve optimizasyonun ardından sonuçlar tablolaştırılmaktadır. Yer bilgisi, iklim verilerini ve güneşlenme sürelerini etkilediğinden, yer bilgisi değiştikçe sonuçlar oldukça çok değişkenlik göstermektedir. Bu tez kapsamında 3 farklı ülkede yer alan 3 farklı şehirden iklim verileri kullanılmakta; İstanbul, Barselona ve Stockholm şehirleri için analiz kıyaslamaları yapılmaktadır. Tüm parametreler aynı tutulup LOD seviyesi değiştirildiğinde sonuçların farklı olduğu gözlemlenmektedir. Aynı şekilde cephe yönü kuzey, güney, batı ve doğu olmasına göre de sonuçlar farklılık göstermektedir. Model verisinin çevre verisi dahil olup olmamasına göre de sonuçlar değişkenlik göstermektedir.

Bu çalışmalarda Insight'da yapılan analiz optimizasyonlarında mekanik, elektrik, havalandırma, yönetim gibi parametreler kapsam dışı bırakılarak optimizasyonlar gerçekleştirilmektedir. Bunun sebebi ise bu parametreler analiz sonuçlarını oldukça etkilemektedir ve proje bütçesine göre alınan önemli kararlardır. Burada alınan mimari kararların optimizasyonu üzerinde odaklanıldığından bu parametreler ideal aralıkta kabul edilip diğer mimari parametrelerin sonuçları nasıl etkilediği kıyaslanmaktadır.

Analiz sonuçlarına bakacak olursak ilgili proje aşamasında doğru LOD seviyesinde giydirme cephe modellemenin sonuçları oldukça etkilediği görülmektedir. Cephe yönü ise başlı başına cephe tasarımında en önemli parametrelerden biridir. Yapılan analizlerde tüm parametreler aynı tutularak sadece çevre verisi eklendiğinde analiz sonuçlarının değiştiği gözlemlenmektedir. Doğru analiz sonuçları alabilmek için tasarımın en başından itibaren çevre verisini en doğru şekilde modele işlemek doğru sonuçları almada önemli bir adımdır. Tüm parametreler aynıyken aynı binayı başka bir koordinata taşıdığımızda sonuçların farklılık gösterdiği gözlemlenmektedir. Bu da Insight'ın konum verilerinin doğru girilmesinin ne kadar önemli olduğunu, projenin bulunduğu yerin iklimine, güneşlenme süresine, ışınımına çok etkili olduğu gözlemlenmektedir. Genel olarak doğu ve batı cephelerinde benzer sonuçların çıktığı, Kuzey ve güney yarım kürede olmasına göre de o değerlerin

düşük çıktığı gözlemlenmektedir.

Yüksek performanslı cephe tasarlamak için tasarımcıların birçok değişkeni göz önünde bulundurması gerekmektedir. Bu çalışmada tasarımcılara performatif cephe tasarlarken yardımcı olabilecek bir kılavuz çıkarılmaktadır. Yer bilgisi, çevre verisi, LOD seviyesi ve yön bilgisinin cephe tasarımında ne kadar önemli olduğu vurgusu yapılmaktadır.

Performatif cephe tasarımında YBM kullanımının geleneksel ve CAD yöntemine göre çok daha verimli sonuçlar verdiği, bütünleşik tasarım çerçevesinde Insight ve Revit iletişiminin oldukça iyi sonuç verdiği gözlemlenmektedir. Insight'ın analizi web ortamında olması tasarımcıların bilgisayar kapasitesi sebebiyle vakit kaybetmesinin önüne geçmiş o esnada başka alternatifleri denemesine olanak sağlamaktadır. Ancak tez çalışması kapsamında kılavuz ve bütünleşik bir performatif cephe modelinde bu ortamların birleştirilerek, verilerin ilgili modellerden çekilerek tek bir ortamda sunulması daha iyi bir sonuç vereceği önerilmektedir.

KAYNAKÇA

[1] T. Maver, *Computer Aided Design Appraisal*. Architectural Journal, 1971.

[2] T. Maver, *Predicting the Past, Remembering the Future*. Proceedings of the SIGraDi 2002 Conference, 2002.

[3] N. Cross, T. Maver, *Computer Aids for Design Participation*. Architectural Design, 1973.

[4] B. Kolarevic, *Back to the Future: Performative Architecture*. international journal of architectural computing, 2004.

[5] T. Maver, *Appraisal in Design*. Design Studies, 1980.

[6] B. Kolarevic, *Computing the Performative in Architecture*. Ecaade 2003, 2003.

[7] B. Kolarevic, A. Malkawi, *Peformative Architecture*. Spon Press, ısbn: 9781135994020.

[8] S. K. Erbaş, *Eğitim Yapılarında Cephe Boşluk Oranlarının Enerji Verimliliği Açısından Hesaplanması: Bir Uzman Sistem Modeli*. 2019.

[9] O. Pons, A. Aguado, *Integrated Value Model for Sustainable Assessment Applied to Technologies Used to Build Schools in Catalonia, Spain*. Elsevier, 2012.

[10] M. Raman, *Performative Architecture Beyond Instrumentality; Sustainable Design: an American Perspective*. Spon Press, 2005, ısbn: 9781135994020.

