

MİMARİ TASARIMDA BIM

Gizem KARAOĞLU

Yüksek Lisans Tezi

Mimarlık Anabilim Dalı

Bina Bilgisi Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Leyla Yekdane TOKMAN

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Haziran 2020

ÖZET

MİMARİ TASARIMDA BIM

Gizem KARAOĞLU

Mimarlık Anabilim Dalı

Bina Bilgisi Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Haziran 2020

Danışman: Prof. Dr. Leyla Yekdane TOKMAN

Bina Bilgi Modellemesi (BIM), projelerin üç boyutlu ve dijital olarak yönetildiği bir süreçtir. BIM proje süreci (mimari tasarım, uygulama - inşaat ve yapım sonrası aşamalar), mimarlık, mühendislik ve inşaat sektörü için yeni bir dönem açmıştır. Farklı disiplinlerin birlikte kolaylıkla çalışmasını sağlayan BIM sistemi, sadece 3B modellemeyi değil aynı zamanda proje planlaması, maliyet hesabı, sürdürülebilirlik ve tesis yönetimini de desteklemektedir.

Projelerde BIM, bina yaşam döngüsü boyunca kullanıldığı gibi aynı zamanda sadece tasarım veya uygulama veya işletme vb. aşamalarda da kullanılmaktadır. Fakat süreçte, tek aşamada kullanılması BIM'in sağladığı avantajları da azaltmaktadır. Bu bağlamda, tez çalışmasında mimari tasarım aşamasında, uygulama ve inşaat aşamasında ve yapım sonrası aşamalarda örnek projeler üzerinden BIM kullanımının avantajları ortaya konmuştur. Çalışma sonucunda, mimari tasarım aşamasında BIM'in kullanıldığı örnekler ile, özellikle büyük ölçekli projelerde disiplinlerarası çalışma yapıldığı ve bilgiler eksiksiz doldurulduğu takdirde, BIM'in ileriki aşamalar için büyük avantajlar sağlayabileceği tespit edilmiştir. Aynı zamanda en etkili kullanım sürecinin yapım aşaması olduğu fakat süreçlerin birbirlerini beslediği gözlemlenmiştir. Böylece yapı yaşam döngüsü boyunca BIM kullanımının süreci kolaylaştırdığı, en karmaşık yapılarda bile tasarımı aynı zamanda da inşaat aşamasında imalatları kolaylaştırmakla birlikte yapım sürecini de disiplinlerin birlikte çalışması ile hızlandırmaktadır. Proje yaşam döngüsünün etkili bir şekilde sürdürülmesi için tüm aşamaların sırasıyla gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Sözcükler: Mimari tasarım, BIM-Bina bilgi modellemesi, Tasarım teknolojisi, Teknoloji

ABSTRACT
BIM IN ARCHITECTURAL DESIGN

Gizem KARAOĞLU

Department of Architecture

Programme in Buildin Design

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Programs, June 2020

Supervisor: Prof. Dr. Leyla Yekdane TOKMAN

Building Information Modeling (BIM) is a process in which projects are managed in three dimensions and digitally. The BIM project process has opened a new era for the architecture, engineering and construction (AEC) industry, leaving traditional CAD methods behind. The system which enables different disciplines to work together easily, supports not only 3D modelings but also project planning, cost estimation, sustainability and facility management.

In projects, BIM is used not only throughout the building life cycle, it is also used in stages like only design or application or operation, etc. However, using it in a single step in the process also reduce the advantages of BIM. In this context, the advantages of using BIM with sample projects in the architectural design phase, construction phase and post-construction phase are revealed in the study. As a result of the study, it has been determined that BIM can provide great advantages for future stages, with examples where BIM is used in architectural design stage, especially in large-scale projects, which interdisciplinary studies are made and informations are filled completely. At the same time, it was observed that the most effective process is the construction phase but all processes feed each other. Thus, the use of BIM throughout the building life cycle facilitates the process, even in the most complex structures, it also facilitates the manufacturing process during the construction phase and speeds up the construction process with the cooperation of the disciplines. All phases need to be carried out in order for the project life cycle to be maintained effectively.

Keywords: Architectural design, BIM-Building information modeling, Design technology, Technology

TEŞEKKÜR

Tez sürecim boyunca değerli bilgileri, desteği ve hoşgörülerini esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Leyla Yekdane TOKMAN'a ;

Çalışmam boyunca verdikleri destek ve yardımlardan ötürü, arkadaşlarım Gizem ÖZYAYCI, Burcu AYAZ, Cemre KILINÇ ve Sema BALÇIK'a;

Her sıkıntılı sürecimde beni bıkmadan dinleyip sakinleştiren, manevi desteklerini hep hissettiğim değerli hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Yekta ÖZGÜVEN, Dr. Öğr. Üyesi A. Kumsal ŞEN BAYRAM ve Dr. Öğr. Üyesi Emel CANTÜRK'e;

Beni akademiye yönlendiren, her soruma sabırla cevap veren manevi teyzem Prof. Dr. Nejla YARDIMCI'ya;

Her kararımda yanımda olan, desteğini bir an bile eksik etmeyen sevgili, Mete ÇİTKEN'e;

Son olarak maddi manevi desteklerini esirgemeyen, beni bu kadar güçlü bir birey yapan, istediğim herşeyi başarabileceğime inanan annem Neşe KARAOĞLU, babam Orhan KARAOĞLU'na, sevgili kardeşlerim Batuhan KARAOĞLU ve Bürde KARAOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

GİZEM KARAOĞLU

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı”yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

GİZEM KARAOĞLU

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR	v
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
TABLolar DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
GÖRSELLER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç.....	1
1.2. Kapsam.....	1
1.3. Yöntem	1
2.BİNA BİLGİ MODELLEMESİ (BIM).....	3
2.1. BIM Nedir?	3
2.2 BIM Bileşenleri.....	10
2.3 BIM'in Avantajları	13
2.3.1. nD (çok boyutlu) olması	15
2.3.2 LOD (level of development).....	17
2.3.3 Disiplinlerarası kullanımının olması	20
3. MİMARLIKTa BİNA BİLGİ MODELLEMESİ (BIM).....	24
3.1 Mimari Tasarım Aşamasında BIM	25
3.2 Mimari Uygulama ve İnşaat Aşamasında BIM.....	35
3.3 Bina Kullanımında -Yapım Sonrası Aşamada BIM	38

4. MİMARİ TASARIMDA BİNA BİLGİ MODELLEMESİ (BIM)	42
4.1 Hipotez	42
4.2 Mimarlıkta BIM Kullanılan Projeler ve BIM'in Etkileri	42
4.2.1 Mimari tasarım sürecinde BIM kullanılan örnekler	42
4.2.1.1 Villa Patio – Bandung, Endonezya	42
4.2.1.2 Irina Viner-Usmanova Ritmik Jimnastik Merkezi – Moskova, Rusya	47
4.2.1.3 Barclays Center Brooklyn- New York, ABD	54
4.2.1.4 Fondation Louis Vuitton Binası – Paris, Fransa	62
4.2.2 Mimari uygulama ve inşaat sürecinde BIM kullanılan örnekler	68
4.2.2.1 Yeni NATO Karargahı – Brüksel, Belçika	68
4.2.2.2 Abu Dhabi Havaalanı Midfield Terminali -Abu Dhabi, BAE	70
4.2.2.3 Aquarium Hilton Garden Inn- Atlanta, ABD	77
4.2.2.4 Mapletree Business City II – Singapur	81
4.2.3 Yapım sonrası süreçte BIM kullanılan örnekler	87
4.2.3.1 Northumbria Üniversitesi Kampüsü- İngiltere	87
4.2.3.2 Howard Hughes Medical Institute, Maryland - ABD	92
4.2.3.3 Alicante Üniversitesi Eğitim Fakültesi – İspanya	98
4.2.3.4 Ryerson University Kerr Hall East, Toronto - Kanada	105
4.3 Mimari Tasarımda BIM ve Etkilerinin Analizi	109
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	115
KAYNAKÇA	117
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 2.1 Farklı yazarlardan BIM tanımları.....	4
Tablo 2.2. BIM Projesinin İşbirliği Harita Örneği	22
Tablo3.1. Proje Tasarım Aşamasında BIM Uygulamaları	26
Tablo 3.2. Projenin Farklı Aşamalarında BIM Kullanımı.....	28
Tablo 4.1. Ekip tarafından belirlenen BIM hedefleri	82
Tablo 4.2 BIM Kullanılan Örneklerin Genel İncelemesi	111
Tablo 4.3. CAD-BIM Karşılaştırılması	114



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Boolean operasyonu ile modellenmiş yapı	6
Şekil 2.2. BIM Gelişim Süreci	9
Şekil 2.3. BIM Kullanıcı döngüsü	10
Şekil 2.4. BIM Bileşenleri	11
Şekil 2.5. BIM Uygulaması için ortak stratejik çerçeve	12
Şekil 2.6. BIM boyutları	16
Şekil 2.7. LOD Aşamaları	17
Şekil 2.8. LOD 100-500 proje detay grafiği	20
Şekil 2.9. Disiplinlerarası çalışma prensibi	21
Şekil 2.10. BIM Süreci	23
Şekil 3.1. Yapı yaşam döngüsü boyunca BIM kullanımı	24
Şekil 3.2. Geleneksel Mimarlık Servisi Süreci	26
Şekil 3.3. Kütle ve boşlukların kavramsal modeli	30
Şekil 3.4. Tasarım Sürecinde Maliyetin BIM ve Geleneksel Yöntem ile Zamana Karşı Belirlenmesi.....	33
Şekil 3.5. BIM ile Dönüşen İnşaat Süreci	36
Şekil 3.6. İşletme ve bakım için BIM ve yapı yaşam döngüsü boyunca kullanılan modellerle ilişkisi	39
Şekil 4.1. Villa Patio serbest el eskiz tasarımı-Yeşil avlu tasarımı	43
Şekil 4.2. El eskizi ile konsept tasarım (özel-ortak alanlar ve katı-geçirgen alan ayrımı)	45
Şekil 4.3. Villa Patio (BIM modelinden alınan) plan çizimleri	47
Şekil 4.4. Ritmik Jimnastik Merkezinin çatısının ilk el eskizleri	48
Şekil 4.5. Mimari proje düzenleme şeması	50
Şekil 4.6. Tasarım geliştirme aşamasında paydaş etkileşimi şeması	51
Şekil 4.7. Kanopi kesit diagramı	56
Şekil 4.8. Kanopi model görünüşleri	57
Şekil 4.9. Modelden elde edilen cephe panelleri imalat bilgileri	59
Şekil 4.10. Barclays Center plan şeması	60
Şekil 4.11. 4B İnşaat modeli	61
Şekil 4.12. Panel uyarlamaları örnekleri	65

Şekil 4.13. Farklı birleşme noktalarına entegre edilen parametrik nesneler	66
Şekil 4.14. Brüksel NATO Karargahı mimari detay modeli	68
Şekil 4.15. Nato Binası Mekanik ve Elektrik Projeleri Modelleri	69
Şekil 4.16. Midfield Terminali planı	71
Şekil 4.17. Proje yönetim kontrol şeması	73
Şekil 4.18. Bir girişin çakışma analizi	78
Şekil 4.19. Analiz ve planlama için modele bağlı çizelge	79
Şekil 4.20. Mapletree Business City vaziyet planı	82
Şekil 4.21. Sanal gerçeklik (VR) renderı	83
Şekil 4.22. 4B yapı dizisi ve zemin döngüsü simülasyonu	85
Şekil 4.23. Mevcut bakım verisi ve BIM tabanlı süreçlerin karşılaştırılması	88
Şekil 4.24. Güvenli bir kaynak- Entegre BIM veritabanı	89
Şekil 4.25. Bina kayıtlarının doğruluğu düzenlendi (kırmızı orijinal, siyah güncellenen)	90
Şekil 4.26. FM özellikli bir BIM'in üç ana elementi	95
Şekil 4.27. Sistem merkezli bir model oluşturmak için iş akışı	95
Şekil 4.28. Havalandırmanın renkli alt sistemlere ayrılması	96
Şekil 4.29. Alt sistemlerin tanımlama, adlandırma ve ataması örneği	97
Şekil 4.30. HHMI için bir etkinlik veya soruna yanıt verme iş akışı	98
Şekil 4.31. Altyapı ve Hizmet biriminin mevcut bakım süreci	99
Şekil 4.32. Bakım sürecinin teorik çerçevesine dahil edilen teknolojiler	101
Şekil 4.33. BIM metodolojilerinin, akıllı sensörlerin, kişisel cihazların kullanıldığı teorik çerçeve	101
Şekil 4.34. Mekan ve elemanlarının veri entegrasyonu	102
Şekil 4.35. Seçilen pencerenin veri entegrasyonu	103
Şekil 4.36. Seçilen aydınlatmanın veri entegrasyonu	103
Şekil 4.37. Seçilen masanın veri entegrasyonu	104
Şekil 4.38. BIM modeli (alttaki), mimari CAD çizimi (ortadaki), mekanik CAD çizimi (üstteki)	106
Şekil 4.39. Birinci fazdaki model geliştirme süreci	107
Şekil 4.40. Çalışmanın zaman çizelgesi	107
Şekil 4.41. Aydınlatma güçlendirme-tasarruf planlaması	108
Şekil 4.42. 7B BIM Geliştirme Çerçevesi	109

Şekil 4.43. Etkin BIM Kullanım	114
---	------------



GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 2.1 Ivan E. Sutherland Sketchpad'i kullanırken	5
Görsel 4.1. Villa Patio aksonometrik kat planı diagramı	43
Görsel 4.2. Işık ve yaşamın çekirdeği olarak tasarlanan hacimler arası yatay bağlayıcı	44
Görsel 4.3. BIM modeli kısmi görünüş – kısmi kesit	46
Görsel 4.4. BIM modeli iç mekan tasarımı- Archicad arayüzü	46
Görsel 4.5. Grasshopper çatı parametrik komut dosyası	49
Görsel 4.6. Parametrik komutlar sonucu oluşan Rhino çatı modeli	49
Görsel 4.7. 3B Archicad Modeli (soldaki), 3ds Max'ten alınan render(sağdaki)	50
Görsel 4.8. Solibri Model Viewer ile çıkışma	52
Görsel 4. 9. Mimari, Strüktürel, Elektrik, Mekanik modellerinin birleşimi	52
Görsel 4.10. Archicad 2B dokümantasyon-1.kat planı	53
Görsel 4.11. Archicad 2B dokümantasyon-kesit	53
Görsel 4.12. Archicad 2B dokümantasyon-ön görünüş	54
Görsel 4.13. Irina Viner-Usmanova Ritmik Jimnastik Merkezi renderı	54
Görsel 4.14. Barclays Center giriş kanopisi ve dijital ekranlar.....	57
Görsel 4.15. CATIA'da geliştirilen cephe sistemi	58
Görsel 4.16. İmal edilen cephe panelleri	59
Görsel 4.17. Barclays Center	60
Görsel 4.18. Barclays Center iç mekan – saha	61
Görsel 4.19. Fondation Louis Vuitton binası	62
Görsel 4.20. FLV sanat müzesi renderı	63
Görsel 4.21. İçteki beyaz kaplamalar ve çelik strüktürler 'buzdağı'	64
Görsel 4. 22. Dış kabuk 'yelken'ler	65
Görsel 4.23. Buzdağı ve yelkenlerin görüntüsü	67
Görsel 4.24. Brüksel NATO Karargahı Model Renderı	68
Görsel 4.25. Yolcu yürüme mesafesini azaltan terminalin X-formu renderı	70
Görsel 4.26. Üç boyutlu BIM model renderı	71
Görsel 4.27. İnşaat Sürecinde Midfield Terminali	72
Görsel 4.28. Abu Dabi Havalimanı çalışan pistler arasında şantiyenin havadan görünüşü	74

Görsel 4.29. Midfield Terminali iç mekan öneri renderı	75
Görsel 4.30. Midfield Terminali ticari alan iç mekan renderı	75
Görsel 4.31. Aquarium Hilton Garden Inn mimari modeli	76
Görsel 4.32. Aquarium Hilton Garden Inn MEP modeli	77
Görsel 4.33. Model ile iç mekan görselleştirmesi	79
Görsel 4.34. Mapletree Business City II havadan render	81
Görsel 4.35. 3B yazıcı ile basılan rampalar	84
Görsel 4.36. Rampa ve eğimli topografyanın BIM modeli	84
Görsel 4.37. Northumbria Üniversitesi kampüs modeli	86
Görsel 4.38. Dahili yenileme için tasarım seçeneklerinin model ile oluşturulması	91
Görsel 4.39. BIM model LOD 500 (soldaki) ve LOD 100 (sağdaki)	92
Görsel 4.40. HHMI kampüsü yukarıdan görünüşü	92
Görsel 4.41. Kampüsün merkez ve ana araştırma tesisi	93
Görsel 4.42. Kerr Hall 1962 arşiv fotoğrafı	106

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

3D	: 3 Dimensional / 3B
4D	: 4 Dimensional / 4B
5D	: 5 Dimensional / 5B
6D	: 6 Dimensional / 6B
7D	: 7 Dimensional / 7B
BAS	: Building Automation Systems (Bina Otomasyon Sistemi)
BDS	: Building Description System (Bina Tanımlama Sistemi)
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology (Yeşil Bina Sertifikası)
BIM	: Building Information Modeling (Bina Bilgi Modellemesi)
CAD	: Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CAM	: Computer Aided Manufacturing (Bilgisayar Destekli Üretim)
CD	: Construction Detailing (İnşaat Detaylandırma Aşaması)
CMMS	: Computerized Maintenance Management Software (Bilgisayarlı Bakım Yönetim Yazılımı)
DAC	: Design Automated by Computer (Bilgisayarda Tasarım)
DB	: Database (Veri Tabanı)
DD	: Detailed Design (Detay Tasarım Aşaması)
EDI	: Electronic Data Interchange (Elektronik Veri Değişimi)
FM	: Facility Management (Tesis Yönetimi)
HVAC	: Heating, Ventilating and Air Conditioning (Isıtma, Havalandırma, İklimlendirme)
IFC	: International Foundation Class (Programlar arası veri değişim uzantısı)
IPD	: Integrated Project Delivery (Entegre Proje Teslimi)
IWMS	: Integrated Workplace Management System (Entegre İşyeri Yönetim Sistemi)
LCA	: Lifecycle Assessment (Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi)
LCC	: Lifecycle Cost (Yaşam Döngüsü Maliyeti)

LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design (Yeşil Bina Sertifikası)
LOA	: Level of Accuracy (Doğruluk Seviyesi)
LOD	: Level of Development (Model Gelişim Seviyesi)
OODB	: Object-Oriented Database (Nesne Tabanlı Veri Tabanı)
ORDB	: Object-Relational Database (Nesne İlişkili Veri Tabanı)
PLM	: Product Lifecycle Management (Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi)
RDB	: Relational Database (İlişkisel Veri Tabanı)
SBM	: Single Building Model (Tekli Bina Modeli)
SD	: Schematic Design (Şematik Tasarım)
VR	: Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)

1. GİRİŞ

BIM teknolojileri günümüzde mimar, mühendis ve inşaat profesyonelleri tarafından etkili bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. BIM tabanlı programların diğer üç boyutlu modelleme programlarından farkları vardır. Parametreler yardımıyla çalışan bu programlar, tasarımın başlangıcından inşaatın bitimine kadar etkili bir şekilde kullanım sağlar aynı zamanda projede oluşabilecek olumsuzlukların önceden farkedilmesini sağlamaktadır. Yaşam döngüsü boyunca yapıma katkıda bulunan BIM programları, geleneksel proje süreci ile kıyaslandığı zaman bir çok avantajı (zamandan ve maliyetten tasarruf, iş gücünü azaltmak vb.) olduğu anlaşılmaktadır

1.1. Amaç

Günümüzde yaygın bir şekilde kullanılan bina bilgi modellemesi, binanın yaşam döngüsü boyunca süreci takip etmeye yardımcı olmaktadır. Yapım öncesi (mimari tasarım aşaması), yapım (uygulama) ve yapım sonrası (bakım-işletme) aşamalarda kullanım alanları, en etkili olduğu süreci tespit etmeyi, mimari tasarım sürecinde sağladığı avantajları yansıtmayı amaçlamaktadır.

1.2. Kapsam

Araştırma, günümüzde etkinlik kazanmaya başlayan bina bilgi modellemesi, bina bilgi modellemesinin mimari tasarım alanında kullanım amacı ve süreçlerini açıklayarak, BIM bileşenlerini, disiplinlerarası çalışma mantığını, model detay seviyesi ve çok boyutlu BIM modellerini araştırmaktadır.

Tez kapsamında, yaşam döngüsü boyunca BIM kullanılan örnek proje araştırmalarını yapılmıştır. Mimari tasarım aşaması, yapım aşaması ve yapım sonrası aşamalarda örnek projeler üzerinden, süreç, boyut, disiplinlerin kullanımı, detay seviyesi ve avantajlarının araştırılmasına odaklanılmıştır.

Bina bilgi modellemesi (building information modeling) bundan sonra BIM kısaltması ile kullanılacaktır.

1.3. Yöntem

Birinci bölümde, çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi kısa bir şekilde anlatılmıştır.

Çalışmanın ikinci ve üçüncü bölümlerinde tezin kuramsal alt yapısını oluşturan, genel BIM ve mimari tasarımda, yapım aşamasında ve yapım sonrasında BIM kavramları

detaylı literatür taraması (yayınlar, makaleler, kitaplar ve tezler) ve internet kaynakları araştırılmış ve aktarılmıştır.

