



**KAVRAMSAL MİMARİ TASARIM SÜRECİNDE YBM (YAPI BİLGİ
MODELLEME) OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI ÜZERİNE BİR
İNCELEME**

Murat TURAN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ARALIK, 2021

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Murat TURAN

29/12/2021

KAVRAMSAL MİMARİ TASARIM SÜRECİNDE YBM (YAPI BİLGİ MODELLEME) OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI ÜZERİNE BİR İNCELEME

(Yüksek Lisans Tezi)

Murat TURAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Aralık 2021

ÖZET

Bu çalışma Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modeling) ve sahip olduğu parametrik altyapının kavramsal tasarım aşamasındaki olanaklarının araştırılmasını amaçlamaktadır. Yapı Bilgi Modelleme konusunda yapılan diğer akademik çalışmaların uzantısı olarak düşünülmektedir, ancak odak noktası kavramsal tasarım aşamasıdır. Bu aşamadaki kullanımın fizibilitesi ve uygulanışı ele alınmıştır. Bu bağlamda Yapı Bilgi Modellemesinin dünyadaki ve Türkiye’deki kabul ve kullanım oranları incelenmiş, geleneksel tasarım yöntemleri ve parametrik altyapıya sahip programlarla yapılmış tasarım yaklaşımları karşılaştırılmıştır. Yapı Bilgi Modelleme sistemi araçlarının, platformlarının ve ortamlarının hiyerarşik yapısı ortaya konmuştur. Bu kapsamda kullanılan platformlar, üretken tasarım araçları, eşzamanlı görselleştirme araçları tanıtılmış ve Yapı Bilgi Modellemesi tanımı, tarihi, kavramları hakkında bilgiler verilmiştir. Kavramsal tasarım ilkeleri ve projeye başlangıç konusunda araştırmalar yapılmıştır. Tüm bu bilgiler ışığında parçadan bütüne, başka bir deyişle bina ölçeğinden kent ölçeğine, parametrik modül ve grid yapısıyla oluşan bir proje üstünde olanaklar deneyimlenmiştir. Bulgular sonucunda nesne tabanlı, parametrik veriler yardımıyla yapılan üretim süreci, daha tutarlı, pratik, uygulamada farklı alternatifler sunabilen, serbest ve kontrollü bir şekilde bilgi ve tasarımlar üretilmesine olanak sağlamaktadır.

Bilim Kodu : 80111
Anahtar Kelimeler : Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), Kavramsal tasarım, Parametrik tasarım, Üretken tasarım
Sayfa Adedi : 83
Danışman : Doç. Dr. Arzu ÖZEN YAVUZ

AN INVESTIGATION ON THE OPPORTUNITIES OF BIM (BUILDING
INFORMATION MODELING) IN THE CONCEPTUAL ARCHITECTURAL DESIGN
PROCESS

(M. Sc. Thesis)

Murat TURAN

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

December 2021

ABSTRACT

This study aims to investigate the opportunities of Building Information Modeling and its parametric infrastructure at the conceptual design stage. It is considered as an extension of other academic studies on Building Information Modelling, but its focus is on the conceptual design phase. The feasibility and application of the use at this stage are discussed. In this context, the acceptance and usage rates of Building Information Modeling in the world and in Turkey were examined, and design approaches made with traditional design methods and programs with parametric infrastructure were compared. The hierarchical structure of tools, platforms and environments in Building Information Modeling system has been revealed. Platforms used in this context, generative design tools, simultaneous visualization tools were introduced and information about the definition, history and terms of Building Information Modeling was given. Research has been done on conceptual design principles and starting the project. In the light of all this information, opportunities have been experienced on a project consisting of a parametric module and grid structure from part to whole, in other words from building scale to city scale. As a result of the findings, the production process with the help of object-based, parametric data allows to produce information and designs in a more consistent, practical, free and controlled manner that can offer different alternatives in practice.

Science Code : 80111

Key Words : Building Information Modeling (BIM), Conceptual design,
Parametric design, Generative design

Page Number : 83

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Arzu ÖZEN YAVUZ

TEŞEKKÜR

Akademik birikimi ve tecrübesiyle bana yol gösteren ve her zaman sergilediği pozitif yaklaşımı sebebiyle bu tezin hazırlanmasına çok önemli katkı sağlayan danışmanım, Doç.Dr. Arzu ÖZEN YAVUZ'a,

Araştırmalarım boyunca fikir alışverişleri, tartışmaları ve yardımları ile katkıda bulunan meslektaşlarım Burcu Buram ÇOLAK'a, Ece ATAER SERT'e, Özge TURGAY'a, Türker SERT'e,

Sabır ve anlayışlarıyla bana destek olan dostlarıma,

Akademik çalışmamda destekleri ve sabırları için sevgili eşim Dila TURAN'a,

Son olarak her zaman yanımda olan ve desteklerini hiç esirgemeyen değerli aileme; sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. YBM (YAPI BİLGİ MODELLEME) – BIM (BUILDING INFORMATION MODELING).....	7
2.1. BIM Tanımı.....	7
2.2. BIM Tarihi	9
2.3. BIM Platformları	12
2.3.1. Revit.....	13
2.3.2. Bentley.....	15
2.3.3. ArchiCAD.....	15
2.3.4. Digital project	16
2.3.5. Vectorworks.....	16
2.3.6. Tekla structures.....	17
2.3.7. Dprofiller	17
2.3.8. Allplan	18
2.3.9. Tasarım koordinasyon araçları	18
2.4. Birlikte Çalışabilirlik ve IFC.....	19
2.5. Entegre Proje Teslimi (IPD-Integrated Project Delivery).....	21
2.6. Üretken Tasarım (Generative Design) ve Araçları	21

	Sayfa
2.6.1. DesignScript	23
2.6.2. Dynamo	23
2.6.3. Grasshopper	24
2.6.4. RevitPythonShell	25
2.6.5. Generative components	25
2.6.6. Geometric description language	26
2.6.7. Rhinoceros-Grasshopper-ArchiCAD.....	26
2.7. BIM Araçları ile Sunum ve Senkronize Görselleştirme Araçları	26
2.7.1. Enscape	27
2.7.2. Lumion.....	27
2.7.3. Twinmotion	27
2.7.4. Unreal engine.....	28
2.8. BIM Olgunluk Seviyeleri-Boyutları-LOD Kavramı	28
3. BIM İLE TASARIM	33
3.1. Kavramsal Tasarım Nedir?	33
3.2. Geleneksel Tasarım ve Parametrik Tasarım	33
3.3. Tasarım Aşamaları	35
3.3.1. Sorulacak sorular ve tasarıma başlangıç.....	35
3.3.2. Topografya.....	36
3.3.3. Tipoloji ve mimari öğeler	36
3.4. Kavramsal Tasarımda BIM Etkisi ve “Grid-Modül” Konsept Tasarımının Geliştirilmesi	45
3.4.1. Obje bazlı tasarım ve bilgi yüklü parametrik akıllı elemanlar	45
3.4.2. Tasarım seçenekleri (Design options)	47
3.4.3. Otomatik görüntü düzlemleriyle çalışmak (model views-manage change)	48
3.4.4. 3D kütle modelleme.....	58

	Sayfa
3.4.5. Üretken tasarım araçlarıyla bilgi yüklü akıllı elemanları ve parametrelerini düzenleme	61
3.4.6. Bilgi dökme ve listeleme	64
3.4.7. Analiz ile tasarım.....	65
3.4.8. İş paylaşımı (Collaboration)	66
3.4.9. Gerçek koordinatlarla çalışabilme ve kent ölçeğinde BIM ile kavramsal tasarım	66
3.4.10. Eşzamanlı görselleştirme araçları ile tasarım	70
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	75
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	83

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Mahal listesi tablosu	65
Çizelge 3.2. Kentsel veriler tablosu	67



ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. BIM yazılım geliştiricilerinin kuruluş yılları.....	9
Şekil 2.2. a) Teknoloji ve kronoloji b) BIM kısa tarihçesi	9
Şekil 2.3. 1970’lerden günümüze BIM evrimi	10
Şekil 2.4. Ivan Sutherland tarafından geliştirilen Sketchpad programı	11
Şekil 2.5. Revit ara yüzü	15
Şekil 2.6. ArchiCAD ara yüzü	16
Şekil 2.7. Tekla Structures ara yüzü	17
Şekil 2.8. Allplan ara yüzü.....	18
Şekil 2.9. Dynamo ara yüzü.....	24
Şekil 2.10. Grasshopper ara yüzü	25
Şekil 2.11. BIM olgunluk seviyeleri diyagramı.....	29
Şekil 2.12. BIM boyutları	31
Şekil 2.13. LOD şematik gösterimi.....	32
Şekil 3.1. Aldo Rossi Foundations.....	37
Şekil 3.2. Durand’ın tipolji şeması	38
Şekil 3.3. a) Ev tipleri b) Blok tipleri c) Şehir blokları d) Yüksek binalar	39
Şekil 3.4. Francis Ching proje başlangıç şeması.....	41
Şekil 3.5. Francis Ching proje başlangıç şeması.....	42
Şekil 3.6. Francis Ching bina organizasyon şemaları	43
Şekil 3.7. The Absolute Towers of Canada	44
Şekil 3.8. The Louvre Abu Dhabi.....	44
Şekil 3.9. Modül ve Grid oluşum şeması.....	46
Şekil 3.10. Modüller	46
Şekil 3.11. Bina tipleri	48
Şekil 3.12. Görüntü düzlemleri-zemin kat planı	50

Şekil	Sayfa
Şekil 3.13. Görüntü düzlemleri-1.kat planı.....	51
Şekil 3.14. Görüntü düzlemleri-2.kat planı.....	52
Şekil 3.15. Görüntü düzlemleri- A-A kesiti.....	53
Şekil 3.16. Görüntü düzlemleri- B-B kesiti	54
Şekil 3.17. Görüntü düzlemleri-güney görünüşü.....	55
Şekil 3.18. Görüntü düzlemleri-doğu görünüşü.....	56
Şekil 3.19. Görüntü düzlemleri-batı görünüşü.....	57
Şekil 3.20. Görüntü düzlemleri-kuzey görünüşü	58
Şekil 3.21. Yerinde modellenmiş genel model	60
Şekil 3.22. Konsept kütle ara yüzü	61
Şekil 3.23. Pencere akıllı objesi.....	62
Şekil 3.24. Pencere akıllı objesinin parametrelerini kontrol eden Dynamo formülü.....	62
Şekil 3.25. Uyumlu akıllı obje	63
Şekil 3.26. Uyumlu obje parametrelerini kontrol eden Dynamo formülü	63
Şekil 3.27. Güneşlenme analizi.....	66
Şekil 3.28. Vaziyet planı	67
Şekil 3.29. Kentsel ölçekte veriler-kat adedi, modül sayısı ve alan	68
Şekil 3.30. Kentsel ölçekte veriler-kişi sayısı.....	69
Şekil 3.31. Enscape aracı BIM arayüzü	70
Şekil 3.32. Enscape görselleştirme çalışması-1	71
Şekil 3.33. Enscape görselleştirme çalışması-2	71
Şekil 3.34. Enscape model kesit çalışması.....	72
Şekil 3.35. Enscape aksonometrik kat planları	72

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

m

Metre

m²

Metrekare

Kısaltmalar

Açıklamalar

3D

Üç boyutlu

ABD

Amerika Birleşik Devletleri

AEC

Architecture/Engineering/Construction

AGC

Associated General Contractors of America

AIA

American Institute of Architects (Amerika Mimarlar Odası)

API

Application Programming Interface

BIM

Building Information Modelling

BIS

Business Innovation and Skills

CAD

Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)

CAL POLY

California Polytechnic State University

CIFE

Center For Integrated Facilities Engineering

CSU

The California State University

DAC-1

Design Augmented by Computer

DXF

Drawing Exchange Format

IAI

International Alliance for Interoperability

IDM

Information Delivery Manuel

IFC

Industry Foundation Class

IGES

International Graphic Exchange Standard

IPD

Integrated Project Delivery

ISO

International Organization for Standardization

İTÜ

İstanbul Teknik Üniversitesi

LOD

Level of Development (Detay Seviyesi)

Kısaltmalar**Açıklamalar**

LOG	Level of Geometry
LOI	Level of Information
MEP	Mechanic, Electric & Plumbing
MVD	Model View Definitions
NBIMS-US	The National BIM Standard-United States
NBS	National Building Specification
NIST	Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü
PTC	Parametric Technology Corporation
SAT	Spatial's ACIS Text
VB	Visual Basic
VR	Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)
VRML	Virtual Reality Modeling Language
YBM	Yapı Bilgi Modelleme
YY.	Yüz yıl

1. GİRİŞ

Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modeling-BIM) mimarlık, mühendislik ve inşaat (Architecture, Engineering & Construction-AEC) endüstrilerinde bir devrim olarak nitelendirilmektedir (Afsari, 2012). BIM teknolojisi bir binanın inşa aşamasından önce sanal bir kopyasının bilgisayar ortamında oluşturulmasıdır. Bu dijital model tasarımı her fazda analiz imkanıyla destekler ve manuel süreçten daha fazla kontrol sağlar. Model tamamlandığında inşaat, imalat ve satın alma faaliyetleri için kesin geometri ve ilgili verileri içerir. Yapı bilgi modellemesi, tasarımdan tesis yönetimine kadar her süreci potansiyel olarak etkileyen bir olgu olarak ortaya çıkmıştır (Eastman, Eastman, Teicholz, Sacks, ve Liston, 2011).

Bina proje ve inşaat sektörünün daha önce kullandığı bilgisayar destekli tasarım (CAD) teknolojisi ve diğer AEC teknolojileri parametrik modellemenin altyapısını oluşturmaktadır. Parametrik modelleme ve bilgi yönetim sistemiyle birleştiğinde BIM çözümü halini almaktadır (Wierzbicki, De Silva, ve Krug, 2011). BIM in temelleri 1970'lerin sonları ve 1980'lerin başlarında yapılan parametrik modelleme çalışmalarına kadar uzansa da AEC endüstrisi, aktif olarak BIM' i 2000'lerin ortalarında proje uygulamalarında kullanmaya başlamıştır (Azhar, Khalfan, ve Maqsood, 2012).

2020 yılında yayınlanan NBS (National Building Specification) onuncu yıl özel raporuna göre BIM benimsenme ve kullanma oranı 2011'den 2020 yılına kadar kademeli olarak %73 gibi bir orana ulaşmıştır. Bu benimseme daha çok özel sektörde görülmektedir. Bu rapor geçen yılların aksine sadece İngiltere'de faaliyet gösteren kullanıcılar yerine tüm dünyadan katılımcıların verdiği cevaplar ışığında hazırlanmıştır (NBS, 2020).

BuildingSMART destekli BIMgenius'ın araştırma raporuna göre Türkiye'deki en yüksek BIM deneyimine sahip meslek grubu mimarlardır. Bunu sırasıyla inşaat mühendisliği, makine mühendisliği ve elektrik mühendisliği izlemektedir. BIM deneyimine sahip kullanıcılar genellikle 100'den fazla çalışanı olan büyük ve multidisipliner firmaların katılımcılarıdır. Anket katılımcıları arasında BIM temelli çalışanların sayısı 2018 yılında %54,26 iken 2019 yılında %60,52'e yükseldiği görülmektedir. 2018 ve 2019 verileri karşılaştırıldığında CAD tabanlı yazılım kullanımı azalmaktadır ve BIM tabanlı yazılım kullanımı artmaktadır. Bu değişime ilk ayak uyduracak AEC sektöründeki disiplinin

mimarlık disiplini olabileceği yapılan anket sonuçlarında görülebilmektedir (BIMgenius, 2020).

Araştırmalardan da görüldüğü gibi hem dünyada hem de ülkemizde BIM konusundaki farkındalık ve benimsenme oranı artmakta, gelişen teknolojinin de yardımıyla tasarlama ve proje üretim biçimi değişime uğramaktadır.

BIM kullanımının en önemli avantajları erken tasarım aşamasından gelmektedir. Daha planlı ve iyi düşünülmüş, analiz edilmiş bir tasarım başlangıcı genellikle tüm süreç için daha az hatayla sonuçlanmaktadır. Bu avantaj asıl olarak akıllı nesnelerle model oluşumuna dayanmaktadır. İstenildiği anda projeden çıkartılabilen iki boyutlu çizimler herhangi bir değişiklik yapılması halinde bile otomatik olarak tüm görüntülerde revize edilmiş olacaktır. Birden fazla tasarım disiplinin erken aşamada iş birliği imkanı iletişimle ilgili hataların azalmasını sağlayacaktır (Mengana ve Mousiadis, 2016). Erken tasarım aşamasında proje üretim sistemlerinin bir tasarım otomasyon sistemi olarak kullanılmasının geleneksel yaklaşımdan daha hızlı ve daha verimli uygulanabilir çözümler sunması açısından çok yararlıdır (Abrishami, Goulding, Rahimian, Ganah, ve Sawhney, 2014).

Bu çalışmanın BIM ile ilgili yapılan akademik çalışmaların bir uzantısı olduğu düşünülmektedir. Kavramsal tasarım aşamasında BIM uygulamasının fizibilitesini ve uygulanışını ele alan az sayıda akademik çalışma vardır. Bu çalışmaların birçoğu yurtdışında akademik çalışmalardır. Türkiye’de yapılan akademik çalışmalar genellikle uygulama projesi aşamalarına veya sürdürülebilirlik kavramına yöneliktir.

Ben Lashihar (2011) tez çalışmasında Revit ve üretken tasarım yaklaşımını kavramsal tasarım aşaması için incelemiştir. Bu kapsamda var olan Revit ve üretken tasarım araçlarına karşı Rhinoceros ve üretken tasarım araçları karşılaştırması yapmış katılımcılar arasında yapılan deneysel ve anket çalışmalarıyla bu karşılaştırma sonuçlarını irdelemiş ve sonuçlara ulaşmıştır (Ben Lashihar, 2011).

Avila (2009) kavramsal tasarım aşamasında BIM uygulamaları fizibilitesini araştırmak amacıyla, California Polytechnic State University (Cal Poly) ve The California State University (CSU) üniversitelerinin bir binası olan “Cal Poly Center for Science” binasının tasarım ve proje yönetimi konularında araştırma yapmıştır. Yeni gelişen BIM uygulamaları

üniversite içindeki yeni yapılacak yapıların BIM yöntemiyle uygulanmasını önermiştir (Avila, 2009).

Afsari (2012) tez çalışmasında BIM sürecinin kavramsal aşamasında uygulanması konusunda BIM uygulanmış üç adet bina örneği üzerinden araştırma yapılmıştır. BIM kullanan profesyonellerin karşılaştığı zorluklar ve faydalar incelenmiştir (Afsari, 2012).

Tecnico Lisboa’da yapılmış Barreto ve Ferreira’nın yaptığı tez çalışmalarında BIM platformu üzerinde üretken tasarım araçlarının kullanımı araştırılmıştır (Barreto, 2016; B. Ferreira, 2015).

Czmoch ve Pekala (2014) yayınladıkları makalede geleneksel tasarım süreci ve BIM tabanlı tasarım sürecini karşılaştırmışlardır. BIM’in tasarım aşamasında kullanılmasından kaynaklanacak potansiyel faydaları ve zorlukları incelemiştir. BIM teknolojisiyle hazırlanmış mevcut bir bina üzerinde vaka çalışmaları yürütmüşlerdir (Czmoch ve Pekala, 2014).

Evcimen (2018) tez çalışmasında endüstriyel tesislerin yapım sürecinden ortaya çıkabilecek yapılabirlik problemlerinin erken tespiti ve önlenmesi konusunda YBM araç olarak kullanılabileceği önerisi sunmuştur. Yapımı tamamlanan bir enerji santrali projesi vaka çalışması olarak seçilmiştir. Çalışma sonucunda vaka çalışmasında deneyimlenen YBM’nin yapılabirlik konusunda sağladığı faydalardan bahsedilmiştir (Evcimen, 2018).

Akkoyunlu (2015) “Kentsel dönüşüm projeleri için YBM uygulama planı önerisi” başlıklı tez çalışmasında, ana hedef olarak kentsel dönüşüm projelerine yönelik bir BIM uygulama planı geliştirmeyi hedeflemiştir. Bu kapsamda BIM uygulama planı oluşturulmuş ülkelerin mevzuatları incelenmiş Türk inşaat sektörüne uygun bir model bulunması amaçlanmıştır (Akkoyunlu, 2015).

Çuhadar (2017) “Mimarlık hizmet kapsamında bina bilgi modelleme: G villa konut projesi” başlıklı tez çalışmasında çalışma kapsamında Revit platformu kullanarak G villa konut projesi tasarlamıştır. Ön tasarımdan uygulama projesine kadar tüm aşamalar için YBM uygulaması deneyimlenmiştir. YBM’nin gelecekte inşaat endüstrisinde yaygın olarak kullanılacağı öngörülmüştür (Çuhadar, 2017).

Atabay ve Öztürk (2019) “Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) uygulama planı üzerine inceleme” adlı makalesinde YBM uygulama planının Türkiye şartlarına uygun olabilecek süreçlerini örnek bir proje üzerinde inceleyerek ve süreçlerin detay seviyeleri, koordinasyon, altyapı kapsamında gerekli öncüler ve model planlamaları oluşturmuştur (Atabay ve Öztürk, 2019).

Alat (2019) tez çalışmasında uygulama projesi hazır bir konut projesi üzerinde YBM yaklaşımı projelendirmiş, çakışma kontrolleri yapılmış, verimlilik ve maliyet açısından önemini ortaya koymaya çalışmıştır (Alat, 2019).

Muratoğlu (2015) tez çalışmasında geleneksel proje teslim sistemi ile yapılan tasarım aşamasında ortaya çıkan ve uygulama aşamasını etkileyen uyumsuzluklar anlamında bir çalışma yapmıştır. BIM kullanımının bu uyumsuzluklar üzerinde herhangi bir olumlu etkisi olup olmadığı bir vaka çalışması üzerinden vaka çalışması ile araştırılmıştır (Muratoğlu, 2015).

Karabay (2017) tez çalışmasında hesaplamalı tasarım araçlarının YBM aracı olarak kullanılarak sağlayacağı olanaklar hakkında bir araştırma yapmıştır. Dynamo programıyla yapılan vaka çalışması ile bu olanakları irdelemiştir (Karabay, 2017).

Özcan (2010) çalışmasında İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) mimari tasarımda bilişim yüksek lisans programını öğrencilerine yaptığı anket çalışmasıyla YBM olanaklarını incelemiştir. YBM uygulanmış bir proje örneğinin tasarım sürecini, inşaat sürecini ve proje yönetim sürecini incelemiştir (Özcan, 2010).

Bu tezde kavramsal tasarım aşamasına BIM sistemi dahil edilerek, yeni tasarlanan bir mimari prototipte, sistemin sağlayacağı olanaklar irdelenmiş ve deneysel bir çalışma yoluna gidilmiştir. Parametrik altyapıya dayanan yeni kavramsal tasarım sürecinin getireceği olanaklar araştırılmıştır. Tezde odak noktası kavramsal tasarım sürecidir ve bu aşamada BIM kullanımının sektörde başlangıç safhasından itibaren kullanımının önemi hakkında farkındalık sağlamak amaçlanmıştır.

Tezin birinci bölümünde BIM’in kapsamlı tanımı yapılmış, tarihi hakkında bilgi verilmiş, BIM platformları ve araçlarının hiyerarşik düzeni anlatılmış ve yazılımları tanıtılmıştır.

İkinci kısımda kavramsal tasarım ve aşamaları hakkında bilgi verilmiş proje başlangıcındaki süreç ve sorulacak sorular belirtilmiştir.

Üçüncü bölümde yeni tasarlanan modül ölçeğinden kentsel ölçeğe kadar kendini üreten “grid-modül” tasarımı üzerinde, BIM platformları ve araçları kullanılarak spesifik başlıklar altında olanaklar irdelenmiştir.

Uygulama örneğinde yaygınlık, BIM ortamından kopmama ve kullanıcı hakimiyeti parametreleri göz önünde bulundurularak platform olarak Revit, üretken tasarım aracı olarak Revit’e entegre Dynamo aracı, görselleştirme aracı olarak da BIM altyapısına BIM arayüzü ile eklemlenebilen Escape aracı kullanılmıştır. Böylece tek ekosistemde, herhangi bir CAD ortamına dahil olmadan ya da programlar arası geçiş yapılmadan, BIM ortamı çerçevesinde olanaklar deneyimlenmiştir.



2. YBM (YAPI BİLGİ MODELLEME) – BIM (BUILDING INFORMATION MODELING)

2.1. BIM Tanımı

Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modeling-BIM) mimarlık, mühendislik ve inşaat (Architecture, Engineering & Construction-AEC) endüstrilerinde en umut verici gelişmelerden biridir. BIM teknolojisi bir binanın inşa aşamasından önce sanal bir kopyasının bilgisayar ortamında oluşturulmasıdır. Bu dijital model tasarımı her fazda analiz imkanıyla destekler ve manuel süreçten daha fazla kontrol sağlar. Model tamamlandığında inşaat, imalat ve satın alma faaliyetleri için kesin geometri ve ilgili verileri içerir (Eastman ve diğerleri, 2011).

BIM ayrıca bir binanın yaşam döngüsünü modellemek için gereken birçok işlev barındırır. Yeni tasarım ve inşaat yetenekleri ile proje ekibi arasındaki roller ve ilişkilerdeki değişiklikler için temel sağlar.

ABD Ulusal Yapı Bilgi Modelleme Standartları (The National BIM Standard-United States-NBIMS-US) organizasyonu BIM kavramını üç şekilde kategorize etmiştir.

- 1) Ürün (BIM modeli)
- 2) Bilgisayar destekli iş birliğine dayalı bir süreç
- 3) Yapı yaşam döngüsü yönetimi (Eastman ve diğerleri, 2011)

NBIMS-US komitesinin BIM tanımı şu şekildedir; BIM bir yapının fiziksel ve işlevsel özelliklerinin dijital ortamdaki bir temsilidir. Binanın yaşam döngüsü boyunca alınacak kararlar için sağlam bir temel oluşturan paylaşımlı bir bilgi kaynağıdır. BIM paydaşları arasında oluşturulmuş, bilgi ekleyip çıkarmanın veya güncellemenin mümkün olduğu iş birliği yöntemidir (Azhar, 2011; Azhar ve diğerleri, 2012).

Amerika Genel Müteahhitler Birliği (Associated General Contractors of America-AGC) BIM 'i şu şekilde tanımlamaktadır; Bir yapının inşaatını ve işletimini simule etmek amacıyla bir bilgisayar yazılım modelinin geliştirilmesi ve kullanılmasıdır. Ortaya çıkan model

binanın nesne tabanlı akıllı ve parametrik veriler barındıran dijital temsildir (Azhar ve diğerleri, 2012).

BIM Uluslararası standartlar tarafından bina hakkında kararların alınması için sağlam bir temel oluşturan nesnelerin fiziksel ve işlevsel özelliklerini barındıran paylaşımlı bir dijital temsildir (Volk, Stengel, ve Schultmann, 2014).

Yapı bilgi modelleme dijital nesnelerden oluşur. Yapılan modellemede yapı elemanları gerçek yapı ile birebir aynı özellikleri taşır yani gerçekte yapılacak inşaatın uygulamasında ortaya çıkacak çelişkileri önlemek adına yapılan sanal ortam temsildir (Çetiner, 2010).

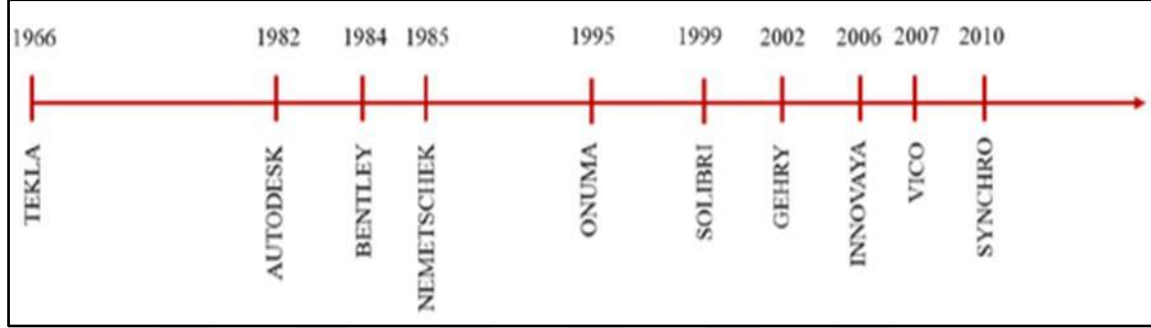
BIM inşa edilecek bir yapı projesinin parametrik üç boyutlu bir modelinin plan, kesit, görünüş ve perspektif üretebilme imkanıyla oluşturulduğu ve yapılan değişikliklerin tüm dokümanlarda anında değişebildiği bir teknolojidir (Akkoyunlu, 2015; Atabay ve Öztürk, 2019).

Bir BIM modeli binanın yaşam döngüsü hakkında kolayca veri dokümanı oluşturma yeteneğine sahiptir. Ayrıca BIM bilgilerin yeniden kullanımı ve paylaşımını kolaylaştırarak daha verimli bir tasarım süreci sağlar (Korqa, 2015).

Bina Bilgi Modellemesi anlamına gelen BIM, bina projelerinin tasarım ve belgelenmesinde yeni, modern ve devrim yaratan bir yaklaşımdır. BIM teknolojisi ile bir veya birkaç doğru geometrik model oluşturulabilir ve tüm proje aşamalarında inşaat ve yönetim faaliyetlerini destekleyecek bilgiler atanabilir. Ancak BIM 'in en etkileyici yanı, projenin tüm katılımcıları arasındaki koordinasyondur. Bunlar müşteri, mimar, mühendis, müteahhit, danışmanlar, imalatçılar ve operatörler olabilir. BIM ile projede, tüm katılımcıların tüm proje aşamalarında farklı süreçler hakkında sonuçlara veya iç görüleri katılmasını mümkün kılan bir şeffaflık vardır. Bu yöntemin temel hedefleri, daha geniş bir esneklik yaratmak ve süreç boyunca daha hızlı değişikliklere uyum sağlamaktır (Mengana ve Mousiadis, 2016).