[11] *RIBA, "Royal Institute of British Architects"*, `https://www.architecture.com`, 18.05.2023.

[12] A. Aksamija, *Sustainable Facades: Design Methods for High Performance Building Envelopes*. Wiley, 2013, ısbn: 9781118549759.

[13] T. Klein *et al.*, *Integral Facade Construction: Towards a New Product Architecture for Curtain Walls*. TU Delft, 2013.

[14] A. Aksamija, *Context Based Design of Double Skin Facades:Climatic Consideration During the Design Process*. Perkins+Will Research Journal, 2009.

[15] A. Aksamija, *Design Methods for Sustainable, High Performance Building Facades*. Advances in Building Energy Research, 2015.

[16] X. Su, X. Zhang, *Environmental Performance Optimization of Window-Wall Ratio for Different Window Type in Hot Summer and Cold Winter Zone in China Based on Life Cycle Assessment*. Elsevier, 2010.

[17] G. Feng, D. Chi, X. Xu, B. Dou, Y. Sun, Y. Fu, *Study on the Influence of Window-Wall Ratio on the Energy Consumption of Nearly Zero Energy Buildings*. Elsevier, 2017, vol. 205, pp. 730–737.

[18] M. Alwetaishi, *Impact of Glazing to Wall Ratio in Various Climatic Regions: A Case Study*. Elsevier, 2019, vol. 31, pp. 6–18.

[19] F. Çağlar, G. Zorer Gedik, H. Gökdemir, *The Impact of Transparency Ratio on Thermal Comfort: A field Study on Educational Building*. 2020, vol. 4, p. 5.

[20] J. Ingram, *Understanding BIM: The Past, Present and Future*. Routledge, 2020.

[21] *NBIMS-ABD*, https://www.nationalbimstandard.org, 04.02.2022.

[22] *Bigdata*, https://bigdataconstruction.com/history-of-bim/, 18.05.2023.

[23] C. M. Eastman, C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, K. Liston, *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*. John Wiley & Sons, 2011.

[24] Y. Lu, Z. Wu, R. Chang, Y. Li, *Building Information Modeling (BIM) for Green Buildings: A Critical Review and Future Directions*. Elsevier, 2017, vol. 83, pp. 134–148.

[25] *LOD*, https://bimforum.org/lod/, 18.05.2023.

[26] *LOD1*, https://www.computerworks.de/vectorworks-blog/details/bim-prozess-bis-ins-detail-ausgeleuchtet.html, 18.05.2023.

[27] *LOD2*, https://www.buildinformed.com/log-lod-loi/, 18.05.2023.

[28] *BIMForumLOD*, https://bimforum.org/lod/, 18.05.2023.

[29] B. Daniotti, A. Pavan, S. L. Spagnolo, V. Caffi, D. Pasini, C. Mirarchi, *BIM-Based Collaborative Building Process Management*. Springer, 2020.

[30] E. Krygiel, B. Nies, *Green BIM: Successful Sustainable Design With Building Information Modeling*. John Wiley & Sons, 2008.

[31] *BIM-LifeCycle*, https://www.cemexventures.com/discover-how-bim-is-implemented-in-each-phase-of-the-construction-industry/, 07.02.2022.

[32] K. Kensek, D. Noble, *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice*. John Wiley & Sons, 2014.

[33] S. Stankovic, N. Campbell, A. Harries, *Urban Wind Energy*. Routledge, 2009.

[34] *Foster-Partners*, http://www.fosterandpartners.com/projects/city-hall//, 18.05.2023.

[35] *Franken*, http://www.franken-group.com//, 18.05.2023.

[36] B. Kolarevic, A. Malkawi, *Performative Architecture Beyond Instrumentality*. Spon Press, ısbn: 9781135994020.

[37] *Nouvel*, http://www.jeannouvel.com/en/projects/100-11th-avenue//, 18.05.2023.

[38] *Shanghai*, http://archi101.com/yapilar/shanghai-tower/, 19.05.2023.

[39] *Hangzhou*, http://www.archdaily.com/56594/nbbj-and-ccdi-break-ground-on-hangzhou-sports-park//, 20.05.2023.

[40] *Elbphilharmonie*, http://www.archdaily.com/802093/elbphilharmonie-hamburg-herzog-and-de-meuron//, 22.05.2023.

[41] *Gerkin*, http://www.archdaily.com/928285/30-st-mary-axe-tower-foster-plus-partners?ad_medium=gallery//, 18.05.2023.

[42] *Urban*, http://www.archdaily.com/112190/center-for-urban-waters-perkins-will//, 18.05.2023.

[43] *Fieldman*, http://http://www.anthonyfieldman.com/kuwait-university-college-of-education/35mekudn2x7hssgwpkjetsinfiq9fg//, 22.05.2023.

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirisi

1. T. Tong, N. Uslu Güçlü, "Performansa Dayalı Yapı Kabuğu Tasarımında Gelişmiş BIM Araçları Kullanımı", Mimarlıkta Sayısal Tasarım Sempozyumu 2022 XVI. Ulusal Sempozyumu, 22-26 Haziran 2022, Eskişehir