Tezin dördüncü bölümünde ise mimari tasarım, yapım ve yapım sonrası aşamalarında BIM kullanılan projeler, ölçek gözetmeksizin, 2005 yılından sonra (son onbeş yıl) tamamlanan , herhangi bir BIM tabanlı programın kullanıldığı yapılar seçilmiştir. Indexli yayınların olmasına dikkat edilmiştir. Yapım sonrası aşama için ise yapılar, mevcut eğitim binaları üzerine yapılan işletme-bakım modeli araştırmalarından seçilmiştir. Böylelikle farklı süreçlerde BIM kullanımı kuramsal olarak incelenmiş ve analiz edilmiştir.

İncelenen örnekler ve kuramsal verilerle, BIM sürecinin hangi aşamada daha etkili kullanıldığı ve sağladığı avantajlar ortaya konmuştur.

2. BİNA BİLGİ MODELLEMESİ (BIM)

Bilgi modellemesi, bir işin yaşam döngüsü boyunca bilginin yapısını, erişilebilirlik gereksinimlerini belirleyen uygulama dizisidir. Günümüzde kuruluşlarda bilgi akışının sağlanması gerekmektedir. Bilgi modellemesi de bu bilgi akışını, yazılım boyutunda geliştirmeye yardımcı olan, veritabanı şeması ve sistem mimarisi oluşturan, gelecekteki değişiklikler için alt yapı sağlayan esnek, dengeli ve güvenli bir model oluşturmaktadır. Bilgi modellemesi tasarım süreçlerine yaşam döngüsü boyunca yardım eden yapay bir sistemdir (An Association for All IT Architects, 2018). Bu tez bilgi modellemesi türlerinden Bina Bilgi Modellemesi üzerinde durmaktadır.

2.1. BIM Nedir?

BIM yazılımcıları ve Türkiye distribütörlerinin tanımlamaları aşağıdaki gibidir.

Autodesk'e göre BIM mimarlık, mühendislik ve inşaat profesyonellerini binaları ve altyapıları daha verimli bir şekilde planlamak, tasarlamak, inşa etmek ve yönetmek için araçlarla donatan akıllı bir 3B model tabanlı bir süreçtir (Autodesk, 2018).

Bina bilgi modellemesi proje verilerinin üç boyutlu bir şekilde dijital olarak oluşturulduğu ve yönetildiği süreçtir. Bu veriler yapının kavramsal tasarımından yıkımına kadar tüm yaşam döngüsü içinde yer alır ve koordine edilir. Yapı sektörü için tasarlanmış bir dijital çalışma yöntemidir. (Prota Yazılım, 2019)

BIM en temel tanımı ile; birbirinden farklı mimari projelerin tasarımında, inşasında ve sürdürülmesinde görev üstlenenlerin ortak olarak yararlanabileceği üç boyutlu bir bilgi paylaşım sürecidir. (BIMSOFT, 2018)

Literatürde ise BIM'in farklı yazarlar tarafından açıklanan tanımları Tablo 2.1'deki gibidir.

Tablo 2.1. Farklı yazarlardan BIM tanımları (Karaoğlu,2020)

No	Tanımlayanlar	Tanımlar
1	NBIMS (National BIM Standard-United States, 2015)	BIM bir tesisin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin dijital temsidir.Bu nedenle, başlangıçtan itibaren ve yaşam döngüsü boyunca tesis hakkında güvenilir bir temel oluşturan bilgi kaynağı olarak hizmet eder.
2	Krygiel E., Nies B. (Krygiel & Nies, 2008, s. 27)	BIM, tasarımın parametrik bilgilerinde karar vermede, yüksek kaliteli inşaat belgelerinin üretilmesinde, bina performansının tahmininde, maliyet tahmini ve inşaat planlamasında kullanılan, bir bina projesi hakkında koordineli, tutarlı, hesaplanabilir bilgilerin oluşturulması ve kullanılması olarak tanımlanmaktadır.
3	BIM Rehberi (State of Queensland, 2017, s. 2)	BIM, Ortak Veri Ortamı (Common Data Environment, CDE) olarak bilinen, dijital alanda grafiksel (3B modeller) ve grafiksel olmayan verilerden (belgelerden) oluşan dijital veri kümeleri oluşturma işlemidir.
4	William G. Reed, Elliot B. Gordon (Reed & Gordon, 2000)	BIM, bir binayı genel bir sistem olarak algılayan ve ayrıca çeşitli yapı bileşenlerinin nasıl iç içe geçtiğini vurgulayan entegre bir tasarım süreci aracıdır.
5	Middlebrooks R.E. (Middlebrooks, 2008)	BIM, tüm bina analizini, daha hızlı karar vermeyi ve daha iyi dokümantasyonu mümkün kılan, koordineli, tutarlı tasarım bilgisinden oluşturulan bir dijital yapı modelinin kullanımını içeren bir bina tasarımı yaklaşımıdır.
6	Sacks R., Eastman C., Lee G., Teicholz P. (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018, s. 356)	BIM, sistem konfigürasyonunu ,kütüphane ve doküman şablonu kurulumunu ve genellikle yeni işletme uygulamalarıyla birleştirilmiş tasarım inceleme ve onay prosedürlerinin uyarlanması gerektiren yeni bir bilgi teknolojisi (IT-information technology) ortamıdır.
7	British Standard Institution (bsi., 2019)	BIM, projenin başlangıcından inşaat süresi boyunca devre dışı kalana kadar , dijital modellemenin kullanımıyla inşa edilen bir varlığın tüm yaşam döngüsü boyunca olan bilgi yönetimidir.

Bu tanımlardan yola çıkılarak tez kapsamında BIM'in, mimar, mühendis ve inşaat profesyonellerinin iş birliği içinde çalışabildiği, yapının yaşam döngüsü boyunca (proje sürecinden bitimine kadar, inşaat sürecinden sonrası için de) grafikleri ve

dokümantasyonu; bina performansının tahminini, maliyet tahminini ve inşaat planlamasını sağlayan, proje hakkında koordineli, tutarlı, hesaplanabilir bilgilerin oluşturulması ve kullanılmasını sağlayan ve projeye ilgili her türlü bilgiyi dijital ortamda oluşturan (parametrik olarak) bilgi yönetimi olduğu çıkarılabilir.

Rönesanstan günümüze projeleri belgelemek, projeyi müşterilere daha anlaşılır ve kolay yorumlanır hale getirebilmek için maketler yapılmaktadır (Empler, 2018). Maketler günümüzde kullanılan modelleme programlarının öncüsüdür.

Üç boyutlu geometri modellemesi 1960'larda önemli bir araştırma konusuydu. Bu yeni geliştirilen 3B kullanımının filmler, mimarlık ve mühendislik tasarımı, oyunlar gibi bir çok potansiyeli vardı (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). İki farklı teknoloji olan bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design-CAD) ve bilgisayar destekli üretim (Computer Aided Manufacturing-CAM) yazılımları 60'larda geliştirildi.

1957'de Dr. Patrick J. Hanratty Pronto adlı bir numerik kontrol sistemine dayanan tasarım programı geliştirdi ve bu program günümüz CAD programlarının öncüsü olarak varsayılmaktadır (Mühendislik Depolama Alanı, 2018). 1961'de bilgisayar tarafından oluşturulan tasarım (Design Automated by Computer -DAC) ortaya çıkmıştır ve bu CAD/CAM sistemi grafiklerle interaktif bir şekilde birarada kullanılan yeni bir yazılımdır. (Goubau, 2018).

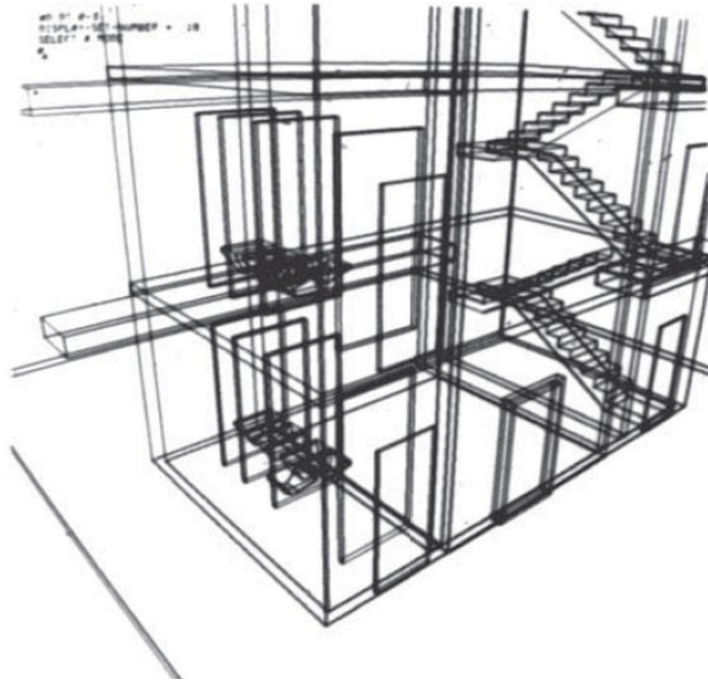
1963'te Ivan Sutherland MIT Lincoln Lab'da doktora tezi bağlamında ilk bilgisayar destekli tasarım (CAD) ile kullanılan grafiksel kullanıcı arayüzü olan "Sketchpad" teknolojisini geliştirmiştir ve sketchpadle çizim inşasını tasarım sürecinin bir modeli olarak tanımlamaktadır (Sutherland, 1963). Sketchpad'in arayüzü görsel 2.1'de gösterilmiştir.



Görsel 2.1. Ivan E. Sutherland Sketchpad'i kullanırken ([http-1](http://1))

1973 yılında üç grup ; Ian Braid Cambridge Üniversitesi, Bruce Baumgart Stanford Üniversitesi , Ari Requicha ve Herb Voelcker Rochester Üniversitesi; tarafından ayrı ayrı katı hacim modellemesi geliştirildi. Bunlar birinci jenerasyon üç boyutlu tasarım araçlarıdır. İlk yapı modelleri yapılırken boolean operasyonları olarak adlandırılan birleştirme, çıkarma ve kesiştirme komutları kullanılmaktaydı (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).

Bir yapıyı üç boyutlu modellemek için ilk küpler kullanılmaktaydı. Küplerin içleri boolean operasyonlarıyla boşaltılarak kapı boşlukları , pencere boşlukları açarak vb. merdivenler için küpleri birleştirerek tasarlanmaktaydı (şekil 2.1). Her bir eleman aslında katı hacimden küpten, küreden, piramitten, silindirden vb. meydana gelmekte ve birbirinden bağımsız işlemekteydi.



Şekil 2.1. Boolean operasyonu ile modellenmiş yapı (Eastman C. M., 1975)

Eastman 1974'te göre Bina Tanımlama Sistemi'ni (Building Description System ,BDS) geliştirmiştir. Parametrik tasarım terimiyle görsel ,sayılabilir analizler için yüksek kaliteli üç boyutlu sunumlar oluşturabilen bir veri tabanı fikrini ortaya koymuştur ve günümüzdeki BIM'i basitçe tanımlamıştır (Goubau, 2018). Bina tanımlama sistemi , bir binanın bilgisayar tabanlı tanımlamasının mevcut tüm zayıflıklarını ortadan kaldırmanın yanı sıra , binanın tasarımı ,inşaatı ve işletimi için bir araç olarak çizimlerin tüm mevcut kuvvetlerini çoğaltabileceğini veya geliştirebileceğini göstermek için başlatılmıştır. Bina

tanımlama sistemi BIM tarihçesinde bina veri tabanıyla başarılı bir şekilde tasarlanmış ilk proje olarak bilinmektedir (Eastman C. , 1974).

3B katı modele bağlı bina modelleme ilk defa 1970'lerin sonu 1980'lerin başında geliştirilmiştir. CAD sistemleri, TriCAD, Calma, GDS ve Carnegie-Mellon Üniversitesi ile Michigan Üniversitesi kendi basit araştırma sistemlerini geliştirmiştir. CAD sistemlerinde katı modelleme işlevsel olarak güçlü olmasına rağmen bilgi işlemin kullanılabilirliği açısından zayıftır. Bir sonraki adım CAD'den parametrik modellemeye geçiş olmuştur. Çoklu şekillerin parametreleri paylaşabildiği farkedilmiştir. Örneğin; bir duvarın sınırları, onu bağlayan zemin ve tavan yüzeyleri tarafından tanımlanmakta ve nesnelerin nasıl bağlandığı, hangi düzlemde bağlandığı belirlenmekte, bir duvar taşındığı zaman onun bağlı olduğu zemin ve tavanlar da ona uygun güncelleme yapmaktadır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018) .

1982'de Gábor Bojár ArchiCAD'i geliştirmeye başlamıştır. Bu program BDS ile benzer bir teknolojiye sahiptir. 1984'te Apple Lisa OS için Graphisoft'un Radar CH isimli programı piyasa sunulmuştur. 1987'de ise bu program ArchiCAD ismi ile yeniden piyasaya sürülmüştür ve kişisel bilgisayarlarda kullanılabilen ilk BIM yazılımıdır (Quirk, 2012).

1985'te Amerika'da, Diehl Graphsoft Vectorworks programını geliştirdi. Vectorworks ilk CAD programlarından, ilk 3B modelleme programlarından ve ilk çapraz platform CAD uygulamalarından biridir. Aynı zamanlarda Parametric Technology Corporation (PTC) kuruldu ve 1988 yılında Pro/ENGINEER'i piyasaya sürdü ve bu yazılım BIM tarihinde pazarlanan ilk parametrik modelleme yazılımı olarak kabul edilmektedir. PTC'den ayrılan Irwin Jungreis ve Leonid Raiz kendi şirketleri olan Charles River Software'i kurmuştur ve ArchiCAD'den daha karmaşık projeleri ele alabilecek, Pro/ENGINEER'in mimari bir versiyonu geliştirilmek istenmiştir. Bunun sonucunda 2000 yılında Revit programı oluşturulmuştur. Revit adı "Revise it" kalıbından yola çıkılarak bulunmuştur (Goubau, 2018). 90'lı yıllarda nesne tabanlı sistemler geliştirilmiştir. Bu sistemler içeriğinde duvar, kapı, pencere gibi elemanlara sahiptir ve bu elemanların parametrik özelliklerini içermektedir. Ayrıca nesne tabanlı bu sistemlerde plan, kesit, görünüş gibi çizimler aynı modelde oluşmaktadır.

1995 yılında IFC (International Foundation Class) dosya formatı geliştirilmiştir. Bu format farklı programlar arasında dosya aktarımı sağlamaktadır. 1997'de ise ArchiCAD takım çalışması çözümü üretmiştir. Bu çözüm ekip işbirliğinde devrim yaratarak daha

fazla mimarın aynı anda bir bina modeli üzerinde çalışmasına izin vermektedir. Daha sonra geliştirilen güncellemesiyle internet üzerinden disiplinler arasında özellikle geniş ölçekli projelerde işbirliğine izin vermeye ve koordinasyonu sağlamaya başlamıştır. Tüm bu gelişim süreçlerini atlatarak günümüze kadar gelen yeni nesil bilgisayar destekli tasarım araçları ‘Bina Bilgi Modellemesi’ adı ile anılmaktadır. Revit (Autodesk), ArchiCAD (Graphisoft) , VectorWorks Architect (Nemetschek) ,AllPlan (Nemetschek) ve Bentley Architecture (Bentley) programları BIM araçlarına örnek olarak gösterilebilmektedir.

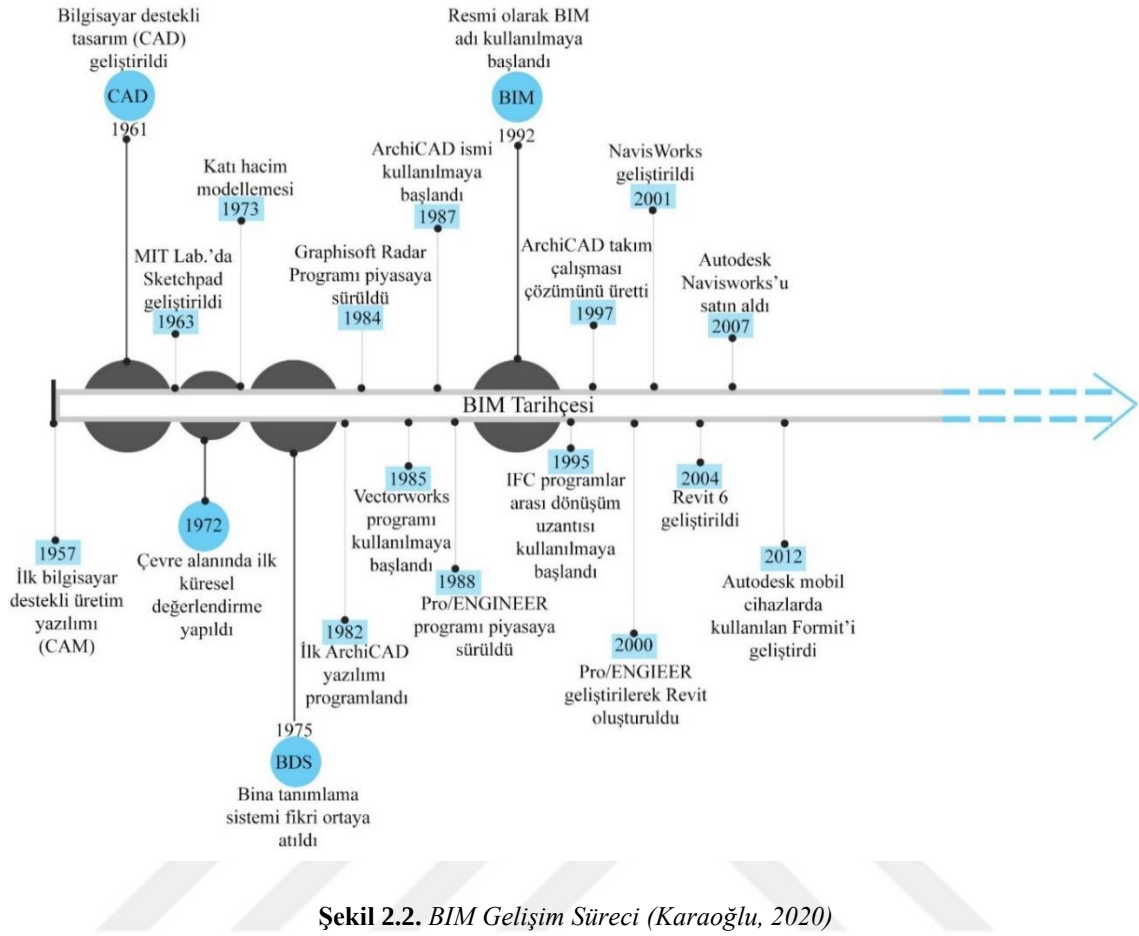
BIM’in modern tanımı 90’ların sonu 2000’lerin başında Autodesk, Graphisoft ve Bentley gibi farklı CAD yazılımcıları tarafından Tekli Bina Modeli (Single Building Model - SBM) olarak ortaya çıkarılmıştır (Migilinskas, Popov, Juocevicius, & Ustinovichius, 2013).

2003 yılında Bentley Systems tarafından geliştirilen Generative Components (GC) gibi az bilinen bazı BIM platformları, sektörde küçük bir yere sahip olmasında rağmen tasarımda dünya çapında büyük bir etki sağlamıştır. GC NURBS’ler ile parametrik tasarımı kolaylaştırarak tasarımda esneklik konusuna odaklanmaktadır.2012’nin sonlarında ise BIM modelinin kavramsal başlangıçlarının mobil cihazda başlatılmasına izin veren Formit uygulaması geliştirilmiştir. Böylece BIM projelerinin mobil cihazlar üzerinde kullanımı başlamıştır (Quirk, 2012).

Sacks vd. göre (2018), 2025 yılına kadar beklenen büyük BIM gelişimleri Tamamen dijital tasarım ve yapım süreci

- İnşaatta yeni inovasyon kültürlerinin oluşması, gelişmesi
- Çeşitli ve kapsamlı saha dışı imalatlarının gelişmesi
- Otomatik kod uygunluğu ile güçlü ve hızlı ilerleme
- Yapay zeka uygulamalarının artması
- Tasarıma ek fabrikasyonların küreselleşmesi
- Sürdürülebilir inşaat desteğinin artması şeklindedir.

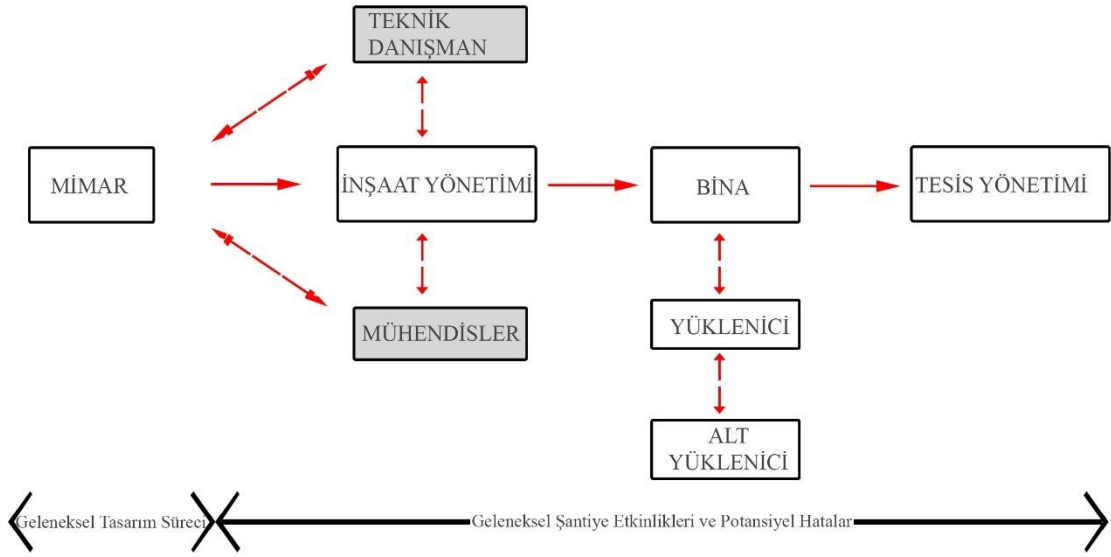
BIM’in açıklanan tarihi gelişim süreci, şekil 2.2’te kısaca anlatılmıştır.