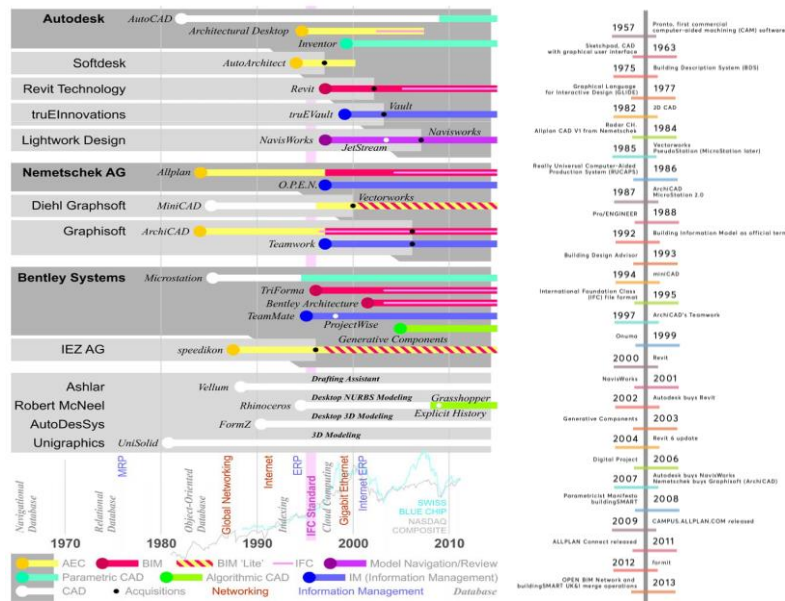
2.2. BIM Tarihi

Yapı bilgi modellemesi (BIM) son yıllarda önem kazanmış olsa da aslında temelleri yıllar öncesine dayanmaktadır. Teknolojik olarak gelişmiş bir çok ülkede parametrik altyapıya sahip modelleme yöntemi kullanılmaktadır (Kalkan, Okur, ve Altunışık, 2018)



Şekil 2.1. BIM yazılım geliştiricilerinin kuruluş yılları (Kalkan ve diğerleri, 2018)

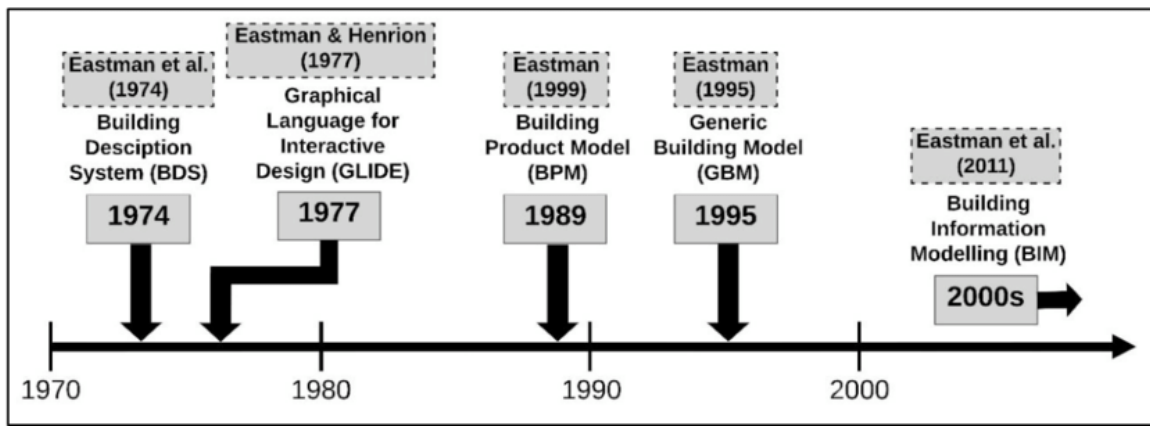
Bina proje ve inşaat sektörünün daha önce kullandığı Bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design-CAD) teknolojisinin ve diğer AEC teknolojilerinin kompleks birleşimi parametrik modellemenin temelini oluşturur. Bilgi yönetim sistemiyle entegre edildiğinde ise BIM çözümü halini alır (Wierzbicki ve diğerleri, 2011).



Şekil 2.2. a) Teknoloji ve kronoloji (Wierzbicki ve diğerleri, 2011) b) BIM kısa tarihçesi (BIM-AEC, 2020)

BIM in temelleri 1970’lerin sonları ve 1980’lerin başlarında yapılan parametrik modelleme çalışmalarına kadar uzansa da AEC endüstrisi, aktif olarak BIM’ i 2000’lerin ortalarında proje uygulamalarına entegre etmiştir (Azhar ve diğerleri, 2012).

1974 yılında BIM yaklaşımına çok benzeyen bir kavram ilk olarak “Bina Tanımlama Sistemi” (Building Description System) adıyla bir prototip üretilmiştir. AIA Journal’da Charles M. Eastman tarafından yayınlanmış ve BIM’in çeşitli kavramlarından bahsedilmiştir (Korqa, 2015).



Şekil 2.3. 1970’lerden günümüze BIM evrimi (Sinoh, Ibrahim, ve Othman, 2019)

Eastman bu yayınında kısaca şu özelliklerden bahsetmektedir;

- Öğelerin etkileşimli olarak tanımlanması
- Tanımlı elemanlar ile kesitler, planlar, perspektifler üretilmesi
- Çizimlerin güncellenmesi için değişikliğin yalnızca bir kez yapılması
- Bir elemanın değişikliğinden elde edilen tüm çizimlerin tutarlı olması
- Her türlü sayısal analizin sağlandığı ortak bir veri tabanı oluşturulması
- Maliyet ve malzeme miktarı tahmini

Charles Eastman’ın 1974 yılında yayınladığı makalede ise Eastman basılı kopya çizimlerin zamana karşı dayanıksız olduğunu, mevcut sistemin güncelleme sorunu olduğunu “Bina tanımlama sisteminin” tasarım maliyetlerinde yüzde elli düşüş sağlayabileceğini vurgulamıştır (Alat, 2019).

BIM anlamında ‘Bina Modelleme Teriminin’ ilk kullanımı Robert Aish tarafından 1986’da yayınlanan bir makalede bahsedilmiştir. Bu makalede Bina Modelleme Sisteminin uygulandığı bir vaka çalışması incelenmektedir. Bilgisayar destekli tasarım (CAD), ilk bilgisayarın geliştirilmesinden itibaren bu teknolojiyi kullanmaya başlamıştır. Bu da 1950’li yıllara uzanmaktadır (Korqa, 2015). Bu dönemde üretilen CAD iş istasyonu olarak adlandırılan makine çok pencereli görüntüleme ve üç boyutlu görüntü elde etme yeteneğine sahipti (Özcan, 2010). 1957 yılında Dr. Patrick Hanratty ilk CAD sistemlerinden biri olan “Pronto” programlama aracını geliştirmiştir. Ardından 1963 yılında Ivan Sutherland “Sketchpad” uygulamasını mekanik parçaların tasarımı amacıyla üretmiştir (Korqa, 2015).



Şekil 2.4. Ivan Sutherland tarafından geliştirilen Sketchpad programı (Feist, 2016)

Sketchpad uygulamasında ışıklı bir kalem ile ekrana çizim yapılabilmektedir. Nesne yönelimli programlama (object-oriented programming) ve ikon sistemi yöntem olarak kullanılmıştır. Aynı yıl içinde T.Johnson çalışmasında Sketchpad’i üç boyutlu hale getirmeyi amaçlamıştır. Paralel bir diğer çalışma ise IBM firmasının otomobil tasarımı için ürettiği DAC-1 (Design Augmented by Computer)’dir ve CAD sisteminin şekillenmesine öncülük etmiştir (Özcan, 2010). İlk nesil CAD yazılımları bilgisayarların yüksek maliyeti nedeniyle yalnızca otomotiv ve havacılık şirketlerinin ihtiyaçları doğrultusunda kullanılmıştır. Bilgisayar destekli tasarım araçlarının yaygın kullanımı 1980’lerde bilgisayarların ucuz olmasıyla başlamıştır (Korqa, 2015).

Geleneksel tasarım yöntemi olan el çizim tekniğini örnek alan katman tabanlı bilgisayar çizim sistemi ilk ortaya çıktığında bir dirençle karşılaşmış ancak daha sonra hız, kesinlik ve kolaylık açısından sağladığı faydalarla mimarlık sektöründe kabul görmüştür. Geometri dışındaki yapıya ait bilgilerin bilgisayar ortamında temsili 1980’li yıllara rastlamaktadır. Bilgi tabanlı (knowledge-based) olarak adlandırılan bu sistem yapı geometrisini ve yapı bilgisini aynı ortamda birleştirmeyi amaçlamıştır. Ancak mevcut çizim sistemlerinin yetersizliği ve uyumsuzluğu yüzünden ayrıca yabancı ara yüzü sebebiyle uzun süre akademik çalışmalarla sınırlı kalmıştır. 1990’lı yılların başlarında nesne tabanlı sistemler geliştirilmeye başlamıştır. Bu sistem ile yapıya ait bilgiler nesne geometrileriyle birlikte temsil edilmiştir. Asıl çalışma mantığı nesne tabanlı üç boyutlu bilgi barındıran bir model üzerinde tasarım paydaşlarının proje üretebilmeleridir (Pektaş, 2009).

İlk yapı bilgi modelleme sistemlerinin ilk örneklerinden bazıları İngiltere’de yapılan akademik çalışmalarla da desteklenen OXSYS CAD, CEDAR ve HARNESS gibi hastane tasarımıda kullanılan sistemlerdir. ABD’de yapılan çalışmalardan bazıları ise Techcrete (prekast beton yapı sistemi), ARCH-MODEL, BDS, GLIDE, GLIDE-II ve CAEADS’dır. Bu çalışmalar günümüz BIM teknolojisinin altyapısını teşkil etmektedir (Özcan, 2010).

ArchiCAD’ in piyasaya sürülmesinin ardından Parametric Technology Corporation (PTC) kurulmuş ve ilk kısıtlama tabanlı (constraint-based) parametrik yazılım olan Pro/Engineer ’ı üretmiştir. Ardından iki PTC çalışanı olan Irwin Jungreis ve Leonid Raiz ArchiCAD ’e kıyasla daha büyük ve karmaşık projelerde kullanılabilecek bir yazılım yazma amacıyla PTC ’den ayrılarak kendi yazılım şirketlerini kurmuşlardır. 2000 yılında Revit adlı yazılımı geliştirmişler ve 2002 yılında şirketleri Autodesk firmasına bünyesine girmiştir. Bu satın alma ile birlikte Revit’ in gelişimi ve tanıtımı hız kazanmıştır (Korqa, 2015).

2.3. BIM Platformları

Charles Eastman 2008 tarihli “A Guide to Building Information” adlı kitabında BIM yazılım hiyerarşisini üç başlıkta tanımlamıştır.

- BIM aracı: Belirli bir işlev için özelleşmiş BIM platformuna eklenti olarak çalışabilen yazılımlardır.

- BIM platformu: Ortak birincil veri modelini barındıran, kullanıcı ara yüzüne sahip birçok aracın üzerine eklemenebildiği yazılımları kapsar.
- BIM ortamı: Firma içi birden çok BIM platformunun ve tüm verilerin (video, ses kayıtları, görseller, dokümanlar dahil) depolandığı ve proje yönetiminin sağlandığı ortamlardır (Eastman ve diğerleri, 2011).

BIM platformu tasarımın yapıldığı baz ara yüzüdür, BIM araçları bu ara yüze eklenir. Örneğin Revit ve ArchiCAD birer BIM platformuyken Dynamo, Grasshopper veya Enscape, BIM aracıdır. İşlevine göre BIM platformuna yetenek katacak birçok eklemenebilir parametrik araç üretilmektedir. Tüm iki boyutlu ve üç boyutlu dokümanları içinde barındıran, sözleşmeler belgeler ya da süreçle ilgili dokümanların bulunduğu veri tabanı ise BIM ortamı olarak adlandırılmaktadır. Tezin bütününde yazılımlar tanımlanırken bu hiyerarşi baz alınacaktır.

Yazılım firmalarının ürettiği birçok BIM ürünü bulunmaktadır. Bunlar kullanıcı ara yüzü, kolaylık, işlevsellik, parametrik modelleme esnekliği, birlikte çalışabilirlik, ölçeklenebilirlik, genişletilebilirlik, eklemenebilirlik, tasarım yeteneği ve kolaylığı, yaygınlık gibi birçok kriterde ayrıştırılıp değerlendirilebilir. Her aracın ya da platformun eksiklikleri ve avantajları vardır. Firmalar bu araçları, bu kriterleri değerlendirerek ya da sözleşme şartları doğrultusunda seçim yaparlar.

2.3.1. Revit

Revit platformu 2002 yılında Autodesk firmasının satın aldığı ve geliştirdiği BIM platformudur. Revit Architecture, Revit Structure ve Revit MEP ürün ailesini içerir. Yakın zamanda yapılan geliştirmelerle en çok kullanıcı sayısına sahip pazar lideri konumuna gelmiştir. Kolay bir ara yüze sahiptir ve kullanıcılara eskiz mantığında parametrik tasarım yapma imkanı sunmaktadır. (Eastman ve diğerleri, 2011). Revit objelerine bina yapım fazı atanabilmektedir (Afsari, 2012). Böylece süreç verisi de tasarıma dahil edilebilmektedir. Bir tasarım aracı olarak serbest biçimli model üretme konusunda güçlüdür. Pazar lideri olması dolayısıyla çok geniş bir kütüphane desteğine sahiptir. Birçok üretici kendi internet sitelerinde ürünlerini Revit' e uyumlu bir şekilde paylaşmaktadır. Disiplinler arası platformlarda dosya geçişi konusunda yeteneklidir. Çizimler ve parametrelerin dökümü yapılabilir ve parametreler çift yönlü çalışabilmektedir. Örneğin çekilen çizelgelerde yapılan

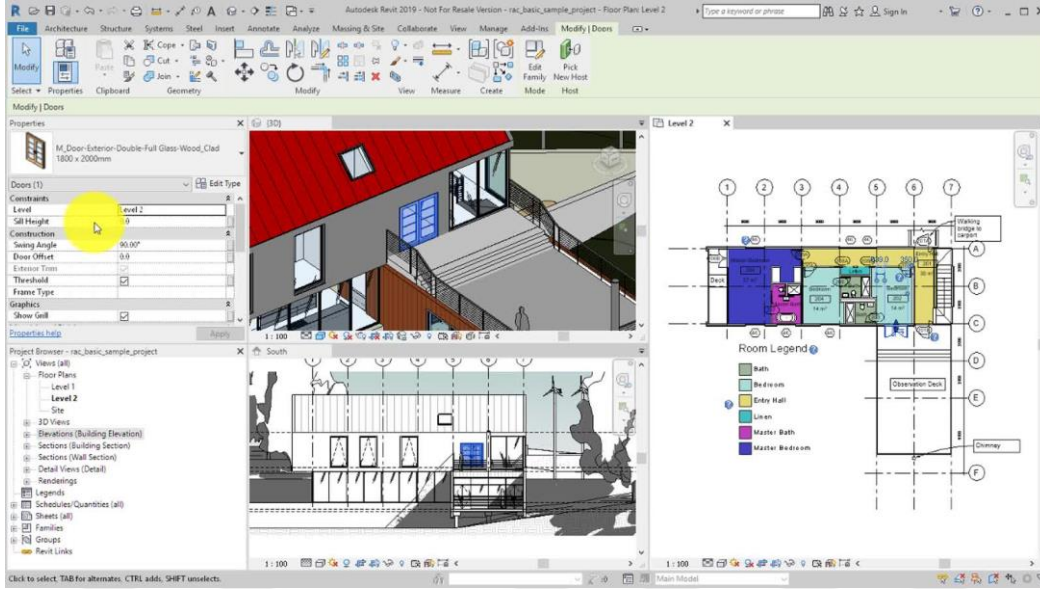
değişiklikler modele yansıdığı gibi, modelde yapılan değişiklikler de çizelge tablolarına otomatik ve eşzamanlı olarak yansıtılabilmektedir.

Yapı elemanları ve tüm akıllı objeler Revit’ te “family” olarak adlandırılmaktadır. Bir “family” altında “family” alt türleri ya da varyasyonları “type” olarak isimlendirilmiştir. Akıllı obje ailesi yani family benzer parametre, aynı kullanıma ve görsel gösterime sahip nesneler grubudur. Akıllı objeler platform içinde üç başlıkta kategorize edilebilir.

Sistem objeleri (System families): Platform içinde entegre olan parametrik nesnelerdir. Sistem objeleri, bina modellerinizde duvarlar, zeminler, tavanlar ve merdivenler gibi temel yapı elemanlarını oluşturmak için kullandığınız nesne tiplerini içerir. Sistem aileleri ayrıca proje ortamını etkileyen proje ve sistem ayarlarını içerir ve kat düzlemleri, akslar, paftalar ve görünüm pencereleri gibi öğelerin türlerini içerir. Aslında platformu çalıştıran her bir bileşen özünde akıllı bir nesne mantığıyla çalışmaktadır. Kullanıcı sistem objelerini çoğaltabilir, bu nesnelerin alt türlerini projeler arasında aktarıp kullanabilir (Fakhrutdinov, 2018).

Yüklenbilir objeler (Loadable families): Dışarıdan yüklenebilen akıllı nesnelerdir. Kullanıcı tarafından ya da firmalar tarafından üretilebilir, çeşitli değişiklik ve parametre atamaları yapılabilir. Revit platformu kullanıcı tarafından üretilecek nesneler için altlıklar sunmaktadır (Fakhrutdinov, 2018).

Yerinde üretilen objeler (In-Place families): Proje içinde üretilen özel kullanıma yönelik model nesneleridir. Üzerlerine parametreler atanabilir ve kategorileri değiştirilerek nesneler ile arasındaki ilişkiler tanımlanabilir (Fakhrutdinov, 2018).



Şekil 2.5. Revit ara yüzü (Autodesk, 2021)

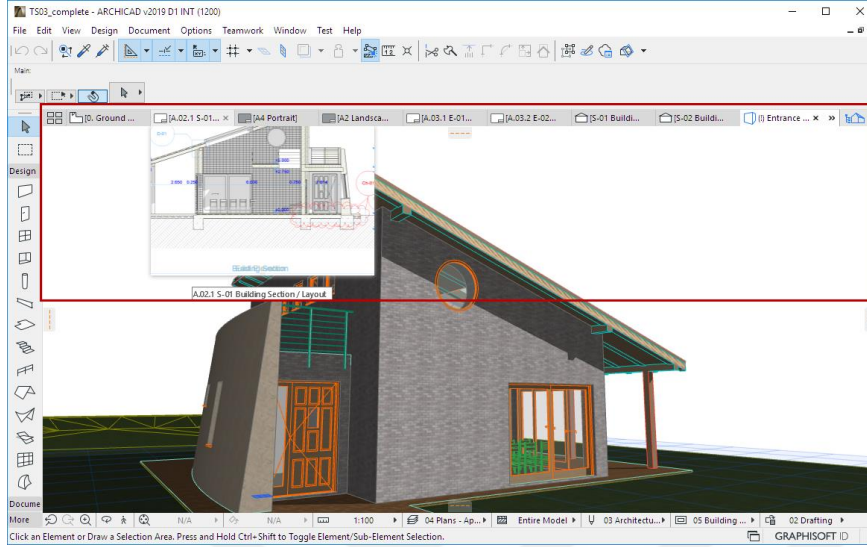
2.3.2. Bentley

Bentley sistemleri mimari, mühendislik, altyapı, inşaat için geniş bir ürün yelpazesinden oluşur. 2004 yılında tanıtılan Bentley Architecture daha önceki bir ürün olan Triforma'nın geliştirilmiş bir soyundan gelmektedir. Sunduğu destek sistemler ile daha çok İnşaat Mühendisliği ve Altyapı pazarında öne çıkmıştır. Parametrik ve üretken tasarımlar konusunda esneklik sunar. Güçlü katı modelleme yeteneğine sahiptir. İyi bir ara yüze sahiptir ancak kullanıcının program hakimiyeti ve eğitimi daha uzun vakit almaktadır. İşlevsel modülleri farklı nesne davranışlarına sahiptir ve öğrenme zorluğunu artırır (Howell ve Batcheler, 2005).

2.3.3. ArchiCAD

Mimari tasarım için kullanılan en eski BIM uygulamasıdır. 1980'lerin başında Graphisoft firması tarafından satışa sunulmuştur. 2007 yılında Nemetschek firması ArchiCAD'i satın alıp kendi bünyesine katmıştır. Modelleme yeteneği ve çizim oluşturma sistemi kullanıcıları tarafından sevilir. Çizimler ve parametrelerin dökümü yapılabilir ancak tek yönlüdür. Geniş yelpazede kapsamlı nesne kitaplıkları içerir. Farklı disiplinlerdeki birçok araca bağlantı yeteneğine sahiptir. Kolay bir ara yüze sahiptir ve ayrıca Mac platformlarında da desteklenmektedir (Eastman ve diğerleri, 2011). ArchiCAD Revit gibi birden fazla ürüne

sahip değildir her disiplin için özel bir ürün bulunmamaktadır. Tüm disiplinler aynı sürüm üzerinde çalışabilmektedir (Ben Lashihar, 2011).



Şekil 2.6. ArchiCAD ara yüzü (Graphisoft, 2021)

2.3.4. Digital project

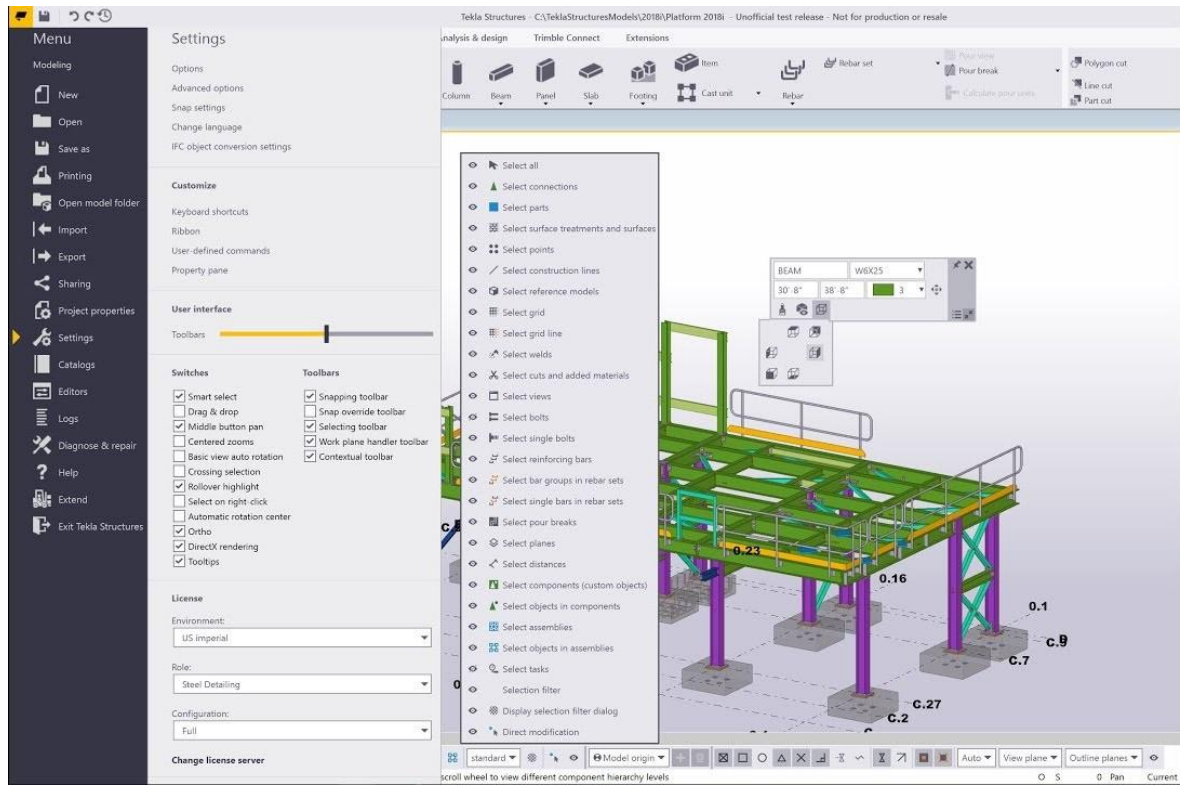
Gehry Technologies tarafından geliştirilmiş ve havacılık ve otomotiv sektöründe önde gelen parametrik modelleme platformu olan Dassault'un CATIA programının mimari ve bina alanındaki özelleşmiş yazılımıdır. İmalattaki kavisli yüzey modellemesi ve karmaşık parametrik montajların geliştirilmesinde güçlüdür. Kullanımı nispeten daha karmaşıktır (Afsari, 2012).

2.3.5. Vectorworks

1985 yılında Diehl Graphisoft tarafından geliştirilen MiniCad adıyla satışa sunulmuştur. 2000 yılında Graphisoft firması tarafından satın alınmış ve ismi Vectorwork olarak değişmiştir. Ayrı ürünler olarak tasarlanmış ancak aynı paket kapsamındaki mimari, ürün tasarımı, peyzaj, aydınlatma makine tasarımı, görselleştirme gibi çeşitli araçlar sunar. Bu ürünlerin tümü entegre bir çalışma ortamı sağlamaktadır. API ve Vectorscript yazılım dilleri kullanılarak genişletilebilme özelliğine sahiptir. Farklı formatlar arası geçişi ve IFC işlevlerini destekler (Eastman ve diğerleri, 2011).

2.3.6. Tekla structures

1966 yılında kurulmuş dünya çapında bir şirket olan Tekla Corp.'un bir ürünüdür. Bina, İnşaat, Altyapı, ve Enerji gibi birden fazla bölümden oluşur. İlk pazarlanma adı çelik yapılar üzerine özelleşmiş Xsteel'dir. İnşaat mühendisliği ihtiyaçlarına hitap etmektedir. 2004 yılında Çelik detaylandırma, prekast, betonarme gibi yapı mühendisliği desteğini yansıtmak üzere adı Tekla Structures olarak değiştirilmiştir. Yüksek düzeyde kullanıcı bilgisi gerektirir. Çok çeşitli uygulamalar arası dosya değişimi özelliği sunar ve IFC işlevlerini destekler (Eastman ve diğerleri, 2011).



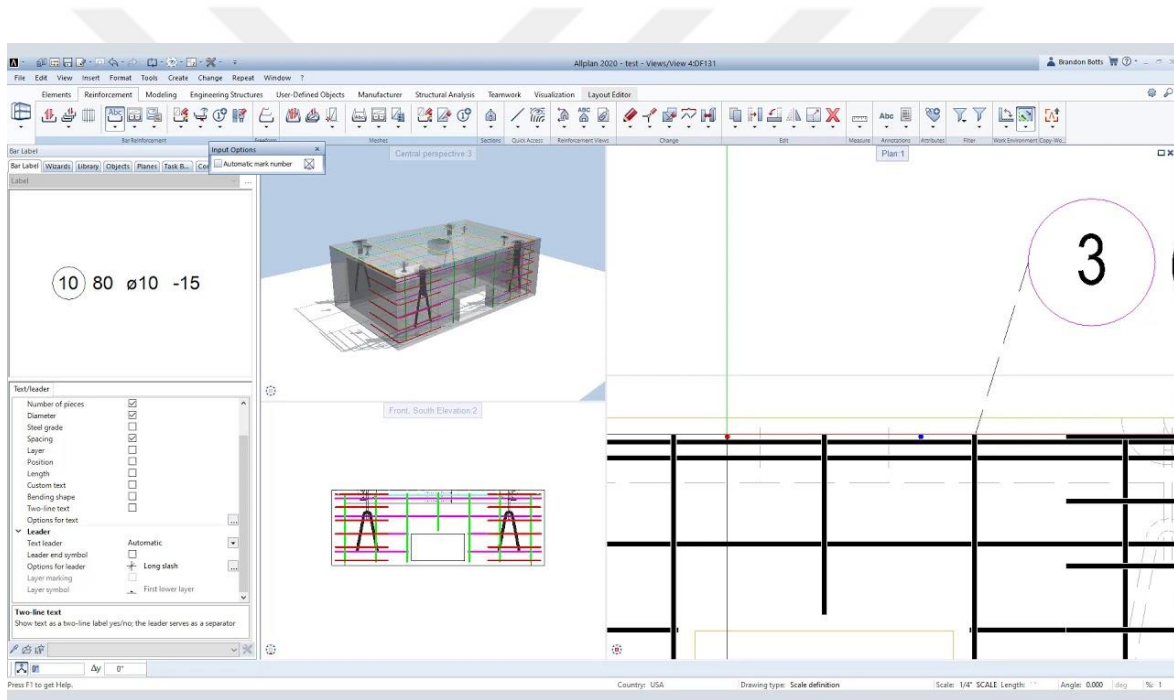
Şekil 2.7. Tekla Structures ara yüzü (Trimble, 2021)

2.3.7. Dprofiler

Beck Technologies firmasının bir ürünüdür. Parametric Technologies Corporation (PTC) firmasından satın alınan parametrik yazılım altyapısıyla üretilmiştir. Kolay bir konsept model üç boyut desteği sunar. Çeşitli bina tipine uygun tasarım modeli ile maliyet tahminleri konusunda yeteneklidir. Genel amaçlı bir BIM programı değildir ve erken maliyet tahmini konusunda özelleşmiştir (Eastman ve diğerleri, 2011).