Şekil 2.2. BIM Gelişim Süreci (Karaoğlu, 2020)

BIM üç boyutlu geometriyle gerçek zamanlı veri tabanlarını birbirine bağlar (Garber, 2014, s. 14). Bu paylaşımlı bilgi modeli sayesinde, proje ekibi (mimar , mühendis vb.) inşaata başlamadan önce projeyi tüm yönleriyle simüle ve test edebilmektedir. Bina bilgi modellemesi sayesinde; mimar, inşaat mühendisi, makine mühendisi, elektrik mühendisi aynı model üzerinden zaman kaybı olmadan çalışmalarını yürütmektedir. Böylece disiplinlerarası çalışmalar problemsiz sürdürülmektedir. Çalışmalar eş zamanlı olarak, herkesin sorumluluklarını yerine getirmesi ile yapılmaktadır. Aynı zamanda veriler sisteme baştan girilerek ileride çıkabilecek sorunlar önceden görülüp kısa sürede değiştirilip, süreç içerisinde problemler anlık olarak çözüme kavuşturulmaktadır. Böylece zamandan tasarruf edilip aynı zamanda çalışmalar etkili bir şekilde yürütülmektedir.

BIM disiplinler arası çalışmalar yapılabilen bir sistemdir (şekil 2.3). Birlikte çalışılabilirlik, programlar arasında veri geçişini kolaylaştıran ayrıca bilgi kaybını ortadan kaldıran bir uygulamadır. Başka bir uygulamada oluşturulmuş verileri manuel olarak kopyalama gereksinimini ortadan kaldırır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).



Şekil 2.3. BIM Kullanıcı döngüsü (Garber, 2014, s. 22)

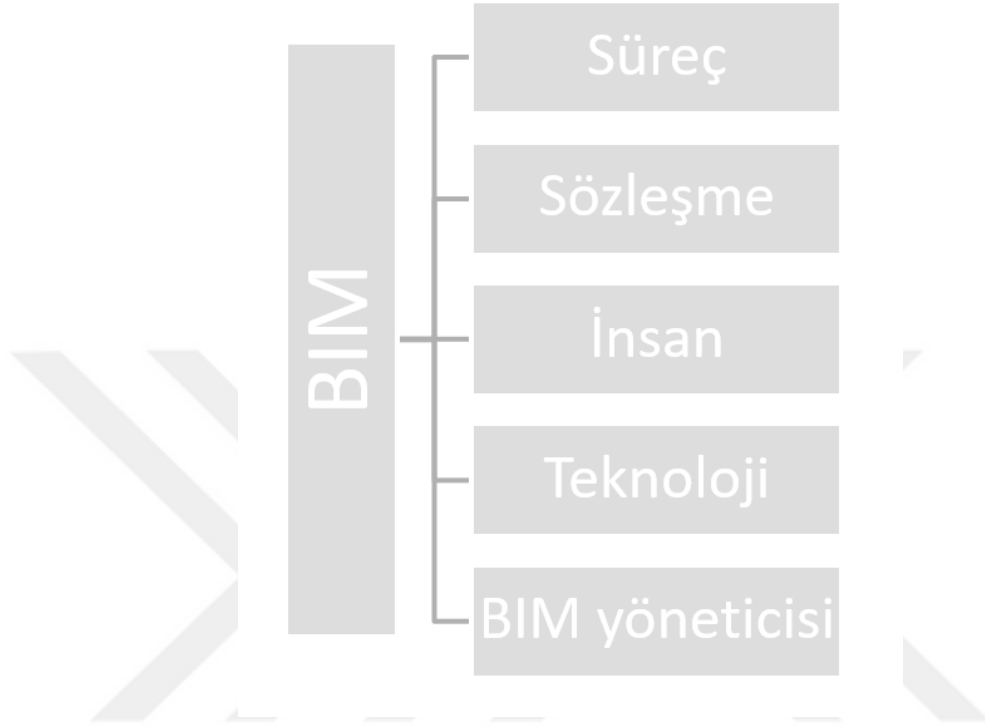
BIM tabanlı programlarda ortak çalışmayı sağlayan bazı eklentiler mevcuttur. Bu eklentiler ilk olarak programlar arası dönüşümü sağlamaya yarayan uzantı, sunucu olarak geliştirilmiştir. Sonradan ise daha hızlı ve etkili bir yöntem olan eklenti programlar ortaya çıkmıştır.

Programlardan önce IFC ve CIS/2 sunucuları sırasıyla 1997 ve 1999 yıllarında, ilişkisel veritabanı (relational database, RDB) yönetim sistemi kullanılarak geliştirilmiştir. Bununla birlikte nesne tabanlı yapı, RDB yapısına çevrilmektedir. Uzun süren dönüşüm probleminden dolayı nesne yönelimli veritabanı (object-oriented database, OODB) ve nesne ilişkili veri tabanı (object-relational database, ORDB) geliştirilmiştir (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). IFC tabanlı BIM sunucularından bazıları Open BIMserver , Express Data Manager (EDM) ve OR-IFC server'dır. Birçok BIM sunucusu kendi kuruluşu altında veritabanlarını kendileri oluşturmuştur. Örneğin, Dassault System 3D Experience, Bentley i-Model, Graphisoft BIMcloud ve BIM server, Autodesk BIM 360 Design ve Tekla BIMSight gibi.

2.2. BIM Bileşenleri

BIM bileşenlerinin yapı, bilgi ve modelleme aynı zamanda süreç, sözleşme, insan, teknoloji ve BIM yöneticisi (şekil 2.4) olduğuna dair farklı düşünceler vardır.

Hochtief-ViCon adlı BIM danışmanlık şirketine göre (2019) BIM beş bileşenden oluşmaktadır. Bu şirket BIM'in bir yazılımdan çok daha fazlası olduğunu ve teknolojiyi insan, süreç, politika ve yönetim ile uyumlu bir şekilde birleştirdiğini savunmaktadır.



Şekil 2.4. *BIM Bileşenleri (http-2)*

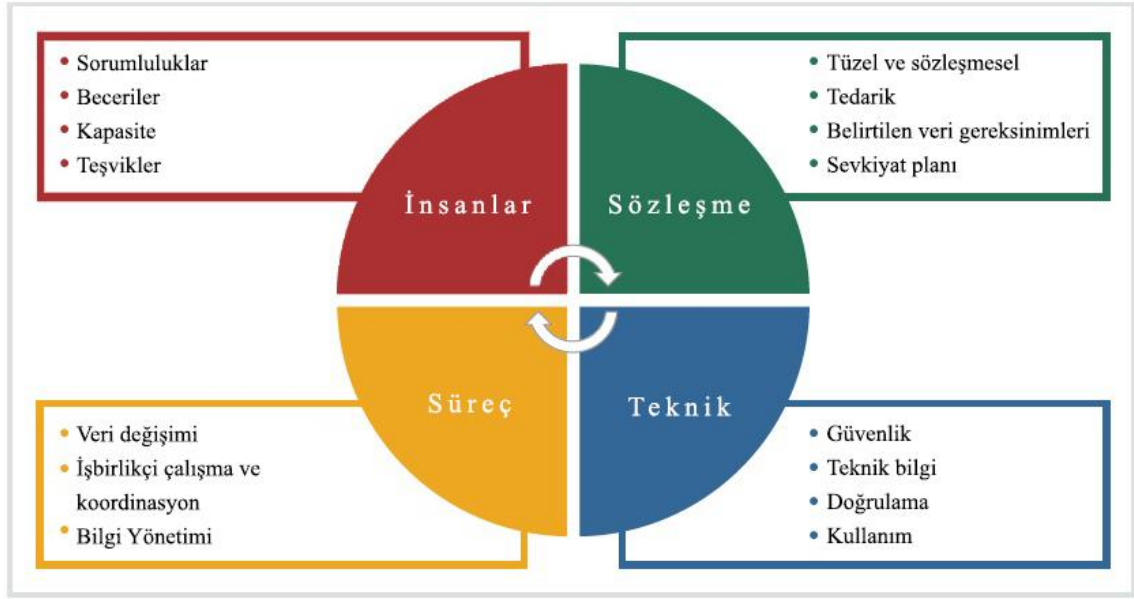
BIM destekli bir inşaat projesinde, başarılı BIM uygulaması için süreç oldukça önemlidir. Doğru yönetilen süreç iş birliğinin artırılmasında, bilginin iletilmesi ve yönetilmesinde etkili rol oynamaktadır (http-2).

BIM için insan faktörü önemli bir bileşendir. Her disiplin için ayrı projenin tek model üzerinden çalışılıyor olması, modelin oluşabilmesi için eğitilmiş ve yeterli aktörleri gerektirmektedir. Yeterli, eğitilmiş, bilgili insanların olması, her projenin etkili bir şekilde BIM ile üretilmesini ve disiplinler arası çalışma kolaylığını sağlamaktadır.

BIM programları hedefler, kaynaklar, insanlar, gelişmeler, başarılar ve zaman gerektiren değişim yönetimi girişimleridir. Güçlü BIM programları sunabilmek için bu çeşitli bileşenleri koordine etmek ve hizalamak için bir strateji gereklidir. Bu stratejik çerçevenin sağlanması için İngiltere’de kamu sektörünün liderliğinde, bir dizi BIM tabanlı programın analizine dayanarak, Avrupa kamu sektörü tarafından BIM’in tanıtılması amacıyla ortak bir el kitabı çıkartılmıştır. Bu çerçevede etkili BIM girişimleri geliştirilirken dört stratejik eylem (şekil 2.5) açıklanmıştır (Lane, 2017). Bunlar;

- BIM için kamu liderliğinin oluşturulması
- Vizyonlu ve besleyici iletişim topluluklarının oluşturulması
- İşbirliği çerçevesinin geliştirilmesi
- Endüstri yetenekleri ve müşteri kapasitesinin artırılmasıdır.

Bu dört eylemi her paydaş göz önünde bulundurmalıdır. Tüm paydaşlar için bir yol haritası oluşturmakta ve daha önce başlayanlar için ise çapraz kontrol sunmaktadır.



Şekil 2.5. BIM Uygulaması için ortak stratejik çerçeve (Lane, 2017)

Bir diğer kaynağa göre ise BIM isim açılımını oluşturan üç ana bileşenden oluşmaktadır (Green, 2016). Bunlar bina, bilgi ve modelleme kavramlarıdır.

Bina (building) : BIM, dört duvarlı ve çatılı bir yapının tasarlanmasından çok daha fazlası için kullanılabilir. BIM, mimarlık, altyapı, inşaat mühendisliği, çevre düzenlemesi veya diğer büyük ölçekli projelerle ilgili bir şey inşa etme eylemini içeren bir süreçtir (Green, 2016). ‘‘B’’ bileşeni alış-veriş merkezlerinden hava limanlarına uzanan geniş bir yelpazeyi içermektedir (Özorhon, 2018, s. 6)

Bilgi (Information) : BIM’i ‘akıllı’ yapan, önemli kılan bileşen budur. Her proje, maliyetlerden performans derecelerine ve tahmini kullanım ömrüne kadar bilgi ile gelmektedir. Projenin yaşam hikayesini çok önce anlatır ve projelerinin ömrü boyunca, potansiyel sorunların izlenmesine yardımcı olur (Green, engineering.com, 2016). Bilgi bileşeni, metraj bilgileri, planlama bilgileri, maliyet bilgileri gibi inşaat sektörü için önemli bilgileri içermektedir (Özorhon, 2018, s. 6). BIM, bu ayrıntıların hepsini tek bir

modelde birleştirme yoludur, bu yüzden her şeyin kaydını tutmak kolaydır. İhtiyaç duyulan fiziksel, mekanik, süre, montaj, üretim, maliyet bilgileri ve iş sonrası tüm bilgileri BIM saklamaktadır. Farklı mesleklerdeki bilgiyi bir araya getiren önemli bir anahtardır.

Modelleme (Modeling): Bu adım, binanın diğer tüm yönlerine ve bilgisine genel bir bakış niteliğindedir. Yapı projesinin ölçüsü veya standardıdır. Bu, nihai görünüm küçük ölçekli ve temsildir. Binanın ömrü boyunca bu temsil modellenmeye devam edilecektir (Green, engineering.com, 2016). Modelleme bileşeni, mimari model, enerji modeli, işletme modeli gibi modellerden oluşmaktadır (Özorhon, 2018, s. 6).

BIM, hem iyi bir uygulama süreci hem de 3D modelleme yazılımıdır. Bunu kullanarak, tasarımcılar başlangıç aşamasından projenin hem zamanını hem de projenin tüm zaman çizelgesini modele dönüştüren bir formatta, entegre bilgilerle paylaşılan bir bina projesi oluşturabilmektedir. Mimarlar ve mühendisler, dünyanın herhangi bir yerinden tek bir model üzerinde disiplinler arası kolayca çalışabilmektedir.

Bu tez kapsamında BIM bileşenleri, yararlanılan kaynaklar doğrultusunda süreç, politika, insan, teknoloji, BIM yöneticisi, bina, bilgi ve modelleme olarak kabul edilmektedir.

2.3. BIM'in Avantajları

BIM, diğer çizim ve modelleme programlarına göre birçok avantaj sağlamaktadır. İnşaat öncesinde, tasarım aşamasında, inşaat aşamasında ve inşaat sonrasında her disipline ayrı faydaları vardır.

BIM teknolojisi ve geleneksel 3B CAD yazılımları arasındaki temel fark, CAD yazılımlarında planlar, kesitler ve görünüşler ayrı 3B görünümlemlerle tanımlanmaktadır. Bunlardan herhangi birini düzenlemek, diğer tüm proje çizimi (plan, kesit, görünüş) ayrı ayrı kontrol edilmesini ve güncellemesini gerektirmektedir. Bu zayıf bir belgeleme aracı olmakla birlikte hataya açık bir süreçtir. Ayrıca çizimdeki veriler, BIM modellerinin aksine duvar, kolon, kiriş vb. sistemler olarak tanımlanmamakta; sadece çizgiler, yaylar ve daireler gibi grafik varlıklar olarak tanımlanmaktadır (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012).

BIM ile dijitalleşerek kağıttan uzaklaşıp çevrimiçi, gerçek zamanlı bilgi paylaşımı yapılmaktadır. İşbirliği, zamanında ilerleme, risk değerlendirmesi, kalite kontrolü

kolaylıkla sağlanarak nihayetinde daha güvenilir sonuçlar elde edilmektedir (Agarwal, Chandrasekaran, & Sridhar , 2016).

Pratikte, mimari tasarım, peyzaj tasarımı, inşaat projeleri ve maliyet tahminleri gibi bilgiler için birçok belge yerine BIM’de tüm bu bilgileri içeren veri tabanına sahip üç boyutlu model vardır (Czmoch & Pekala, 2014).

Sacks vd. (2018, s. 21) göre inşaat öncesi yapılan konsept ve fizibilite çalışmaları projenin finansal beklentiyi karşılayıp karşılamadığını görmeyi sağlamaktadır. Bu çalışmalardan sonra eğer hedefler ulaşılabilir ise çalışmaya devam edilmelidir

Archicad Türkiye Distribütörü Bimsoft firmasına göre (2018) bina bilgi modellemesinin avantajları aşağıdaki gibidir.

- Projenin ilerleyen dönemlerinde oluşabilecek problemleri henüz tasarım aşamasındayken oluşmadan tespit etmeyi sağlar.
- Projede çalışan tüm birimlerin senkronize şekilde çalışmasına ve proje sürecinin bir bütün şeklinde ilerlemesine imkan tanır.
- Maliyet hesaplama aşamasında hata paylarını minimuma indirir ve proje süresince kontrollü nakit akışını devam ettirir.
- Projenin tüm detaylarını mimari modelleme ve mimari görselleştirme yoluyla görünür kılarak tüm birimlerin motivasyonunu, verimliliğini ve üretkenliğini artırır.
- Projeye dair verilebilecek kararların ortaya çıkmasını ve sonuçlanmasını kolaylaştırır.
- Belirsizlikleri ortadan kaldırarak tüm taraflar için şeffaf ve net bir iş akışına imkan tanır.
- Oluşabilecek atıkların en aza indirilmesi konusunda destek olur ve böylece çevreye duyarlı projelerin artışını hızlandırır.

Parametre değişimleri sayesinde otomatik değişim sağlayan sistem tasarımcılar için büyük bir avantaj sağlamaktadır. Böylece eskiden manuel düzenlenen gelişmeler kendiliğinden güncellenerek iş gücünü azaltmaktadır (Garber, 2014).

Sacks ve diğerlerine göre (2018) BIM daha yüksek prefabrikasyon derecesine, yapı tipolojisi ve metodolojisinde daha esnek ve çeşitliliğe, az belge ve hataya böylelikle de daha az atığa ve yüksek üretkenliğe katkıda bulunmaktadır.

Açıklanan genel BIM avantajlarının yanı sıra çok boyutlu olması, LOD seviyeleri ve disiplinlerarası çalışılabilirlik bu tezde daha detaylı olarak incelenecektir.

2.3.1. nD (çok boyutlu) olması

BIM tabanlı programlar günümüzde 4D, 5D, 6D, 7D olarak tanıtılmaktadır. Migilinskas'a göre inşaat sektörü için temel ürün yaşam döngüsünü (product lifecycle Management ,PLM) geliştirerek bu sayede geleneksel 3 boyutlu BIM'i 4, 5, 6 ve 7 boyutlu bir şekilde tanımlayabiliriz (Migilinskas, Popov, Juocevicius, & Ustinovichius, 2013). Şekil 2.6'da görüldüğü üzere, BIM tabanlı yazılımlarda dördüncü boyut planlama yapmayı, beşinci boyut maliyet hesabını, altıncı boyut sürdürülebilirliği, yedinci boyut ise projenin yaşam döngüsü yönetimini yani işletme ve bakımını tanımlamaktadır.

3D model, katı eleman modellemesiyle başlayan görselleştirme elemanıdır. Günümüzde 2D tasarımın doğal bir uzantısı olarak görülmektedir (Czmoch & Pekala, 2014, s. 212). Model elemanları sadece görsel model değil aynı zamanda elemanların özelliklerini de içermektedir (Ernstrom, ve diğerleri, 2005). BIM ile 3D görselleştirme, paydaşların projeyi modelleme ve analiz süreçlerinde işbirliğini etkin bir şekilde yönetmesini sağlamaktadır (Özorhon, 2018, s. 28).

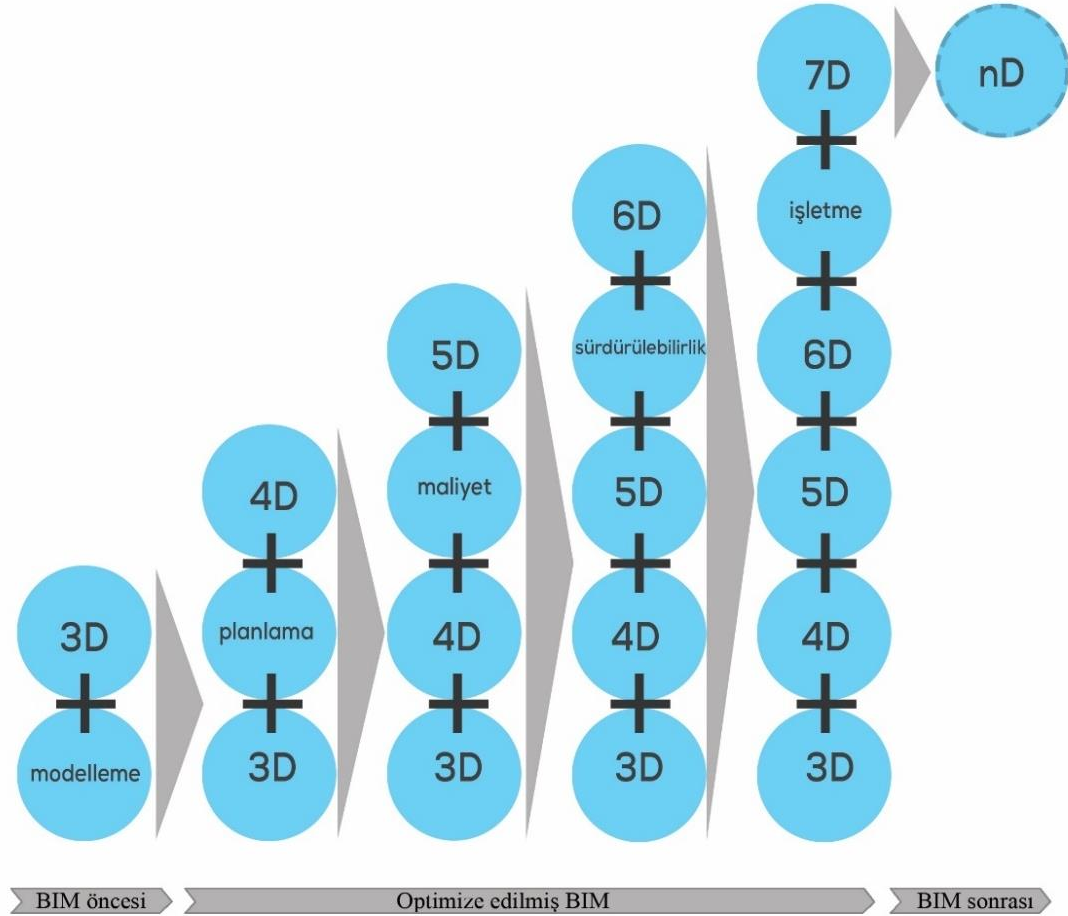
4D model, üçüncü boyuta planlamanın eklenmesi ile oluşmaktadır. İnşaat yürütme sürecini, lojistik planlamasını görselleştirip, simüle etmekte kullanılmaktadır (Dallasega, ve diğerleri, 2015). Modele eklenen bilgiler sayesinde projenin aşamalara ayrılması, görselleştirilmesi, iş takviminin oluşturulması ve malzemelerin teslim sürelerinin planlanması sağlanmaktadır (Czmoch & Pekala, 2014, s. 212). Hangi elemanın ne zaman üretileceği veya montajının ne zaman yapılacağı bilgisi modelden öğrenilmektedir. Bu sayede ulaşım verimli hale gelmekte, depolama azalmakta ve sahaya aktarılan malzemeler nakliyatın ardından monte edilmektedir (Özorhon, 2018, s. 28).

5D model ve planlamanın üzerine eklenen maliyet hesabını içermektedir. Model elemanlarına maliyet bilgileri girilerek otomatik bir şekilde detaylı bütçe analizinin yapılması sağlanmaktadır (Özorhon, 2018, s. 28). Malzeme miktarı, maliyet, boyut ve alan bilgilerini de içermektedir (Dallasega, ve diğerleri, 2015).

6D, modele sürdürülebilirliğin eklenmesi ile oluşmaktadır. Bu boyut projenin tasarım gibi erken aşamalarında, enerji tahminleri ve enerji tüketim analizlerinin hesaplanmasına yardımcı olmaktadır (Dallasega, ve diğerleri, 2015). Çevre koruma veya enerji tüketimi ile ilgili veriler BIM ile entegre çalışabilen programlar sayesinde analiz

edilebilmektedir. 6D BIM modelleri, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) ve BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology) gibi sürdürülebilir yapı sertifika gerekliliklerinin karşılanması için birincil araç olarak kullanılmaktadır (Czmoch & Pekala, 2014, s. 213). Bu boyut enerji kullanımının hesaplanmasını, malzemelerin sürdürülebilirliğini mümkün kılmaktadır (Özorhon, 2018, s. 28).

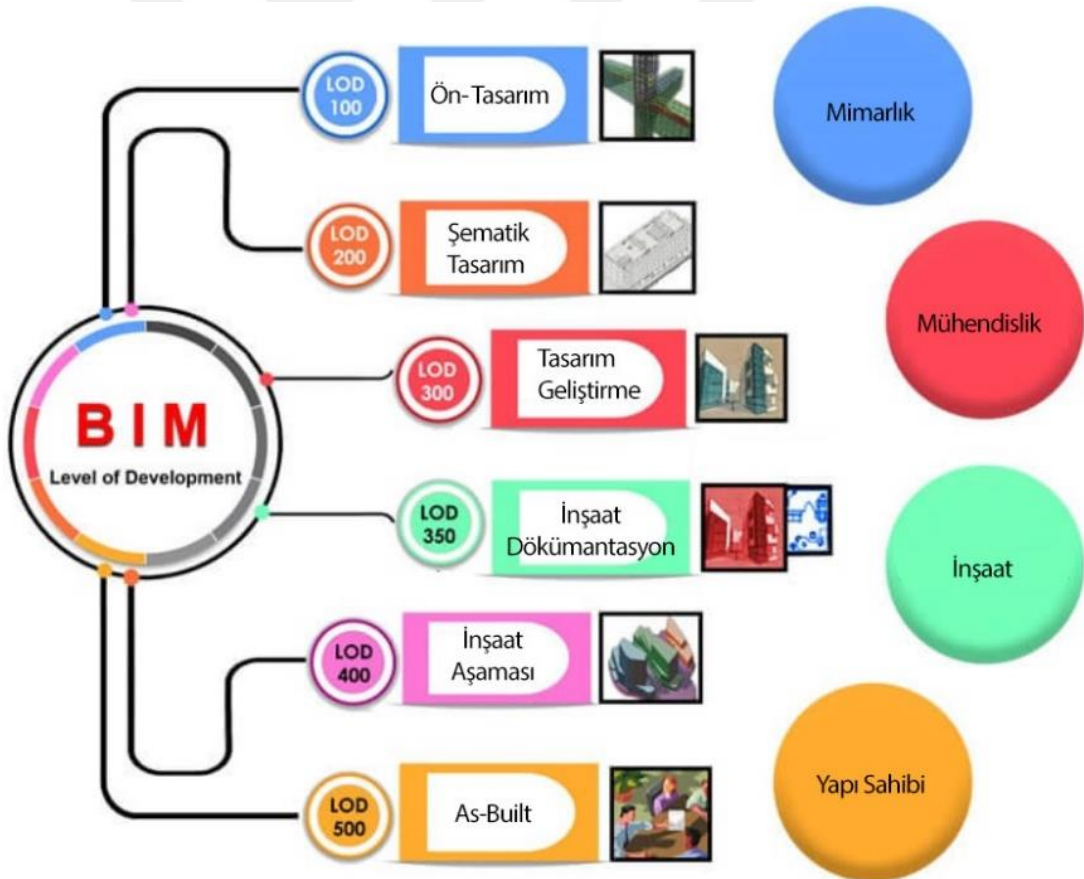
7D uygulanmış BIM modelidir. 7D modeli, yapının sahibine devredilme sürecinin önemli bir parçasıdır (Özorhon, 2018, s. 28). Czmoch ve Pekala'ya (2014) göre tesis yönetimine de yardımcı olan bu boyutta veri tabanı, her eleman (strüktür, bitişler, lamba ve ısıtıcı gibi tüm ekipmanlar) için olabildiğince bilgi ile detaylandırılmaktadır. Bu bilgi, ürünün türünü, garanti süresini, bir sonraki bakım veya değiştirme zamanını içermektedir. Böylece yapının bakımı uygun bir şekilde sağlanmakta, herhangi bir arıza meydana geldiğinde kolay ve hızlı bir şekilde tamir edilebilmektedir.



Şekil 2.6. BIM boyutları (Karaoğlu, 2020)

2.3.2. LOD (level of development)

LOD (level of development) yani gelişim seviyeleri, proje katılımcılarının birbirleri ile etkili iletişime geçebilmelerine izin veren BIM içindeki sistemlerin gelişim durumunu anlatmayı sağlayan bir standarttır (AIA, 2013, s. 46). İnşaat sektöründe tasarım ve yapım sürecinde çeşitli aşamalarda BIM içeriğinin güvenilirliğini açık bir şekilde belirtmeyi sağlayan bir referanstır. LOD bazen detay seviyesi (level of detail) terimi ile karıştırılmaktadır. Detay seviyesi (level of detail), model elementlerinin ne kadar detay içerdiğini gösterirken gelişim seviyesi (LOD) ise elemanların geometrileri ve içerdiği bilginin derecesidir. Proje içeriğindeki bilginin güvenilirliğini gösteren derecedir (BIMFORUM, 2015, s. 12). Çoğu kaynağa göre beş opsiyonu olduğu yazan LOD günümüzde altı aşamadan oluşmaktadır. Şekil 2.7’de görüldüğü üzere bunlar, LOD100 konsept tasarımı, LOD200 şematik tasarım, LOD300 detay tasarımı, LOD350 inşaat dokümantasyon, LOD400 üretim - montaj ve LOD500 uygulama aşamasıdır.



Şekil 2.7. LOD Aşamaları (<http-3>)

LOD100: Konsept tasarım, temel seviye olarak bilinmektedir. Model elemanları, kavramsal sembol veya başka bir temsil ile grafiksel olarak gösterilmektedir. Alan, yükseklik, hacim, konum ve yön gibi parametrelerin tanımlandığı modeldir.

LOD200: Şematik tasarım seviyesidir. Elemanların, yaklaşık büyüklüğü, şekil ve konumu yön ile birlikte modellendiği genel modeldir. Model elemanlarına geometrik olmayan bilgiler eklenebilmektedir.

LOD 300: Detay tasarım seviyesidir. Elemanların, kesin miktar, boyut, şekil ve konumunun tanımlandığı modeldir. Detaylı modeli ve çizimleri içermektedir.

LOD 350: Dokümantasyonu sağlayan bu seviye, yapı elemanlarının çeşitli sistemlerini grafik ve yazılı tanımlarla nasıl birleştirdiğini göstermektedir. Bilgi detaylı model ile entegre olarak kesin dokümanlar ortaya çıkmaktadır.

LOD 400: Üretim ve montajı içeren seviyede model elemanları, kesin miktar, boyut, şekil ve konuma ek olarak eksiksiz bir imalat, montaj ve detaylandırma bilgileri ile özel montajlar modellenmektedir. Bilgiler (geometrik olmayan elemanlar) eklenebilmektedir.

LOD 500: Uygulama modelidir. Gerçek boyut, şekil, konum, miktar ve yönelmenin yanında bilgiler de (geometrik olmayan elemanlar) modellenen öğelere eklenmektedir. Elemanlar tesis yönetiminde kullanılabilecek şartlara sahip olarak modellenmektedir.

LOD 100 konsept tasarım seviyesi olduğundan model bir sonraki seviyeler için bir referanstır. Hacim, alan ve konumuna göre genel performans kriterleri analiz edilebilmektedir (AIA, 2013, s. 49). Bu aşama tahmini maliyeti erkenden hesaplayabilme amacıyla kullanılmaktadır. Aynı zamanda kavramsal bilgilerden yola çıkarak projenin yürütülmesi bu seviyeden itibaren planlanmaktadır. Mimari elemanlar geometrik olarak modellenmemiştir. Bilgi en kısıtlı formdadır, mekan, alan kullanımı ve sirkülasyon alanlarının kurgulandığı basit modeldir. Örneğin; merdiven, asansör gibi elemanlar sadece kurgusal biçimde (geometrik gösterim dışında, sembollerle) yerleştirilmektedir. Erkenden -detaylandırmadan- öğelerin yaklaşık yeri ve sayısını belirlemeyi sağlamaktadır.

LOD 200, modelin geometrik temsillerle gösterilmeye başlanan ilk seviyedir. Özorhon'a (2018) göre genel performans kriterlerine dayalı bir analiz söz konusudur. LOD 200 elemanlarının dayanan analizler yaklaşık değeri göstermektedir. Planlama için ise ekipman teslimat süreleri ile kurulum süreleri bu aşamada belirlenebilmektedir. Mimari

elemanlar, duvar, çatı vb. üç boyutlu nesne olarak modellenmeye başlanmış fakat gerçek kalınlıkları, konumları gibi özellikleri tamamen sonuca ulaştırılmamıştır (AIA, 2013, s. 50-51).

LOD 300 projenin detaylandırıldığı model seviyesidir. Tasarlanan elemanların şekli, büyüklüğü, miktarı, konumu, yönü gibi özellikleri doğrudan model üzerinden ölçülebilmektedir (BIMFORUM, 2019). Model detayı, eleman doğruluğu, havalandırma yük tespiti, yapısal simülasyon gibi ayrıntılı analiz yapmak için yeterlidir. Analizlerin yapılabilmesi için ek veriler ve program eklentileri gerekebilir. Mimari elemanların gerçek özellikleri belirlenmektedir. Duvar ve çatı gibi elemanların gerçek kalınlıkları bu seviyede tanımlanmaktadır.

LOD 350, inşaat dokümantasyonu olarak açıklanan bu seviye modeldeki elemanlar hakkındaki bilgileri tam olarak tanımlamakta ve elemanlar arası ilişkiyi, bağlantıyı açıklamaktadır (United BIM, 2019). Elemanların birbirine eklenmesi için -destek, bağlantı parçaları- gerekli detay parçalar modellenmektedir (BIMFORUM, 2019, s. 13).

LOD 400, montaj ve üretim elemanlarının detaylandırıldığı bu seviye yapısal bağlantılar, döşeme ve perde duvar detayları, özel imalat gerektiren ürünlerin detaylandırılmasını içermektedir. Model elemanları imalat ve kurulum için gerekli tüm bilgileri içerdikten ve çözümledikten sonra LOD 400 olarak nitelendirilmektedir (AIA, 2013, s. 54). Bu seviyede gerçek performans kriterlerine dayalı analiz ve gerçek maliyet hesabı yapılmaktadır (Özorhon, 2018, s. 32). İnşaat araçları ve yöntemleri dahil olmak üzere ayrıntılı spesifik elemanların ve sistemlerin düzenli olmasını sağlayan planlama yapılabilmektedir. Mimari kapı, pencere gibi elemanların profilleri özel olarak -üretime uygun- bu seviyede belirtilmektedir (AIA, 2013, s. 54).

LOD 500, uygulama ve tesis yönetimi modelidir. LOD 500 modeli “as-built” modeli olarak ta açıklanmaktadır. Model, doğruluğuna güvenilebilecek ve isteğe bağlı seçimlerin nihai seçenekle değiştirildiği final seviyesidir. Bu seviyedeki modelin kullanımı gelecekte de devam etmektedir. LOD 500 modeline sahip proje, binanın işletme sahibi, geliştiricisi tarafından tesis yönetimi yazılımları aracılığıyla binanın ömrü boyunca kullanılmaktadır. Gelecekteki değişimlerin tasarlanabilmesi için de bu model temel olarak kullanılabilir (AIA, 2013, s. 55-56). Mimari BIM modelinin proje başlangıcından bitimine kadar geçirdiği LOD süreci şekil 2.8’de gösterilmektedir.



Şekil 2.8. LOD 100-500 proje detay grafiği (<http-4>)

2.3.3. Disiplinlerarası kullanımının olması

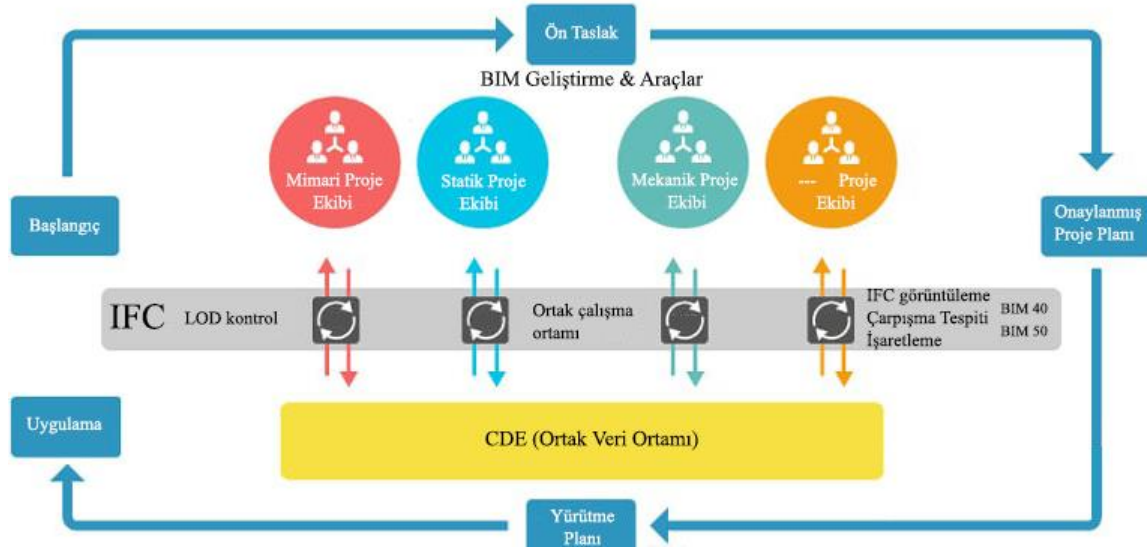
1990'ların sonunda BIM'in mimarlık, mühendislik ve inşaat endüstrisindeki uygulamalar arasında 'Birlikte Çalışabilirlik' sorunlarının üstesinden gelebilecek bir çözüm olduğunu açıklanmıştır (Underwood & Işıkdag, 2010). Sacks ve diğerleri 'ne (2018, s. 21) göre detaylı bir bina modeli oluşturmada önce şematik bir model geliştirmek, işlevselliğin, sürdürülebilirliğin ve diğer gereksinimlerin karşılanıp karşılanmadığını belirlemek için önerilen planın daha dikkatli bir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bütünleşik Proje Teslimi (Integrated Project Delivery – IPD)¹ kullanarak disiplinler arası iş birliği geliştirilmektedir. BIM, tasarımın başından itibaren projenin gereksinimlerini, proje geliştikçe maliyet tahminlerini çıkarmak için proje ekibi tarafından kullanılabilir.

3D BIM modeli esasen mimar ile inşaat mühendisi arasındaki iş birliğini kolaylaştırmaktadır. Mimar tarafından hazırlanan model, yapısal analizde kullanılabilecek analitik bir modele kolay ve hızlı bir şekilde dönüşebilmektedir. Basit birkaç adımla inşaat mühendisi gerilme veya sapmaları bu model üzerinden elde etmektedir. Ayrıca inşaat mühendisi tarafından onaylanan kavramsal tasarımın maliyet hesapları mimar tarafından kolayca kontrol edilmektedir (Czmoch & Pekala, 2014, s. 213).

BIM modeli, BIM'in çekirdeğindeki dijital dosyalardaki bilgileri sağlamlaştırmaktadır. Bilgileri doğrudan, modelden ve yeniden kullanabilme yeteneği

¹ **IPD:** Bütünleşik proje teslimini, sistemleri, insanları, iş yapılarını ve uygulamaları katılımcının yeteneklerini proje sonuçlarını optimize etmek için kullanan, atıkları ve israfı azaltan, tasarım, fabrikasyon ve yapım aşamalarında verimliliği en üst düzeye çıkaran sürece entegre eden bir proje teslim yaklaşımıdır. (AIA, 2007)

sayesinde mevcut işbirliği, modeller üzerinde entegre çok disiplinli işbirliğine (şekil 2.9) doğru geliştirilmiştir (Liu, van Nederveen, & Hertogh, 2017).



Şekil 2.9. Disiplinlerarası çalışma prensibi (http-5)

BIM teknolojisinden maksimum faydayı elde etmek, projedeki iş birliğini en üst düzeye çıkarmakla doğru orantılıdır (Migilinskas, Popov, Juocevicius, & Ustinovichius, 2013, s. 773). BIM teknolojisiyle iş birliği üst düzeyde kullanılmaktadır. CAD programları ile çizilen projelerde yapılan hatalarda veya revizyonlarda her bir projede ayrı ayrı değişimler yapılmak zorundadır. BIM programlarının sağladığı birlikte çalışılabilirlik, yapılan değişikliklerin aynı anda diğer projelerde de düzeltilmesine olanak sağlamaktadır.

Günümüzde, geleneksel mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC) endüstrisini yeniden şekillendirmeye yönelik entegrasyonu, birlikte çalışabilirliği ve işbirliğini kolaylaştıracağına söz verdiğinden daha fazla sorunu iyileştirmek için geliştirildiği de gözlemlendiğinde BIM'in sihirli bir çözüm olduğu açıkça görülmektedir (Underwood & Işıkdag, 2010).

BIM'in tasarımcılardan mühendislere, arsa sahibinden taşeronlara, müteahhitlere, parça tedarikçilerine kadar her düzeyde inşaat sektörü paydaşları üzerine önemli etkileri bulunmaktadır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018, s. 370). Tablo 2.2'de proje paydaşlarının işbirliği haritası gösterilmiştir.