2.3.8. Allplan

CAD yazılımlarının en büyük sağlayıcılarından olan Nemetschek 1963 yılında Münih’de kurulmuştur. 1984 yılında AEC sektörünün çalışmalarına yardımcı olmak için yazılmış bir BIM platformudur. Revit platformuna nazaran revizyon yapabilme yeteneği daha karmaşıktır. Modelleme süreci inşaat sürecindeki uygulama aşamalarıyla birebir uyumlu olarak yapılır ve bu konuda çok fazla esneklik sunmaz. Çizime başlarken kurulan kurgu ileri aşamalar için önemlidir ve zaman alıcı bir süreçtir. Çok güçlü bir filtreleme yeteneğine sahiptir. Ana model birden fazla çizim datasının birleşiminden oluşur ve böylece büyük projelerin modeli ağırlaştırmadan rahat çalışılabilmesini sağlar (Özcan, 2010) .



Şekil 2.8. Allplan ara yüzü (ALLPLAN, 2021)

2.3.9. Tasarım koordinasyon araçları

Navisworks, ProjectWise, Digital Project Viewer, Solibri, Vico, Tekla BIMsight Koordinasyonu destekleyen BIM araçlarından bazılarıdır. Tasarım esnasında disiplinler arası çakışma tespiti ve inşaat programını simüle etme konusunda özelleşmişlerdir. Bu araçlar genel olarak VRML veya IFC gibi ortak bir formata dayanır (Afsari, 2012).

2.4. Birlikte Çalışabilirlik ve IFC

CAD yazılımlarını kullanıcıları BIM sisteminden önce de farklı yazılımlar arasındaki geçişte bu ihtiyacı hissetmiştir ve birçok farklı dosya değişim standardı oluşturulmuştur. Bunların en bilinenleri ve yaygın kullanılanları DXF (Data eXchange Format), IGES (International Graphic Exchange Standard), SAT (Spatial's ACIS Text) gibi dosya değişim formatlarıdır. Bu alışveriş dosya tabanlıdır ve tek yönlüdür. Tasarım değişikliklerini eş zamanlı olarak yansıtmaz. Kullanıcılar uygun formatı diğer kullanıcıya dönüştürme yoluyla aktarma yapabilir. Bir modelde değişiklik yapıldığında diğer modellerin tutarlılığı gözden geçirilmeli ve güncellenmesi sağlanmalıdır. Bu güncellemeler manuel ve zahmetli bir şekilde yapılmaktadır. Ancak BIM sisteminin nesne tabanlı yapısı ve nesnelerin geometri dışı birçok bilgi barındırması, farklı davranışları ve nesneler arasındaki ilişkiler bilgi kaybının minimuma indirilmesi amacıyla yeni standartlar geliştirilmesine sebep olmuştur.

Bir önceki bölümde anlatıldığı gibi farklı özel firmaların ürettiği birçok BIM platformu mevcuttur. Birlikte çalışabilirlik farklı disiplinleri, farklı uzmanlık alanlarını kapsar. En yaygın birlikte çalışma türü aynı platform üzerinde farklı araçlarla çalışma şeklidir. Gerek disiplin içi gerek disiplinler arası aynı platform üzerinde birçok alışveriş yöntemi mevcuttur. Karmaşık ve zor olan BIM platformları arası iş paylaşımı ve nesne tabanlı alışveriştir. Çünkü her platform üreticisi kendi yazılım altyapısıyla ve nesne anlayışıyla programlarını tasarlamaktadır. Bu da ortak tarafsız bir geçiş yöntemini zorunlu hale getirmiştir (Eastman ve diğerleri, 2011).

BIM ile ilgili son McGraw-Hill anketleri birlikte çalışabilirliği ileri düzey BIM kullanıcıları için en büyük sorun olarak tanımlamaktadır (Eastman ve diğerleri, 2011).

Bu sorunlar Avrupa ve ABD'de yaklaşık olarak aynı zamanda ortaya çıkmış ve İsviçre'nin Cenevre kentindeki Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO- International Standart Organization), STEP (Standart for The Exchange of Product Model Data) adındaki standardı oluşturmak için bir teknik komite başlatmıştır. ISO-STEP' in ana ürünlerinden biri olan EXSPRESS yazılım dilini kullanan bir yazılım şirketleri topluluğu oluşturulmuştur. EXSPRESS yazılım dili standart kullanıcı için zor olduğu için EXSPRESS-G olarak adlandırılan grafiksel gösterim versiyonu geliştirilmiştir. AEC kuruluşları bu ISO-STEP

toplantılarına katılmış ve birçok dosya paylaşım standardı oluşturulmuştur. Bunlardan bazıları; AP-225, IFC, CIS/2, AP-241 ve ISO-1926'dır (Eastman ve diğerleri, 2011).

1994 yılının sonlarında Autodesk firması bu iletişim sorununun çözülmesine yönelik tavsiyede bulunmak üzere bir endüstri konsorsiyum başlatmıştır. Bu organizasyon sonucu bir çözüm ortaklığı kurulmuştur. 1997 yılında bu kuruluşun adı IAI (International Alliance for Interoperability)'dır. Kar amacı gütmeyen, tarafsız bir ortaklık hedeflenmiştir ve bina yaşam döngüsüne yanıt verecek IFC (Industry Foundation Class) standartlarının temeli atılmıştır. 2005 yılı itibarıyla anlaşılabilirlik kolaylığı açısından IAI ismi 'BuildingSMART' olarak yeniden adlandırılmıştır (Eastman ve diğerleri, 2011).

BuildingSMART bina yaşam döngüsü boyunca bilgi paylaşımının geliştirilmesini sağlar. Kullanıcılar hangi yazılım uygulamasını kullanırsa kullansın daha iyi iş birliği yapabilirler. BuildingSMART'ın teknik çekirdeği 2003 yılında ISO sertifikasına sahip olan IFC' ye dayanmaktadır. (BuildingSMART, 2021)

IFC Uluslararası bir standarttır. Yazılım platformlarından bağımsız bir şekilde, BIM uygulamaları arasında nesne tabanlı iş birliğini sağlar. Şu anda, IFC, büyük BIM yazılım satıcıları arasında en çok desteklenen protokoldür (Porwal ve Hewage, 2013).

IFC ArciCAD, Allplan, Revit vb. öncü BIM platformları tarafından desteklenmektedir. Standardın genel özelliği bina elemanının birden fazla özelliğine imkan tanınmasıdır. Böylece nesne hem grafik hem sayısal özellikler barındırabilir (Ofloğlu, 2014).

Bina objelerine ait tüm bilgileri kayıpsız bir şekilde diğer platformlara aktarmayı hedefler.

BuildingSMART tarafından üretilen diğer birkaç standart ve kılavuzlar şunlardır;

- *IDM (Information Delivery Manual)*: Bina yaşam döngüsü boyunca süreçleri ve bilgi akışını belirlemek için bir metodoloji tanımlar.
- *BCF (BIM Collaboration Format)*: Paydaşlar arasındaki iletişimi sağlamak, IFC tabanlı süreçleri kolaylaştırmak ve iyileştirmek için hazırlanmıştır.
- *MVD (Model View Definitions)*: Bina ilgili süreçlerde paydaşlar arasında verimli bilgi akışını enerji ve yapısal analizleri sağlamak için oluşturulmuştur. (BuildingSMART, 2021)

2.5. Entegre Proje Teslimi (IPD-Integrated Project Delivery)

IPD tüm paydaşların ortak bir ortamda bütün dokümanlara ulaşabildiği kendi alanındaki tüm değişiklikleri ve tasarımı yapabildiği iş birliğine dayalı proje teslim yöntemidir. BIM' in IPD ile birleşimi yalnızca verimliliği artırmak ve hataları azaltmak ile kalmaz aynı zamanda alternatif yaklaşımları da keşfetmeye olanak tanır (Porwal ve Hewage, 2013).

Tüm paydaşlar eşit sorumluluk ve hukuksal yükümlülük altına girerler. Belirgin bir liderlik anlayışı değil ortak bir çalışma sistemi benimser.

Entegre proje teslim sisteminin ilkeleri aşağıdaki gibidir;

- Erken aşamalarda proje verimliliğini destekler.
- Kararlar tüm takım tarafından ortaklaşa verilir.
- Proje hedefleri erken aşamalarda belirlenir.
- Katılımcılar arasında açık bir iletişim sağlar.
- Süreç boyunca tüm paydaşların projenin içerisinde olmasına olanak tanır (Oflluoğlu, 2014).

Küçük ya da büyük ölçekli tüm projelerde rahatlıkla proje yönetimi sağlanarak istenen kalitede iş üretilir. Entegre proje teslim sisteminin BIM ile birebir uyumu asıl tercih sebebidir. 2d modelleme yada CAD sistemiyle başarılı olma ihtimali düşüktür (Akkoyunlu, 2015).

2.6. Üretken Tasarım (Generative Design) ve Araçları

Konsept tasarımda eskiz, tasarımcıların esnek fikirlerini kavramsal temsilini oluşturmaya çalıştıkları en önemli aktivitedir. Yaratıcı çözümlere ulaşmakta kritik bir rol oynar, tasarımcının zihnini görselleştirilmiş bir ürüne dönüştürür. Bu aşamada mimar estetik kaygıları da taşıyan özgün bir form arayışına girer. Günümüzde tasarıma daha yaratıcı ve kontrollü keşif imkanları getiren algoritmalarından oluşan üretken tasarım araçları sunulmuştur. Bu entegre araçlar yine parametrik yapıya sahip BIM sisteminin serbest biçim oluşturma, otomasyon gibi özelliklerini daha da geliştirme imkanı vermektedir (Afsari, 2012). BIM ve üretken tasarım yöntemleri tasarımın kalitesini arttıran iki önemli

yaklaşımıdır. Üretken BIM yaklaşımı BIM teknolojisinin parametrik altyapısına eklenerek tasarımcının karmaşık problemlerin üstesinden gelmesi, yaratıcı, esnek ve akışkan bir yöntem izlemesinin önünü açmıştır (Korqa, 2015). Parametrik modelleme kullanıcı tarafından belirlenen kısıtlarla model elemanlarının ilişkilerinin tanımlanması ve algoritmalar yardımıyla manipülasyon yeteneğidir. Bu işlemler sırasında kullanıcıya algoritmayı oluşturduğu ve geometriyi görüntülediği iki ayrı ara yüz sunulur (Kalkan ve diğerleri, 2018). Makine tabanlı bir bilgi üretme ve akıl yürütme yöntemi benzeri görülmemiş olasılıklar açacaktır (Wierzbicki ve diğerleri, 2011).

Üretken tasarım yaklaşımı, çeşitli öğelerin ve tasarım olanaklarının oluşturulabildiği kurallara ve algoritmalara dayalı bir süreç olarak tanımlanabilir. Bu kurallar ve algoritmalar çeşitli proje çözümleri üretmek için sistematik olarak kullanılabilen parametrelerden oluşur. Hesselgren 'e göre üretken tasarım bir binayı tasarlamak ile ilgili değil bir binayı tasarlayan sistemi tasarlamayla ilgilidir. Üretken tasarım araçları farklı tasarım alternatiflerinin değerlendirilmesi için form üretmeye rehberlik eden bilgisayar uygulamalarıdır ve bunu algoritmalar aracılığıyla yapar. Değişikliklere izin veren hassas, esnek ve kontrol edilebilir bir tasarım yöntemidir (Korqa, 2015).

Üretken tasarımın algoritmik yapısı tekrarlayan, zaman alan ve sıkıcı görevleri bir otomasyona bağlayarak mimarları hatadan, tasarım sürecindeki kayıp zamandan ve emek israfından kurtarmaktadır. Bir diğer avantajı ise karmaşık geometrilerin oluşturulmasını basitleştirme yeteneğidir. Tasarım sürecinde tasarımcı çok çeşitli alternatifleri veya çözüm yollarını hızlı bir şekilde üretebilir ve test edebilir. Günümüz üretken tasarım araçları ilk olarak CAD programlarına entegre olarak çalışmaya başlamıştır. Ancak BIM uygulamasının parametrik altyapısı ve bu parametrelerin değiştirilebilme esnekliği üretken tasarım için daha elverişli bir zemin sağlamaktadır (Barreto, 2016; Ma, Wang, Wang, Xiang, ve Sun, 2021).

YBM araçlarının tanımlı yetenekleri sınırları üretken tasarım araçlarıyla aşılabılır. Teknolojinin gelişmesi ve yaygınlaşması yazılım kodlamanın mimari tasarım sürecine entegre olmasının yolunu açmıştır. Yazılım dillerinin tasarım sürecine yansması bilgisayar tabanlı eskiz yapmanın önünü açmıştır.

BIM programlarının üretken tasarım ile etkileşimi API (Application Programming Interface) 'ler yardımıyla yapılabilir. Ancak bu kapsamlı yazılım dili yeterliliği gerektirmektedir. Bu

zorluk ve sorunun üstesinden gelmek için kullanıcı ara yüzü daha basit görsel ara yüzlü kodlama programları üretilmiştir. (Barreto, 2016)

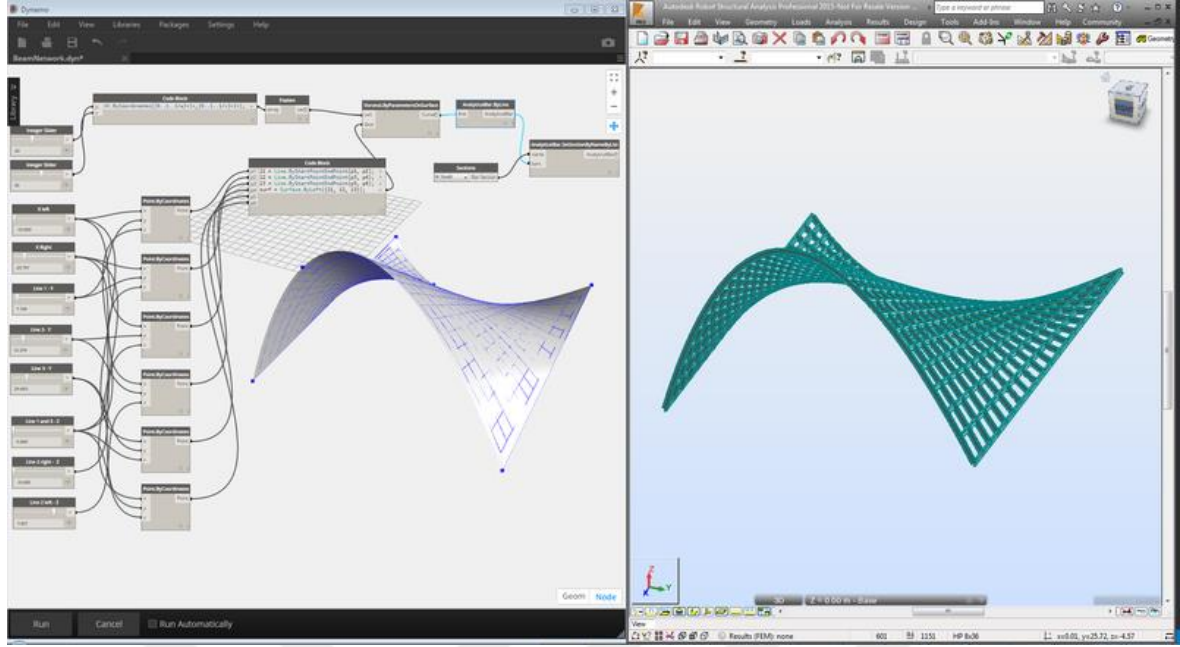
2.6.1. DesignScript

DesignScript Robert Aish tarafından yaratılan modelleme aracı ve programlama dilidir. Bentley'in Generative Components ve Rhinoceros'un Grasshopper gibi üretken tasarım araçlarının kullanıcılar tarafından kabul görülmesi neticesinde Autodesk rakipleri ile rekabet edebilmek için bir ürün oluşturma çalışmasına girişmiştir. Bunun içinde Robert Aish'i işe alarak ve grafiksel bir dil kullanmasını isteyerek DesignScript'in ortaya çıkmasını sağlamıştır. Aish'in iddiasına göre DesignScript daha esnek olmayı hedeflemektedir. Program diliyle tasarım yapmaya alışık olmayan tasarımcıların işini kolaylaştıran, son kullanıcıya odaklı bir üretken tasarım aracıdır. İçinde barındırdığı hem görsel betik hem de metin dili sayesinde daha karmaşık işler için kod yazmak isteyen ileri seviye kullanıcılara imkan sağlamaktadır. Şu anda DesignScript Revit platformuna entegre çalışan Dynamo'nun bir parçasıdır (Bruno Ferreira ve Leitão, 2015; Karabay, 2017; Korqa, 2015).

2.6.2. Dynamo

Dynamo Autodesk tarafından üretilmiş görsel betiklerden oluşan Revit ve Vasari ile entegre çalışan bir programlama eklentisidir. Aynen Grasshopper gibi görsel betiklerin birbirine tellerle bağlanarak işlem yazma imkanı tanımaktadır. Python betiği aracılığıyla Revit API'e doğrudan erişilebilir. Dynamo, Dynamo Studio adıyla bağımsız bir program olarak ya da Revit'e entegre şekilde çalışabilmektedir. Python programlama diliyle yazılan açık kaynak paketlerle kapsamını genişletebilmektedir (Barreto, 2016; Karabay, 2017; Korqa, 2015).

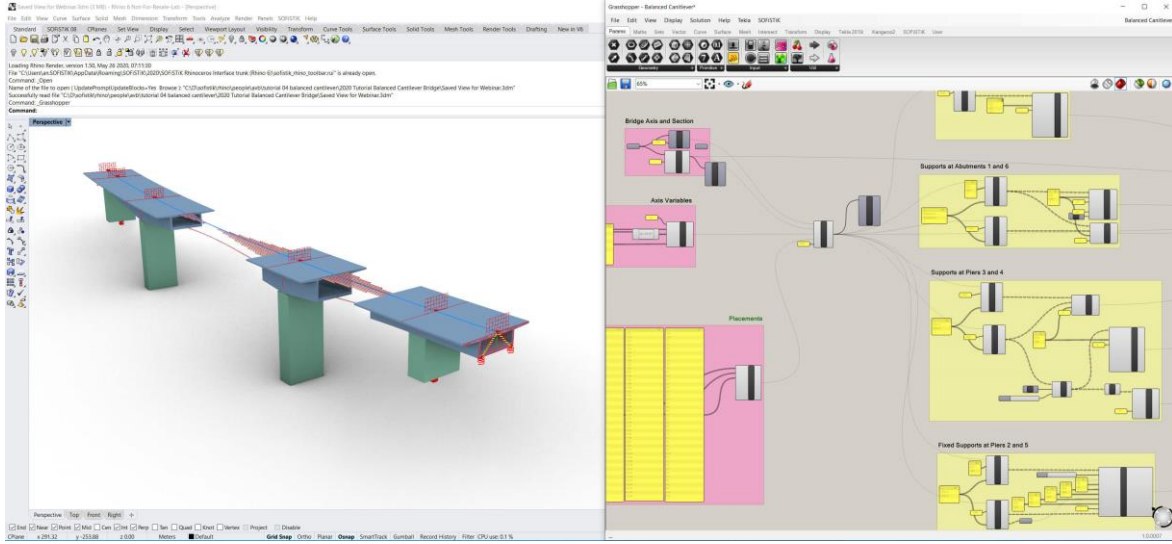
BIM ortamıyla Revit'e entegre olan versiyonu BIM objelerine doğrudan etki edebilmektedir. Hem programcı olmayan hem de programcılar için erişilebilir olmayı hedefleyen görsel betik programlama aracıdır. Karmaşık veya tekrarlanan işler için otomasyon sağlamak özelliği kayda değerdir (Mengana ve Mousiadis, 2016).



Şekil 2.9. Dynamo ara yüzü (Fudala, 2014)

2.6.3. Grasshopper

Grasshopper bir CAD programı olan Rhinoceros için bir eklenti olarak geliştirilen görsel bir programlama aracıdır. Grasshopper'da yazılan betikler Rhinoceros'un 3D ortamında oluşturulur. Grafik ara yüzü ve öğrenme kolaylığı açısından mimarlar açısından çok tercih edilmektedir (Bruno Ferreira ve Leitão, 2015; Korqa, 2015). Yapılan işlem karmaşılaştıkça bir ölçeklenebilirlik sorunu oluşmaktadır. Kontrolü zor hale gelmektedir. Bu dezavantajı aşmak için kendi içerisinde Visual Basic (VB), C# ve Python betiklerinin oluşturulmasına izin vermektedir. Küçük metinsel komut dosyaları oluşturma yeteneğine rağmen ölçeklenebilirlik sorunu tamamen ortadan kalkmaz. Grasshopper tek başına BIM araçlarını desteklemez ancak Lyrebird ve alternatifi Hummingbird eklentileri yardımıyla Revit nesnelerinin parametrelerine ulaşabilir ve onları manipüle edebilir (Barreto, 2016). Grasshopper programı şu anda rakiplerine göre en fazla gelişmiş eklenti ve kullanıcı desteğine sahiptir. Erken analiz eklentileri ile ön tasarım sürecinde gayet kullanışlıdır. Bu eklentilerin bir çoğu açık kaynak olarak geliştirilmiş ve bazıları Dynamo ortamına da aktarılmıştır (Karabay, 2017).



Şekil 2.10. Grasshopper ara yüzü (SOFiStiK, 2021)

2.6.4. RevitPythonShell

RevitPythonShell Daren Thomas tarafından geliştirilen Revit API'sine alternatif bir erişim yoludur. Revit API'sinin resmi dili olan C# 'dan daha kullanıcı dostu bir ara yüze sahip Python'un açık kaynaklı bir uygulaması olan IronPython'ın kullanılmasına izin verir. Her ne kadar kullanıcı dostu bir ara yüzüne sahip olsa da kodlama bilgisi gerektirmektedir (Barreto, 2016; B. Ferreira, 2015).

2.6.5. Generative components

Bentley'in Microstation için geliştirilmiş üretken tasarım aracıdır. Yayılma esaslı bir sistemi benimseyen bağımlı ya da bağımsız görsel betiklerden oluşur (Barreto, 2016; Bruno Ferreira ve Leitão, 2015). Sistemde döngüsel olmayan iki algoritma vardır. İlk algoritma grafiği sıralamaktan sorumludur ikinci algoritma ise değerleri sistem içinde yaymaktan sorumludur. Hem görsel hem de metin tabanlı editör içerir. Karmaşık modeller için kullanıcı metin tabanlı betik yazmak zorundadır. Grafik kullanıcı ara yüzü, GCSript basit komut dosyaları ve karmaşık algoritmalara izin veren C# programlama dili ile girdi sağlanabilmektedir (Atabay ve Öztürk, 2019; Bruno Ferreira ve Leitão, 2015).

2.6.6. Geometric description language

Graphisoft'un sağladığı ArchiCAD kütüphanesinde nesneleri oluşturmayı sağlayan üreticilerin ürünlerinin temsil edildiği ve bilgilerinin barındığı araçtır. ArchiCAD 'in BIM işlevlerinden tam olarak yararlanamaz ve sadece basit geometrinin oluşturulmasına izin verir (Barreto, 2016; B. Ferreira, 2015; Karabay, 2017).

2.6.7. Rhinoceros-Grasshopper-ArchiCAD

Rhinoceros-Grasshopper-ArchiCAD kullanıcıların bu üç aracı tek bir projede birleştirmesini sağlar. Nikken, Sekkei tarafından geliştirilen araç beta aşamasındadır. Bu üç programın özelliklerini birbirlerine aktarım yoluyla, nihai ürün olarak ArchiCAD 'de BIM öğelerini oluşturmak için kullanılmaktadır (B. Ferreira, 2015).

2.7. BIM Araçları ile Sunum ve Senkronize Görselleştirme Araçları

BIM programları içerisindeki görüntüleme yöntemleri sayesinde sunum araçları da koordineli ve proje aşamalarındaki ölçeklere uyum sağlar hale gelmiştir. Pafta (sheet) mantığının yine akıllı objelerden oluşması süreci otomatikleştirmektedir. Görüntü düzlemlerindeki proje sunumları paftalar üzerine sürükleme yöntemiyle kolayca alınabilmekte ve proje üzerindeki değişiklikler sunum son çıktısına doğrudan aktarılmaktadır. Bu hız sağlayan kolaylıklarla birlikte projenin her aşamasında istenilen dokümanlar ilgililere dijital ya da kağıt üstüne alınacak şekilde sağlanabilmektedir.

Görselleştirme sunum araçları da bu otomatik BIM sistemine entegre olmaya başlamışlar ve BIM'in karakteristik özelliklerini yapılarına katmaktadırlar. Örneğin birçok görselleştirme aracı senkronize bir şekilde modelde yapılan değişiklikleri eşzamanlı (real-time) görüntüleyebilmektedir. Bu araçlar genel olarak eklenti şeklinde çalışmaktadır. BIM programları içerisindeki kendi görüntü işleme ara yüzü gerçekçilik konusunda hala yeterli değildir. Ancak bu bahsedilen eklentilerle BIM programları tam uyumlu çalışabilmekte ve bu eksikliği eklenti (plug-in) yoluyla tamamlamaktadır.

2.7.1. Enscape

Yeni nesil görselleştirme programlarından olan Enscape programı Revit, Sketchup, Rhinoceros, Archicad ve Vectorworks ile tam uyumlu çalışmaktadır. BIM programlarına eklenti şeklinde tasarlanması ve kendi içindeki BIM ara yüzü diğer senkronize görselleştirme araçlarından üstün bir şekilde ayrışmasını sağlamıştır. Basit, anlaşılır ve kullanıcı dostu bir ara yüze sahiptir. Revit platformunda yapılan her modelleme, malzeme değişikliği eş zamanlı olarak görselde değişmektedir. Bu yöntem tasarımcıya hızlı görseller ya da animasyonlar üretmekten deneme yanılma test etme şansı tanımaktadır. Kontrollü bir tasarım anlayışı sağlamak ve konsept tasarımın her aşamasında esneklik sağlamaktadır. İçinde barındırdığı BIM ara yüzü akıllı objeleri tek tek ayırt edebilecek yetenektedir. Bir diğer önemli özelliği de birlikte çalışabilirlik konusundadır. Aynı proje üzerinde çalışan tüm tasarımcılar eşzamanlı görüntüler üzerinde birbirlerine not bırakarak işaretleme yaparak koordinasyon sağlayabilmektedirler. “Stand-alone” özelliği ile istenilen zamanda müşteriye ya da paydaşlara gönderilmek üzere model içerisinde gezilebilir ve gerçekçi görüntü sağlar bir şekilde “exe” dosyası üretebilmektedir. VR (sanal gerçeklik) teknolojisini desteklemektedir. Tüm bunları yaparken Revit ara yüzü ile birebir iletişim halindedir, böylece tasarım süreci hiç kesintiye uğramamaktadır.

2.7.2. Lumion

Lumion programı BIM platformlarında senkronize görüntü oluşturma amaçlı Lumion “LiveSync” eklentisi yardımıyla çalışmaktadır. Revit, Sketchup, Rhinoceros, Archicad, Vectorworks, BricsCAD, Autocad programlarıyla bu yöntem ile bağlantı sağlamaktadır. Tam anlamıyla BIM platformuna entegre bir görselleştirme aracı değildir ancak eş zamanlı görüntü üretme, yapılan değişikliklerin doğrudan yansması özelliklerine sahiptir. Gerçekçi görseller ve animasyonlar üretme konusunda tasarımcıya kolay bir ara yüz sunmaktadır. VR (sanal gerçeklik) teknolojisini desteklemektedir.

2.7.3. Twinmotion

Epic Games firmasının ARCHICAD, Revit, SketchUp Pro, Rhinoceros ve RIKCAD programlarıyla senkronize çalışabilen eşzamanlı görselleştirme programıdır. Lumion’un çalışma prensibine çok benzemektedir. Yine “Direct-Link” adındaki bir eklentiyle BIM

modelini kendi ara yüzünde eş zamanlı görüntüleyebilmektedir. VR (sanal gerçeklik) teknolojisini desteklemektedir.

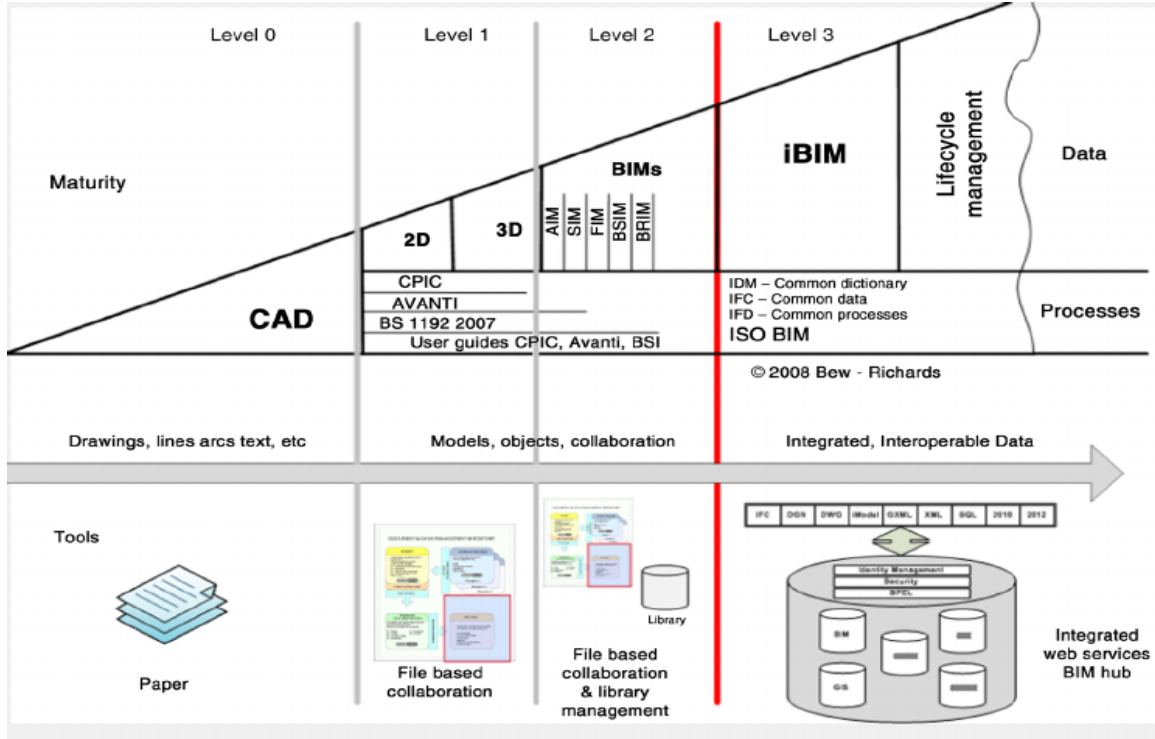
2.7.4. Unreal engine

Epic Games firmasının oyun geliştiricileri için ürettiği bilgisayar programıdır. Ancak programın görselleştirme, modelleme ve interaktif yetenekleri mimari sunumda da kullanılmasını sağlamıştır. Diğer senkronize görselleştirme programlarından daha karmaşık olmasının yanında program yazılım dili desteğiyle çok daha fazla imkan sağlamaktadır. C++ yazılım diliyle ve bu altyapıyla oluşturulmuş görsel kodlama yöntemi olan “Blueprints” özelliğiyle bu imkanlar daha da arttırılabilmektedir. “DATASMITH EXTRACTOR” adlı eklentiyle BIM modellerinin içerisinde bulunan tüm bilgileri kendi ara yüzünde görüntüleyebilmektedir. Mimari sunum için en can alıcı özelliği ise kullanıcıyla etkileşebilen “interaktif” görselleştirme yapabilmesidir. Kullanıcı sanal gerçeklik ortamında bina içinde gezerken ayrıca objelerle ve tanımlanan işlevleriyle etkileşebilmektedir.

2.8. BIM Olgunluk Seviyeleri-Boyutları-LOD Kavramı

BIM proje paydaşlarının tek bir model üzerinde çalıştığı sistemdir ve bu modelin proje süreci boyunca çeşitli aşamalardaki detayı, bilgi düzeyi değişim göstermektedir. BIM sisteminin değişmezi olan nesne tabanlı tasarımda yapı elemanlarının içerdiği bilgiler, model olgunluğu ve ölçeğe göre doküman sunum tarzı her düzeyde değişmektedir.

BIS (Business Innovation and Skills) tarafından BIM olgunluk seviyeleri tanımlanmış ve 0 ile 3 arasındaki aşamalardan oluşturulmuştur (Porwal ve Hewage, 2013). Mark Bew ve Mervyn Richards’ın şemasına göre başlangıç aşamasında CAD dokümanlarında bulunduğu BIM’e dayalı dört tasarım seviyesi görselleştirilmiştir (Czmoch ve Pękala, 2014).



Şekil 2.11. BIM olgunluk seviyeleri diyagramı. Asıl kaynak: PAS 1192-2:2013 (Barlish ve Sullivan, 2012)

0'dan 3'e kadar olan BIM olgunluk seviyeleri aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

Seviye 0: 2 boyutlu, proje ile ilgili ileri aşamalarda yardımcı olacak ya da süreci yönetecek belgelerin kağıt, elektronik baskı, CAD çizimleri olarak toplanması düzeyidir.

Seviye 1: Konsept çalışmasıyla beraber 3 boyutlu modele geçişin yapıldığı, nesnelerin tanımlandığı ve tasarımın başladığı süreçtir. Yasal onay belge ve üretim bilgisini içerir. Paylaşımın kısmi olduğu aşamadır.

Seviye 2: Tüm proje paydaşlarının 3 boyutlu model üretim aşamasına dahil olduğu paylaşım ve koordinasyonun başladığı aşamadır. Projenin detay seviyesi ilerlemiştir, tüm katılımcılar kendi uzmanlık alanlarında bilgi girişi ve modelleme yapmaktadır ve koordinasyon sonucunda proje şekillenmektedir.

Seviye 3: IFC standartlarının dahil olduğu tam paylaşım ve iş birliği sağlanır. Model üstünde çakışmalar kontrol edilir. Zaman, maliyet, proje döngüsü hakkındaki tüm bilgiler bu düzeye aittir (Alat, 2019; Saraireh, Moh'd, ve Haron, 2020).

BIM'in boyutları şu şekilde tanımlanmaktadır;

BIM 1D (Referans bilgilerinin toplanması): Arazi verilerin toplandığı, iklim verilerinin analiz edildiği, ihtiyaç programının ve saha kısıtlarının belirlendiği aşamadır. Hedefler ve süreç planı bu aşamada kurgulanır.

BIM 2D (Konsept ve avan proje): Mimari form ve mekansal kararların verildiği, erken analizlerin yapıldığı, Model ve çizimlerin oluşturulmaya başlandığı aşamadır. Birincil tasarım ve konsept ve avan proje opsiyonları bu aşamada üretilir.

BIM 3D (Üç boyutlu parametrik model): Geometrik ve geometrik olmayan bilginin üç boyutlu modelde tanımlandığı, çakışma kontrolü ve proje koordinasyonunun yapıldığı boyuttur. Uygulama projesi bu aşamada üretilir.

BIM 4D (Zaman planlaması, Programlama): Yapıya zaman boyutu eklenmesidir. Proje fazlara ayrılır inşaat esnasındaki tüm işlemler programlanır.

BIM 5D (Maliyet tahmini): Yapıya maliyet boyutu eklenir. Hızlı, dinamik ve tekrarlanabilen maliyet hesaplamalarını öngörür.

BIM 6D (Sürdürülebilirlik): Enerji verimliliği boyutudur ve projenin yaşam döngüsüne ait enerji analizleri bu boyut kapsamındadır.

BIM 7D (Tesis yönetim uygulaması): As-built modeller üzerinden bina yönetimi bakım onarım gibi faaliyetleri kapsar.

BIM 8D (İş güvenliği): Saha çalışmalarındaki iş güvenliği ve koordinasyonu ile ilgili yapılan bütün çalışmalar bu boyut kapsamındadır.

1D - Referans Bilgilerin toplanması aşamasından başlayıp

2D - Konsept Proje-Avan Proje,

3D - Uygulama Proje Modeli-Çakışmalar

4D - Programlama-Zaman Simülasyonu

5D - Maliyet Tahmini, Shop-Drawing

6D - Performans Analizleri, As-Built

7D - Tesis Yönetimi Süreçlerini kapsar.

1D	2D	3D	4D	5D	6D	7D
BAŞLANGIÇ NOKTASI	BİRİNCİL TASARIM	KOORDİNELİ TASARIM	ZAMAN	BÜTÇE	PERFORMANS	TESİS YÖNETİMİ
REFERANS BİLGİLER -ARAZİ BİLGİLERİ -İKLİMSEL ANALİZLER -İHTİYAÇ PROGRAMI -SAHA KISITLARI SÜREÇ -DANIŞMANLIK -BİM HEDERLERİNİN -BİM SÜREÇ PLANIN -KURULANMASI -DİJİTAL ÇALIŞMA ALANI -TAŞIRIMI -YAZILIM SEÇİMİ -SÖZLEŞMELERİN -OLUŞTURULMASI, İNCELENMESİ -BUP OLUŞTURULMASI -RÖLLERİN ATANMASI ÜRÜN -YÖNETİM STRATEJİLERİ -GÖREV KAPSAM TANIMLARI -DİJİTAL ÇALIŞMA ORTAMI -ÇALIŞMA STANDARTLARI -TASARIMA YÖNELİK EKSKİZLER	REFERANS BİLGİLER -ARAZİ BİLGİLERİ -İHTİYAÇ PROGRAMI -YÖNETİM STRATEJİLERİ -ÇALIŞMA STANDARTLARI -TASARIMA YÖNELİK EKSKİZLER SÜREÇ -BİRİNCİL TASARIM GELİŞTİRME (KONSEPT PROJE) -ERKEN ANALİZ VE -KOORDİNASYON İÇİN -KULLANILABİLİR MODEL -ÜRETME (AVAN PROJE) -BİRİNCİL YAPI ANALİZLERİ -BİRİNCİL MEP ANALİZLERİ ÜRÜN -MİMARİ FORM -MEKANİKAL KARARLAR -2D ÇİZİMLER -PLANLAR, KESİTLER, -GÖRÜNÜŞLER -3D MODEL -RİNDERLAR -ANİMASYON -MAHAL VE TESLİM LİSTELERİ	REFERANS BİLGİLER -BİRİNCİL TASARIM MODELİ -YÖNETİM LİSTELERİ SÜREÇ -KOORDİNELİ GELİŞTİRİLMİŞ -TASARIM (UYGULAMA PROJESİ) -ERKEN YÜKLENGİ KATILIMI -İÇİN KULLANILABİLECEK, BAZI -PERFORMANS BİLGİLERİNE -YANIT VERİLECEK -KOORDİNELİ MODEL -ÜRETİLMESİ -KOORDİNASYON ÜRÜN -2D ÇİZİMLER -PLANLAR, KESİTLER, -GÖRÜNÜŞLER, DETAYLAR -3D KOORDİNELİ MODEL -MAHAL VE TESLİM LİSTELERİ -ÇAKIŞMA TESPİTLERİ -ERKEN PERFORMANS -VERİLERİ -ADET METRAJLARI -İLK AŞAMA HEDEF FİYAT -TAHMINİ	REFERANS BİLGİLER -KOORDİNELİ MODEL -MALZEME, İMALAT BİLGİLERİ SÜREÇ -MODEL İNTEGRASYONU -SANAL İNŞAAT -İŞ PROGRAMLAMASI -ZAMANA BAĞLI -SİMULASYONLAR ÜRÜN -ENTEGRE KOORDİNELİ MODEL -MALZEME LİSTELERİ -ZAMAN ÇİZELGELERİ -İŞ PROGRAMININ ZAMANA -BAĞLANTIĞI SİMULASYONLAR	REFERANS BİLGİLER -ENTEGRE KOORDİNELİ -DENETLENMİŞ MODEL -ÜRETİM BİLGİLERİ -İMALAT DETAYLARI SÜREÇ -İMALAT DETAYLARI, -KURULUM BİLGİLERİ, -MALZEME KODLARINI İÇEREN -MODEL ÜRETİLMESİ ÜRÜN -METRAJ -BÜTÇE TAHMİNİ -SATIN ALMA İÇİN VERİLER -FABRİKASYON MODELLERİ -HEDEF FİYAT BELİRLENMESİ -AYRINTILI İNŞAAT -METODOLÜSİ -YAŞAM DÖNGÜSÜ BÜTÇESİ -İMALATA YÖNELİK ENTEGRE -DETAYLI MODEL	REFERANS BİLGİLER -DENETLENMİŞ DETAYLI MODEL -BAKIM BİLGİLERİ -İNŞAAT UYGULAMA BİLGİLERİ SÜREÇ -ENERJİ PERFORMANS ANALİZİ -YAPI PERFORMANSI ANALİZİ -SİSTEM PERFORMANSI -ANALİZİ -MİMARİ PERFORMANS -ANALİZİ -AS-BUILT MODEL OLUŞTURMA ÜRÜN -BÜTÇE -KARŞILAŞTIRMALARI -ZAMANLAMA RİSKİ -YÖNETİMİ -OPTİMİZE EDİLECEK -VERİLERİN SEÇİLMESİ -ONAYLI AS-BUILT BİM -MODELİ	REFERANS BİLGİLER -BİM YAŞAM DÖNGÜSÜ -STRATEJİSİ -PERFORMANS VE DURUM -VERİLERİ -İŞLETME VE BAKIM VERİLERİ -AS-BUILT MODEL SÜREÇ -TESİS ÖMRÜ BOYUNCA -REVİZYONLARIN YÜKLENDİĞİ -YAŞAYAN BİM MODELİ ÜRÜN -TESİS YÖNETİM -SİSTEMLERİNE BİLGİ -ÜRETEBİLEN BİM MODELİ

Şekil 2.12. BIM boyutları

Detay Seviyeleri- LOD

LOD sistemi ilk olarak Vico Software tarafından detay seviyesi olarak tanımlanmıştır. Daha sonra AIA (American Institute of Architects) tarafından detay seviyeleri kullanıcılar ve paydaşlar arasındaki tam uyumu sağlamak için standartlaştırılmış ve gelişim seviyeleri adı almıştır (Alat, 2019).

AIA “G202-2013 Building Information Modeling Protocol Form” dokümanında bu gelişim seviyeleri tanımlanmıştır (Atabay ve Öztürk, 2019).

LOD 100 (Konsept): 3 boyutlu model temel düzeyde bilgi içerir. Model elemanı bir sembol veya genel bir temsil ile grafiksel olarak gösterilir ancak şeklini boyutunu veya kesin konumunu göstermez. Türetilen bilgiler yaklaşık olarak kabul edilmelidir.

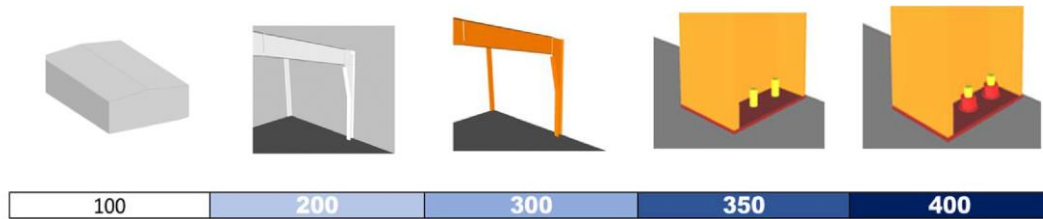
LOD 200 (Yaklaşık geometri): Model Elemanı, yaklaşık miktarlar, boyut, şekil, konum ve yönelim ile genel bir sistem veya nesne montaj olarak grafiksel olarak temsil edilir. Model ögesine grafik olmayan bilgiler de eklenebilir. Türetilen bilgiler yaklaşık olarak kabul edilmelidir.

LOD 300 (Hassas ve kesin geometri): Elemanın tasarlandığı şekliyle miktarı, boyutu, şekli, konumu ve yönü, notlar veya boyut açıklamaları gibi modellenmemiş bilgilere başvurmadan doğrudan modelden ölçülebilir. Proje orijini tanımlanır ve model doğru orijine konumlandırılır.

LOD 350 (Koordine edilmiş geometri): Elemanın yakındaki veya bağlı elemanlarla koordinasyonu için gerekli parçalar modellenir. Elemanın miktarı, boyutu, şekli, konumu ve yönü, notlar veya boyut açıklamaları gibi modellenmemiş bilgilere başvurmadan doğrudan modelden ölçülebilir.

LOD 400 (İmalat geometrisi): Model Elemanı, detaylandırma, fabrikasyon, montaj ve kurulum bilgileri ile boyut, şekil, konum, miktar ve yönlendirme açısından Model içinde belirli bir sistem, nesne veya montaj olarak grafiksel olarak temsil edilir.

LOD 500 (İnşa Edilmiş-As-built geometri): Model Elemanı, boyut, şekil, konum, miktar ve yön açısından sahada doğrulanmış bir temsildir. Model Elemanlarına grafik olmayan bilgiler de eklenebilir.



Şekil 2.13. LOD şematik gösterimi (BIMForum, 2021)

3. BIM İLE TASARIM

3.1. Kavramsal Tasarım Nedir?

Mimari tasarım, tasarımcıların bulundukları çevreyi anlama ve algılama biçimlerinin, onu kendi öğeleri ile yeniden üretebilme ve düzenleme becerisinin verildiği bir süreçtir. Bu süreçte tasarımcı tasarıma yönelik tüm verileri ilişkilendirerek düşünsel süreç sonunda tasarımını şekillendirir. Geleneksel olarak mimarlar tasarımın erken evrelerinde, tasarıma yönelik fikir geliştirme, tasarımı oluşturma, fikirleri ortama aktarma ve geri besleme yoluyla yeni fikirlere ulaşma gibi döngüsel sürecin yaşandığı, tasarımcının kendi ve fikirleri ile iletişimin en yoğun olduğu dönemdir. Bu dönemde çevresel veriler, işlev, ekonomi kültürel veriler gibi birçok veriyi değerlendirerek tasarım konseptini belirlemektedir. Düşüncenin somutlaştırıldığı ve tasarım oluşturma evresinde tasarım düşüncesinin gelişiminde, eskiz ve maket gibi düşünme araçlarının ve temsillerin kullanıldığı süreç geleneksel tasarım süreci olarak tanımlanmıştır.

3.2. Geleneksel Tasarım ve Parametrik Tasarım

Yüzyıllar boyunca tasarımcıların emrinde sadece kâğıt, kalem, mürekkep ve basit hesaplama sistemleri vardı. Mimar tüm projeden sorumlu tüm koordinasyonu sağlayan canlı bir veri tabanı şeklinde çalışmaktaydı. 20. yy.'ın ikinci yarısında tasarımcılar geleneksel yöntemleri yavaş yavaş bırakıp bilgisayar destekli araçlara geçiş yapmışlardır. CAD sisteminde tasarım yapan uzmanların her biri kendi katmanlarıyla çizimlerini yaparlar ve koordinasyon toplantıları ve yazışmalarla çakışmaları çözmeye çalışırlar (Czmoch ve Pékala, 2014).

CAD sisteminde planlar, kesitler ve görünüşler ve birçok görüntü düzlemi birbirinden bağımsız dokümanlar şeklinde oluşturulur, bu da bir revizyonun her birinde ayrı ayrı yapıldığı hatalara açık bir sistem olmasına neden olur. BIM sisteminin tersine bina elemanları bilgi yüklü nesnelerden değil geometrik bağımsız şekillerden oluşmaktadır. Geleneksel CAD ortamı sürdürülebilirliği gerçekleştirme yeteneğinden yoksundur. Çünkü bina performansı ile ilgili analizler genellikle mimari proje tamamlandıktan sonra yapılmaktadır. Tasarım sürecinin tamamında bu analiz yeteneğinin eksikliği geri dönüşlere yol açan verimsiz bir süreç doğurmaktadır. Erken tasarım aşamasında bina performansını değerlendirmek için formun, malzemenin, elemanlar arasında ilişkilerin veriler ile birlikte

oluşturulabildiği bir ortam gereklidir. BIM bu ortamı tasarım süreci boyunca, çoklu disiplin verilerini aynı platformda toplayarak sağlamaktadır (Azhar ve diğerleri, 2012).

CAD sistemlerinin orijinal dayanağı çizim görevlerini otomatikleştirmektir. Mimari elemanlar çeşitli semboller çizgiler ve geometrik şekillerden oluşmaktadır. Ancak elemanlar arasındaki karmaşık ilişkiyi yansıtamamaktadır. Bu nedenle parametrik bilgilerin ve verilerin nesne tabanlı akıllı objelerle temsil edildiği sistemlere geçiş başlamıştır (Howell ve Batcheler, 2005).

CAD'ten farklı olarak BIM basit ilişkisiz üç boyutlu görüntüler üretmek yerine inşaat için tüm verileri içeren parametrik nesneler üretmektedir. Bu veriler tasarımın her aşamasında analiz edilebilir dışarıya çıkarılabilir veya değiştirilebilir. Tasarıma katılan tüm paydaşlara destek bilgi otomatik bir şekilde iletilir. Herhangi bir revizyon anında tüm görüntü düzlemleri tutarlı ve doğru bir şekilde değişikliğe uğramaktadır (Korqa, 2015). BIM nesnelerin parametrik özelliklere sahip olması projenin parametrik bir altyapıya sahip olmasını sağlamaktadır. Bu parametreler yardımıyla tasarımcı farklı tasarım alternatifleri üretebilir ve değişkenler arasındaki ilişkilerin kontrolünün kolaylaşması, karmaşık formların üretilmesini de kolaylaştırmaktadır (Çetiner, 2010; Pektaş, 2009).

BIM sisteminde ortak veri tabanı yardımıyla tasarımcılar tutarlı veriye ulaşarak kendi tasarımlarını diğer disiplinlerle karşılaştırarak tasarım yaparlar ve gerektiğinde müdahale edebilirler. Nesneye dayalı modelleme sistemi proje bilgisinin süreç içinde farklı ortamlarda defalarca yeniden üretilmesini ortadan kaldırdığı için hatalardan doğacak maliyetleri ve zaman kaybını azaltmaktadır (Ofloğlu, 2014).

Stanford Üniversitesi, Entegre Tesisler Mühendisliği Merkezi (CIFE) 32 büyük projenin verilerine dayanarak ön proje aşamasından itibaren BIM' in dahil olduğu sistemdeki maliyet tahminlerinde %3 hata payı ile %80'e varan zaman kazancı elde edildiğini raporlamıştır. Yapısal çakışmalardan ve sözleşmeden kaynaklanan para kayıplarının %10 oranında azaldığı, bütçedeki değişimlerin %40 oranında azaldığı ve tüm proje zamanının %7 oranında azaldığı belirtilmiştir (Akkoyunlu, 2015; Azhar ve diğerleri, 2012).

Atlanta'daki Emory Üniversitesi kampüs binasının yapımında genel yüklenici, mimarın ürettiği BIM modeli üzerine mühendislerden aldığı 2d yapısal ve MEP çizimlerini almış ve

bunları 3d BIM modellerine dönüştürmüştür. İnşaat öncesi yapılan çakışma tespitleri sonucunda 259.000 dolar tasarruf edilmiştir (Azhar ve diğerleri, 2012).

2002 yılında ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü (NIST) birlikte çalışabilirlik sorunları sebebiyle doğacak ek maliyetler hakkında bir araştırmaya başlamış ve sonuçta yetersiz birlikte çalışabilirliğin her yıl 15,8 milyar dolarlık bir maliyete sebep olduğunu belirtmiştir. BIM' in benimsenmesi bu verimsizliğin çözümü için bir adım olabilir (Afsari, 2012; Eastman ve diğerleri, 2011).

3.3. Tasarım Aşamaları

3.3.1. Sorulacak sorular ve tasarıma başlangıç

Tasarım aşamasına başlarken tasarımcının belirli donelere ihtiyacı olacaktır. Bunların tasarım süreci başında toplanması ve doğru soruların sorulması tutarlı tasarım ve geri dönüşler yaşanmaması için gereklidir.

Bu sorulardan bazıları şu şekilde sorulabilir:

- Çevrenin görünümü, fiziki şartları, konumu, iklim, rüzgar yönü, mevcut ağaç durumu bilgileri nelerdir?
- Mevcut yapılar ne şekildedir ve hangi yapı malzemeleriyle oluşturulmuştur?
- Araziye ait sayısal veriler ve çizimler mevcut mudur veya nereden edinilecektir?
- Yol bağlantıları ve çevre bina yükseklikleri nelerdir?
- Genel imar planı mevcut mudur?
- Yerel kurallar nelerdir? (Neufert ve Neufert, 2019)

Yukarıda belirtildiği gibi sorular sorularak ön araştırma fazında her türlü bilgi, belge ve dokümanın toplanması sonraki aşamalara ışık tutacaktır. BIM sistemi bu aşama için ortak bir veri tabanında çalışmayı strükture ederek bilgi kayıplarının önüne geçecek ve paydaşları her aşamada bu belgelere kolaylıkla ulaşmasını sağlayacaktır.

3.3.2. Topografya

Mimarlık insanın korunma amaçlı bir barınak oluşturma ihtiyacıyla ortaya çıkan bir eylemdir. Çeşitli sınırlamalarla mekan oluşturma işidir ve her zaman dünya üzerinde bir yer tanımlar. Steven Holl araziyi yapıyı biçimlendiren bir fikir kaynağı olarak değerlendirmiştir. Topografya ise arazi özelliklerinin incelendiği bilim dalıdır. Yunanca topos (yer) ve graphein (yazmak) kelimelerinden oluşur. Almanca tarifinde topografya sadece arazi değil üzerindeki yapay ve doğal örtü ile bir bütün olarak tanımlanmıştır. Mimari her bakımdan çevresiyle ilişki içerisindedir ve fiziksel çevresiyle birlikte oluşur (Mustafayev, 2019; Özbek Eren, 2019).

Çevresel veriler fiziksel çevre, kültürel çevre ve teknolojik çevre olarak sıralanabilir.

Arazinin fiziksel özellikleri ise;

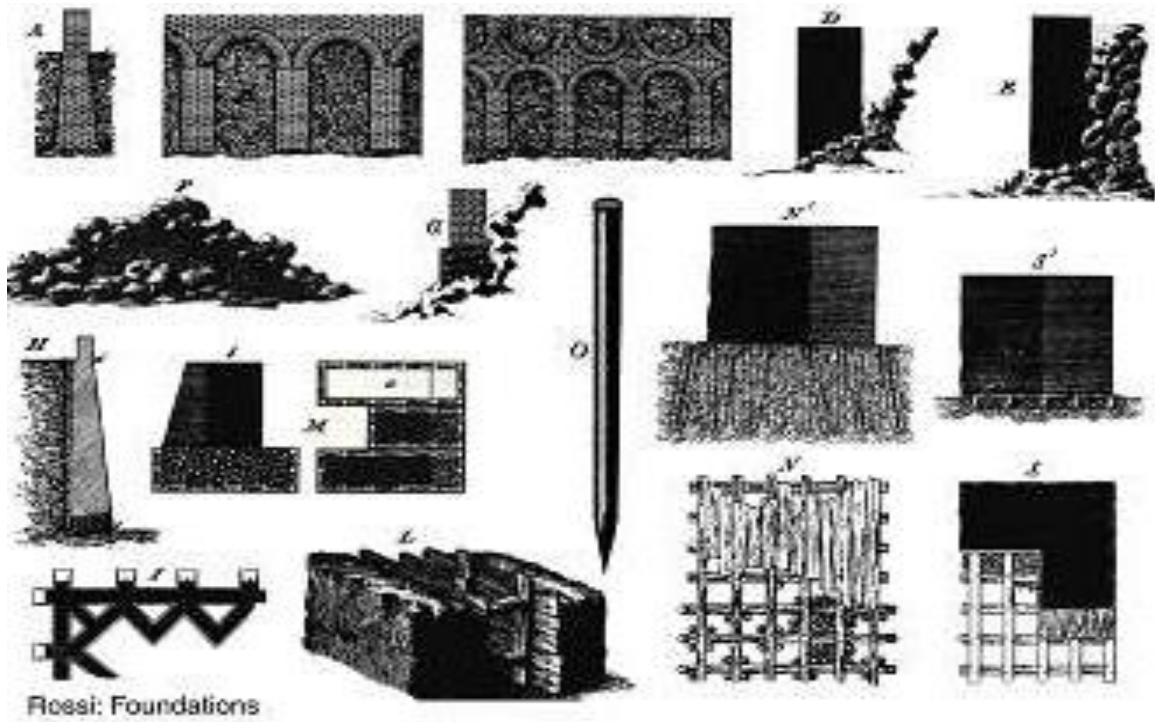
- Büyüklük ve konum
- Zemin durumu
- İklim, yönlenme, hakim rüzgar yönü
- Ulaşım durumu
- Vista potansiyeli
- Mimari doku
- Altyapı
- İmar durumu ve yönetmelikler olarak tanımlanabilir.

Tüm bu veriler doğru okunduğunda çevresiyle bütün, doğa ile iletişim kurabilen topografyadan kaynak alan kaliteli mekanlar oluşturulabilir (Mustafayev, 2019; Özbek Eren, 2019).

3.3.3. Tipoloji ve mimari öğeler

Tipoloji kavramının literatürdeki anlamı incelendiğinde, üzerinde çalışılan öğelerin birtakım özelliklere bağlı olarak sınıflandırılması ve kavranışının basitleştirilmesi için mantık ve akıl yoluyla özünün ya da çerçevesinin oluşturulması olarak ortaya çıkmaktadır.

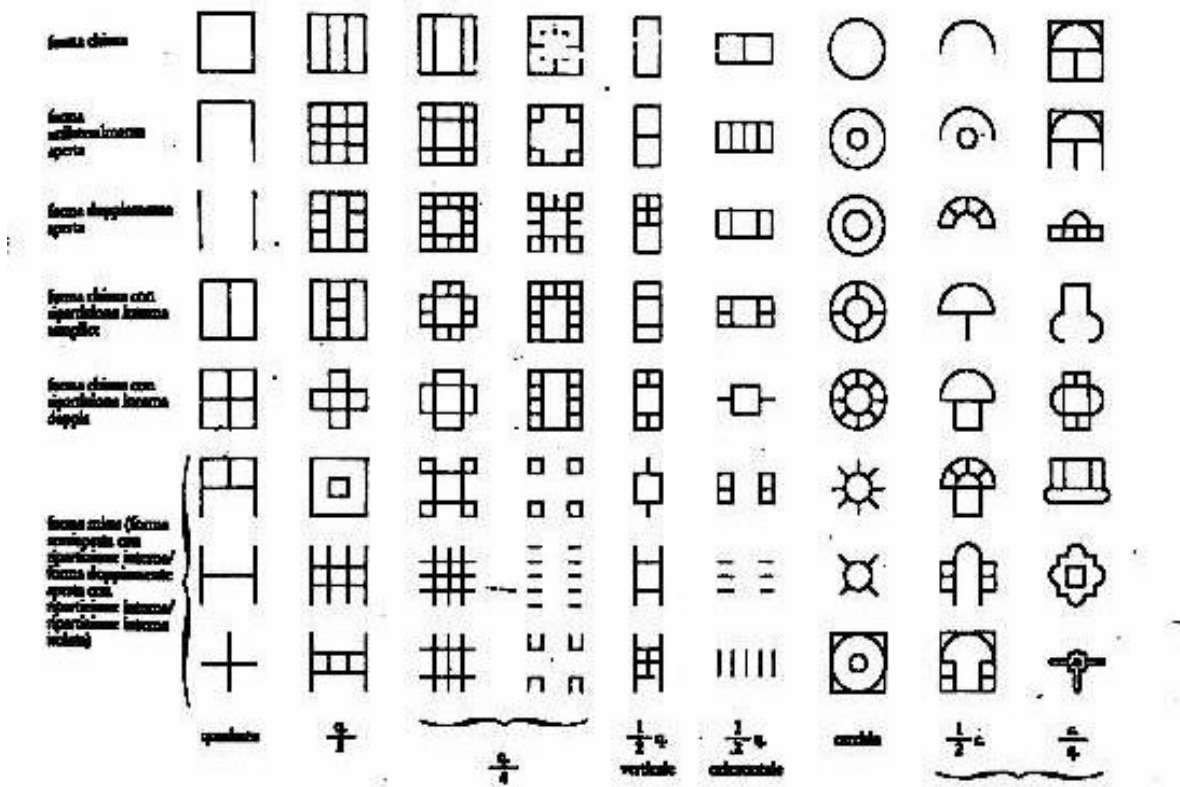
Yöntembilimleri sözlüğüne göre Türkçe karşılığı “örnekçeleme” kelimesiyle tanımlanmaktadır. Soyut bir kalıpla oluşturulan kıstaslara bağlı sınıflandırma biçimidir. Aldo Rossi’ ye göre mimaride tipoloji kentsel hafıza ve mantıksal inceleme birlikteliğinde, genelleme ve çoğulculuğa dayanan mimari formun belirleyici ögesidir. Mimari öğelerin birleşme olanaklarının incelenip benzerlikler doğrultusunda şablonlaştırılması ve çözüm yöntemi olarak kullanılması olarak düşünülebilir. Ölçekler arası geçiş için de kullanılabilen bir yöntemdir. Örneğin mimari elemanların bir araya gelişiyle bina tipleri, bina tiplerinin bir araya gelmesiyle kent dokusu, kent dokularının birleşimiyle de kentin kendisi oluşabilmektedir (Ayyıldız ve Özbayraktar, 2018).