Tablo 2.2. BIM İşbirliği Harita Örneği (Singapore BIM Guide-Version 2, 2013)

	İşveren	Mimar	Mühendisler	Müteahhit
Konsept Tasarım	Form, fonksiyon, maliyet ve zamanlama ile ilgili gereksinimler sağlanmaktadır	Tasarım kitle modeli ile başlatılmaktadır	İlk bina performans hedefleri hakkında geri bildirimde bulunmaktadır	İlk bina maliyeti, zamanlama ve inşaat edilebilirlik hakkında geri bildirim verilmektedir
Şematik Tasarım	Konsept tasarımların geliştirilmesi için inceleme sağlanmaktadır	Tasarım modeli, mühendisler, işveren ve inşaat yöneticisinden gelen yeni girdiler üzerine geliştirilmektedir	Tasarım modeli geliştirilmeye devam edildikçe şematik modelleme, analiz ve sistem yenilemeleri sağlanmaktadır	Tasarım incelemesi, maliyet, zamanlama ve inşaat edilebilirlik hakkında sürekli geri bildirim verilmektedir
Detay Tasarım	Tasarımların incelemeleri yapılmaktadır. Proje tasarımı ve ölçülerinin onayı verilmektedir	Tasarım modeli geliştirmekte, ihale dokümanları, şartname ve mevzuatlara uygunluğu kesinleştirmektedir	Disiplin tasarım modelini kullanarak kendi model ve analizlerini oluşturmakta, şartname ve mevzuatlara uygunluğu kesinleştirmektedir	İnşaat modeli simülasyon, koordinasyon ve planlama yapmaktadır böylece tahmini inşaat programı yapmakta ve ihale süreci gerçekleşmektedir
İnşaat	İnşaat izlenmektedir. İnşaat değişiklikleri ve sorunları verileri ile gösterilmektedir	Tasarım modelini değişikliklerle güncellemektedir	Disiplinler modelleri saha koşullarına göre güncellemektedir	İnşaat tedarikçileri ve yönetilmektedir
As-Built		Oluşturulmuş as-built modeli doğrulamaktadır	Oluşturulmuş as-built modeli doğrulamaktadır	As-built modeli hazırlamaktadır
Tesis Yönetimi	Teslim için mimar ile tesis yöneticileri irtibata geçmektedir	Model yoluyla bilgi alış verişini tesis yöneticileri ile koordine etmektedir	Devir teslim belgelerini hazırlamaktadır	

BIM sayesinde tek model ile yapılabilecek uygulamalar: (Garber, 2014, s. 17)

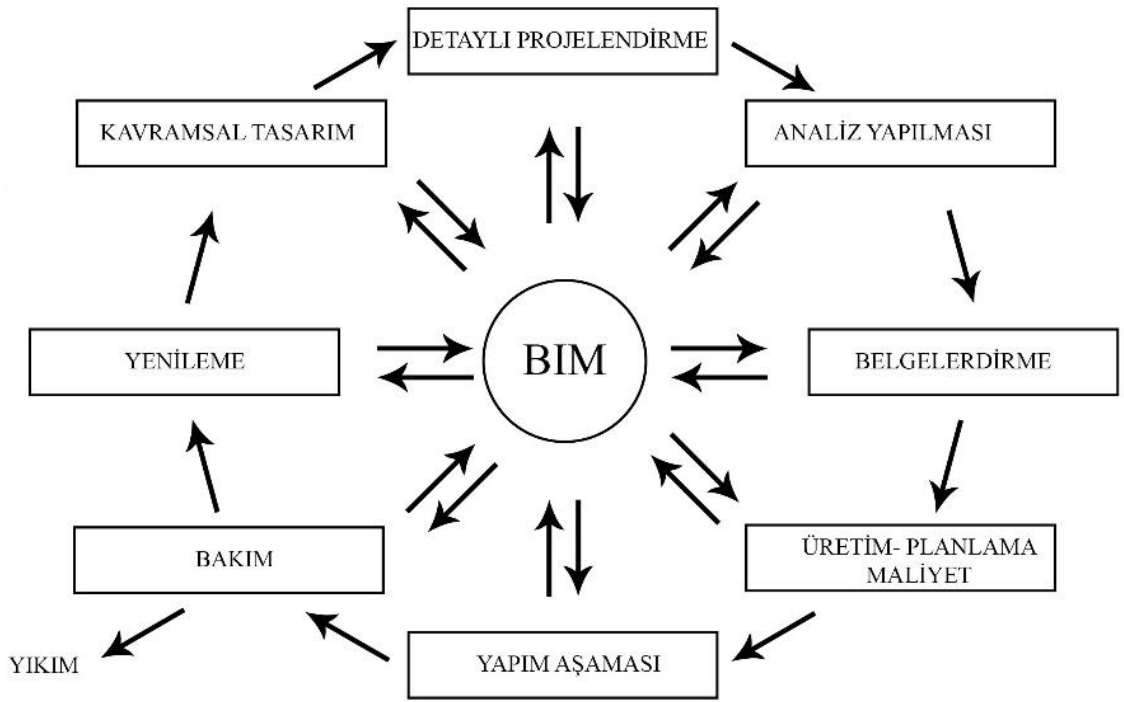
- İnşaat ile ilgili belgeleme
- Görselleştirme (tasarım ve yapım)
- Metraj hesabı
- Maliyet hesabı
- 4D inşaat raporlama
- Zamanlama hesabı
- Üretim verileri

BIM ,

- Tasarım süreçlerinin yönetilmesinde
- Yapım planmasının yapılmasında ve yapım süreçlerinin yönetilmesinde
- Farklı disiplinleri ve proje paydaşlarını bir araya getirerek proje koordinasyonunda

- Projeyi tasarımdan, işletme ve bakıma kadar tüm yaşam döngüsü boyunca yönetmede kullanılmaktadır.

Şekil 2.10’da görüldüğü üzere BIM bir projenin başlangıcından bitimine kadarını kapsar. Bu sayede tüm paydaşlar (mimarlar, mühendisler , müteahhitler vb.) sürecin içine dahil olmaya başlamaktadır. Böylece süreç ayrı ayrı değil bir döngü üzerinde tek bir banda dönüşmektedir.

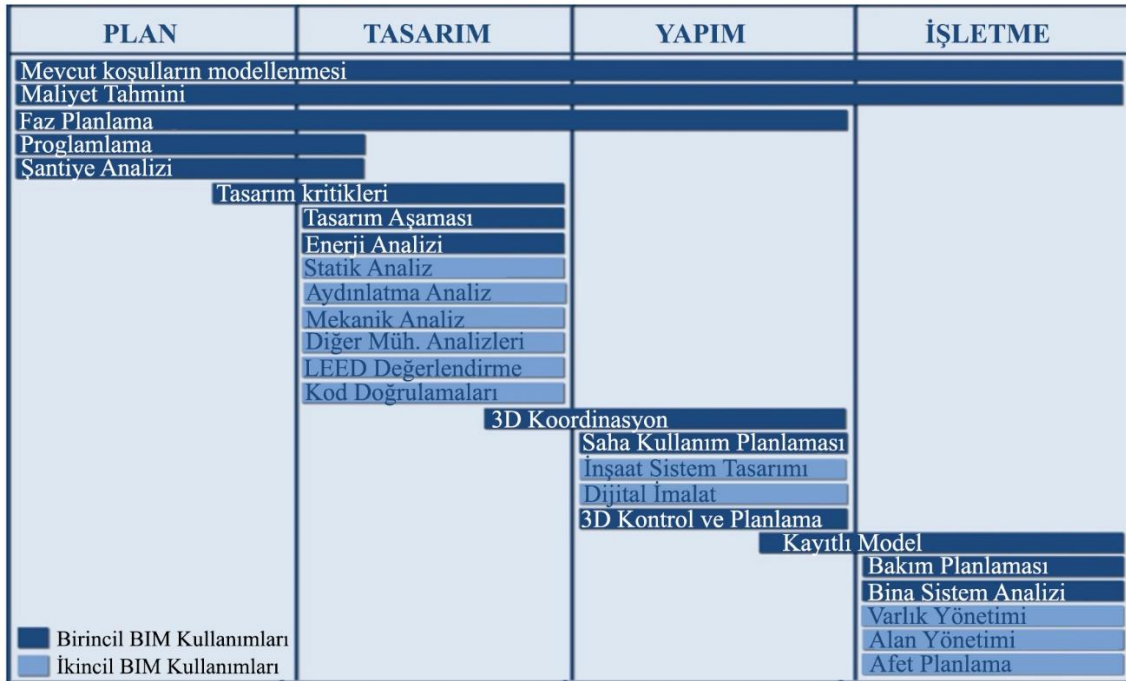


Şekil 2.10. BIM Süreci (Karaoğlu, 2020)

3. MİMARLIKTAKİ BİNA BİLGİ MODELLEMESİ (BIM)

BIM'in temelleri iletişim ve işbirliği olmak üzere iki sütun üzerine oturtulmuştur. Başarılı bir proje süreci geçirilmesi için tüm proje paydaşlarının katılımı gerekmektedir. Bu süreçte geleneksel proje teslim sistemlerinin (örn. tasarım-teklif-inşa vb.) BIM tabanlı projelerde çok sınırlı bir role sahip olduğu anlaşılmaktadır (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012). Bina bilgi modellemesi, tasarımdan tesis yönetimine kadar her süreci potansiyel olarak etkileyen bir olgu olarak ortaya çıkmıştır (Afsari, 2012).

BIM tasarım sürecini dönüştürmekte ve tasarım çözümlerinin nasıl formüle edildiğini etkilemektedir (Bachman, 2009). Yapıların görünüşünü, çalışma şekillerini ve inşa edilme yöntemlerini değiştirmektedir (Sacks vd., 2018, s. 366). BIM, tüm proje ekibi üyelerinin (mimarlar, mühendisler, müteahhitler, taşeronlar, tedarikçiler ve yapı sahipleri vb.) bir sanal model üzerinden daha iyi iş birliği yapılmasını sağlayan, modeldeki tesisin tüm yönlerini ve disiplinlerin sistemlerini kapsayan geleneksel süreçleri kullanmaktan daha verimli bir süreçtir (Azhar, 2011). Yaşam döngüsü boyunca BIM'in aşamalarda kullanımları şekil 3.1'de açıklanmıştır.



Şekil 3.1. Yapı yaşam döngüsü boyunca BIM kullanımı (Messner, ve diğerleri, 2019)

Projelerde ilk aşama, projenin ilk tanımını, alan gerekliliklerini, işletme alternatiflerini ve bu projenin maliyetinin incelenmesini içermektedir. Projenin

başlangıcında BIM modeli normal bir üç boyutlu modelden farklı olabilmektedir. Tasarım sürecinde BIM'in içeriğini korumak ve güncellemek önemlidir. Karar verme sürecinde arşivlenen tüm sürümler gözden geçirilmektedir (Oy & Henttinen, 2012).

Kullanışlı bir bina bilgi modellemesinin önemli parçalarından biri de parametrik modellemedir ve tüm projenin dinamik modeliyle bağlantılı bir veritabanı kullanan bilgisayar yazılımıdır. Bu yazılım, herhangi bir yapının farklı elemanları arasındaki birbiri ile ilişkili davranışlarını (parametrik bileşenlerini) grafik açıdan ve aynı zamanda bilgiye dayalı olarak değerlendirmektedir. Modelde yapılan bir değişiklik ile elemanlar arasındaki tutarlı ilişki korunmaktadır. Bir projede (plan, kesit, iş programı vb.) yapılan revizyonlar tüm projeye yansıtılmaktadır. Aynı zamanda gerekli değişiklik ve düzenlemeler otomatik olarak yapılmaktadır (Silver & McLean, 2014).

Nesneye yönelik BIM dijital modellemesinin temel paradigması simülasyon ve analizler, tasarım, inşaat ve işletme aşamasında uygulanmaktadır. Havaalanları, limanlar, köprüler, barajlar, boru hatları ve enerji santralleri gibi her alandaki projelerde kullanılabilmektedir. Bu nedenle alt yapı projelerini de, bina projeleri gibi BIM sürecinden fayda sağlayabilmektedir (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). Böylece BIM'in sadece bina projelerinde değil alt yapı ve üst yapı projelerde kullanılabildiği anlaşılmaktadır.

BIM uygulamaları bir tesisin tüm kullanım ömrünü kapsamaktadır. Proje programlama, tasarım, inşaat, inşaat sonrası yani işletme ve bakım aşamalarında BIM genel bir bakış sunmaktadır (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012). Bina tasarımında BIM bir çok fayda sağlamaktadır. Tasarım aşamasından başlayarak (yapım öncesi evre) yapım sürecini ve daha sonrasını da (projenin yaşam döngüsü boyunca) kapsadığı için problemleri kolay saptama ve çözümleme konusunda büyük avantajlar sağlamaktadır. Böylece bütün problemler tasarım aşamasında belirlenerek projenin ileriki aşamaları hızlı ve güvenilir bir şekilde ilerlemektedir.

3.1. Mimari Tasarım Aşamasında BIM

Konsept tasarımı, tasarım aktivitesinin en yaratıcı olduğu zamandır ve kütleli yapıyı, mekansal yerleşimi ve arazi yaklaşımı gibi daha sonraki aşamalarda geliştirilecek tasarımın genel çerçevesini belirlemektedir.

Konsept tasarım, tasarımcıların fikirlerini esnek ve kavramsal olarak temsil ettikleri önemli bir etkinliktir. Yaratıcı bir çözüm elde etmede kritik bir rol oynamaktadır ve kavramsal model, tasarımcının zihninden yapının fonksiyonel elemanlarını

görselleştirme seviyesine kadar sürmektedir (Suwa, Gero, & Purcell, 2006). Ertaş ve Jones’a göre (1996) genel tasarım süreci kavramsal tasarım, fizibilite çalışmaları, detaylı tasarım, üretim-planlama ve inşaat detaylandırma gibi birkaç aşamadan oluşmaktadır. Sacks vd. (2018) ise geleneksel mimarlık servislerini şekil 3.2’deki gibi açıklamıştır.



Şekil 3.2. Geleneksel Mimarlık Servisi Süreci (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

Tasarım aşamasında BIM tabanlı programlar ile tasarlanan 3B model, süreçte programın karşılanmasını değerlendirmek, görüş çizgileri, aydınlatma, güvenlik, ergonomi, akustik, dokular ve renkler gibi kriterleri çok önceden belirleme gibi birçok avantaj sağlamaktadır (Bloomberg, Burney, & Resnick, 2012). Geleneksel mimarlık servisi anlayışını BIM tamamiyle değiştirmektedir (tablo 3.1). Daha erken ve doğru tasarım, değişikliklerin entegre ve birbiriyle ilişkili olması, doğru 2B çizimler ve maliyet tahminleri ve 3B modelin oluşması, işbirlikçi tasarım, sürdürülebilir tasarım geliştirmeleri gibi özelliklerle de katkıda bulunmaktadır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).

Tablo 3.1. Proje Tasarım Aşamasında BIM Uygulamaları (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012)

Şematik Tasarım (SD)	Detay Tasarım (DD)	İnşaat Detaylandırma (CD)
* Opsiyon Analizi (tasarım seçeneklerini karşılaştırmak) * Foto Montaj (projenin foto gerçekçi görüntülerini mevcut koşullarıyla entegre etmek)	* 3B dış ve iç mekan modelleri * Gözden geçirme ve hızlı geçiş animasyonları * Bina performans analizi (örn. enerji modeli) * Strüktür analizi ve tasarımı	* 4B aşaması ve planlama * Bina sistem analizi (örn. çakışma tespiti) * İmalat çizimleri

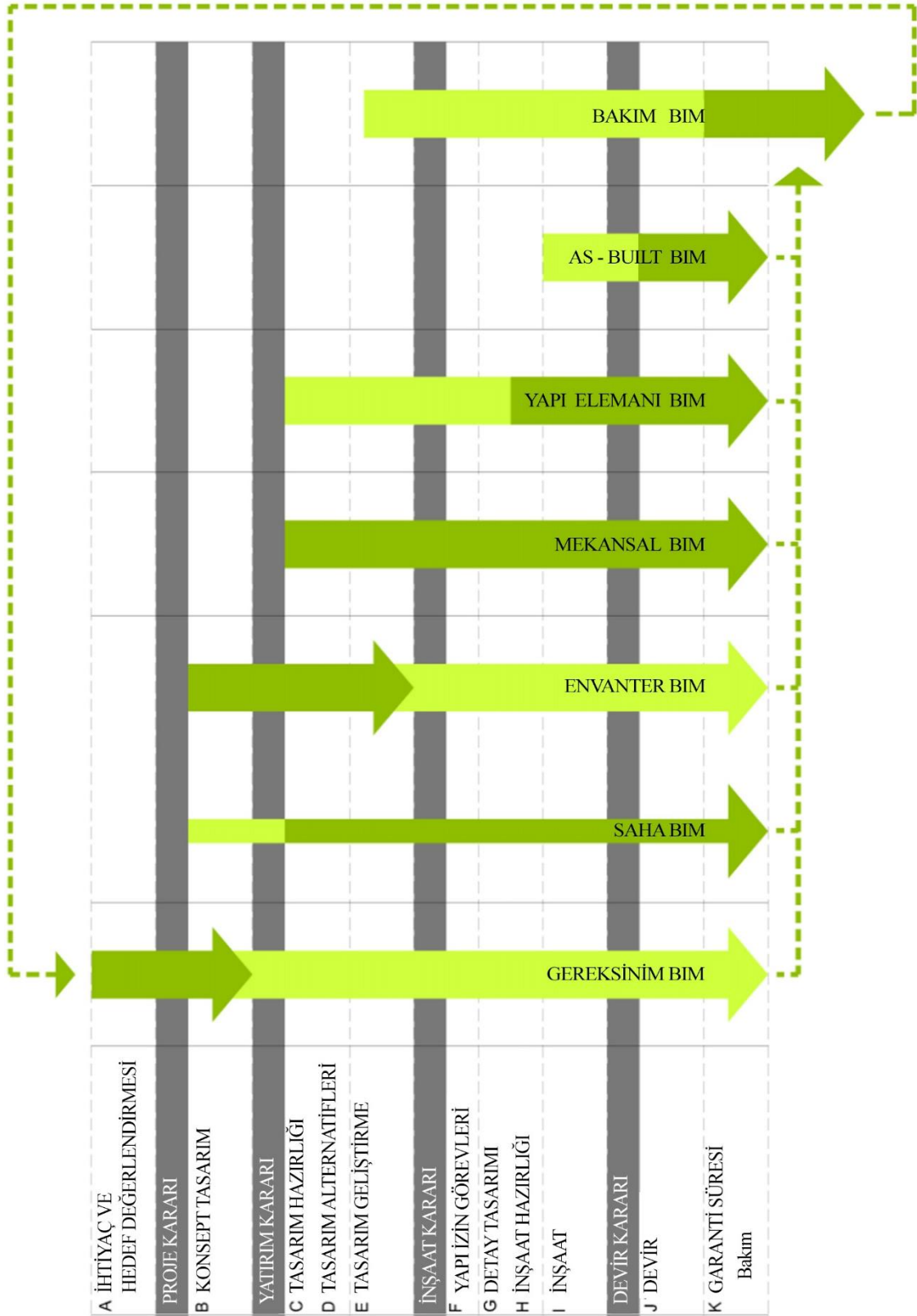
Konsept tasarımı eskizle başlamaktadır. Eskiz ile başlamadaki amaç ilk evrede fonksiyonların gruplandırılması, yapının sahaya yerleştirilmesi için seçenekleri araştırmaktır. Eskiz tasarım aşamasında, önceki aşamalarda belirlenen hedeflere ulaşmak için alternatif tasarım önerileri yaratılmaktadır ve karşılaştırılan öneriler arasından bir sonraki aşama için temel tasarım çözümü seçilmektedir. Başlangıç aşamalarında yapının oturacağı arazi de asgari gereklilikleri ile modellenmelidir (Oy & Henttinen, 2012).

Czmoch ve Pekala’ya (2014) göre BIM modeli kavramsal tasarım aşamasını kökten değiştiren bir araçtır. Konsept tasarımın analizi ve mimar fikirlerine göre yapısal tasarımı oluşturma denemeleri, geleneksel yöntem kullanıldığında zaman alıcı ve maliyetlidir.

Geleneksel tasarım sürecinde her kavram sık sık incelenmeli ve manuel olarak hesaplanmalıdır. Her ne kadar CAD yazılımı ile sonuçlara varmak manüelden daha kolay olsa da mühendisler statik hesaplama ve ayrıntılı analiz yapmak için her mimari konsept tasarımına ayrı yapısal model oluşturmak zorundadır. 3 boyutlu BIM modeli mimar ve mühendisler arasındaki işbirliğini kolaylaştırmaktadır. Mimar tarafından hazırlanan 3D model, kolay ve hızlı bir şekilde mühendislerin yapısal analizde kullanabileceği modele dönüştürülebilmektedir. Ayrıca konsept tasarım aşamasında yapısal olarak onaylanan her 3D modelin maliyeti de kolaylıkla hesaplanıp kontrol edilebilmektedir.

Tablo 3.2’de görüldüğü üzere COBIM gereklilik raporuna (Common BIM Requirements) göre (Oy & Henttinen, 2012) farklı aşamalarda BIM kullanılmaktadır. İlk aşamadan itibaren BIM gereklilikleri; Gereksinim BIM, Proje Alanı BIM, Envanter BIM, Mekansal BIM, Yapı Elemanı BIM, As-Built BIM ve Bakım BIM başlıkları altında kullanımı mevcuttur.

Tablo 3.2. Projenin Farklı Aşamalarında BIM Kullanımı (Oy & Henttinen, 2012)



Mimari tasarım sürecindeki BIM kullanımı tablo 3.2’de görülen başlıklar üzerinden aşağıda kısaca açıklanmıştır.

Gereksinim BIM: Projenin ilk aşaması, projenin ve alanların gereksinimlerinin tanımını, çalışma alternatiflerinin ve bunların toplam maliyetinin incelenmesini içermektedir. BIM için minimum gereksinim, elektronik tablo veya veritabanı tablosu biçimindeki işlevsel bir programdır. Bu tablo programı, tasarım çözümleri arasında karşılaştırma yapılması için kullanılabilir. Program, mekanlar için özel gereksinimleri içermelidir ve otomatik veya yarı-otomatik karşılaştırmalarda kullanabilmek için elektronik ortamda muhafaza edilmelidir. Örneğin işlevsel programda olması gerekenler;

- Her mekan için net alan , ölçü ve şekil gereksinimleri
- Mekanın ana fonksiyonu ve kullanıcıları
- Mekanlar arası bağlantı ihtiyaçları ve alanların birbiri üzerindeki etkileri
- Ses yalıtımı, aydınlatma, yük, dayanıklılık, güvenlik ve kalite gereksinimleri
- Havalandırma ve elektrik sistemleri, bağlantı parçaları, ekipmanlar, bölücü ve yüzey

şeklinde tanımlanmıştır (Oy & Henttinen, 2012, s. 11). Bu bağlamda, arsa sahibinden elde edilen gereksinim, bütçe ve amaç verileri, proje başlangıcında modele aktararak tasarım için gerekli ilk doneleri ve muhtemel maliyet hesabını elde etmeye yardımcı olmaktadır.