Şekil 3.1. Aldo Rossi Foundations (Güney, 2007)

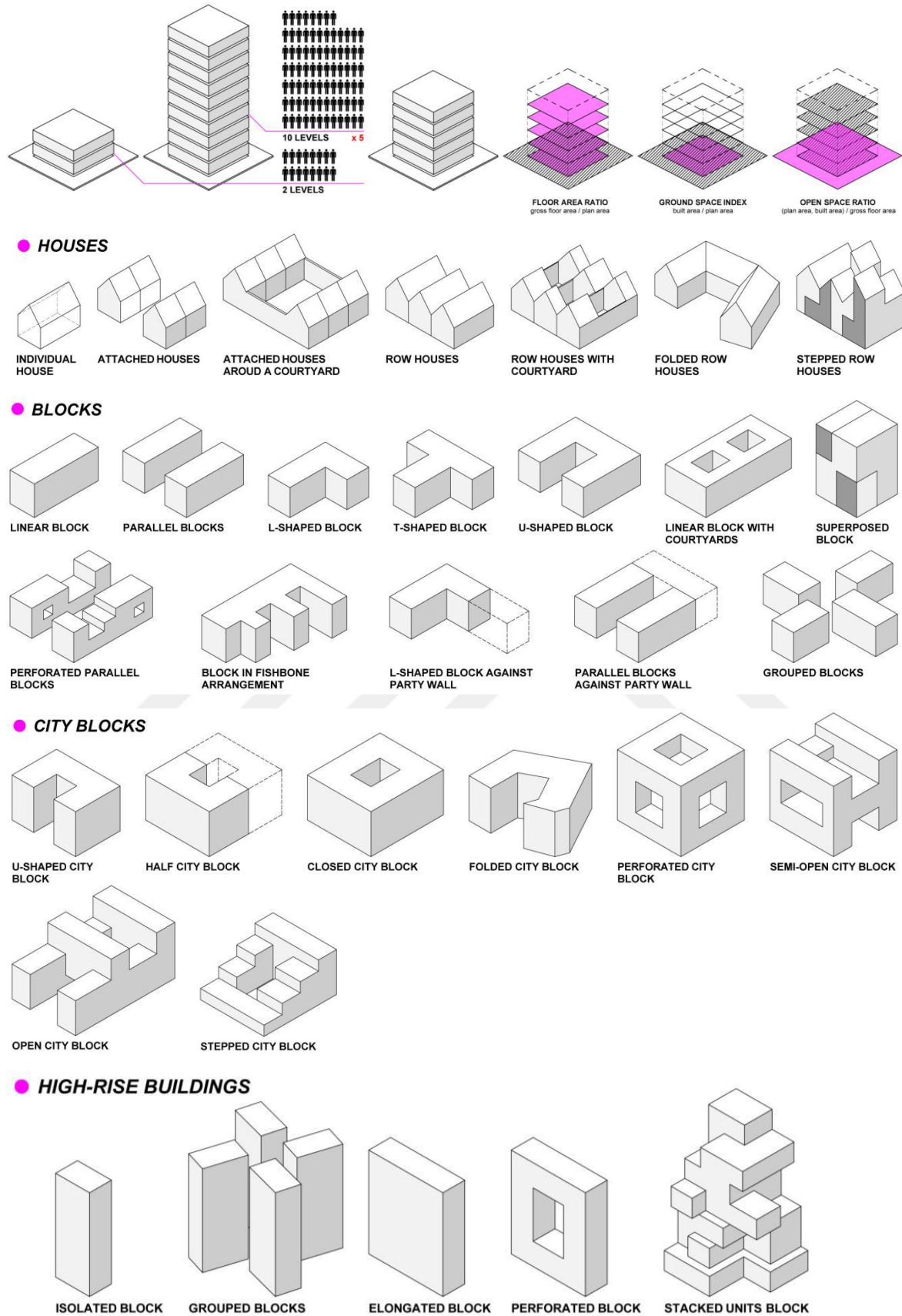
Adrian Forty’ ye göre tipoloji sınıflandırması temel iki yöntemle yapılabilmektedir. Birinci yöntem yapının işlevi doğrultusunda, diğer yöntem ise yapıların biçimsel (morfolojik) özelliklerine göre gerçekleştirilmektedir. Bir diğer kuramcı Jean Nicolas Durand hızlı ve mantıklı bir biçimde bina tasarlamak için bir yöntem oluşturma arayışına girmiştir. Durand tasarımı bir kompozisyon olarak değerlendirmiştir. Tasarımcının manevra alanını belirleyecek bir altlıkla, yapı elemanlarının bir düzen ve strateji doğrultusunda bütünü oluşturulması olarak tariflemiştir. Mimari tipoloji örneklerini görsellerle desteklemiş ve

tipleri tasarım sürecinde bir araç olarak kullanma yönteminin bir kataloğunu oluşturmuştur (Kasalı, 2020).



Şekil 3.2. Durand'ın tipoloji şeması (Güney, 2007)

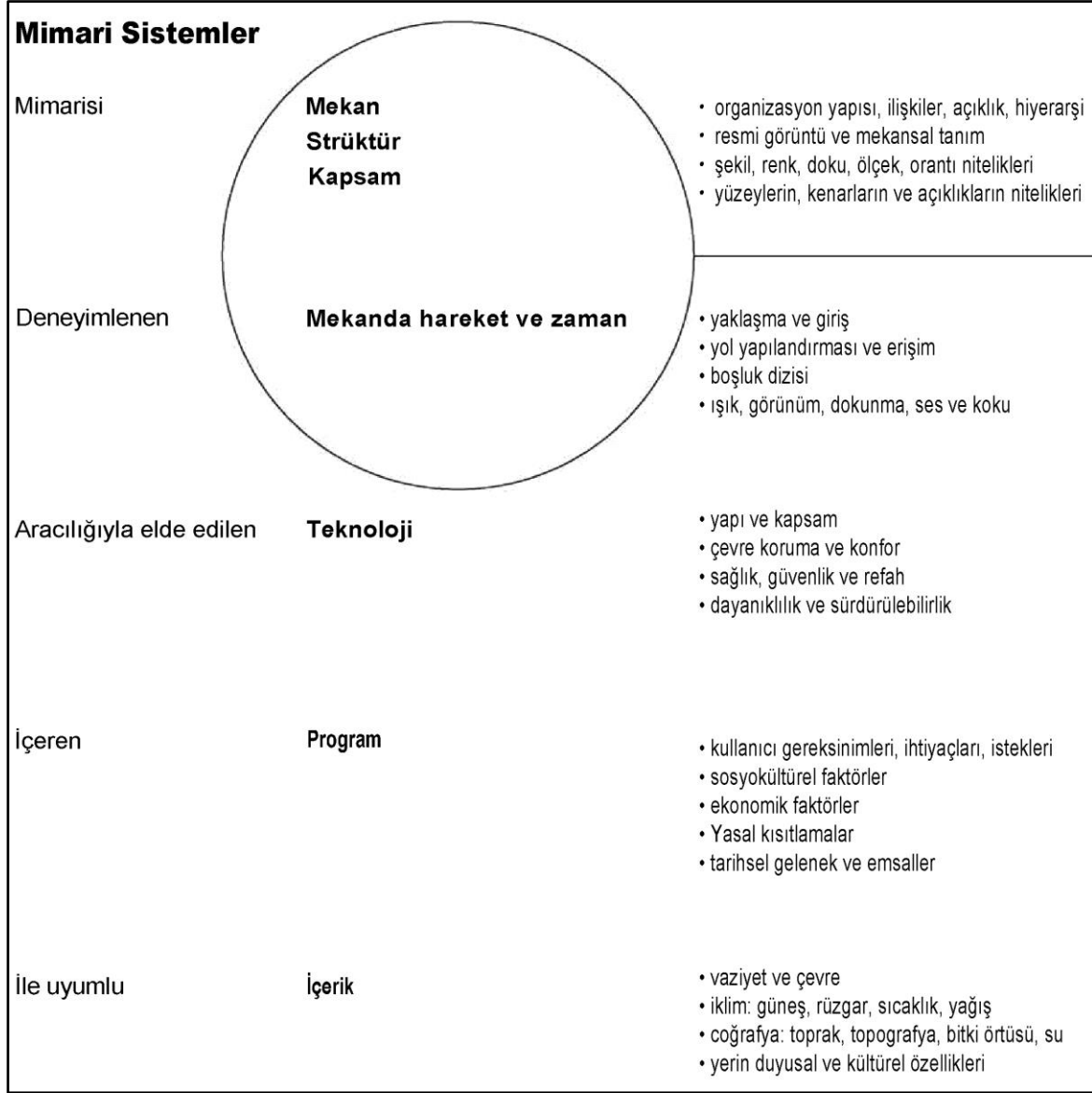
Bâldea yüksek yoğunluklu yapı formlarını incelediği makalesinde kenti oluşturan bina ölçeğinde tipler tanımlamıştır. Bu tipler evler, bloklar, şehir blokları, yüksek binalar, karma çözümler olarak kategorize edilmiştir (Bâldea ve Dumitrescu, 2012).



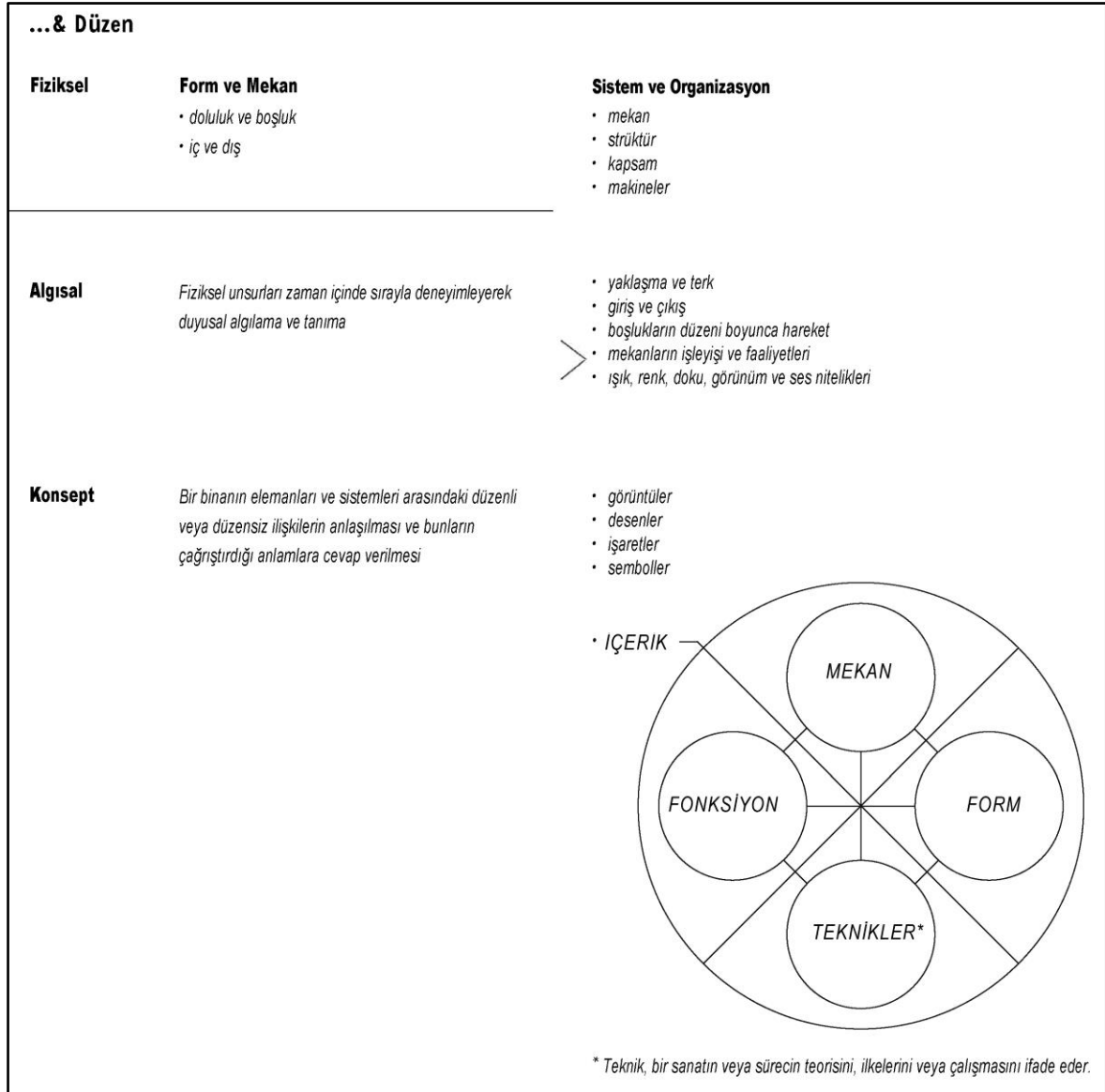
Şekil 3.3. a) Ev tipleri b) Blok tipleri c) Şehir blokları d) Yüksek binalar (Bâldea ve Dumitrescu, 2012)

Mimarlık genellikle mevcut bir dizi koşula ve probleme yönelik çözüm ve tasarım sürecidir. Tasarım sürecinin ilk aşaması problemin tanınması ve buna yönelik çözüm bulma kararlarıdır. Tasarımcı problemin mevcut koşullarını belgeler bağlamını tanımlar ve analizler sonucu verileri toplar. Bu işlem tasarım sürecinin kritik aşamasıdır. Tasarımcının sözcük dağarcığının derinliği ve problemi nasıl algıladığı çözümün şekillenmesini etkiler (Ching, 2014).

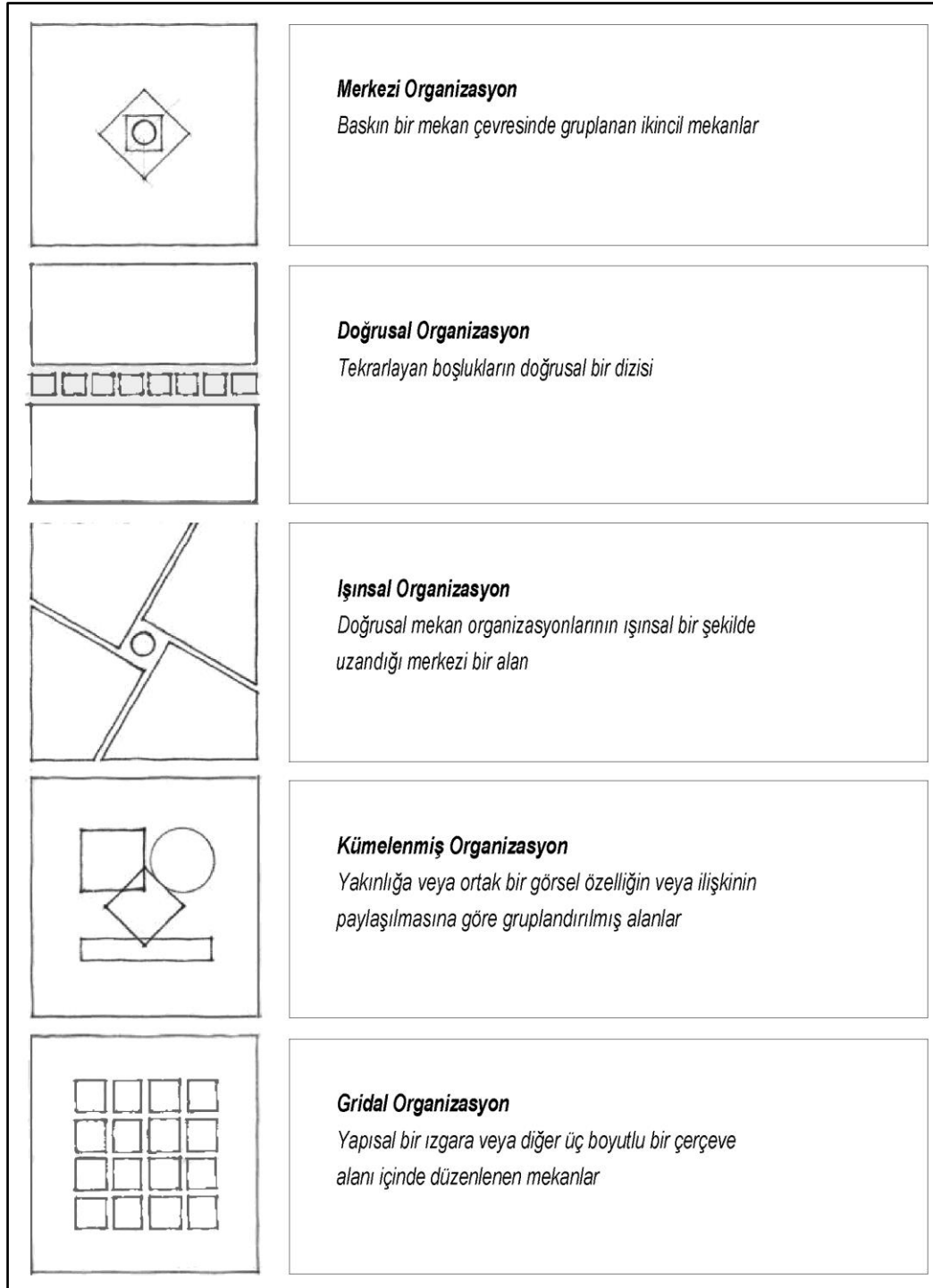
Ching “Architecture Form, Space, & Order” adlı kitabında insanlık tarihi boyunca geliştirilen mimari sorunlara yönelik çözümleri şemalaştırarak tasarımcılara kelime dağarcıklarını genişletecek bir el kitabı sunmuştur. Mimarının biçimsel ve mekansal fikirlerine odaklanmış form ve mekan oluşumu üzerine üretilen prototipleri incelemiştir. Mimari düzeni, parçaların organizasyonu, bunların birbiriyle ve bir bütün olarak yapıyla olan ilişkilerini bütünün tekil doğasına katkıda bulunacak şekilde işleyen bir yöntem olarak tanımlamıştır (Ching, 2014).



Şekil 3.4. Francis Ching proje başlangıç şeması (Ching, 2014)



Şekil 3.5. Francis Ching proje başlangıç şeması (Ching, 2014)



Şekil 3.6. Francis Ching bina organizasyon şemaları (Ching, 2014)

Bu standart tipolojilerin dışında herhangi bir kalıba uymayan bina organizasyonları da tasarımcının fikirleri doğrultusunda oluşturulabilir. Halihazırda BIM araçlarının ve platformlarının karmaşık geometrileri kolaylıkla oluşturabilecek özellikleri bulunmaktadır. Buna ek olarak BIM sistemine entegre olan parametrik üretken tasarım araçları bu özellikleri daha da genişletmiştir. Verilen parametreler ve formüller vasıtasıyla her türlü geometri

kontrol edilebilir ve değiştirilebilir bir şekilde oluşturulabilmektedir. Doęadaki amorf veya kendini üretebilen formlar, ayrıca özgün geometriler kullanıcı çizimi ve girilen parametrelerle projeye yansıtılabilmektedir.



şekil 3.7. The Absolute Towers of Canada (MAD Architects) (Barreto, 2016)



şekil 3.8. The Louvre Abu Dhabi (Jean Nouvel) (ArchDaily, 2017)

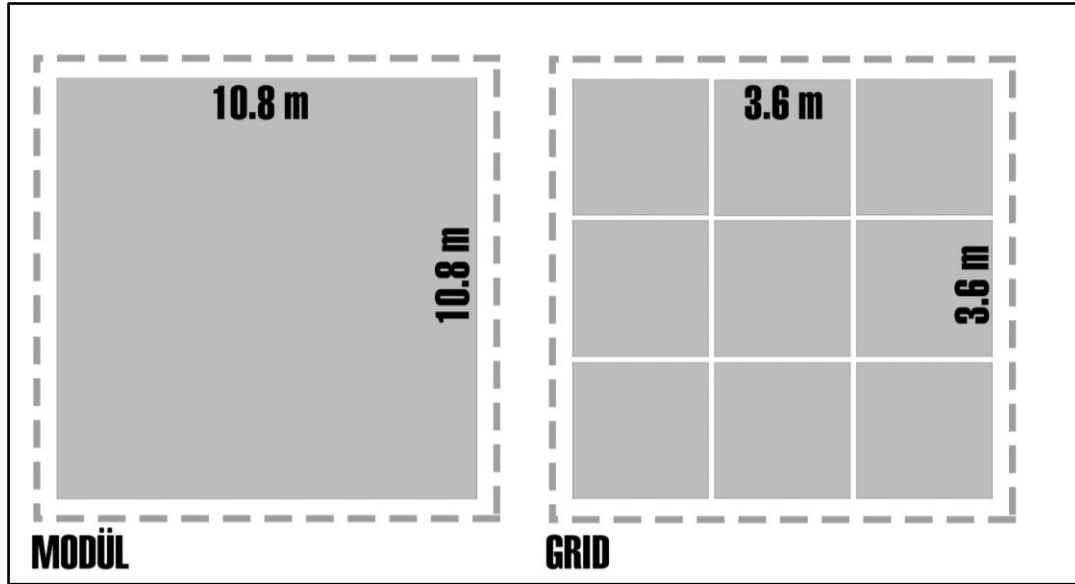
3.4. Kavramsal Tasarımda BIM Etkisi ve “Grid-Modül” Konsept Tasarımının Geliştirilmesi

BIM’in kavramsal tasarım üzerine etkisi tasarlanan “grid-modül” konsept projesi üzerinden deneyimlenmiştir. Bu proje üzerinde uygulamalı olarak BIM programlarının konsept tasarım aşamasındaki olanakları araştırılmış ve kent ölçeğiyle bina ölçeği arasında bütün bu olanaklar örnek proje üzerinde anlatılmıştır. Anlatım ve tasarım kolaylığı amacıyla tasarım yapılırken kendini üreten modüler bir grid sistem yaratılmıştır. Bina ölçeğinde bu grid elemanlar mekanları tanımlarken, kent ölçeğinde yerleşim parsellerini, bina lekelerini ve kent dokusunu tanımlamaktadır. Kullanım yaygınlığı göz önünde bulundurularak bu örnekte ağırlıklı olarak Autodesk firmasının BIM platformu olan Revit kullanılmıştır. Dolayısıyla değerlendirme Revit platformu çerçevesinde yapılmıştır.

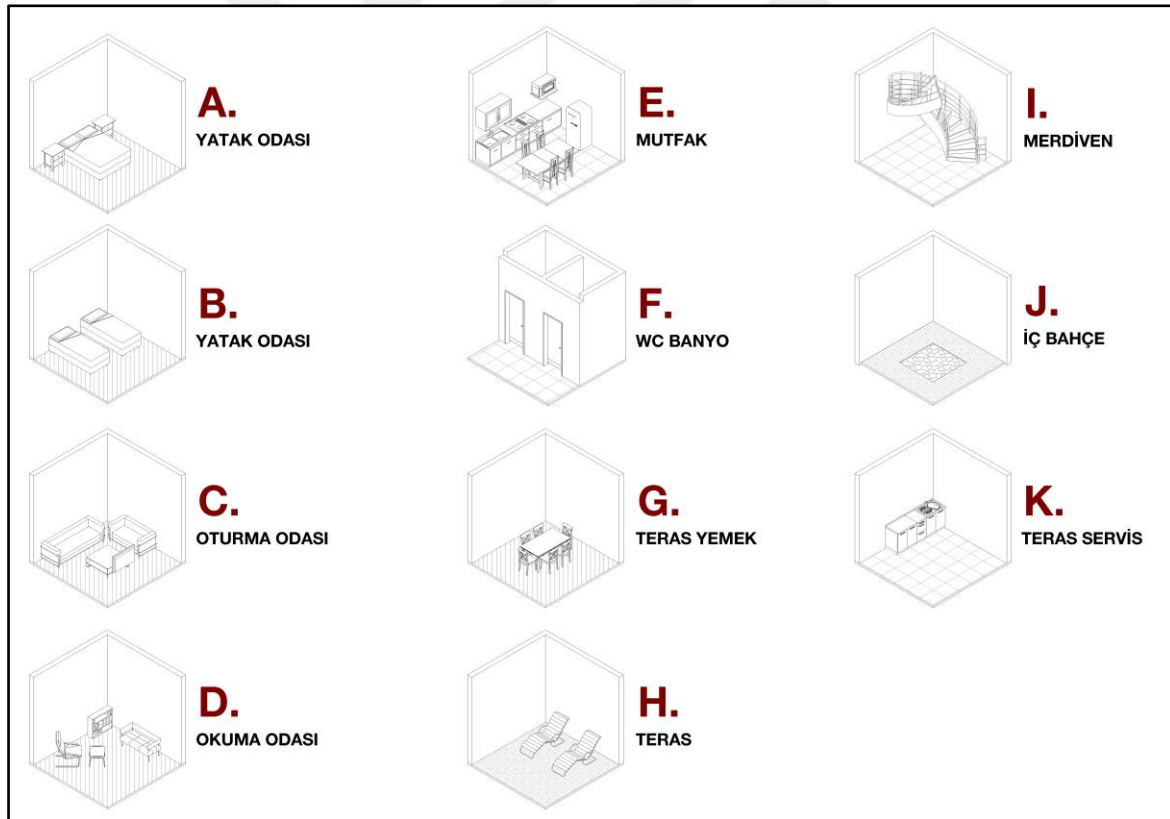
3.4.1. Obje bazlı tasarım ve bilgi yüklü parametrik akıllı elemanlar

Obje bazlı tasarım BIM platformlarının temelidir ve hemen hemen her obje akıllı obje olarak tasarlanmıştır. CAD platformunda birkaç iki boyutlu çizgiden oluşan mimari elemanlar artık BIM düzleminde kendini tanıyan ve diğer mimari objelerle ilişki kurabilen sanal düzlemdeki mimari eleman kopyalarıdır. İçlerinde kategorisine göre her bilgi yüklenmiş ve ek olarak yüklenebilmektedir. Bu yüklenen bilgilerin listeleme yöntemiyle dökümü sağlanabilmektedir.

Proje tasarlanırken mimari akıllı objelerle modül mekanlar tasarlanmıştır. Akıllı objelere konsept aşamasında içermesi gereken bütün bilgiler girilmiş, kendi içlerinde kompozisyonu oluşturulmuş ve çekirdek mekanlar üretilmiştir. Tüm bu modül mekanların birleşiminden bina tiplerinin organizasyonu oluşmaktadır. Parçadan bütüne bir organizasyon kurulmuş, modüllerden oluşturulan varyasyonlarla bina tipleri çeşitlendirilmiştir. Bilgi yüklü objelerden oluşan tasarımın en küçük parçası olan mekanlar 3,6 x 3,6 x 3,6 m ölçülerindeki grid bloklardan oluşturulmuştur. Kent ölçeğine kadar bu ölçüye sadık kalınmış bloklar kendini türeterek ölçekler arası geçiş sağlanmıştır.



Şekil 3.9. Modül ve Grid oluşum şeması

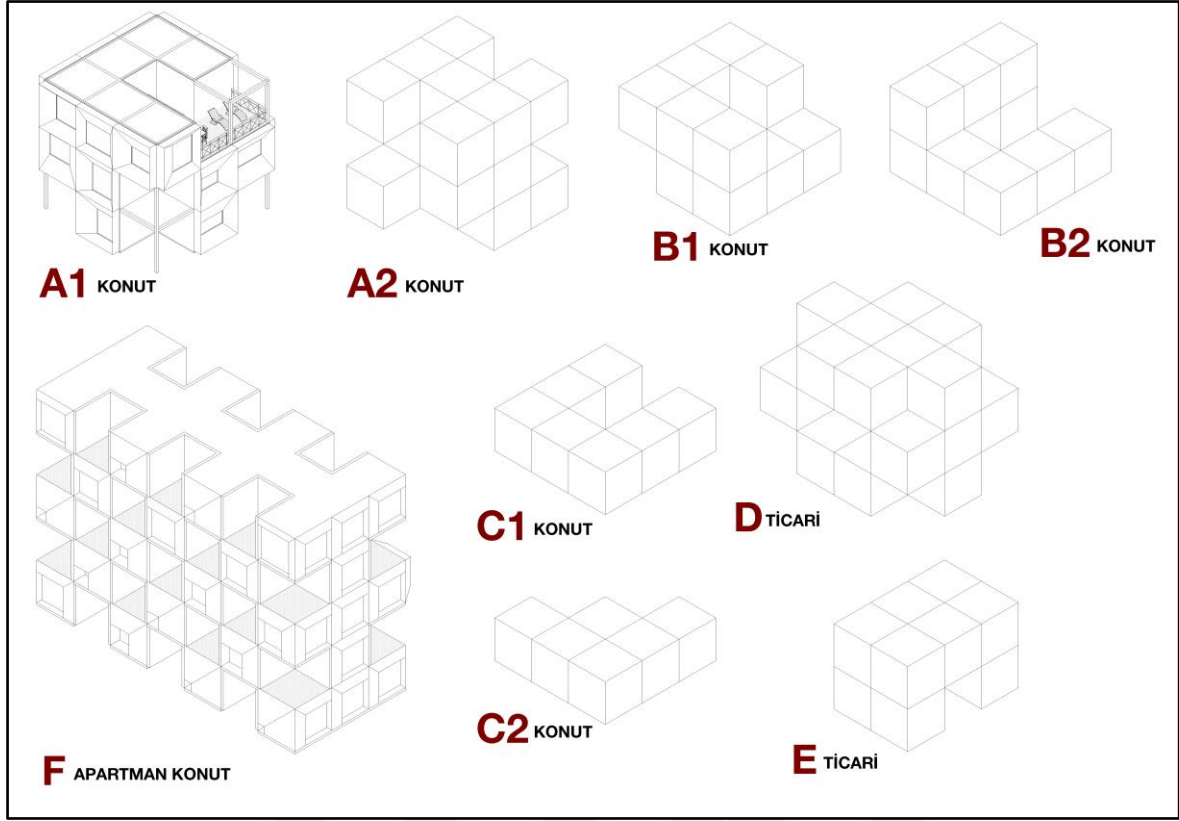


Şekil 3.10. Modüller

3.4.2. Tasarım seçenekleri (Design options)

Tasarım yaparken en çok da projenin ilk aşamasında denemek, şekillendirmek, değiştirip başka bir varyasyonu kolay bir şekilde üretebilmek tasarımcıya avantaj sağlamaktadır. BIM modelinin en büyük avantajlarından biri doğrudan üç boyutuyla birlikte oluşan objelerle çalışmaktır. Projede oluşturulan bina tipleri daha önce üretilen modül mekanların kompozisyonunu da gözeterek, öncelikle kütle model şeklinde oluşturulup daha sonra detaylandırma yoluna gidilmiştir. Böylelikle en küçük mimari elemandaki değişiklikler bile görsel olarak tasarımcının algısına açılmış ara yüzle etkileşime geçip manipülasyon şansı sağlanmıştır. Üstelik tüm bu değişiklikler ve yeniden oluşturmalar ve istendiğinde bilgi kayıpsız şekilde geri dönüş kolaylığıyla parametrik bir şekilde sağlanmaktadır.

A1, A2, B1, B2, C1, C2, D, E, F konut + ticari bina tipleri kütleleri önce katı model olarak şekillendirilmiştir. Bu çalışmada A1 tipi özel olarak ele alınarak detaylandırılmıştır. Revit platformunun sunduğu tasarım seçeneği oluşturma özelliği kullanılarak tüm bu tipler aynı çizim dosyası içinde barınmaktadır. Tek bir tuş yardımıyla tasarım seçenekleri arasında geçiş sağlanabilmekte bu da tasarımcıya aynı proje üzerinde farklı seçenekleri görme, şekillendirme, deneme ve revize etme imkanı sunmaktadır. Tip modelleri ve mimari elemanları, tiplerin kendi isimleriyle tasarım seçenekleri (Design Options) başlıklarının altında oluşturulmuştur. Çalışma şekli, aynı ortam ve dosya içinde akıllı elemanların parametrelerini koruyarak farklı, geçiş sağlanabilir, görüntü düzlemleriyle tanımlanması ve görüntülenmesidir.



Şekil 3.11. Bina tipleri

3.4.3. Otomatik görüntü düzlemleriyle çalışmak (model views-manage change)

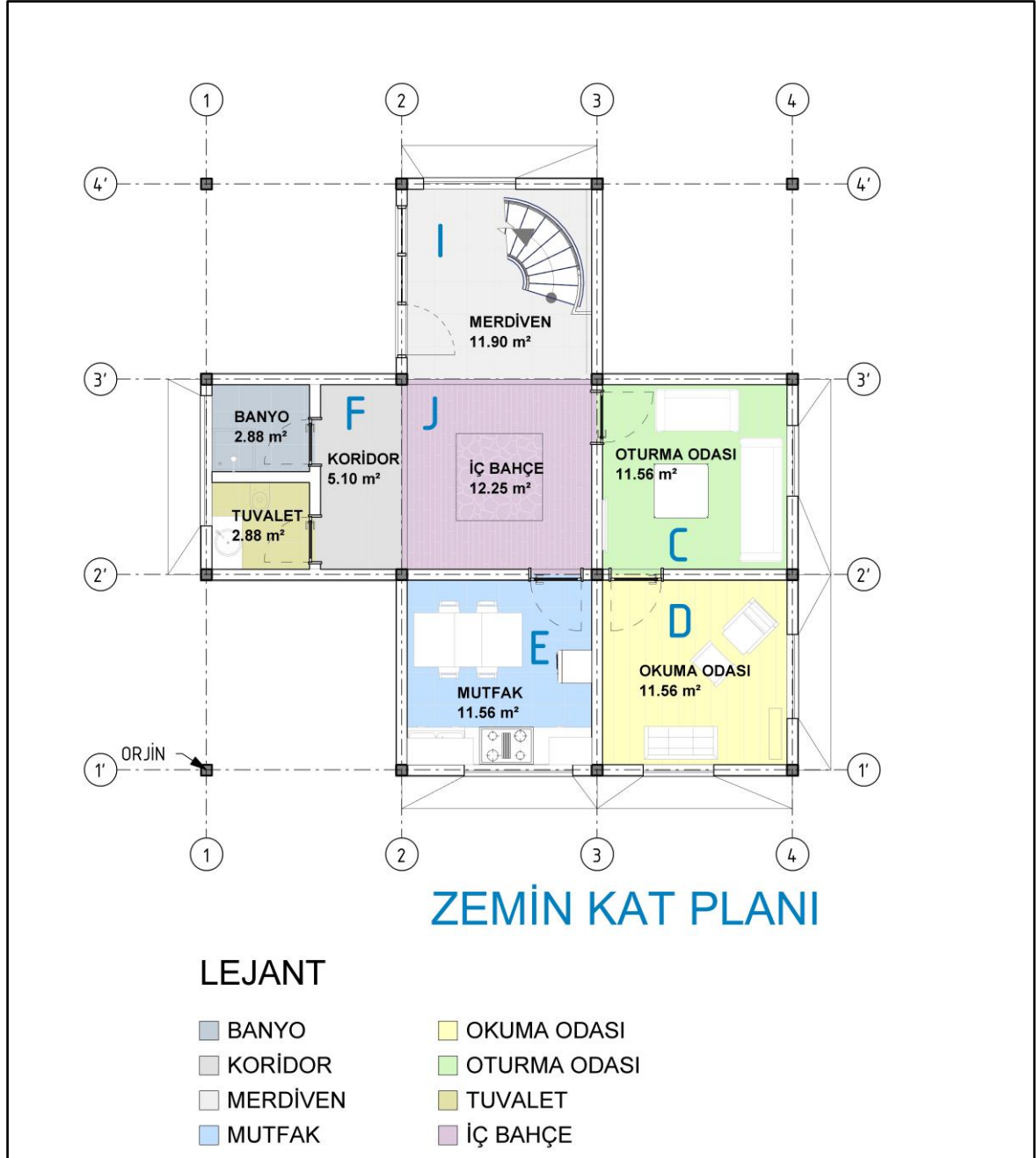
BIM programının çalışma düzeni model üzerinden oluşturulduğu için bir görüntüde yapılan değişiklikler (plan, görünüş, kesit) diğer görüntü düzlemlerine de otomatik olarak yansımaktadır. Tasarımcı projeyi oluştururken plan düzleminde yaptığı değişikliği kesit düzleminde ya da üç boyutlu diğer düzlemlerde de otomatik revize edebildiği için hem hatanın önüne geçmekte hem de tüm bu görüntüleri aynı anda değerlendirebilmektedir.

A1 konutu oluşturulurken tüm mekanların ve objelerin tasarımında bu olanaktan yararlanılmış bütün görüntü düzlemlerinin tutarlılığı kontrol edilmiştir. Çizim ve tasarım yapılırken objenin görüntülenmesi gereken düzleme göre geçiş yapılmış eskizi o düzlemde oluşturulduktan sonra gerekli onay verilmiş ve tüm düzlemlerdeki değişimi gözlemlenmiştir.

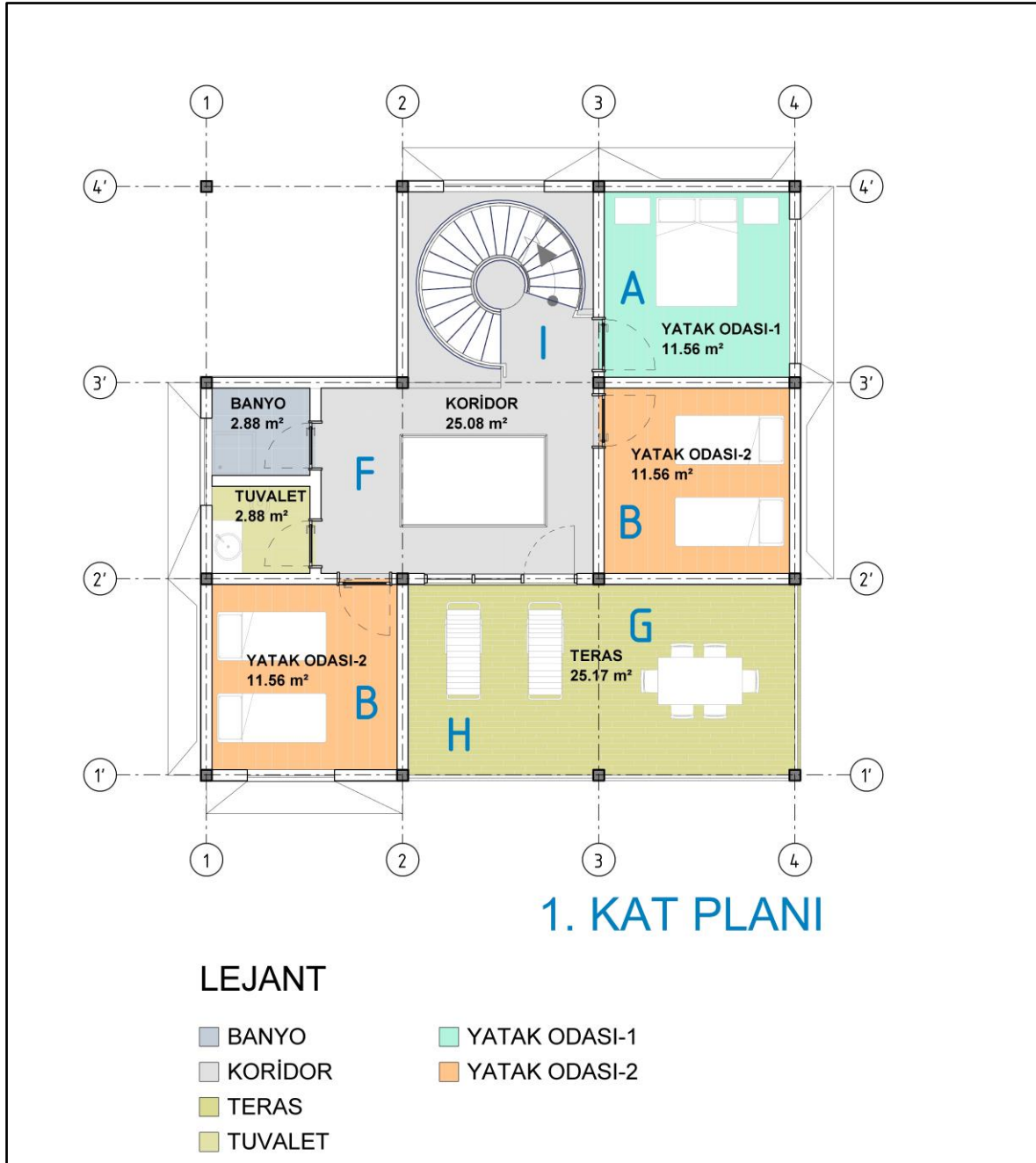
Ayrıca bu görüntü düzlemleri şablon (template) özelliğiyle kendi içlerinde farklılaşıp kategorize edilebilmektedir. Bir görüntü düzleminin kopyası oluşturulabilmekte, oluşturulan görüntünün stili şablon üzerine tanımlanabilmekte farklı proje aşamaları için daha ilk başta

sunum şablonu oluşturulabilmektedir. Tabi ki bu her objede olduğu gibi gerekli bilgilerin girilmesiyle en başta oluşturularak yapılabilmektedir ancak hazır şablon oluşturulduktan sonra bu istenildiği gibi yönetilmekte bağımsız kopyası oluşturulabilmekte, farklılaştırılabilmekte ve başka projelere aktarılabilir. Yani bu sayede her tekil tasarımcı ya da firma; çizimleri, sunumları, standartları şablonlar yardımıyla oluşturabilmekte ve farklı kullanıcıların katılımıyla ortak çalışılabilir, tutarlı aynı dilin konuşulduğu bir tasarım ortamı sağlanabilmektedir.

Aşağıdaki görselde A1 konutunun çeşitli görüntü düzlemlerinde yansımış hali görülmektedir. Kapsam konsept tasarım olması nedeniyle tüm görüntü şablonları bu aşama ölçeğinde, sunum ve görüntüleme tarzında sabitlenmiştir. Tasarımcının grafik sunumuna büyük ölçüde diğer yardımcı programlar gerektirmeden cevap verebilmektedir.



Şekil 3.12. Görüntü düzlemleri-zemin kat planı



Şekil 3.13. Görüntü düzlemleri-1.kat planı



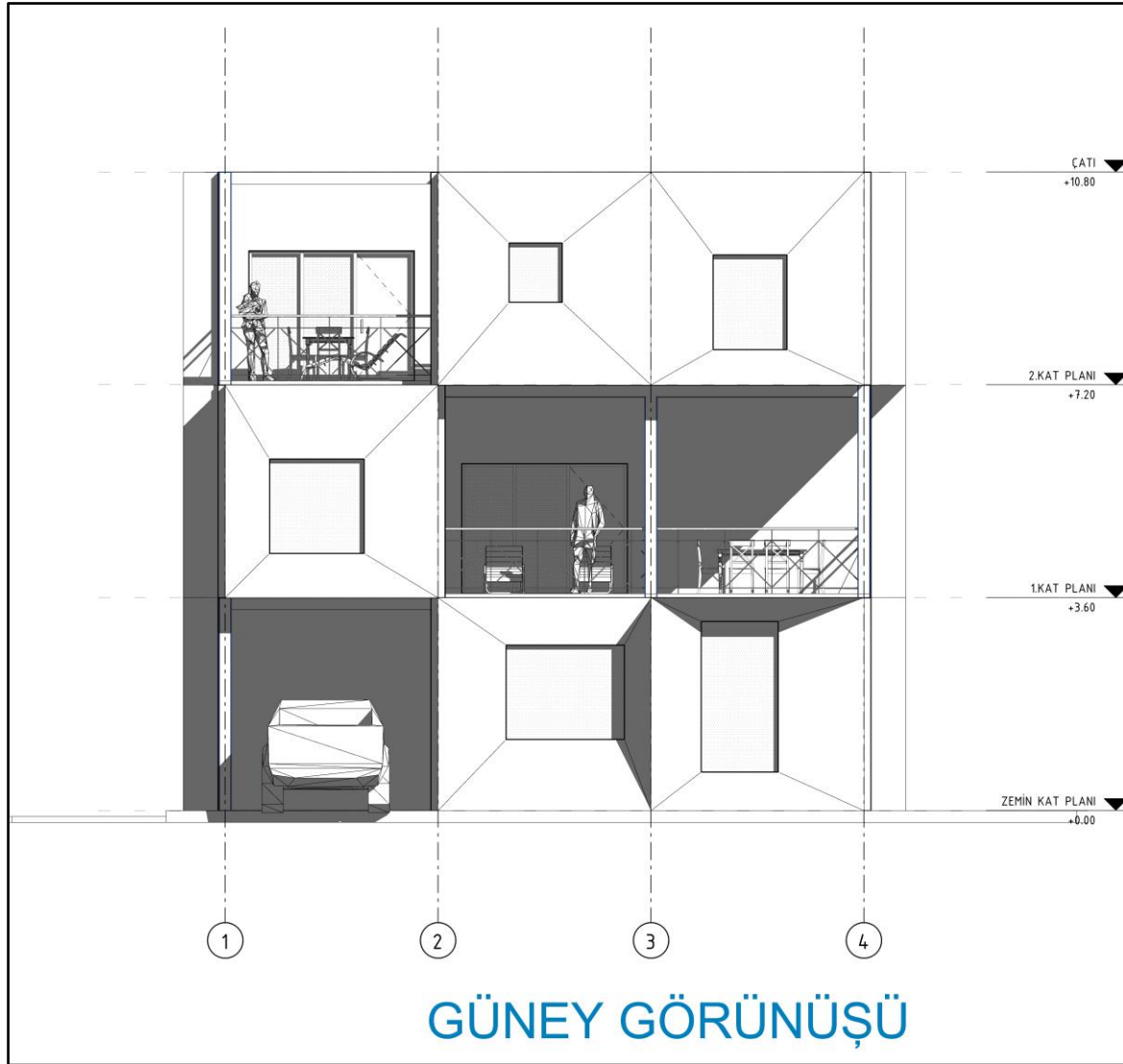
Şekil 3.14. Görüntü düzlemleri-2.kat planı



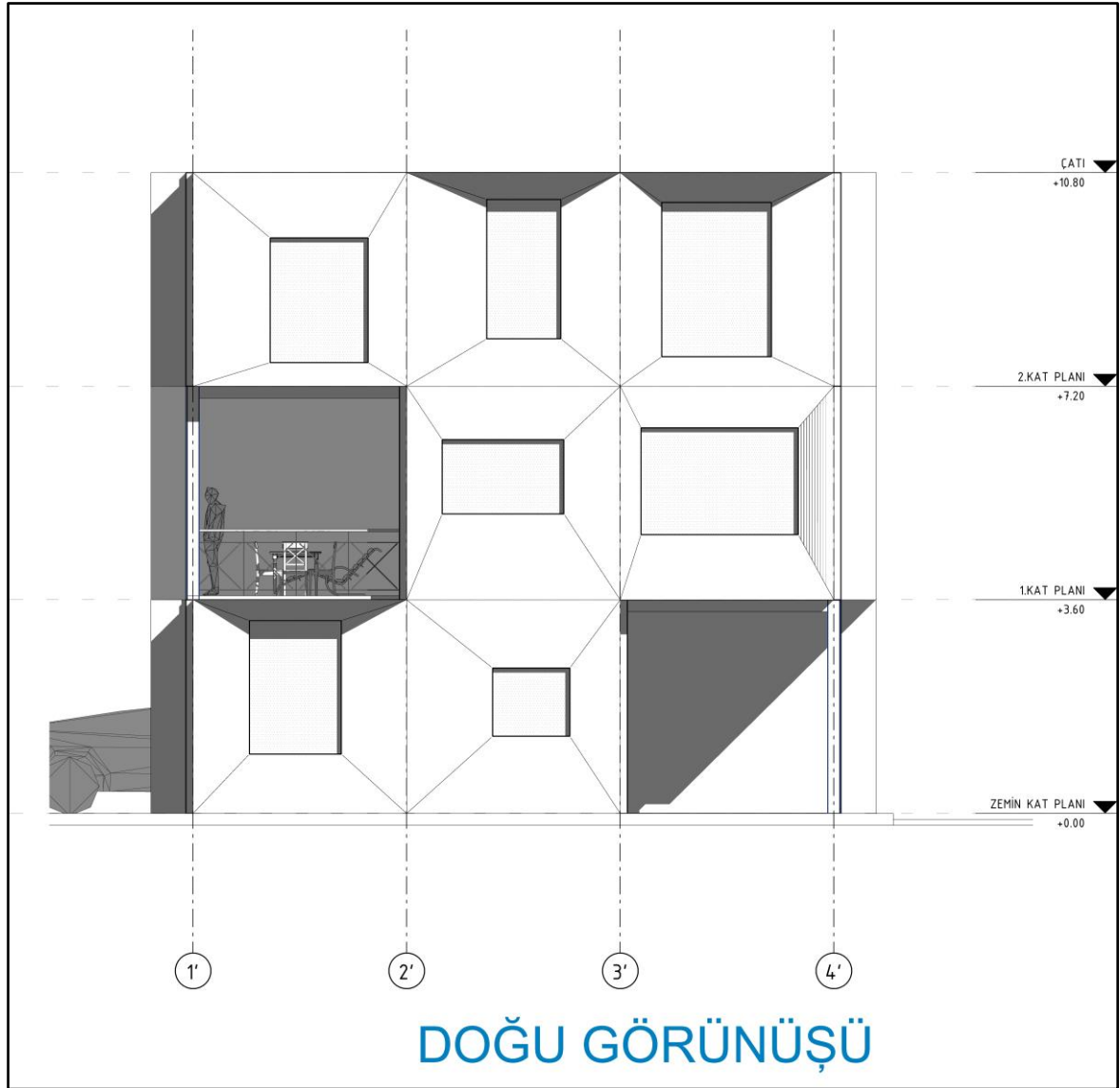
Şekil 3.15. Görüntü düzlemleri- A-A kesiti



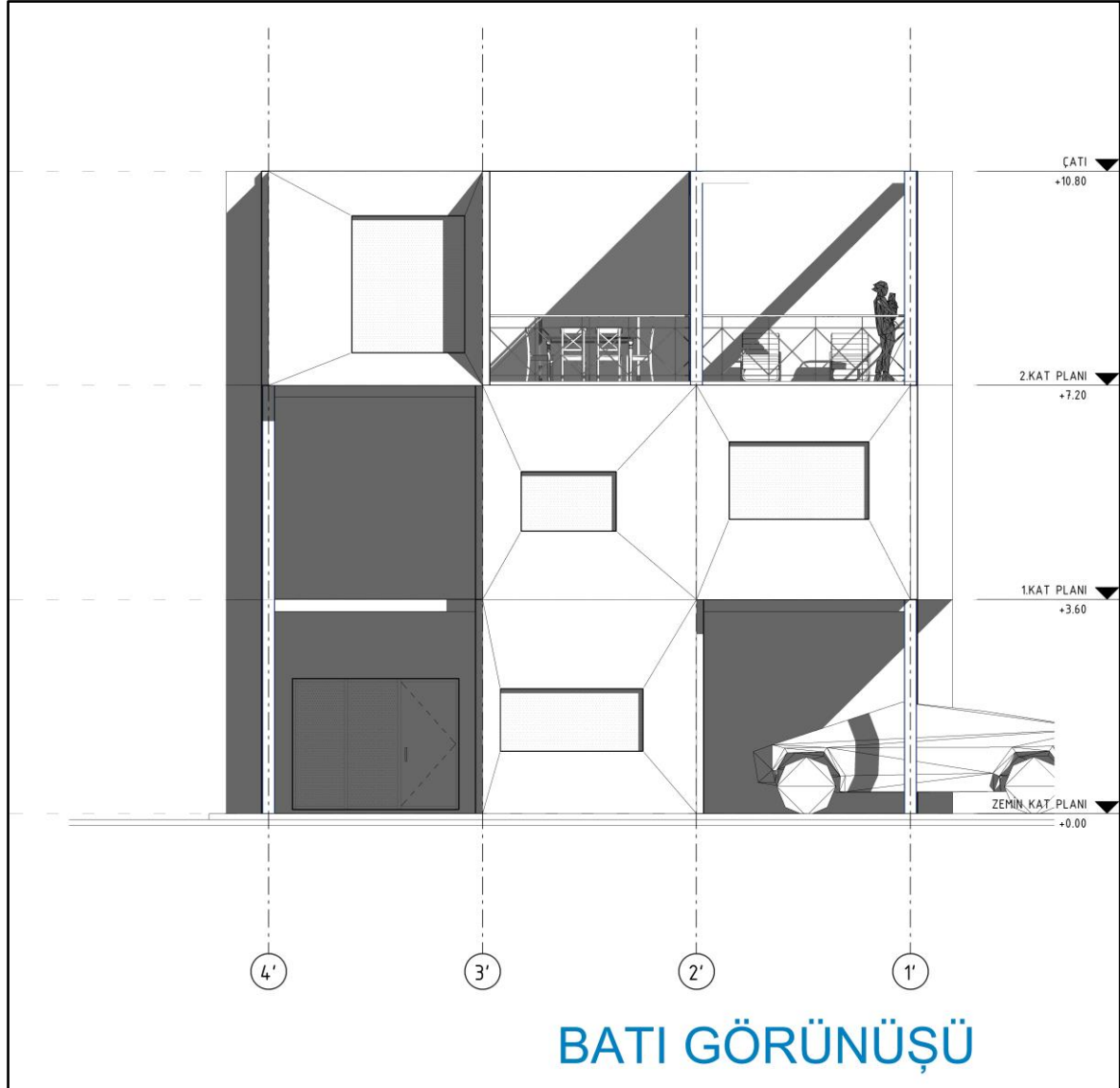
Şekil 3.16. Görüntü düzlemleri- B-B kesiti



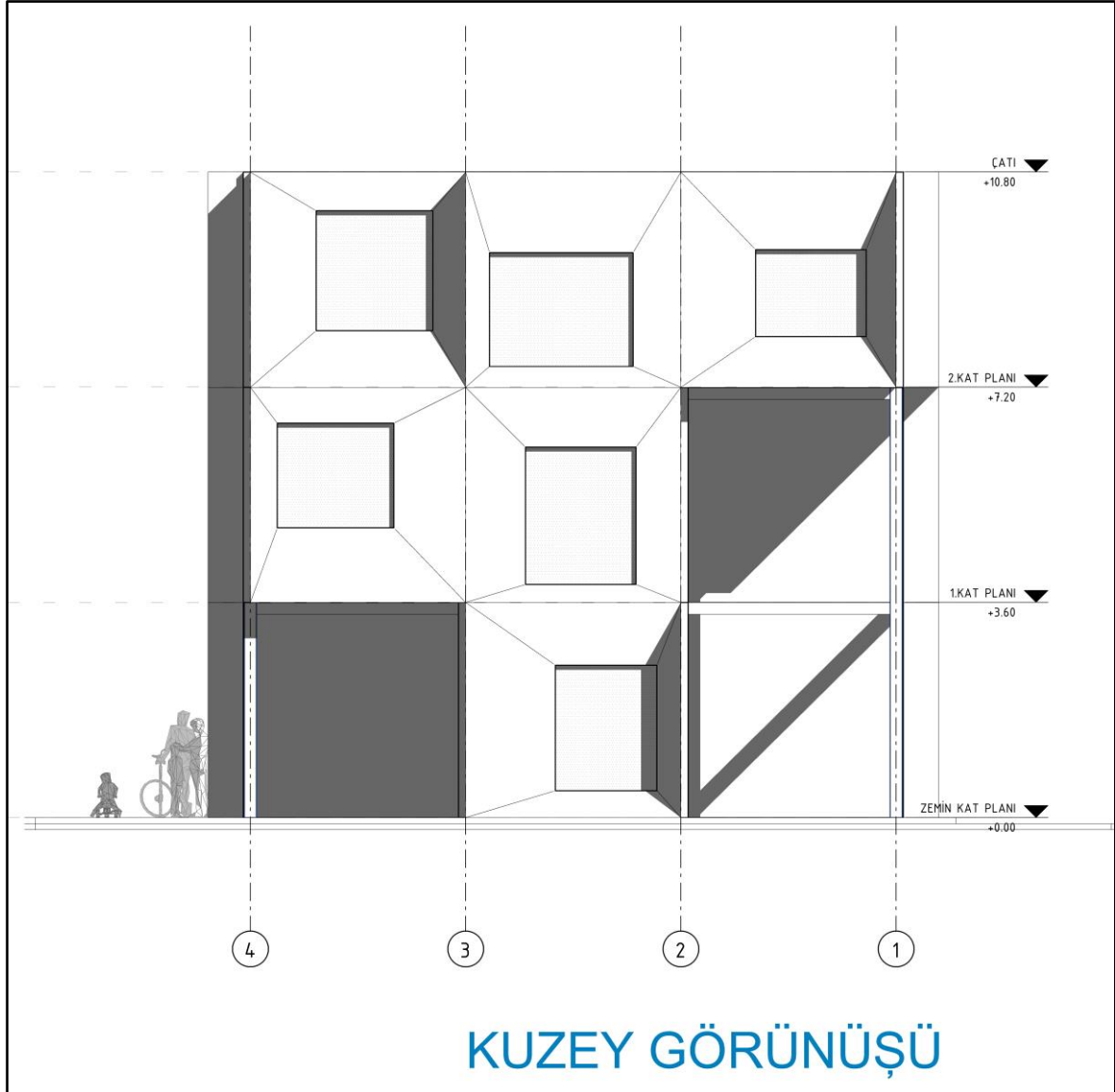
Şekil 3.17. Görüntü düzlemleri-güney görünüşü



Şekil 3.18. Görüntü düzlemleri-doğu görünüşü



Şekil 3.19. Görüntü düzlemleri-batı görünüşü



Şekil 3.20. Görüntü düzlemleri-kuzey görünüşü

3.4.4. 3D kütle modelleme

Üç boyut ve model kavramları yıllardır mimari proje üretiminde kullanılan araçlardır. Gerçekleştirilen projenin sanal bir kopyasının oluşturulması anlamında ve tasarımcının kontrolünü arttırmak amaçlı kavramsal tasarım sürecine büyük katkıları vardır. Kağıt üzerindeki eskizden dijital ortama geçiş gibi kullanılabildiği gibi artık gelişen teknolojiyle birlikte eskiz araçlarının güçlenmesi ve esneklik kazanmasıyla doğrudan bilgisayar ortamında kavramsal eskiz de sınırlayıcı etkiler olmadan gerçekleştirilebilmektedir. Ancak buradaki önemli nokta ve BIM araçlarının katkısı üretilen modellerin parametrik ve yeniden kullanılabilir olmasıdır. İstenildiği gibi şekillendirilebilen, içine parametre girilebilen esnek

modelleme yöntemi tasarımcının hayal gücünü kısıtlamak yerine ona farklı araçlarla, ölçülü çizim yapabilme ve mekan oluşturma gücünü sağlamaktadır.