Oy ve Henttinen’e göre (2012) projenin planlama ve tasarıma hazırlanma sürecinde proje uygulama yöntemleri ve alternatiflerin fizibiliteleri incelenmektedir. Tasarım hazırlama sürecinde tasarım kılavuzları düzenlenmekte, tasarım yarışmaları veya gerekli müzakereler yapılarak tasarımcılar seçilip mimari tasarım sözleşmeleri yapılabilir. Bu aşamada (proje planlaması ve tasarım hazırlığı) envanter BIM, saha BIM ve proje planlama- BIM içeriği alt başlıklarını oluşturmaktadır.

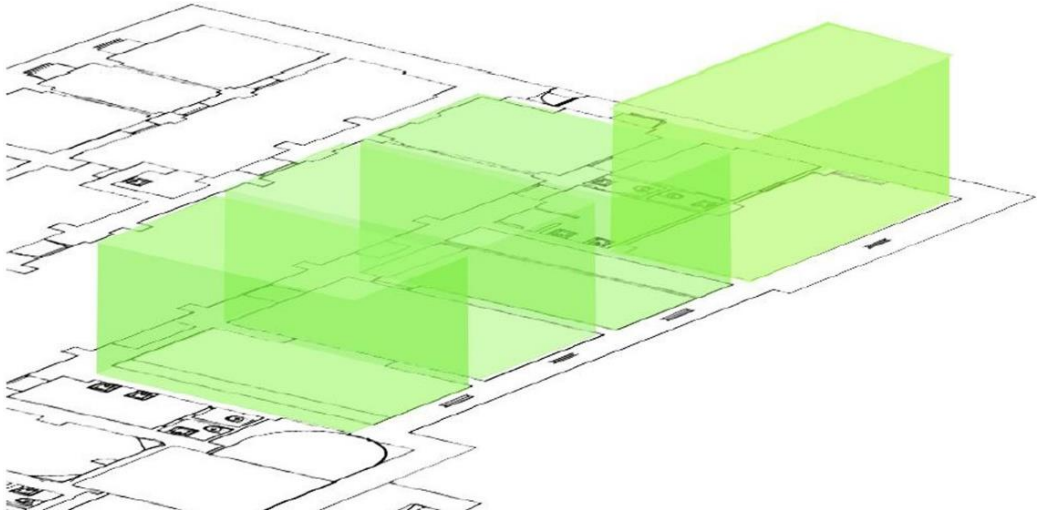
Saha BIM: Saha BIM, şantiye modeli ve çevresini, bitki örtüsünü, trafik alanları ve bölgedeki yapıları kapsamaktadır. Saha modelleri yapı ile aynı kordinat sisteminde oluşturulur ancak bu aşamadaki gereksinimler özellikle büyük ölçekli alt yapı içeren projelerde farklılık gösterebilmektedir.

Envanter BIM: Yapının başlangıç modeli Envanter BIM olarak tanımlanmaktadır. Bu ilk model gereksinim evresinde yapılan tabloya göre gerçekleştirilmektedir. Yeni projeler için yapı arazisini, renovasyon projeleri için ise mevcut yapı modelini

içermektedir. Modelin olgunlaştırılmasına yardımcı olması için, mevcut yapı ve strüktürü (renovasyon projeleri için), 2D çizimleri, 3D modeli, yapı alanının ölçüleri gibi verilerin işlenmesi gerekmektedir. Alan ve hacim bilgileri, alanların görünüşleri, vaziyet planı çiziminin oluşturulması için plan bilgilerini kullanma, görselleştirme, mahal raporları gibi model verilerinin oluşması bu aşamadaki model avantajlarıdır.

Proje Planlama - BIM İçeriği: Proje planlama aşamasında mimar, çevreyi analiz ederek çeşitli tasarım seçeneklerini ve maliyetlerini incelemek için bir alan modeli kullanmaktadır. Ek olarak bu model, yaşam döngüsü maliyeti (LCC-lifecycle cost) ve yaşam döngüsü değerlendirme (LCA-lifecycle assessment) analizlerini; enerji ve iç mekan iklim simülasyonlarını desteklemek amacıyla kullanılabilir. Simülasyon için kullanılan model boşluklara ve duvarlara sahip olmalıdır. Enerji analizi için de dış duvarların pencerelerinin olması gerekmektedir fakat ilk tasarımda istenilen verileri elde etmek için pencerelerin şekli veya konumu önem teşkil etmemektedir.

CoBIM gereklilik raporuna göre mekansal BIM altbaşlığı eskiz tasarım aşamasında görülmektedir. Eskiz aşamasında çeşitli tasarım çözümleri, boşluklar içeren modeller kullanılarak değerlendirilmeye alınmaktadır. İşlevlerin gruplandırılması, kütle oluşturulması ve bunların alana yerleştirilmesi için seçenekler sunulmaktadır (şekil 3.3). Bu aşamada döşeme, duvar vb. elemanların modellenmesine gerek yoktur fakat istenirse eklenebilmektedir (Oy & Henttinen, 2012).



Şekil 3.3. Kütle ve boşlukların kavramsal modeli (Oy & Henttinen, 2012)

Mekansal BIM: Mekanı çevreleyen boşlukları ve duvarlardan oluşmaktadır. Çeşitli analizlerde kullanabilmek için model asgari gerekliliklerde oluşturulmalıdır.

Örneğin enerji simülasyonu için pencerelerin basitleştirilerek modellenmesi gerekmektedir. Erken tasarım aşamalarında, boşluklar hariç her mekansal yapı bilgi modelleri kullanılarak kabaca simülasyonlar gerçekleştirilmektedir. Fiziksel olarak tek bir alan olsa bile, fonksiyonel alanlar işlevlerine göre bölünmelidir (iş yeri, koridor vb. gibi). Alanlar, etrafındaki duvarlar tavan ve zemini ile çevrelenen üç boyutlu bir nesne olarak tanımlanabilmektedir. Alanı çevreleyen öğelerin boyutu veya konumu değişirse buna göre ilgili alanların güncellenmesi gerekmektedir. Model tabanlı simülasyonlarda alanların çevredeki bileşenler ile tutarlı olması gerekmektedir ve bunlar genellikle çevresindeki bileşenlerden otomatik olarak alan oluşturan modelleme araçları kullanılarak elde edilmektedir. BIM ile oluşturulan konsept modelinin, ön miktarların hesaplanması, odaların programları, alan ve hacim bilgisi, simülasyonlar için başlangıç modelinin oluşması, görselleştirme, arazi alanının planlanması ve kitle modelinin oluşması gibi avantajları vardır.

Konsept tasarımında oluşturulan eskiz modeli mekansal alanlar ve boşlukları kapsamaktadır. Bu evrede projenin kabul edilen konsept tasarımı genel tasarım evresi ile devam etmektedir. Genel tasarım aşamasında son tasarıma yönelik öneriler geliştirilmektedir. Bu aşama sabit tasarım çözümünü amaçlamaktadır fakat bazı durumlarda çeşitli alternatif oda düzenlerini de içerebilir. bina bilgi modelinin yapı elemanları genel tasarım evresinde modellenmektedir.

Yapı Elemanı BIM: Yapı elemanı bilgi modeli boşluk ve mekanlara ek olarak yapı elemanlarını da içermektedir. Bu model boyutsal olarak doğru bir modeldir. Yapı ruhsatı başvuruları için gerekli çizimler yapı elemanı modelinden üretilmektedir. Genel tasarım aşamasında yapı elemanı BIM bazı açılardan daha sınırlıdır. Bunlar;

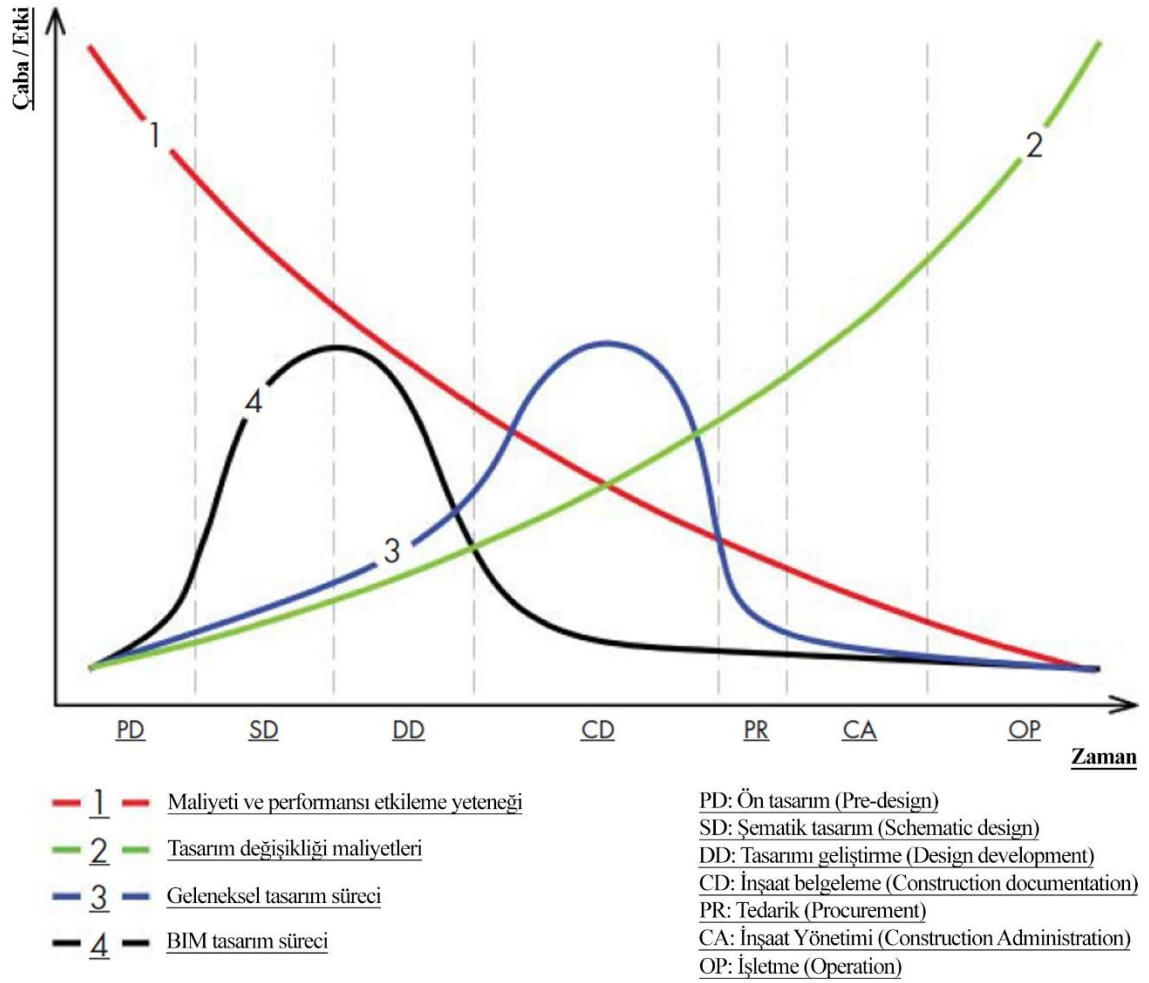
- Döşeme malzemesi bilgisi gerekli değildir.
- Pencere ve kapılar için gerçek tip ve montaj bilgisi gerekli değildir ancak işlevsel bilgi ve özel gereksinimler tanımlanabilmektedir (Yangın kapısı vb.).
- Hizmet ve erişim platformlarının modellenmesi gerekli değildir.
- Servis kapaklarının modellenmesi gerekli değildir.
- Ön yapı elemanlarının tipleri tanımlanmalı ve modelde kullanılmalıdır. Dış duvarlar, taşıyıcı iç duvarlar ve bölücü duvarlar birbirinden ayrılmalı ve sınıflandırılmalıdır.

Bu istisnalar dışında genel tasarım aşamasında yapı elemanı modellemesi için gereklilikler, detay tasarım aşaması ile aynıdır. Detay tasarım aşamasında tasarım, inşaat

aşamasındaki gereksinimleri karşılamak üzere geliştirilmektedir. Ürün ve sistem parça modellemesi detay tasarım aşamasında bina bilgi modeline dahil edilmektedir. Nihai yapı elemanı BIM'i detay tasarımı ve ihale aşamasında sonuçlanmaktadır. Modeldeki tüm yapı bileşenleri, ihale için belirlenen yapı özellikleri belgesiyle tanımlananlarla aynı tiplerde olmalıdır. Detay tasarım modelinde duvarlar için duvar aracı, kapılar için kapı, pencereler için ise pencere aracı kullanılarak modellenmektedir ve bu yapı bileşenleri, ileri seviyeler için gerekli bütün bilgileri içermektedir. Montaj ve bağlantı bilgilerine ek olarak bileşenin tipide (örn. kapı tipi, pencere tipi vb.) dahil edilmektedir. Detay tasarımda, döşemeler, kolon ve kirişler, merdivenler (her kat için ayrı tasarlanmalı), cephe ve diğer yapı elemanları programlardaki aynı adlarda olan araçlar ile detaylı olarak tasarlanmaktadır. Kolon ve kirişlerin kesin boyut ve miktarları mimari BIM'den hesaplanmamakta genel hatlarıyla konumunun gösterilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle yapısal model oluştuğunda, tasarım hatalarından kaçınmak için kolon-kiriş boyutları kontrol edilmelidir. Nihai yapı elemanı bina bilgi modeli;

- Pencere, kapı ve diğer yapı elemanlarının miktarları
- Odaların programları
- Kesin alan ve hacimler
- Alanların gruplandırılması
- Simülasyon modeli
- Görselleştirme
- Arazinin planlanması ve kütle modeli
- İhale teklifleri için destek malzemeleri (Görüntüleyebilme için 3B model)
- Çakışma tespiti
- İnşaatin ön planlaması gibi verileri elde etmeyi sağlamaktadır.

Tasarım sürecinde oluşturulan detay modeliyle, maliyetin belirlenmesi BIM kullanımı ile geleneksel yöntemle göre daha erken aşamada belirlendiğini gösteren araştırma şekil 3.4.'te görülmektedir.



Şekil 3.4. Tasarım Sürecinde Maliyetin BIM ve Geleneksel Yöntem ile Zamana Karşı Belirlenmesi (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

Şekil 3.4. analiz edildiğinde geleneksel tasarım sürecinde (mavi çizgi), çaba uzun sürerek şematik tasarım, tasarım geliştirme ve özellikle inşaat belgeleme evresinde artarak sürmektedir. BIM ile ise (siyah çizgi) tasarım sürecinde çaba daha önceki aşamalarda başlayıp inşaat belgeleme evresine geçmeden tamamlanmaktadır. Grafikteki kırmızı çizgi, tasarımın başlangıcından bitimine kadar geçen sürede, maliyet ve performans etkisinin giderek azaldığını göstermektedir. Yeşil çizgi ise ileriki evrelerde tasarım değişikliği olduğu zaman, maliyet farkının daha çok arttığı görülmektedir. Böylece BIM ile başlanan projelerde tasarım süreci ilk aşamalarda tamamlandığından dolayı maliyet değişimi de minimum seviyede seyretmektedir.

Ön tasarım modeli, ilk gelişim seviyesi yani LOD 100 olarak tanımlanmaktadır. Arazi analizi, dolu-boş programları, hacimsel model ve bölgelere ayırma işlemleri bu evrede yapılmaktadır. Şematik tasarım modeli, LOD 200 seviyesindeki modeldir.

Sürdürülebilirlik (LEED) gelişimi, programlama, planlama, ön maliyet tahmini, tasarım yorumlama, ve 3B koordinasyonu bu evrededir. Tasarım geliştirme aşaması, LOD 300 detay seviyesine sahip modeldir. Tasarım modeli gelişimi, sürdürülebilirlik analizi, detaylı enerji analizi, sistemin maliyet tahmini, 3B koordinasyon raporu ve inşaat programını doğrulama süreci bu evrede gerçekleşmektedir. İnşaat dokümantasyonu için hazırlanan model LOD 400 seviyesindedir. Bu model ile tasarım modeli tamamlanmakta, 3B koordinasyon doğrulanmakta, kesin maliyet hesabı yapılmakta ve sürdürülebilirlik raporu oluşturulmaktadır. İnşaat sırasında, inşaat sistem tasarımı, inşaat planlama, dijital imalat ve varlık yönetimini sağlayan model ise LOD 500 seviyesindedir. (Bloomberg, Burney, & Resnick, 2012).

Tasarım aşamasında BIM'in sağladığı avantajlar; iki boyutlu çizim programlarının yerine, BIM ile tasarlanan projelerde üç boyutlu model çizimle birlikte direkt olarak oluşmaktadır. Böylece tasarımın her aşamasında üç boyutlu model ile boyutsal tutarlılık görselleştirilerek beklenti karşılanmaktadır. Ayrıca tasarımda kullanılan objeler parametrik değerler girilerek kullanılır ise herhangi bir hıza, koordinasyon hatasında program hata mesajı vererek düzenlemeyi sağlamaktadır. BIM teknolojisi ile disiplinler arası çalışmaya daha erken başlanmaktadır. Üç boyutlu modeli birden fazla disiplin kullandığı için koordineli çalışmak, revizyonları kontrol etmek önemli derecede kolaylaşmakta ve zaman kaybını ortadan kaldırmaktadır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). BIM teknolojisi, mimarın daha önceki kullandığı araçların yapamadığını sunmaktadır. BIM modeli ve modele gömülü bilgiler tek bir formatta birleştirilmektedir. Bu bağlamda görsel nesneler çizilemeyen veya modellenemeyen tüm bilgileri içermektedir. Böylece her bilgi tanımlandığı için projenin tüm aktörleri projeden neler bekleyeceğini, neler yapacağını bilerek tek modelde birleşecektir (Sørensen, Frandsen, & Øien, 2015).

Konsept tasarım araçları, sezgisel ve yaratıcı düşünme sürecini daha bilinçli tasarıma izin veren çeşitli simülasyon ve analiz araçlarına dayalı değerlendirme ve geri bildirim sağlayama yeteneği ile dengelemektedir. Fakat ticari olarak temin edilebilen araçların her biri, bu görevlerin sadece bir kısmını yapmaktadır ve bu araçlar arasında çeviri gerekmektedir (örn. IFC veya farklı uzantılı dosyalar). Gerçek zamanlı geri bildirim ile çalışan BIM araçlarının, sezgiye dayalı kaynaklardan hesaplamalı değerlendirmeler ve yorumları içerecek şekilde genişleyeceği öngörülmektedir (Sacks, vd, 2018). Bu değişim,

hem kavram geliştirmenin yönünü hemde kalitesini ve onu destekleyen bilişsel süreçleri etkileyecektir.

3.2. Mimari Uygulama ve İnşaat Aşamasında BIM

İnşaat öncesinde BIM, ayrıntılı tahminler hazırlamak için kullanılabilir. Stanford Üniversitesi Entegre Tesis Mühendisliği Merkezi'nin yaptığı araştırmaya göre ayrıntılı tahmin verilerini BIM ile oluşturmak %80'e varan zaman tasarrufu sağlamaktadır. İnşaat aşamasından önce BIM kullanarak 3B ve 4B saha koordinasyon modelleri ile daha gerçekçi bir saha güvenlik planı hazırlanmakta, olabilecek potansiyel tehlikeler belirlenebilmektedir. Ayrıca proje ekibi, bina bilgi modelleri ile sahadaki işlem sırasını planlayabilmekte ve inşa edilebilirlik analizi yapabilmektedir (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012). Yapım aşamasında, inşat ekibi, tasarım ekibi ve diğer paydaşlar koordineli bir şekilde çalışmaktadır. Temel hedef ise yapım sürecindeki verimliliği ve etkinliği BIM ile birlikte arttırmaktır.

İnşaat düzeyinde bina bilgi modeli kullanımı, inşaat sürecindeki yönetim kontrolünü sağlayan, detaylandırma, şartname, imalat, montaj ve maliyet hesaplarını içeren en iyi uygulamadır. İnşaat modellemesi, mevcut BIM araçlarının temel gücüdür. Birincil ürünü ise inşaat belgelemedir (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). Tasarım ve yapım evreleri entegrasyonu için belgelerin doğruluğu çok önemlidir. Tasarıma paralel yönde yapının hızlı ve verimli bir şekilde inşa edilmesi dokümantasyonun doğruluğu ile kolaylaşmaktadır.