Tasarımcı çizim dosyası içinde herhangi bir mimari elemanın ya da genel bir kütlenin katı modelini bir sınırlama olmaksızın oluşturulabilmektedir. Bu, proje düzleminde ya da akıllı obje (family) düzleminde yapılabilir. Doğrudan proje düzleminde yerinde modelleme şeklinde genel model (generic model) ya da kütle model (mass model) olarak yapılırken akıllı obje (family) düzleminde bir akıllı obje (family) çeşidi olan konsept kütle (conceptual mass) şeklinde yapılabilir. Bu tasarımcıya fikrini kaba bir kütle model şeklinde temsil etmesini ve sunulan araçlarla şekillendirilmesini imkan sağlamaktadır.

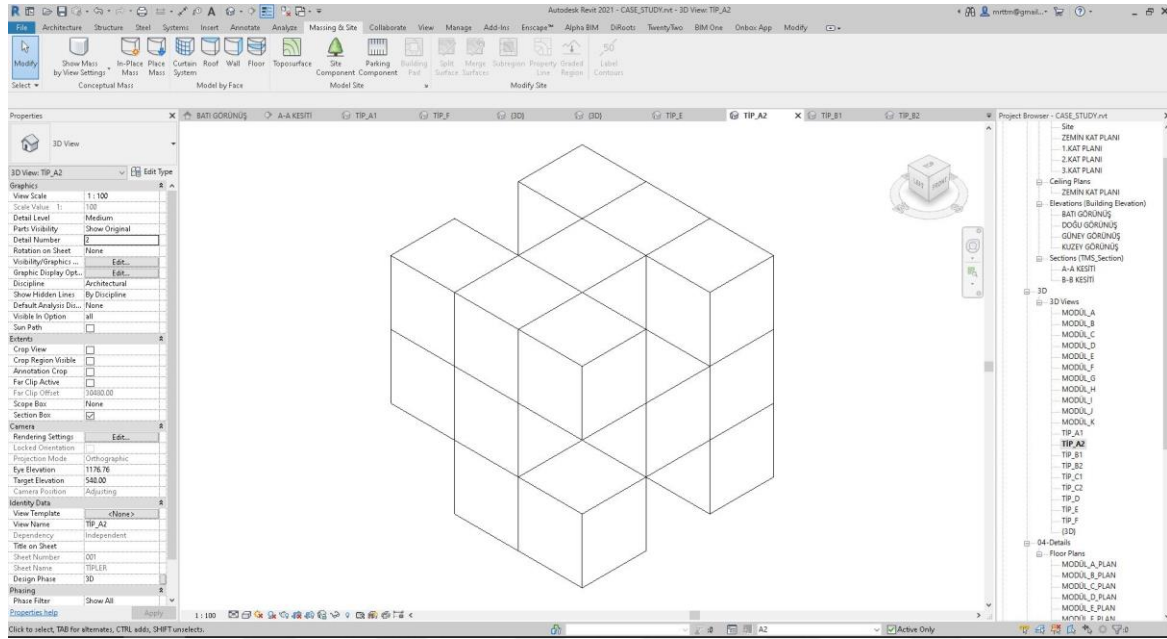
Yerinde Modelleme (Model In Place)

Revit platformunun sunduğu doğrudan proje düzleminde herhangi bir objenin kategorisi belirtilerek ya da belirtilmeden yani kaba bir kütle modeli olarak modelleme araçlarıyla ve yöntemleriyle modellenmesidir.

Programın tüm alanlarında kullanılabilir ve serbest form oluşturma konusunda tasarımcıyı özgürleştirmektedir. Yapılan model duvar, kolon vb. mimari elemanlar gibi kategorize edilebilir iken aynı zamanda kütle (mass) veya genel (generic) model şeklinde de oluşturulabilir. Proje düzleminde oluşturulan kütle (mass) model bir altlık gibi çalışmaktadır. Kaba model kütle şeklinde oluşturulup bina formu belirlenir. Bina elemanları duvar, giydirmce cephe, döşeme gibi mimari elemanlar tek tıklamayla kütleye atanabilir. Genel model (generic model) mantığında ise serbest form oluşturma amacı vardır ve renkli üç boyutlu kütleler ya da karmaşık şekiller malzeme atanarak oluşturulur. Mimari çizimin her düzleminde kullanılabilir. Akıllı objelerin oluşturulmasında, renkli şemaların üretilmesinde ve daha birçok alanda kullanılabilir.

Tipler oluşturulurken belirlenen 3,6 x 3,6 x 3,6 m ölçülerindeki grid bloklar modellenmiş ve bu bloklarla konut ve ticari bloklar oluşturulmuştur. Her biri kendi tasarım seçeneği içinde yerinde modelleme (model in place) yöntemiyle genel model (generic model) şeklinde üretilmiştir. Üretilen modellerin kompozisyonu veya formu küplerin eksiltip arttırılmasıyla oluşturulmuştur. Vaziyet çalışmasında ise kent ölçeğinde binalar artık birer akıllı obje (family) olarak tip isimleriyle oluşturulmuştur. Bu akıllı objelerin modelleri de yine genel

model (generic model) yöntemiyle akıllı obje (family) içine yerleştirilmiştir. Ayrıca bu akıllı objeler yani binalar kendilerine has olan bilgileri içlerinde parametre olarak barındırmaktadır.

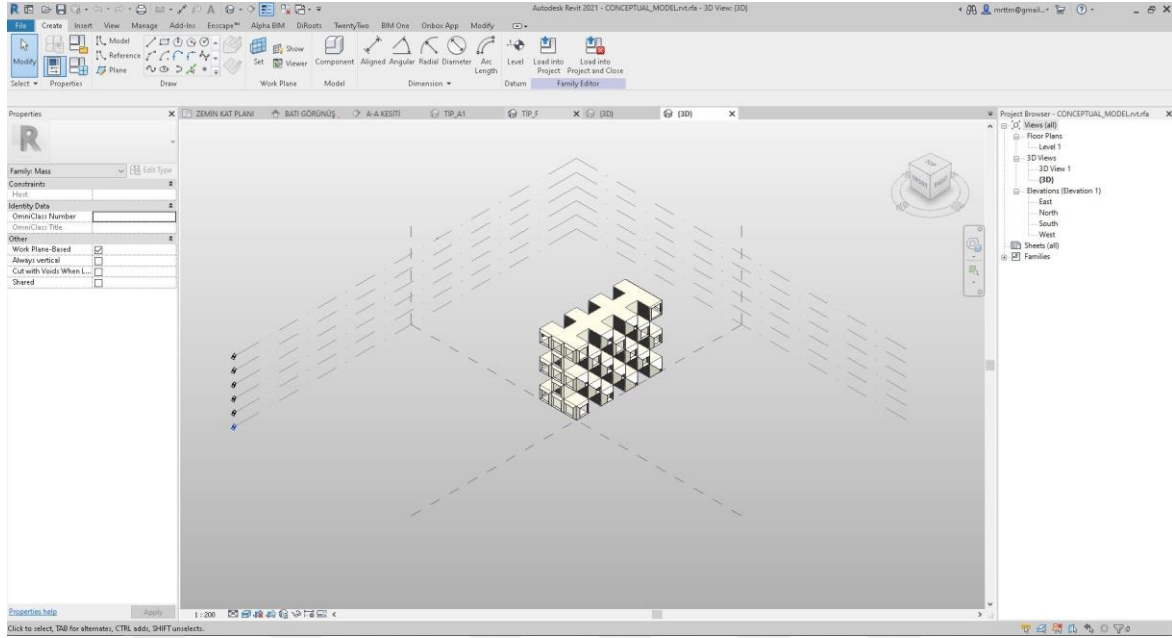


Şekil 3.21. Yerinde modellenmiş genel model

Konsept Kütle (Conceptual Mass) ve Parametrik Tasarım

Akıllı Obje (family) düzleminde daha geniş araçlarla bir konsept model oluşturma yöntemidir. Genel olarak kütle (mass) olarak üretilen model ana proje içerisine yüklenip üzerine parametrik mimari elemanlar giydirilebilmektedir. İsminden de anlaşılacağı gibi konsept tasarım için özel üretilen bir araçtır. Ana proje düzleminin dışında yani akıllı obje (family) düzleminde oluşturulur ve daha sonra proje içine yüklenir.

F konutu bu uygulama için seçilmiştir. Modellemesi family düzleminde kütle (mass) model olarak yapılmış daha sonra proje içerisine alınarak mimari elemanlar kaba kütle üzerine giydirilmiştir.



Şekil 3.22. Konsept kütle (Conceptual Mass) ara yüzü

3.4.5. Üretken tasarım araçlarıyla bilgi yüklü akıllı elemanları ve parametrelerini düzenleme

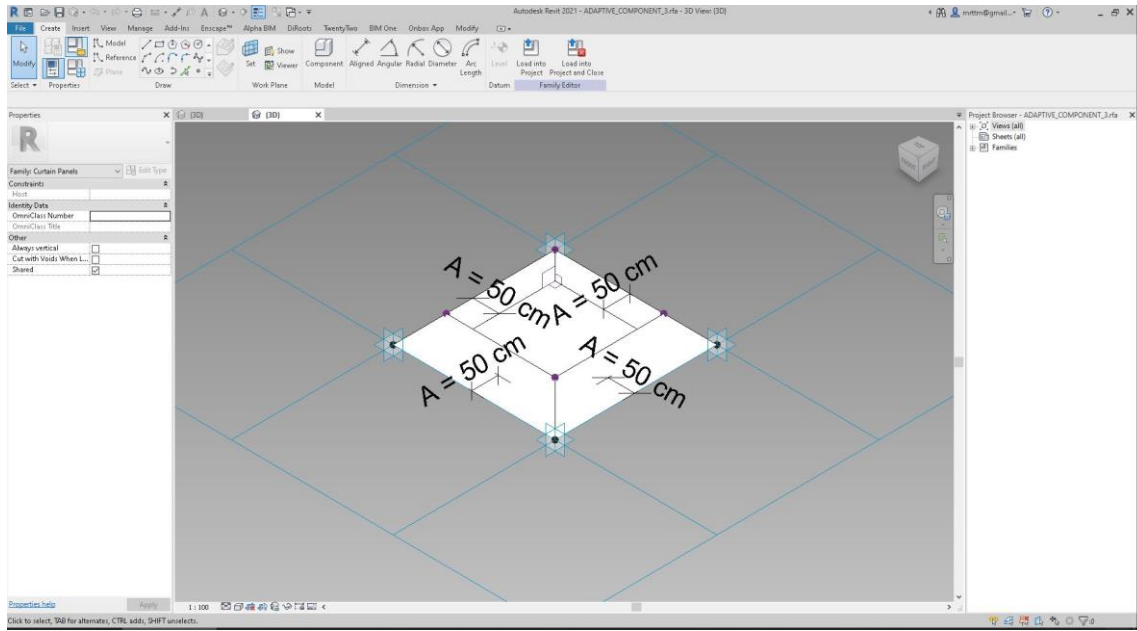
A1 konutunun ve F konutunun cephe tasarımı iki farklı modelleme yöntemiyle tasarlanmıştır. A1 konutunda genel (generic) model kullanılarak oluşturulan cephe akıllı objesi (generic family) cephedeki farklılaşmayı sağlayacak parametrelerle oluşturulmuştur ve bu parametreler bir üretken tasarım aracı olan, Revit'e entegre çalışan, Dynamo eklentisi yardımıyla rastgele parametreler üretilerek cepheye uygulanmıştır. Bu işlemde Dynamo formülü şu işlem basamaklarını uygulamaktadır.

Her parametre için;

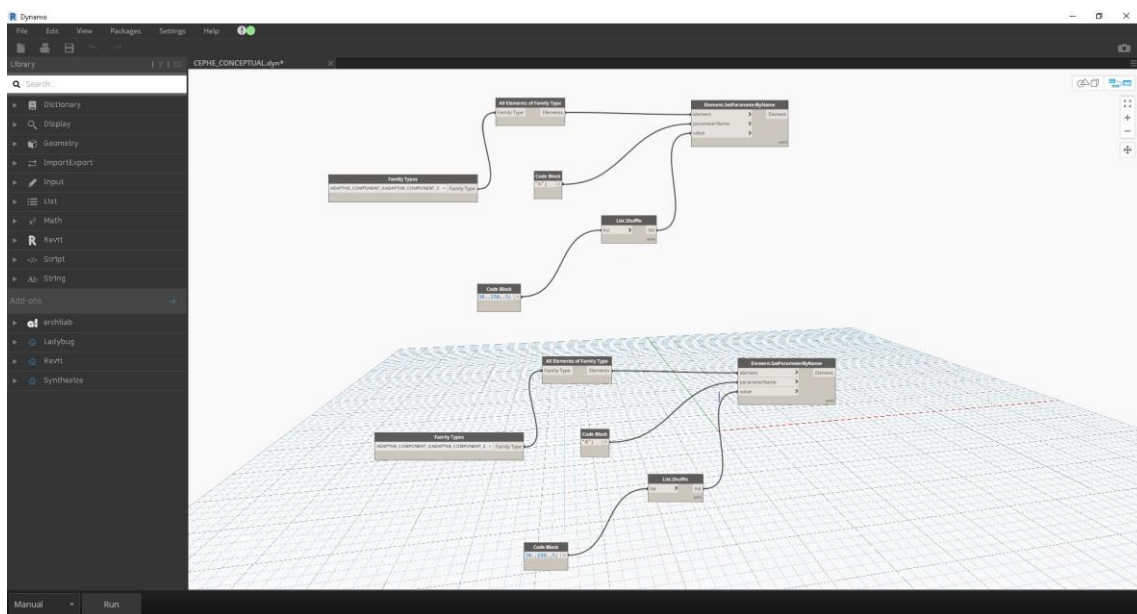
1. İlgili cephe objelerini seç
2. Tanımlanan aralıkta rastgele değer üret
3. Üretilen değerlerin sırasını karıştır
4. Cephe elemanlarının parametrelerine üretilen değerleri rastgele uygula

Her parametre için;

1. İlgili cephe objelerini seç
2. Tanımlanan aralıkta rastgele değer üret
3. Üretilen değerlerin sırasını karıştır
4. Cephe elemanlarının parametrelerine üretilen değerleri rastgele uygula



Şekil 3.25. Uyumlu akıllı obje (adaptive family)



Şekil 3.26. Uyumlu obje parametrelerini kontrol eden Dynamo formülü

Bu kısımda örnek vermek amacıyla cephe tasarımı üzerine parametreleri rastgele farklılaştırarak oluşturulan bir yöntem izlenmiştir. Ancak Dynamo programıyla parametrik olan her geometrik obje ya da işlem doğru formül yazılarak oluşturulabilmekte ve kontrol edilebilmektedir. Yapılabileceklerin sınırı programlama dilinin ve kullanıcı bilgisinin sınırındır. Diğer BIM araçlarıyla entegre çalışabilen diğer üretken tasarım araçları da mevcuttur. Örneğin Rhinoceros programıyla entegre çalışabilen Grasshopper programının tarihi Dynamo dan daha eskidir ve ilerlemiştir. Fakat Rhinoseros'un bir BIM aracı olmaması platformlar arası kopukluğa yol açabilmektedir. Revit ve Dynamo birlikteliği BIM platformundan kopmadan yapılabilen tasarım avantajı sunmaktadır.

3.4.6. Bilgi dökme ve listeleme

BIM programlarının genel ve en etkin özelliği proje veya proje elemanları üzerine çeşitli bilgilerin girilebilmesidir. Bu parametreler global parametreler, proje parametreleri ve paylaşılan parametreler olarak çeşitlenmektedir. Tüm bu bilgiler program içerisinde listelenebilmekte ve hesap dökümü sağlanabilmektedir. Bu bilgilerin dökümünün yapılabilmesi tasarımcıya kontrollü bir ortamda revize kolaylığı da sağlayarak tasarım yapabilme imkanı sunmaktadır. Liste üzerinden yapılan değişiklikler proje üzerinde doğrudan değişmektedir. Proje çizim aşamasında listelerle projeyi kontrol etmek ve modelde yapılan değişikliklerin doğrudan listelere yansması pratik ve kontrollü bir tasarım sağlamaktadır.

Örnek projede A1 konutu için mahal listesi metrekaresi kontrolü amacıyla çekilmiştir. Kent ölçeğindeki vaziyet planına dair çekilecek bilgi ve kontrol listeleri ilgili bölümde anlatılmıştır. Projenin başlangıç aşamalarında dahi malzeme bilgisi girilebilmekte ve bunun da listesi çekilerek sunuma eklenebilmektedir. Daha birçok kategoride listeleme yapmak mümkündür.

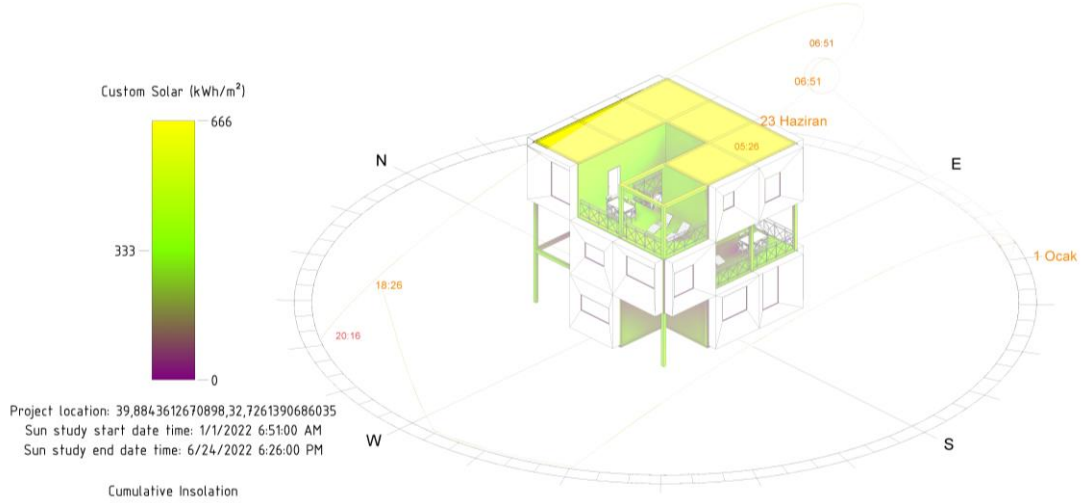
Çizelge 3.1. Mahal listesi tablosu

«MAHAL LİSTESİ»		
A	B	C
KAT	MAHAL İSMİ	METREKARE
ZEMİN KAT PLANI		
ZEMİN KAT PLANI	BANYO	2.9 m ²
ZEMİN KAT PLANI	KORIDOR	5.1 m ²
ZEMİN KAT PLANI	MERDİVEN	11.9 m ²
ZEMİN KAT PLANI	MUTFAK	11.6 m ²
ZEMİN KAT PLANI	OKUMA ODASI	11.6 m ²
ZEMİN KAT PLANI	OTURMA ODASI	11.6 m ²
ZEMİN KAT PLANI	TUVALET	2.9 m ²
ZEMİN KAT PLANI	İÇ BAHÇE	12.3 m ²
1.KAT PLANI		
1.KAT PLANI	BANYO	2.9 m ²
1.KAT PLANI	KORIDOR	25.1 m ²
1.KAT PLANI	TERAS	25.2 m ²
1.KAT PLANI	TUVALET	2.9 m ²
1.KAT PLANI	YATAK ODASI-1	11.6 m ²
1.KAT PLANI	YATAK ODASI-2	11.6 m ²
1.KAT PLANI	YATAK ODASI-2	11.6 m ²
2.KAT PLANI		
2.KAT PLANI	BANYO	2.9 m ²
2.KAT PLANI	KORIDOR	4.8 m ²
2.KAT PLANI	MERDİVEN	11.6 m ²
2.KAT PLANI	OTURMA ODASI	11.6 m ²
2.KAT PLANI	TERAS	32.2 m ²
2.KAT PLANI	TERAS SERVİS	11.6 m ²
2.KAT PLANI	TUVALET	2.9 m ²
2.KAT PLANI	YATAK ODASI-1	11.6 m ²
2.KAT PLANI	YATAK ODASI-2	11.6 m ²
Toplam Metrekare		260.9 m ²

3.4.7. Analiz ile tasarım

Tasarım başlangıcında bir takım hesaplanabilir analizlerle çalışmak tasarımcıya yönelme, cephe tasarımı, malzeme seçimi gibi konularda pratik ve tutarlı tasarım yapma imkanı sunacaktır. BIM araçlarının bilgi barındıran yapısı ve analiz olanakları bu gereksinimleri karşılamaktadır. Sürdürülebilirlik ve çevresel denetim kapsamında eklenti ya da dahili olmak üzere birçok yazılım mevcuttur.

Projede verileri doğru ve gerçekçi alabilmek için yapı lokasyon olarak Ankara sınırlarında boş bir arazi olarak koordinatlanmıştır ve böylece programdan yerel veriler alınabilecektir. Birçok farklı konuda analiz yapılabilir olmakla birlikte proje kapsamında örnek olması açısından güneşlenme analizi üstünde durulmuş ve bu veriden yararlanılmıştır. Hakim rüzgar yönü, hava şartları, aydınlanma gibi birçok analiz tasarımda veri olarak kullanılabilir. Revit platformunun dahili analiz bölümündeki aracı Solar Study ile örnek tasarımdaki güneşlenme hesaplanmıştır. Şekilde A1 binasının ısı kütlelerinin Ankara sınırları içindeki güneşlenme miktarları gösterilmektedir.



Şekil 3.27. Güneşlenme analizi

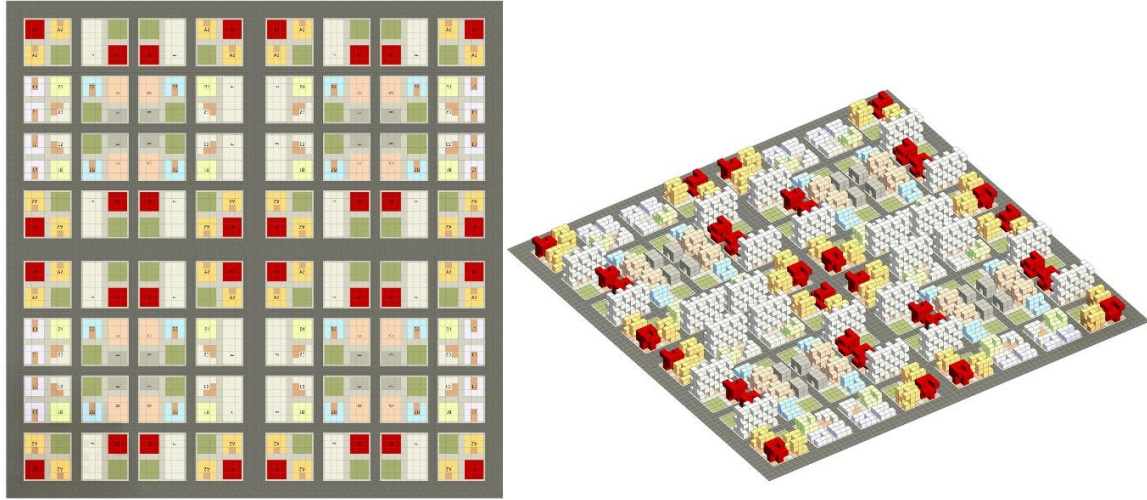
3.4.8. İş paylaşımı (Collaboration)

Birlikte çalışabilirlik disiplin içi ya da disiplinler arası tasarımcılar arasında tutarlı bir haberleşme ve iş birliği sağlamaktadır. Örnek proje kapsamında konsept proje aşaması baz alındığı için disiplin içi iş paylaşımı uygulanmıştır. Proje Revit platformunun iş paylaşımı (collaboration) yeteneği sayesinde merkezi bir dosya (central file) olarak oluşturulmuş ve birden çok katılımcının aynı anda tasarım yapabilmesine imkan sağlamıştır. Her kullanıcı merkezi dosya üzerinden yerel dosyasını (local file) oluşturarak senkronize bir çalışma halindedir.

3.4.9. Gerçek koordinatlarla çalışabilme ve kent ölçeğinde BIM ile kavramsal tasarım

Projenin ve tasarımın kent ölçeğindeki temsili için yine gridal bir düzende vaziyet planı oluşturulmuştur. 3,6 x 3,6 x 3,6 m grid düzeneği kentsel ölçekte korunmuş bina kütleleri, yollar, kaldırımlar, yeşil alanlar hep bu ölçüye bağlı kalınarak tasarlanmıştır. Konutlar, ticari tipler, kamusal alanlar içlerinde bilgi barındırarak vaziyet planına akıllı obje (family) olarak yerleştirilmiştir. İstendiğinde tüm tipler yerleşim ve hesaplamalar revizyon esnekliğine sahiptir ve bu da tasarımcıya deneyerek değiştirerek tasarlama imkanı sunmaktadır. Kişi sayısı, Kat sayısı (gabari), modül sayısı, açık ve kapalı alan, kullanılan alan, kamusal alan miktarları gibi parametreler objeler üzerine yüklenmiş ve listeleme yöntemiyle tablolastırılmıştır. Alan Ankara sınırları içerisinde boş bir arazi olarak koordinatlanmıştır ve dünya üzerinde gerçek koordinatındadır. Revit platformu koordinatlama yaparken plankote,

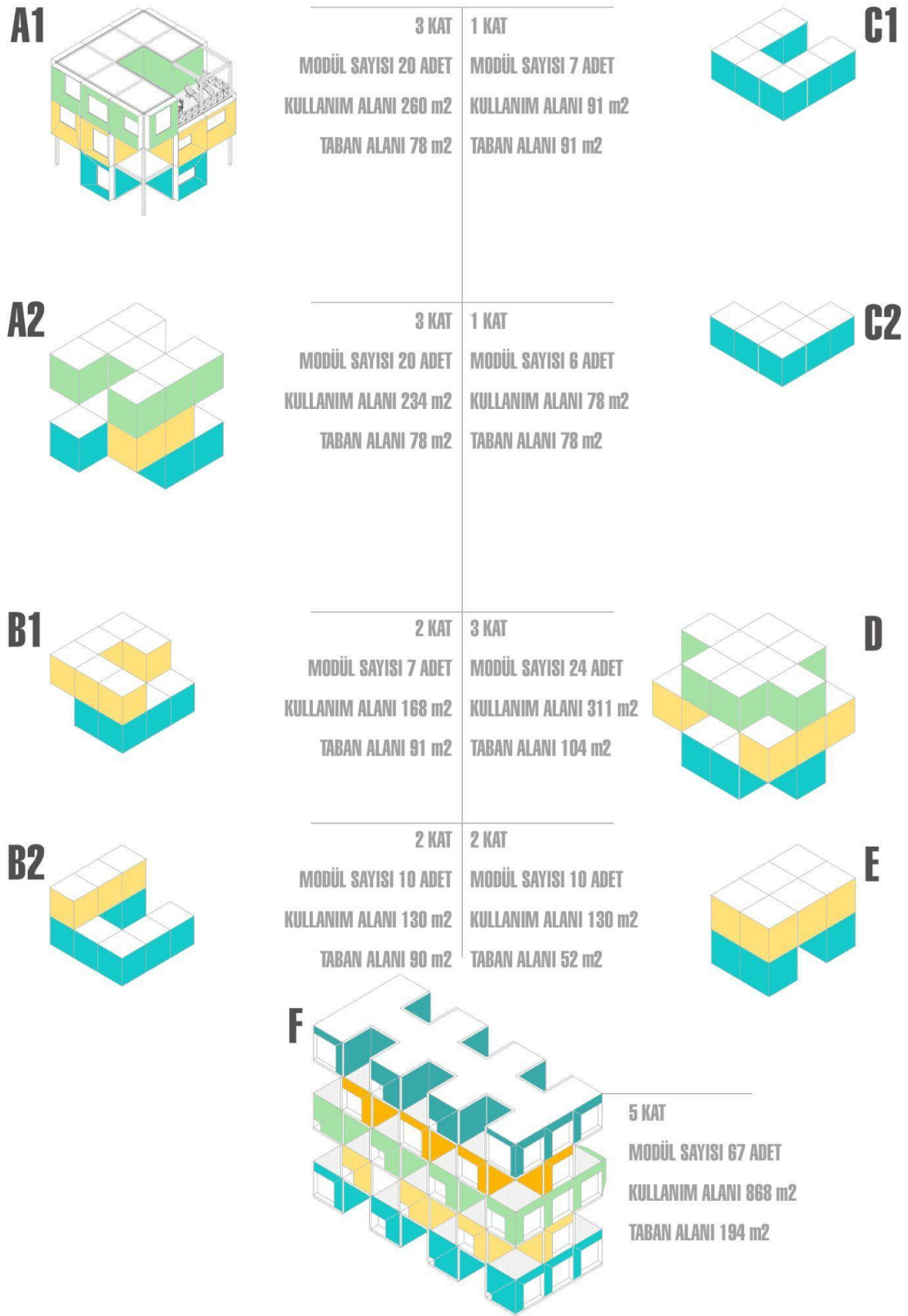
halihazır harita gibi iki boyutlu çizimlerdeki gerçek koordinatları proje içine çekebilmektedir ya da harita üzerinden lokasyon tanımlanarak koordinat tanımlanabilmektedir. Gerçek koordinatlarla çalışmak proje paydaşları arasında tam uyum sağlamanın dışında ayrıca programın sağladığı verilerin doğru akışı anlamında önemlidir.



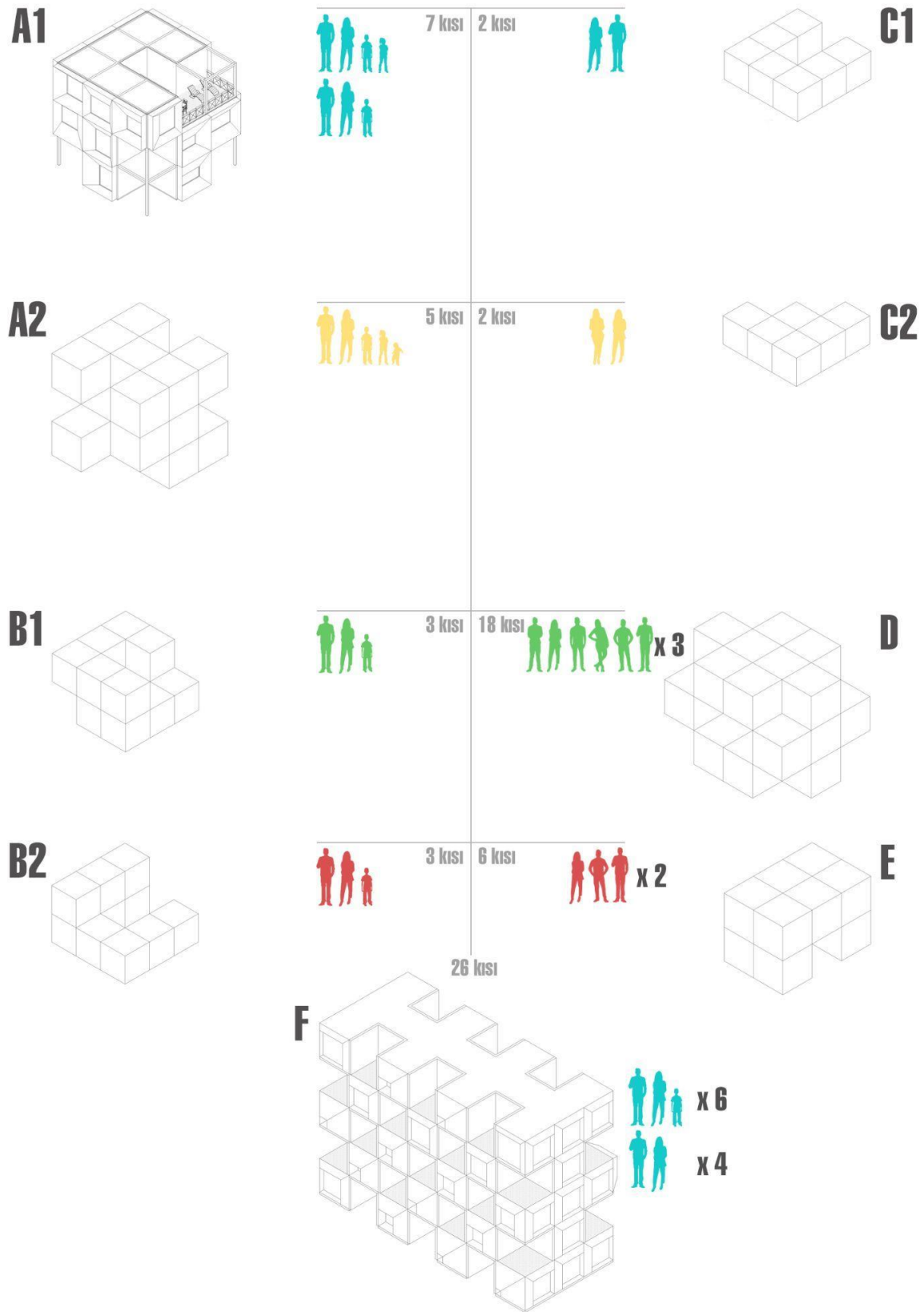
Şekil 3.28. Vaziyet planı

Çizelge 3.2. Kentsel veriler tablosu

-KENTSEL VERİLER-									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
TIP_İSMİ	Count	KAT_SAYISI	KULLANIM_ALANI	TABAN ALANI	MODÜL_SAYISI	KİŞİ_SAYISI	KALDIRIM ALANI	YOL ALANI	YEŞİL ALAN
A1	32	3	8320 m ²	2496 m ²	640	224	0 m ²	0 m ²	0 m ²
A2	32	3	7488 m ²	2496 m ²	640	160	0 m ²	0 m ²	0 m ²
B1	16	2	2688 m ²	1456 m ²	112	48	0 m ²	0 m ²	0 m ²
B2	16	2	2080 m ²	1440 m ²	160	48	0 m ²	0 m ²	0 m ²
C1	16	1	1456 m ²	1456 m ²	112	32	0 m ²	0 m ²	0 m ²
C2	16	1	1248 m ²	1248 m ²	96	32	0 m ²	0 m ²	0 m ²
D	16	3	4976 m ²	1664 m ²	384	288	0 m ²	0 m ²	0 m ²
E	16	2	2080 m ²	832 m ²	160	96	0 m ²	0 m ²	0 m ²
F	24	5	20832 m ²	4656 m ²	1608	624	0 m ²	0 m ²	0 m ²
YEŞİL ALAN	432		0 m ²	0 m ²	0	0	0 m ²	0 m ²	5598.7 m ²
YOL	3708		0 m ²	0 m ²	0	0	16556.8 m ²	31498.9 m ²	0 m ²
GENEL TOPLAM	4324		51168 m ²	17744 m ²	3912	1552	16556.8 m ²	31498.9 m ²	5598.7 m ²



Şekil 3.29. Kentsel ölçekte veriler-kat adedi, modül sayısı ve alan

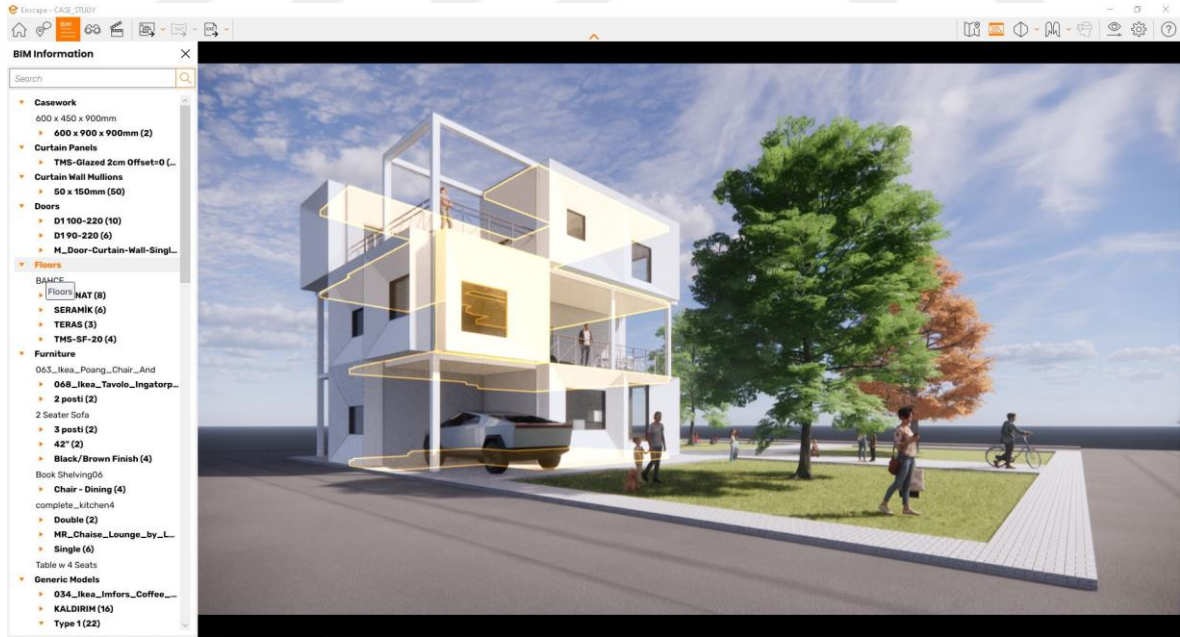


Şekil 3.30. Kentsel ölçekte veriler-kişi sayısı

3.4.10. Eşzamanlı görselleştirme araçları ile tasarım

Tasarım aşamasında oluşturulan modelin sunum için görsel anlamda kontrolü tasarımcının hayal gücünü doğru yansıtabilmesi ve üç boyutlu düşünme kolaylığı sağlayacaktır. Günümüzde bunları sağlayacak görselleştirme araçları modellemeyle senkronize çalışmakta, çalışmayla aynı anda gerçekçi görselleri, eski görselleştirme araçlarına göre daha kolay ve kullanıcı dostu bir ara yüzle üretebilmektedir. Her geçen gün de yeni versiyonlarıyla daha fazla yetenek kazanmaktadırlar.

Projede bu araçların faydasını test edebilmek için BIM altyapısını iki yönlü olarak destekleyebilen Enscape görselleştirme aracı seçilmiştir. Enscape aracıyla A1 konutu görselleri oluşturulmuş sunum için doneler ve dokümanlar elde edilmiştir. Araç aynı zamanda BIM paydaşları arasında haberleşmeyi ve koordinasyonu sağlayacak, tüm BIM objelerin parametreleriyle tanıyabilen ayrı bir BIM ara yüzüne sahiptir. Kullanıcılar model üzerinde birbirlerine notlar bırakarak hem eşzamanlı hem de farklı zamanlarda çalışmalar yapabilmektedirler.



Şekil 3.31. Enscape aracı BIM arayüzü



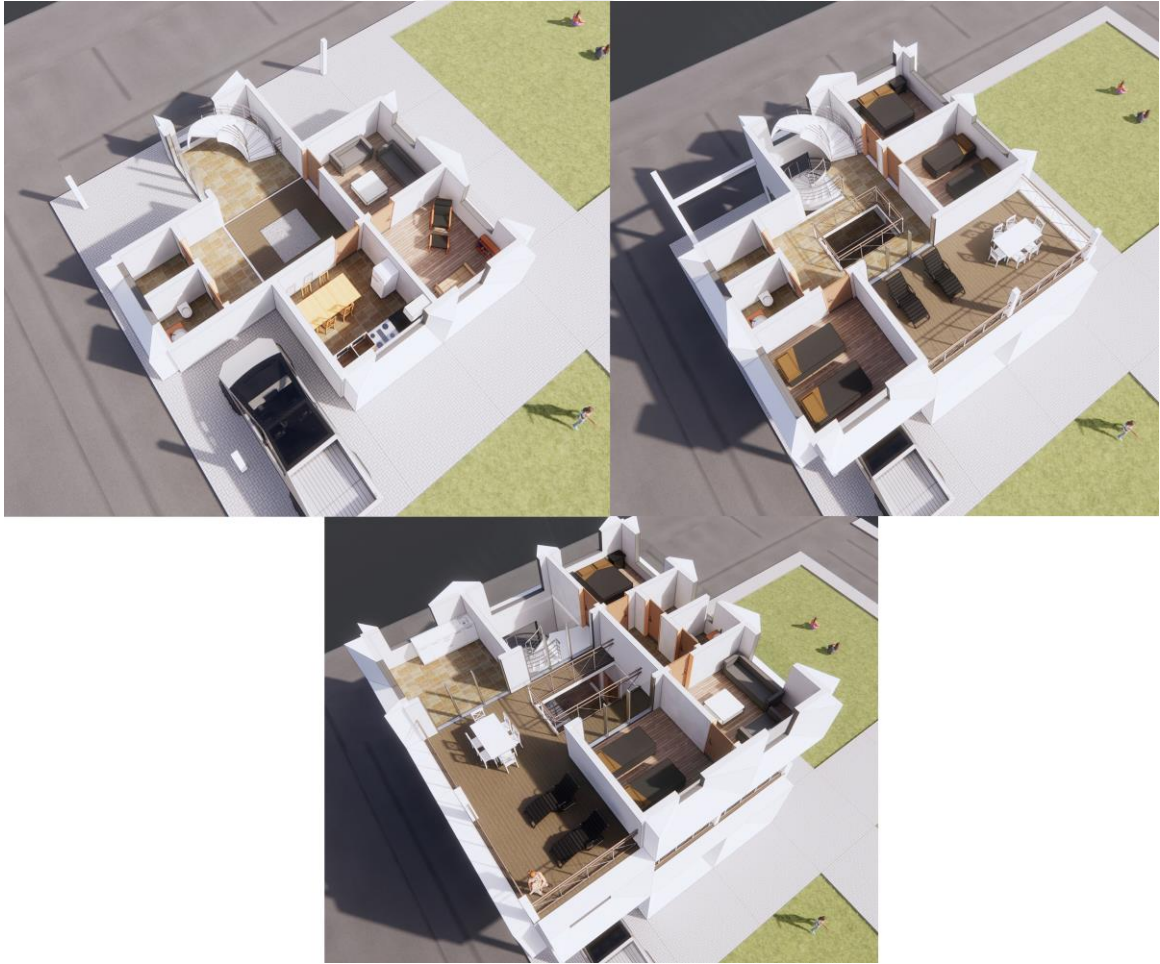
Şekil 3.32. Enscape görselleştirme çalışması-1



Şekil 3.33. Enscape görselleştirme çalışması-2



Şekil 3.34. Enscape model kesit çalışması



Şekil 3.35. Enscape aksonometrik kat planları

Eşzamanlı görselleştirme araçlarıyla birlikte yapılacak tasarım, her aşamada kontrollü, test edilebilir, gerçekçi ve son ürüne yönelik olacaktır. Tasarımcıya hız ve yetenek kazandıracaktır. Projeyi şekillendirirken ilk aşamadan itibaren sunum kolaylığı sağlayacak ve paydaşlarla görsel iletişimi pekiştirecektir. Müşteriye sunulacak çalışmalarda zahmetsiz, disiplin dışı kişilerin de algılayabileceği şekilde görsel doneler üretilebilmesini sağlayacaktır.





4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapı bilgi modellemesi tasarımcılara parametrik nesnelerle, serbest form üretebileceği ve aralarında ilişkileri kurabileceği geniş araçlara sahip yaratıcı bir ortam sunmaktadır. Tasarımcı daha erken aşamalarda disiplin içi ya da disiplinler arası birlikte çalışabilme fırsatına sahiptir. Ayrıca üretken tasarım araçlarının sağladığı otomasyon özelliğiyle proje sürecindeki bazı angarya olabilecek uğraşları tasarımcının omuzlarından alarak tutarlı bir yaratım süreci sunabilmektedir. Projenin her safhasında değişikliklere ve denemelere izin vermektedir. Çeşitli tasarım opsiyonlarının tek platformda şekillendirilebilmesine imkan sağlamaktadır. Sadece tek seferlik kullanılacak geometrik objelerle değil akıllı verilerle ve parametrik objelerle eskiz yapabilme yeteneği sunmaktadır. Akıllı mimari elemanlardan oluşan sanal yapı kopyası bina ile ilgili girilen tüm verileri çift yönlü olarak listeleyebilmekte ve revizyonlar sonucunda bu listeler otomatik olarak yenilenmektedir. Tasarımcı oluşturduğu listeler yardımıyla daha çok veri girebilmekte ve girdiği verilerin kontrolünü düzenli bir listeden takip edebilmektedir. Gerçek dünya koordinatlarında diğer disiplinlerle birlikte tasarım yapmak, dış platformlardan doğru veri akışı ve analizleri sağlamaktadır. Analizler ışığında geliştirilen tasarım tutarlı, gerçekçi ve kontrollü bir ortam oluşturmaktadır. BIM altyapısına uygun eşzamanlı görselleştirme araçları projenin her safhasında tasarımcılar için hem bir sunum aracı hem de koordinasyon aracı olarak çalışabilmektedir.

Gerçekleştirilen çalışma örneğinde görüldüğü gibi parametrelere bağlı bir tasarım ortamı geleneksel tasarımın tersine esnek revizyon ve hızlı opsiyon üretebilme yeteneğine sahiptir. Tasarımcı her aşamada serbest ama kontrollü bir biçimde denemeler yapabilir. Bu denemeler esnasında diğer görüntü düzlemlerinin tutarlılığını kontrol edip görüntüleri birbirine uydurmak gibi bir zahmete girmek zorunda değildir. Çok alternatifli çalışma sistemi, tasarım ortamından kopmadan üç boyut algılama kolaylığı geleneksel yöntemlere göre tasarımcının elini güçlendirmektedir. Dokümanların tümü tasarımcının verdiği ya da ortamdan alınan verilerle oluşmaktadır. Analizler veri yoluyla tasarımın biçimine ve oluşumuna etki edebilmektedir.

Yapılan çalışma deney kolaylığı açısından modüler bir prototip ve o prototipin farklı varyasyonları bir tipolojiye bağlı kalarak oluşturulmuştur. Bu tasarım yeteneğini sınırlandırmak gibi bir eleştiriye konu olabilir. Ancak gelecekte yapılacak çalışmalarda

herhangi bir şablona uymayan tasarımlar da gerçekleştirilebilir ve BIM ortamının tasarım araçları her türlü esnekliğe cevap verebilecek yetenektedir.

BIM sisteminin Dünya’da ve ülkemizde tamamen benimsenmesi BIM’in tam anlamıyla tüm proje süreçleri içerisinde gerçekçi kullanılmasıyla mümkün olacaktır. BIM platformları sadece üç boyutlu modelleme avantajıyla değil bina yaşam döngüsü, dokümantasyon, birlikte çalışabilirlik gibi avantajlarıyla kullanılması BIM’in doğru benimsenmesini sağlayacaktır. Ancak bu sürecin önünde yazılım ve eğitim maliyetleri, kullanıcı yetkinliği, teknolojik yeterlilik ve yaygınlık gibi engeller bulunmaktadır. AEC endüstrisinin gelişen bilgisayar ve veri teknolojilerinden etkilenecek parametrik sistemlere evrileceği gerçeği kaçınılmazdır. Birçok ölçekteki firma bu rekabet ortamında sürekliliklerini devam ettirebilmek için gelişen teknolojiye ve paradigmalara uyum sağlamak zorundadır. Ancak bu uyum dünyada örnekleri görüldüğü gibi devletin ve kamu kuruluşlarının teşviki ve öncülüğüyle sağlanabilmektedir. Projeyi onaylayan kurumun BIM sistemini benimsemesi ister istemez bu farkındalığın yaygınlaşmasını sağlayacaktır. Bu farkındalık tasarımın ilk aşaması olan kavramsal tasarımdan itibaren başladığı taktirde sağlam bir altyapıya sahip olacak ve bu altyapı üzerine gelişen, yeniliğe açık, güncel teknolojiyi takip edebilen, bütünlük bir projelendirme sisteminin oluşmasını sağlayacaktır. Mimarlık ve mühendislik eğitiminin akademik sürecinde üniversitelerde verilen eğitim kapsamında BIM kavramlarından bahsedilmesi, eğitime dahil edilmesi mesleğe başlarken bu farkındalığın otomatik olarak kazanılmasını sağlayacaktır. Meslek odalarının da BIM ve yeni teknolojik olanaklar konusunda verecekleri eğitimler, etkinlikler neticesinde geçiş süreci daha kolay ve efektif olacaktır.

BIM sistemi tasarımın kavramsal aşamasını kökten değiştiren bir araçtır. Günümüzde bir mimar tarafından hazırlanan üç boyutlu model, nispeten kolay ve hızlı bir şekilde, yapısal analizde kullanılabilecek analitik bir modele dönüşebilmektedir. Bu, geleneksel yöntemler kullanıldığında zaman alıcı ve pahalıdır (Czmoch ve Pękala, 2014).

KAYNAKLAR

- Abrishami, S., Goulding, J., Rahimian, F. P., Ganah, A., Sawhney, A. (2014). G-BIM framework and development process for integrated AEC design automation. *Procedia Engineering*, 85, 10-17.
- Afsari, K. (2012). *Building Information Modeling in Concept Design Stage*. Master's Thesis, University of Salford, Manchester, 7-21.
- Akkoyunlu, T. (2015). *Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin Bim Uygulama Planı Önerisi*. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 21-24, 29-35, 40-43.
- Alat, H. (2019). *Konut projelerinde yapı bilgi modellemesi kullanımı: örnek vaka çalışması*. Yüksek Lisans Tezi, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik, 8-22.
- İnternet: ALLPLAN. (2021). Allplan QuickStart Guides: Buried Structures. Web: https://www.allplan.com/us_en/cad-tutorials/allplan-quickstart-guides-buried-structures/ Erişim Tarihi:10.12.2021
- İnternet: ArchDaily. (November 08, 2017). Louvre Abu Dhabi / Ateliers Jean Nouvel. Web: <https://www.archdaily.com/883157/louvre-abu-dhabi-atelier-jean-nouvel> Erişim Tarihi:12.12.2021
- Atabay, Ş., Öztürk, M. B. (2019). Yapı Bilgi Modellemesi (Ybm) Uygulama Planı Üzerine İnceleme. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(2), 418-430.
- İnternet: Autodesk. (July 30, 2021). User Interface | Revit 2019 | Autodesk Knowledge Network. Web: <https://knowledge.autodesk.com/support/revit/getting-started/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ENU/Revit-GetStarted/files/GUID-3197A4ED-323F-4D32-91C0-BA79E794B806-htm.html> Erişim Tarihi:13.12.2021
- Avila, M.-A. (2009). *Programming and Conceptual Design Using Building Information Modeling*. Master's Thesis, The Faculty of California Polytechnic State University, San Luis Obispo, 8-16.
- Ayyıldız, S., Özbayraktar, M. (2018). Kültürel Süreklilik için Tipolojik Analizin Önemi: İzmit Merkez Geleneksel Konutları Örneği. *Online Journal of Art and Design*, 6(4), 126-167.
- Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and management in engineering*, 11(3), 241-252.
- Azhar, S., Khalfan, M., Maqsood, T. (2012). Building information modeling (BIM): now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, The, 12(4), 15-28.
- Bâldea, M., Dumitrescu, C. (2012). High-density forms in contemporary architecture. *Acta Technica Napocensis: Civil Engineering & Architecture*, 56, 175-185.

- Barlish, K., Sullivan, K. (2012). How to measure the benefits of BIM-A case study approach. *Automation in construction*, 24, 149-159.
- Barreto, G. (2016). *Generative Design for Building Information Modeling*. Master's Thesis, Tecnico Lisboa, Lisboa, 3-5, 13-21.
- Baykara, M. (2013). *Mimarlıkta Parametrik Tasarım ve Arazide Kütle Yerleşimi için Bir Model Önerisi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 12-15.
- Ben Lashihar, S. (2011). *BIM Applications in Conceptual Design Phase: Exploring the Abilities and Limitations of Autodesk Revit Architecture through the Generative Geometric Design Approach*. Master's Thesis, University of Nebraska - Lincoln, Lincoln, 1-3, 29-30, 92-93.
- İnternet: BIM-AEC. (2020). A Brief history of BIM. Web: <http://www.bim-aec.com/wp-content/uploads/2018/02/a-brief-history-of-BIM.png> Erişim Tarihi:14.12.2021
- İnternet: BIMForum. (2021). BIMForum - LOD. Web: <https://bimforum.org/lo/> Erişim Tarihi:11.12.2021
- BIMgenius. (2020). *Türkiye BIM raporu 2018-2019*. İstanbul. Web:https://www.bimgenius.org/uploads/6/3/9/9/63997129/bimgenius_p0002_turkiye_bim_raporu_2019_rev_0.pdf
- İnternet: BuildingSMART. (2021). Industry Foundation Classes (IFC) - buildingSMART International. Web: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/> Erişim Tarihi:13.12.2021
- Ching, F. D. (2014). *Architecture: Form, space, and order* (Fourth Edition). Hoboken: John Wiley & Sons.
- Czmoch, I., Pękala, A. (2014). Traditional design versus BIM based design. *Procedia Engineering*, 91, 210-215.
- Çetiner, O. (2010). *Mimarlıkta Yapı Bilgi Modelleme ve Örnekler*. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Muğla Üniversitesi, 10-12.
- Çuhadar, F. G. (2017). *Mimarlık hizmeti kapsamında bina bilgi modelleme: "G Villa" konut projesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 3-17, 23-24.
- Eastman, C. M., Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (Second Edition). Hoboken: John Wiley & Sons.
- Evcimen, A. (2018). *Yapı bilgi modellemesi ile yapılabiliirliğin geliştirilmesi: Endüstriyel tesis inşaatı projesinde bir vaka çalışması*. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 32-40.
- Fakhrutdinov, P. (2018). *Designing with Autodesk Revit*. Master's Thesis, Arcada University of Applied Sciences, Helsinki, 9-10.

- Feist, S. (2016). *A-BIM: Algorithmic-based Building Information Modelling*. Master's Thesis, Tecnico Lisboa, Lisboa, 44-45.
- Ferreira, B. (2015). *Generative Design for Building Information Modeling*. Master's Thesis, Tecnico Lisboa, Lisboa, 11-22.
- Ferreira, B., Leitão, A. (2015). *Generative design for building information modeling*. Real Time - Proceedings of the 33rd eCAADe Conference - Volume 1, Vienna University of Technology, Vienna, Austria, 635-644.
- İnternet: Fudala, T. (November 19, 2014). Structural Analysis for Dynamo is Available on Autodesk Labs - BIM and Beam. Web: <https://blogs.autodesk.com/bim-and-beam/2014/11/19/structural-analysis-for-dynamo-is-available-on-autodesk-labs/>
Erişim Tarihi:15.12.2021
- İnternet: Graphisoft. (2021). Learn the basics. Web: <https://graphisoft.com/try-archicad/learn-the-basics> Erişim Tarihi:10.12.2021
- Güney, Y. (2007). Type and typology in architectural discourse. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 3-18.
- Howell, I., Batcheler, B. (2005). Building information modeling two years later—huge potential, some success and several limitations. *The Laiserin Letter*, 22(4), 3521-3528.
- İlhan, B., Yaman, H. (2015). BIM ve Sürdürülebilir Yapım Bütünleşme: IFC-Tabanlı Bir Model Öneri. *Megaron*, 10(3), 440-448.
- Jalaei, F. (2015). *Integrate building information modeling (BIM) and sustainable design at the conceptual stage of building projects*. Doctoral Dissertation, University of Ottawa, Ottawa.
- Kaçmaz, Ş. (2019). Parametrik Tasarım ve BIM. *Yapı Bilgi Modelleme*, 1(1), 3-9.
- Kalkan, E., Okur, F., Altunışık, A. (2018). Applications and usability of parametric modeling. *Journal of Construction Engineering*, 1(3), 139-146.
- Karabay, E. (2017). *Hesaplamalı Tasarım Ve Yapı Bilgi Model Entegrasyonu "Dynamo" İle Yeni Olanakların Araştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Entitüsü, İstanbul, 5-15.
- Karlen, M., Fleming, R. (2016). *Space planning basics* (Third Edition). Hoboken: John Wiley & Sons.
- Kasalı, A. (2020). Tipleri Yeniden Düşünmek: Mimari Tasarım Stüdyoları İçin Tip Odaklı Bir Pedagoji Önerisi. *Megaron*, 15(1), 114-125.
- Korqa, N. (2015). *Generative Design for BIM: Its influence in the design process*. Master's Thesis, Tecnico Lisboa, Lisboa, 8-11, 16-22, 28-29, 38-41.
- Ma, W., Wang, X., Wang, J., Xiang, X., Sun, J. (2021). Generative Design in Building Information Modelling (BIM): Approaches and Requirements. *Sensors*, 21(16), 5439.

- Mengana, S., Mousiadis, T. (2016). *Parametric BIM: Energy Performance Analysis Using Dynamo for Revit*. Master's Thesis, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, 8-20.
- Muratoğlu, H. (2015). *BIM Kullanımının Tasarım Aşamasından Kaynaklanan Uyuşmazlıklar Üzerine Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 35-48.
- Mustafayev, A. (2019). *Arazi Modellemesinde BIM Yazılımlarının Kullanımlarının Değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1-8.
- NBS. (2020). *National BIM Report 2020*. Newcastle.
Web: <https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2020>
- Neufert, E., Neufert, P. (2019). *Neufert Yapı Tasarımı* (çev., B. Çiçek. 41. Baskı). İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- Ofluoğlu, S. (2014). Yapı Bilgi Modelleme: Gereksinim ve Birlikte Çalışabilirlik. *Mimarist*, Ocak. Web: https://www.researchgate.net/publication/328875465_Yapi_Bilgi_Modelleme_Gereksinim_ve_Birlikte_Calisabilirlik_Mimarist
- Özbek Eren, İ. (2019). Topoğrafyanın Anlamını Yeniden Düşünmek (ve İstanbul Deneyimi...). *Megaron*, 14(2), 196-204.
- Özcan, H. (2010). *Yapı Bilgi Sistemleri ve Mimarlıktaki Yeri*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 7-35, 63-67.
- Özge, R. E. (2009). *Mimarlık Pratiğinde Yapı Bilgi Sistemleri*. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 8-14.
- Pektaş, Ş. (2009). Mimarlıkta yapı bilgi modellemesi uygulamaları. *Mimarlık Dergisi*, 346, 81-84.
- Porwal, A., Hewage, K. N. (2013). Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects. *Automation in construction*, 31, 204-214.
- Saraireh, A., Moh'd, I., Haron, A. T. (2020). Understanding the Conceptual of Building Information Modeling: A Literature Review. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 11(1), 165-171.
- Sarıçiçek, T. (2019). *Türkiye'de Mimarlık Şirketleri İçin BIM Uygulama Yol Haritası*. Yüksek Lisans Tezi, Hasan Kalyoncu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep, 25-28.
- Savaşkan, M. O. (2015). *Yüksek Enerji Performanslı Konut Yapıları İçin Bim Tabanlı Bir Açık Kaynak Bilgi Sistemi Modeli*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 32-38.
- Sinoh, S., Ibrahim, Z., Othman, F. (2019). *Review of BIM literature and government initiatives to promote BIM in Malaysia*.

İnternet: SOFiSTiK. (2021). Rhino grasshopper interface for civil engineers. Web: <https://www.sofistik.com/products/finite-elements/rhinoceros-interface> Erişim Tarihi:07.12.2021

İnternet: Trimble. (2021). User interface improvements | Tekla User Assistance. Web: https://support.tekla.com/video/user_interface_2018i Erişim Tarihi:08.12.2021

Volk, R., Stengel, J., Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings—Literature review and future needs. *Automation in construction*, 38, 109-127.

Wierzbicki, M., De Silva, C. W., Krug, D. H. (2011). *BIM–History and Trends*. International Conference on Construction Applications of Virtual Reality, Weimar, 141-150.







GAZİ GELECEKTİR..