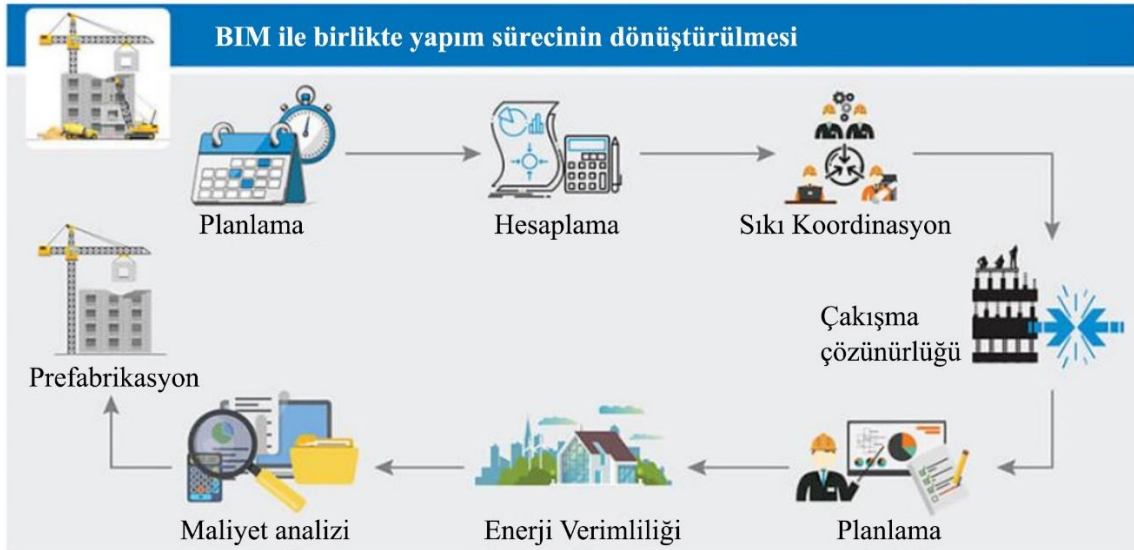
BIM, başladığı zamandan bu yana inşaat şirketleri için uzun bir yol kat etmiştir. Bugün başta İngiltere olmak üzere ABD ve Avrupa'daki çoğu ölkede projelerde BIM'in Seviye-2'de kullanımı zorunlu kılınmıştır. Üç boyutlu bina bilgi modelleri tek bir dosyada daha karmaşık ve kapsamlı ayrıntılara yer vermektedir. Zorunlu hale gelmiş bir uygulama olması ile birçok inşaat profesyoneli, danışman ve firmalar tarafından koordineli 3B bina bilgi modeli kullanımı teşvik edilmektedir. Aynı zamanda mekanik mühendisi, elektrik mühendisi gibi inşaat profesyonellerininde saha mimar ve mühendisleri ile daha koordineli çalışmalarına yol açmıştır ([http-6](http://6)).

Azhar ve diğerleri'ne göre (2012) inşaat aşamasında proje ekibi BIM'i üç aktivitede kullanmaktadır.

- 4D model kullanılarak proje süreci takip edilebilmektedir
- Koordinasyon toplantılarını yönetebilmektedir

- BIM modellerinin entegrasyonu, siparişlerin takibi vb. bilgiler kontrol edilebilmektedir.

BIM ile inşaat süreci değişmiş ve bir banda dönüşmüştür. Detay tasarımı sonuçlanan projenin sırasıyla, süreç takvimi, tahmini verileri hesaplanmaktadır. Paydaşlar arası koordinasyon sağlanıp çakışma tespitleri ve inşaat planlanması da tamamlanınca enerji verimliliği hesaplanmakta ve tüm maliyet analizleri oluşmaktadır. Böylece şekil 3.5'te görüldüğü üzere prefabrikasyon aşamasına geçilmektedir (http-4). Prefabrikasyon için inşaat sahası dışında yapı malzemeleri üretiminin, fabrika veya atölye kontrolünde daha kaliteli sonuçlar doğurduğu bilinmektedir (Silver & McLean, 2014). Prefabrikasyon yapım maliyeti ve süresini azaltmaktadır. Aynı zamanda modele projenin detay bilgileri eklendiği takdirde yapı kalitesini de arttırmaktadır. Bu detaylı model, her bileşenin şartnamesi, yapım sırası ve 3B görsellerini içermektedir (Özorhon, 2018). Şekil 3.5'te görüldüğü üzere bina bilgi modeli ile bu süreç her zamankinden daha kolay ilerlemektedir.



Şekil 3.5. BIM ile Dönüştürülen İnşaat Süreci (http-6)

Tasarımcılar, inşaat düzeyinde bir modeli geliştirebilmek için en az üç farklı yola başvurulabilmektedir. Eğer, mimarların bina modeli geleneksel tasarımındaki gibi mimar ve müşterinin istek ve niyetlerini içeren detaylı bir model ise; yüklenicilerin kendi bağımsız inşaat model ve belgelerini sıfırdan, inşaat yöntemleri konusundaki bilgi ve deneyimlerine dayanarak geliştirilmesi beklenmektedir. İkinci bir görüşe göre, bina modeli planlama ve imalat gibi inşaatın tüm alanlarında kullanılabilecek detayda bir

model ise tasarım modeli, inşaat ekibi tarafından detaylandırılacak başlangıç noktasıdır. Üçüncü yolda ise eğer tasarım ekibi, projenin en başından itibaren müteahhit ve imalatçılarla işbirliği yaparak imalat sorunları hakkında bilgilendirilirse; tasarım amacı ve imalat amacını içeren bir model sunulabilmektedir. Modelleri tasarımcılar ve inşaatçılar arasında paylaşmanın ve bunları işbirliği içinde geliştirmenin, entegre proje teslimi (IPD) gibi yeni tedarik yöntemlerine yönlendirme gibi konularda birçok faydaları vardır. Ayrıca entegre proje teslimi için BIM önemli bir kolaylaştırıcıdır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). İnşaat süreci boyunca BIM modeli güncel tutulmalıdır. Böylece model bir sonraki aşamada (tesis yönetimi ve bakımı) kullanılacak en güncel verileri içermektedir (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012).

Bilgisayar Destekli Üretim’de yapı elemanları fabrikada ön üretim için gerekli makine kodlarını, tasarımcının grafik dosyalarından direkt almaktadır. Yüklenici iş programı, maliyet, kaynak sağlama ve ardışık faaliyetler zinciri bilgileri de optimizasyon modeli ile bütünleşiktir (Silver & McLean, 2014).

BIM modellerinden elde edinilen bilgiler sadece tasarım ofisleri veya şantiye ofislerinden sağlanmamaktadır. Mobil cihazlar sayesinde sahada kolayca kullanılmaktadır. Fakat teknoloji mevcut olmasına rağmen bu teknolojiyi kullanabilecek yeterli inşaat profesyoneli hala yoktur (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). Buradan, BIM’in bileşenlerinden biri olan insan faktörünün (yeterli donanıma sahip inşaat profesyoneli) önemi anlaşılmaktadır.

Mobil cihazlarda (akıllı telefon ve tablet), modelin sahada kullanılabilmesini sağlayan uygulamalar (örn. Autodesk firması için A360, Graphisoft için BIMx vb.) vardır. Bu uygulamalara yüklenen dosyaların 3B modelleri ve 2B çizimleri anında e-posta yoluyla paylaşılmaktadır veya doğrudan bir paylaşım oluşturulmaktadır. Gerçek zamanlı olarak proje paydaşlarından geri bildirim alınmaktadır. Ayrıca bu sayede çalışma ekibi, sahada ve ofiste doğru dosya ve proje verilerine ulaşabilmektedir ([http-7](http://7))

Garphisoft’a (2018) göre BIMx, projenin belirli bir bölümüne odaklanmak veya inşaat sürecinin takibi için vazgeçilmezdir. Bu mobil uygulamalar ile bina bilgi modeli elemanlarının tüm gerekli özelliklerine kolayca erişilebilmektedir.

BIM, daha yüksek prefabrikasyon derecesine, bina yöntem ve türlerinde daha fazla esnekliğe ve çeşitliliğe, daha az belge ile hataya ve daha yüksek üretkenliğe katkıda bulunmaktadır. Ayrıca israfa azalmaktadır (örn. daha az kağıt kullanımı ve

kullanılmaması, sürecin daha hızlı ilerlemesiyle zamandan tasarruf vb.) (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).

3.3. Bina Kullanımında -Yapım Sonrası Aşamada BIM

BIM yeni projelerde kullanıldığı gibi aynı zamanda renovasyon ve restorasyon projelerinde de kullanılmaktadır (Oy & Henttinen, 2012). BIM'in birçok kullanım alanı olduğu bilinmektedir. Bina döngü içerisinde, işletme ve bakım süreci bir diğer kullanım alanıdır. Bir çok büyük projeler için tasarım aşamasında başlayan işletme ve bakım aşamasına kadar devam eden BIM süreci bazı projelerde ise sadece yapının bakım ve işletmesi için modelleme yapılarak başlamaktadır.

Mevcut yapıyı BIM tabanlı programlar ile modelleme, proje ekibinin bir tesisin mevcut koşullarının 3B modelini geliştirdiği süreçtir. Bu model, proje için neyin arzu edildiği ve en verimli haline bağlı olarak bir çok şekilde geliştirilebilmektedir. Model oluşturulduktan sonra, yeni inşaat veya yenileme projeleri için bilgiler modelden sorgulanabilmektedir (Bloomberg, Burney, & Resnick, 2012). 3B lazer tarama ile mevcut binaların yenilenmesi ve yeniden kullanılabilmesi için yapıyı tarayarak bina bilgi modellerini doğru bir şekilde (endüstri toleransları dahilinde) geliştirmek için kullanılabilmektedir (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012). Mevcut yapı modellemesinin;

- Mevcut binayı tarihsel kullanım için belgelemek
- Gelecekteki kullanımlar için çevre dokümantasyonunu sağlamak
- Mevcut koşulları belgeleyerek, verimliliği arttırmak
- 3B tasarım koordinasyonuna yardımcı olmak gibi avantajları vardır (Bloomberg, Burney, & Resnick, 2012).

Tesis yönetimi için bina yaşam döngüsünün her aşamasında geliştirilen modellerin işlevi şekil 3.6'da gösterilmektedir. Tasarım ve yapım modelleri aşağıda açıklanacak nedenlerden ötürü tesis işletme için uygun değildir (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018);

- Mimari model, bina sistemleri ve ekipman verileri hakkında yeterli ayrıntı ve bilgiye sahip değildir. Birçok tesis ögesi, modelleme sürecinin karmaşıklığı nedeniyle modellenmez.
- Yapı modeli ise tesis yönetimi ile ilgisi olmayan yapı detayları hakkında çok fazla bilgi içermektedir. Tesis yönetimi için uygun tanımlardan, gerekli sistem bağlantı bilgileri ve ekipman verilerinden yoksundur.



Şekil 3.6. İşletme ve bakım için BIM ve yapı yaşam döngüsü boyunca kullanılan modellerle ilişkisi (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

Nokta buluttan BIM'e veri aktarmak mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC) endüstrisinde hatasız çıktı verimliliğini arttırmaya yardımcı olan son gelişmiş teknolojilerden biridir. Özellikle altyapı geliştirme, binaların inşası ve yenilemesi için faydalı bir teknolojidir. Nokta bulut veri toplama yöntemi ile tarama teknikleri kullanılarak belirli bir bina ile ilgili veriler BIM'e kolaylıkla yönlendirilebilmektedir. Bu hizmetler genellikle, lazer taramaların yüksek kaliteli 3B bina bilgi modellerine dönüştürülmesi için mimarlık ve inşaat şirketleri tarafından alınmaktadır (http-8)

Mevcut yapının durum modeli; proje ekibinin, proje alanının mevcut durumu, alandaki tesis ve tesis içindeki belirli bir alanın 3B model ile geliştirildiği süreçle oluşmaktadır. Bu model, lazer tarama, konvansiyonel ölçme teknikleri gibi istenildiği takdirde, verimli olan seçilerek, çeşitli şekillerde geliştirilebilmektedir. Model oluşturulduktan sonra yeni projeler veya renovasyon projeleri için bilgiler model üzerinden sorgulanabilmektedir (Messner, ve diğerleri, 2019).

Tesis işletme ve yönetimi için BIM, işletme ve bakım, acil servis yönetimi, alan planlama ve yönetimi, envanter yönetimi ve gayrimenkul portföy yönetimi gibi uygulamalar sağlamaktadır. Bina bilgi modeli, eğer planlama aşamasından itibaren kullanılmışsa sırasıyla tasarım ve inşaat aşamasında geliştirildiği için eksiksiz bilgiler içermektedir. Bu bilgiler tesis yöneticileri tarafından daha sonra kullanılabilir. Böylece, tesisin işletimi ve bakımı daha verimli olmaktadır (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012). Fakat verileri sağlamak ve modeli korumak için roller ve sorumluluklar iyi tanımlanmalıdır (Becerik-Gerber, Jazizadeh, Li, & Calis, 2012).

BIM'in işletme modeli, BIM as-built modelinde değişiklikler yapılarak oluşturulmaktadır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). Bu değişiklikler;

- İnşaat detayları ve çalışma çizim sayfaları gibi fazla bilgiler kaldırılmaktadır. Bu bilgiler gerektiğinde modelden alınabilmektedir fakat işletme modeli için gereksizdir.
- Yapı çekirdeğini, yapı kabuğunu ve kiracı geliştirmeleri gibi bağlantılı modeller tek bir modelde birleştirilmektedir.
- Eğer pratikse, mimari, mekanik, yangından korunma ve özel ekipmanları temsil eden bağlantılı modeller birleştirilmektedir. Büyük ölçekli binalar için bu işlem pratik olmayabilir, bu nedenle bağlantılı çoklu modellerin sürdürülmesine ihtiyaç duyulmaktadır.
- Mahal numaraları, inşaat mahalleri ve işaretlerin eşleşmesi ile elde edilip; işletme modeline eklenmektedir.
- Ofis alanları için iş istasyonları ve ofisler ayrı olarak bir doluluk numaralandırma sistemi ile tanımlanıp numaralandırılmaktadır.
- Yapı ekipmanı öğeleri, özel kimlik numaraları ile tanımlanmaktadır.

BIM işletme modeli, devam eden iş emirlerini, bakım operasyonlarını, doluluk bilgilerini, ekipman ve malzeme değişim maliyetlerini ve bina operasyonları ile ilgili tüm verileri izleyen bir tesis yönetim sistemine bağlıdır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).

Bina (önleyici) bakım planlaması, yapı işlevselliğinin (duvarlar, zeminler, çatı vb.) ve yapıya hizmet veren ekipmanların (mekanik, elektrik, sıhhi tesisat, vb.), tesisin işletme ömrü boyunca muhafaza edildiği süreçtir. Başarılı bir bakım programı, bina performansını arttırmakta, onarımları ve genel bakım maliyetlerini azaltmaktadır (Messner, ve diğerleri, 2019). Bina sistemleri ve ekipmanları hakkındaki bilgilere işletme modeli ile ulaşılmaktadır. Modeldeki herhangi bir nesneye tıklayarak o nesne hakkındaki isim, model, konum, ürün tipi, kullanım ve bakım klavuzları, performans verilerine ulaşılmaktadır (Azhar, Khalfan, & Maqsood, 2012).

BIM tesis yönetimi erken bir aşamada benimsenmelidir. Özellikle üniversite yapıları, karmaşık yapıya sahip kamu binaları ve bunlara benzer karmaşık yapılarda yüksek kalitede hizmet sunulmasını sağlamaktadır (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018). Araştırmalar göstermiştir ki, geleneksel inşaat süreci ile yapılan projelerde, bir yapının yaşam döngüsü maliyetinin %85'i işletme ve bakım aşamasına aittir. Bu maliyetin kapsamı ise inşaat tamamlandıktan sonra yetersiz bilgi erişimi ve

birlikte çalışabilirlik sorunlarıdır (Newton, 2004'ten aktaran Azhar vd, 2012). Tesis işletmesi için BIM kullanımı bu sorunların önlenmesine yardımcı olmaktadır.

Bina bilgi modellemesi (BIM) mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC) endüstrisinde büyük ölçüde benimsenmektedir. Fakat tesis yönetiminde (FM) kullanımı inşaatlara nispeten daha yeni ve sınırlıdır. Tasarım ve yapımdan elde edilen BIM çıktıları açıkça belirtilmedikçe, dikkatli bir şekilde yönetilmedikçe FM ihtiyaçlarının karşılanması çok zordur (Wang, Philip, & McKinley, 2017). İşletme ve bakım için dijital verilerin bulunmadığı durumlarda zorluklar en şiddetlidir ancak eksiksiz inşaat modellerinin değiştirilmesi ile ilgili zorluklar da vardır. Bu aşama için iki sorun ortaya çıkabilmektedir. McArthur'a göre (2015) bu sorunlar;

- Gerekli işletme ve bakım verilerinin mevcut olmaması ve
- Veriler ile dosya boyutunun çok büyüüp kullanılamamasıdır.

İnşaat modelinin tüm verilerini korumak için başka kopyalarının kaydedilmesi ve aşamalı bir modelleme önerisi verilmektedir. Daha sonra sadece işlemler için gerekli bilgilere, kategorize edilerek ulaşılabilir (McArthur, 2015). Her BIM sürecinin sonunda işletme ve bakım aşamasını sağlamaktadır fakat bu aşama her projede kullanılmamaktadır. Sadece yeni yapılarda değil mevcut yapılarda da işletme veya bakım için model oluşturulmaktadır.

4. MİMARİ TASARIMDA BİNA BİLGİ MODELLEMESİ (BIM)

4.1. Hipotez

Mimari proje tasarımından itibaren BIM tabanlı programlar ile proje gelişim süreci değişmekte ve gelişmektedir. Fakat inşaat sektöründe hala büyük oranda geleneksel CAD sürecine devam edilmektedir. Bu bağlamda araştırmada, Bina Bilgi Modellemesi kullanılan projelerin geleneksel yöntemle göre sağladığı avantajlar ve BIM ile en etkili proje süreci saptanmak istenmiştir.

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda BIM tabanlı programların, yapı yaşam döngüsü boyunca -tasarım aşaması, yapım aşaması, yapım sonrası (bakım-işletme) aşamalarında- kullanılabildiği anlaşılmıştır. Farklı ölçeklerde, BIM kullanım durumları değişmektedir. Bu çalışma BIM'in en etkili kullanıldığı aşamayı ve süreçlerin birlikte kullanımının faydalarını örneklerin incelenmesi ile bulmayı amaçlamaktadır.

Tezin bu bölümünde BIM tabanlı programların mimari tasarım aşamasında, inşaat-uygulama aşamasında ve yapım sonrası aşamalarda kullanımının avantajları örnek projeler ile araştırılmıştır. Örnek olarak farklı ölçeklerde ve farklı işlevde yapılar seçilmiş ve BIM tabanlı bilgisayar programları kullanmanın projelerde sağladığı avantajlar incelenmiştir.

4.2. Mimarlıkta BIM Kullanılan Projeler ve BIM'in Etkileri

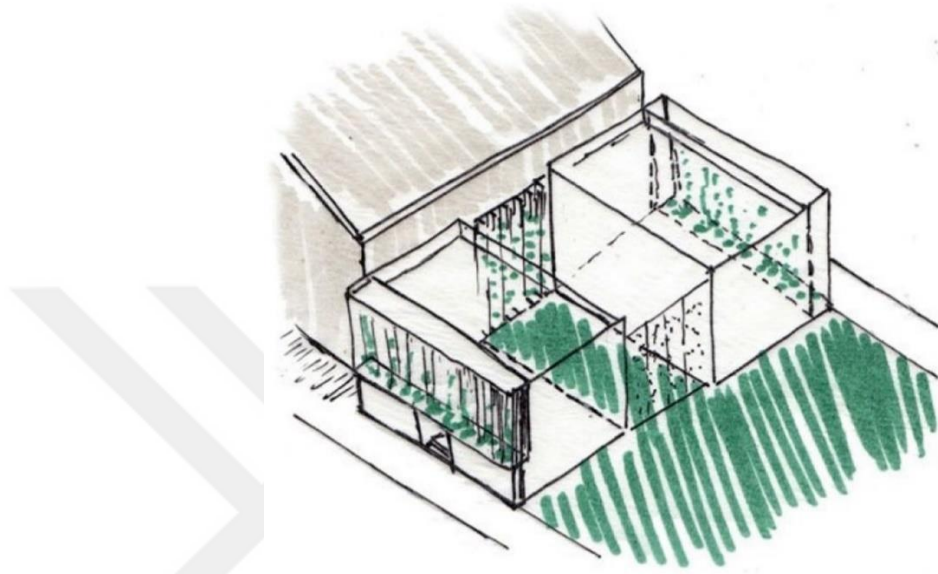
Mimari tasarım aşamasında, inşaat-uygulama aşamasında ve bakım-işletme aşamasında ölçek gözetmeksizin, bina bilgi modellemesi ile projelendirilen örnekler seçilmiştir. Örnek projeler üzerinden BIM'in güçlü olduğu ve olmadığı yönler tartışılıp, binaların yaşam döngüsünde BIM'in etkili kullanıldığı yapım aşaması incelenecektir.

4.2.1. Mimari tasarım sürecinde BIM kullanılan örnekler

4.2.1.1. Villa Patio – Bandung, Endonezya

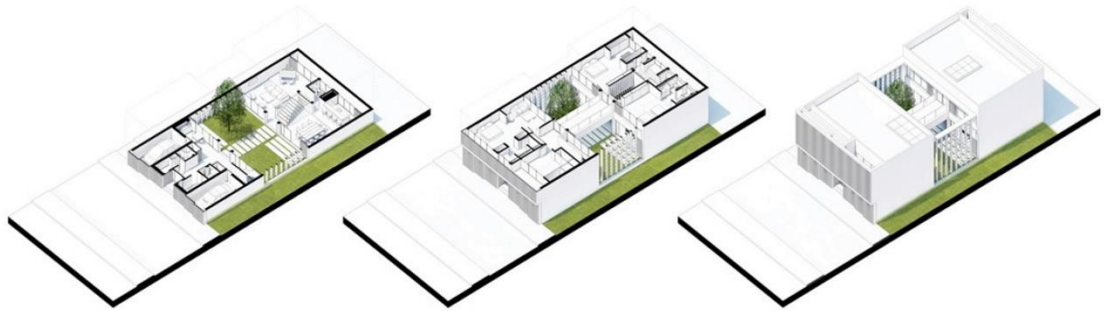
Bu projede tasarım ekibi, bir projenin başından itibaren BIM'in nasıl pratik kullanımının olduğunu göstermek istemiştir. Takım liderinin açıklamalarına göre pek çok mimar BIM'de konsept tasarıma erken aşamalarda başlamanın faydalarını görmediğini söylemektedir. Fakat bu proje ile sürecin ekip ve yapı sahibi için başarılı sonuçlandığını açıklamıştır (Fontan , 2016). Proje, Hong Kong'da bulunan Enzyme adlı bir mimarlık ofisi tarafından tasarlanmıştır ve mimarlara göre BIM'i tasarım sürecine dahil etmek zaman ve kaynakların daha doğru bir şekilde kullanılması sağlamıştır (Graphisoft, 2016).

Proje arazisi 12,5x24 metre uzunluğunda konut sokağında, benzer arazilerle yan yana bulunmaktadır. Arazi aslında büyük bir değere sahip değildir fakat düşünülen konseptte göre, dışını çevreleyen ve ışığı süzerek içeri alan yeşil alan bina için önemli bir örnek olma potansiyeline sahiptir. Çevresi ve verandası ile yeşil yaşamı destekleyen bir proje olması düşünülmüştür (Fontan , 2016).



Şekil 4.1. Villa Patio serbest el eskiz tasarımı-Yeşil avlu tasarımı (Fontan , 2016)

Eskizde görülen veranda ve avlu fikrine dayanarak yaşam alanları ışık ve mahremiyet sağlayan iç yeşil alana açılmaktadır. Evin tüm düzeni bu özel bahçenin (avlunun) etrafında düzenlenmiştir. Ortak alanlar ve hizmet alanları zemin katta, özel alanlar da birinci katta konumlandırılmıştır (Fontan , 2016).



Görsel 4.1. Villa Patio aksonometrik kat planı diagramı (Fontan , 2016)

Proje Endonezyanın konumunun teknik gereksinimleri ve yapım yöntemleri dikkate alınarak tasarlanmıştır. Endonezya’da küçük yapıların çoğunun malzeme olarak tuğla ve beton kullanıldığı aynı zamanda ahşap ve bambu kullanımında yaygın olduğu

bilinmektedir. Yapı sahibinin isteği üzerine projede ana malzeme olarak tuğla, beton ve ahşap plakalar kullanılmıştır. Ayrıca proje, yapı sahibinin istekleri göz önünde bulundurularak “basit, temiz alan” ve “çok yönlü aile evi” düşünceleri ile tasarlanmıştır (Fontan , 2016).



Görsel 4.2. Işık ve yaşamın çekirdeği olarak tasarlanan hacimler arası yatay bağlayıcı (Fontan , 2016)

Projede, BIM’in dahil edilmek istenmesiyle Archicad programı konsept tasarımından itibaren kullanılmıştır (Graphisoft, 2016). Tasarım ekibi, BIM’de proje geliştirme konusunda yüksek deneyime sahip olan üç mimardan oluşmuştur. Bina bilgi modeli ve modelden üretilen tüm dokümanlar “Teamwork” kullanılarak aynı dosyada çalışılan Archicad programında geliştirilmiştir. Konsept tasarımının tamamı üç haftalık bir süre ile tamamlanmıştır. Ekipteki her mimar için ayrı görevler verilerek süreç ilerlemiştir (Fontan , 2016). Bu görevler;

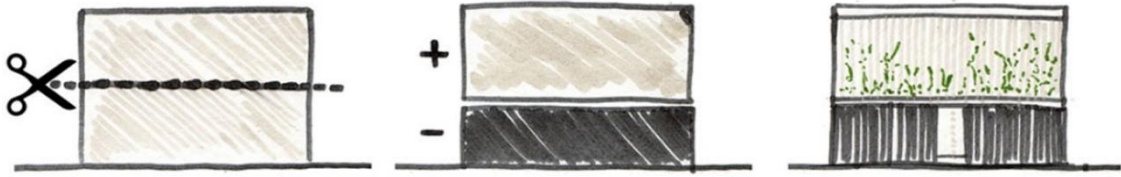
Mimar (Senior): Kavram fikirlerini en başından geliştirmek ve ekibin geri kalanıyla birlikte BIM modelini geliştirmek ve yapı sahibine tüm verileri içeren poster tasarımlarından sorumludur. Projeye katılım süreci, üç haftalık periyodun tamamında tam zamanlıdır.

Mimar - BIM Yöneticisi: Modelin geliştirilmesi sırasında BIM yöneticisi olarak konsept tasarımına dahil olmuştur ve dokümantasyonun üretiminden sorumludur. Projeye katılım süreci, üç haftalık periyodun ilk haftası yarı zamanlı, ikinci ve üçüncü haftası tam zamanlıdır.

Mimar – BIM Modelcisi: Konsept tasarımına bina bilgi modelinin ve dokümantasyon üretiminin oluşturulduğu evrede dahil olmuştur. Katılım süreci BIM yöneticisi gibi ilk hafta yarı zamanlı, ikinci ve üçüncü hafta tam zamanlıdır.

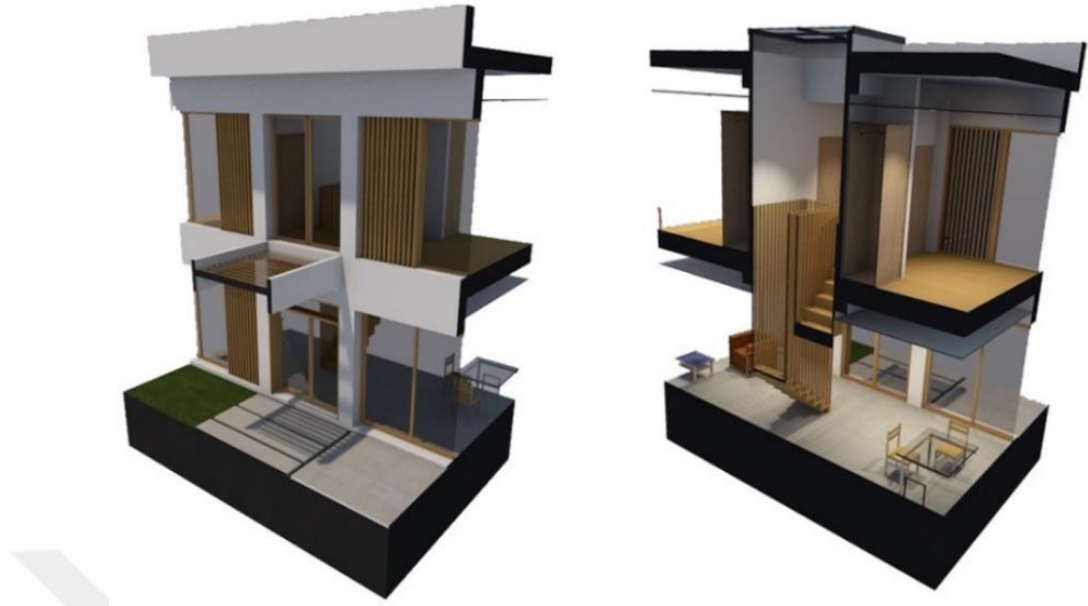
Üç haftalık süreçte geliştirilen konsept tasarımı ve dokümanlar Archicad'de oluşturulduktan sonra posterin tasarlanması için Adobe Photoshop, detaylandırılması için Adobe Indesign, render için ise Cinema 4D programları kullanılmıştır (Graphisoft, 2016).

İlk hafta, konsept tasarımın geliştirilmesi ve fikirlerin olgunlaştırılması ile başlamıştır. Mimar tasarım görevinden sorumludur. Ekibin diğer üyeleri, tasarım sürecinde seçenekler geliştirmeye ve düşünülen tasarımı çizmek için dahil olmuştur. Daha sonra dokümanların üretimi için BIM altlığı hazırlanmıştır ve ana tasarım kararlarını 3B ve 2B olarak gösterecek basit hacimsel modelleme yapılmaya başlanmıştır. Ardından BIM yöneticisi, tasarım görevlerinde ekibin geri kalanına katılırken aynı zamanda altlığı hazırlamaktan sorumludur. Teamwork altlığı da hazırlandığında model üzerinde ekipçe çalışılmaya başlanmıştır (Fontan , 2016).

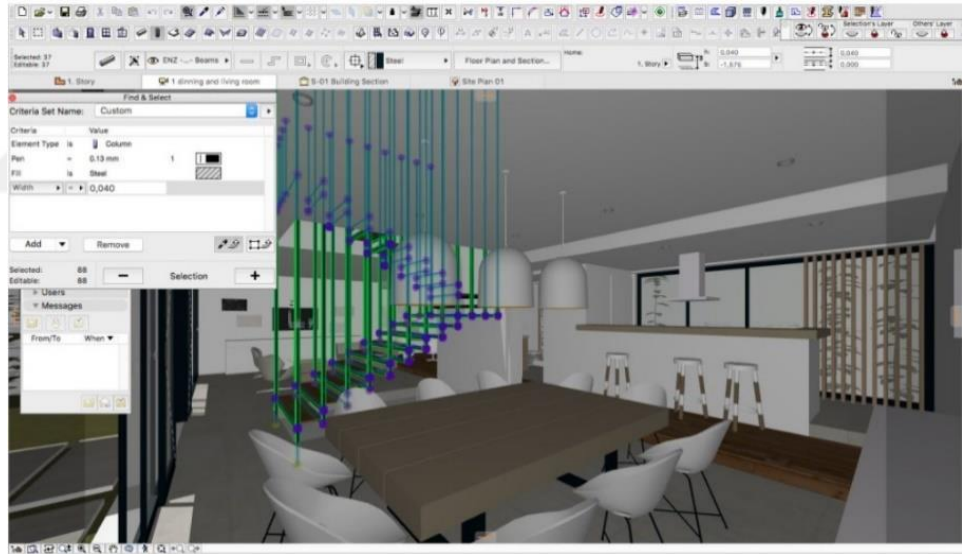


Şekil 4.2. El eskizi ile konsept tasarım (özel-ortak alanlar ve katı-geçirgen alan ayrımı) (Fontan , 2016)

İkinci hafta, Teamwork ile çalışılan projede, seçilen tasarım kararının BIM modeli geliştirilmiştir. Yapı sahibinin geri bildirimleri bu dönemde tasarımda değişiklik yapmak için kullanılmıştır. BIM yöneticisi, grafik standartları, nitelikleri ve kütüphaneleri yöneterek dokümantasyonu ve üretimi hazırlamıştır. Mimar (Senior) ve BIM modelcisi projeyi Teamwork'te modellemiştir.



Görsel 4.3. *BIM modeli kısmi görünüş – kısmi kesit (Fontan , 2016)*



Görsel 4.4. *BIM modeli iç mekan tasarımı- Archicad arayüzü (Fontan , 2016)*

Üçüncü hafta boyunca, BIM modeli grafik dokümantasyon ve 2B çıktı verileri (plan, kesit, görünüş) oluşturulmuştur. Tasarıma küçük değişiklikler ve detaylar uygulandığı takdirde Bina bilgi modeli ile oluşturulan tüm belgeler yapılan değişikliğe göre güncellenmektedir. Sürecin sonunda BIM yöneticisi, render ve diyagram oluşturulması için belgeleri istenilen formatta dışa aktarmıştır. Tüm 2B, 3B dokümanlar posterleri ile bir araya getirilip sunum için hazırlanmıştır (Fontan , 2016).



Şekil 4.3. *Villa Patio (BIM modelinden alınan) plan çizimleri (Fontan , 2016)*

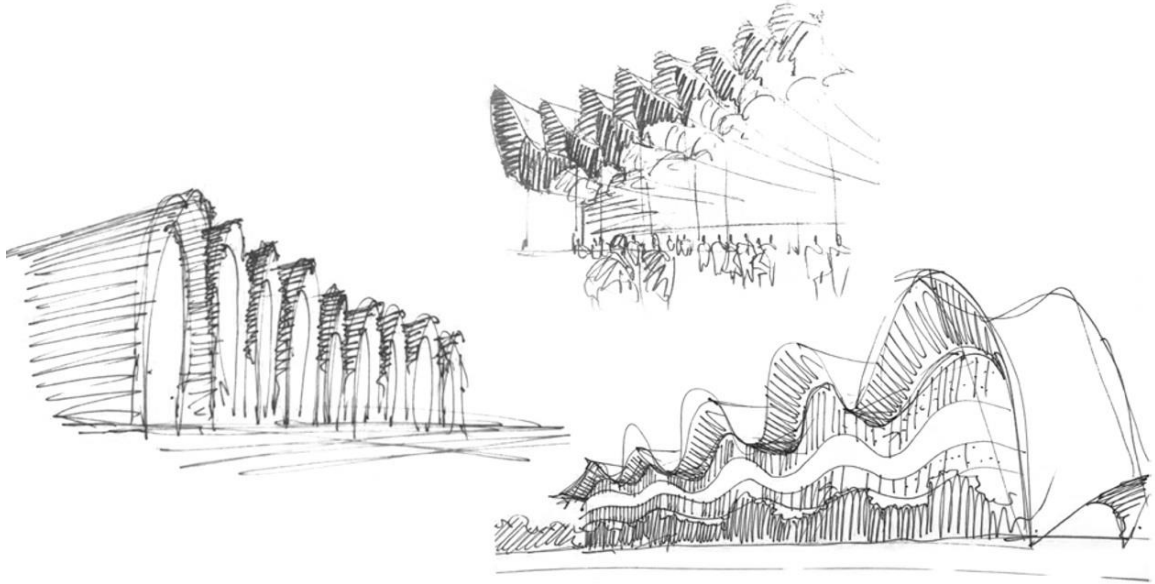
Proje ekibi, konsept tasarım aşaması için hazırlanan basit bir şablonun ilk adımında BIM’de bir projeye başlanmasının, projenin 2B’den 3B’ye nasıl evrildiğini erken bir süreçte görmelerine izin veren olumlu bir özellik olduğunu savunmaktadır ayrıca projenin başlangıcından itibaren BIM kullanılması tüm paydaşlarla istişarede bulunarak koordinasyonu kolaylaştırmaktadır (Graphisoft, 2016). Tüm 2B belgelerin doğrudan modelden aktarıldığı bir süreç tüm programı hızlandırmakta ve hataları en aza indiren bir doğruluk sağlamaktadır. Fakat bu sadece en başından inşa edilmiş gerçek bir BIM modeli ile elde edilmektedir. BIM ile mimari tasarım, 2B tasarım sürecinin aksine koordinasyonda harcanan zamanı azaltmakta ve manuel olarak hazırlanan projeye oranla hataları büyük ölçüde azaltmaktadır. Bu mimari tasarım projesinin BIM ile tasarlanmasının en önemli avantajları, zaman kazanılması ve kaynakların daha verimli bir şekilde, kullanılmasıdır (Fontan , 2016).

4.2.1.2. Irina Viner-Usmanova Ritmik Jimnastik Merkezi – Moskova, Rusya

2016 yılında Rusya ulusal BIM teknolojisi yarışmasında spor tesisleri alanını kazanan tasarım 23,500m² büyüklüğünde bir spor tesisi projesidir. Proje sürecinde aktörler, Archicad & BIMx, Autodesk Navisworks & 3ds Max, Solibri, Rhinoceros, Grasshopper, Tekla, Revit Structure & MEP, Allplan Engineering, ElumTools, Autodesk, LIRA-SAPR ve SAPFIR-3D programlarını kullanmıştır. Projeyi üstlenen CPU Pride

şirketi, 30 mimari bünyesinde bulunduran 60 üst düzey kalifiye elemana sahiptir. Sadece mimari çözümleri değil strüktürel ve mühendislik çözümleri de üretmektedir. Bu projede de yapı yaşam döngüsünü konsept tasarımdan inşaatın sonlanmasına kadar üstlenmiştir (Graphisoft, 2018).

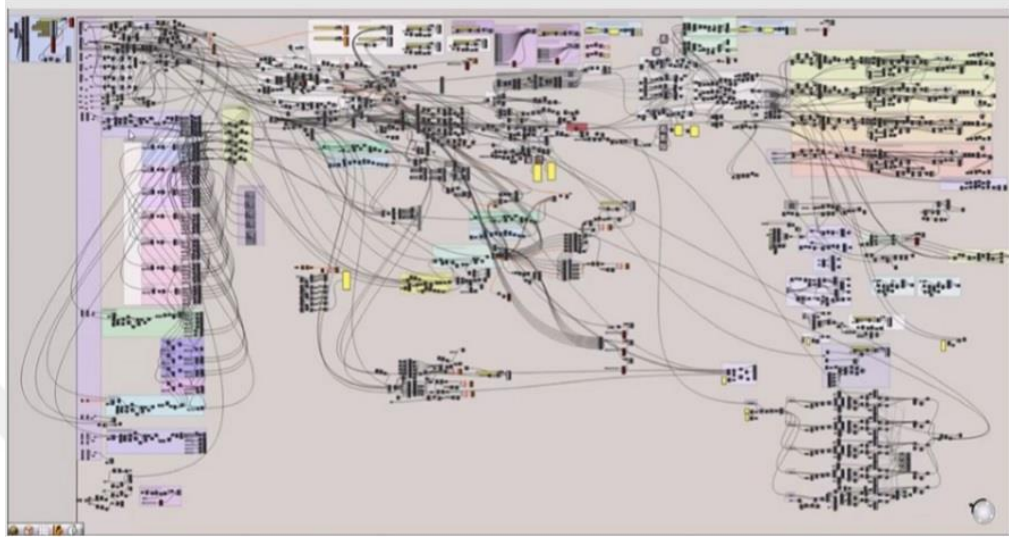
Projede mimari çözümler için zaman alıcı bir kurulum gerektirmeyen Archicad programı kullanılmıştır. İlk aşamada olağanüstü formlar veya cephenin açık bir ritmini koruyan daha geometrik tamamen farklı çözümlerden oluşan hızlı bir ön konsept oluşturulmuştur. Bunların arasından yerden çırpınarak yükselen şerit şekli seçilmiştir. Ön konseptler arasından seçim yapıp kararlaştırıldıktan sonra ilk 3B model bir aydan kısa sürede geliştirilmiştir (Graphisoft, 2018).



Şekil 4.4. Ritmik Jimnastik Merkezinin çatısının ilk el eskizleri (Graphisoft, 2018)

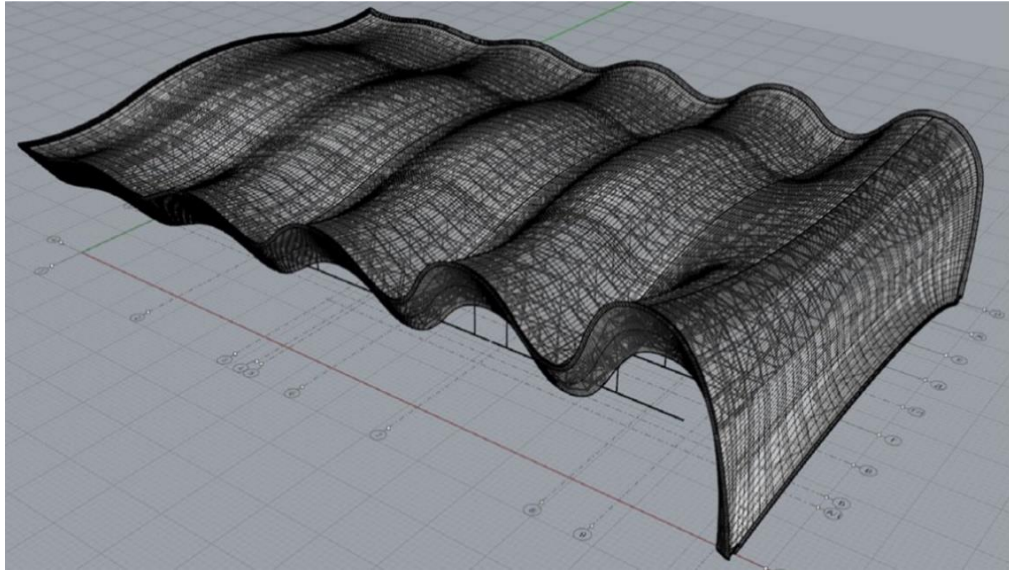
Tasarım geliştirme ve inşaat dokümantasyon aşamaları için Archicad ve Rhinoceros/Grasshopper ana araçlar olarak kullanılmıştır (Graphisoft, 2018). Her proje konsept ve beyin fırtınası aşamalarıyla başlamaktadır. Bu projede de el eskizleri ilk olarak Archicad programına aktarılarak 3B model oluşturulmaya başlanmıştır. Bu kompleks projenin çatısı Rhinoceros/Grasshopper ile tasarlanmıştır. Bu işlemleri Archicad ve Rhinoceros'un canlı bağlantı ile senkron çalışma özelliği sayesinde, Rhinoceros/Grasshopper ile oluşturulan çatı modele aynı anda yerleştirilmiştir. Metal çerçeve elemanlarının optimizasyonunun belirlenmesiyle birlikte Grasshopper'da parametrik veriler girilerek (görsel 4.5) Rhinoceros'ta (görsel 4.6) bir çatı modeli oluşturulmuştur. Bu bilgiler sayesinde çatı imalatçısıyla iletişime geçilmiş, metal

levhaların yük taşıma yetenekleri hesaplanmış, mümkün olan çatı paneli düzenlemeleri yapılmış ve örnekleri sunulmuştur. Hesaplanan bu parametreler çatının optimal şeklinin belirlenmesine yardımcı olmuştur (Graphisoft, 2018).



Görsel 4.5. Grasshopper çatı parametrik komut dosyası (Graphisoft, 2018)

Rhinoceros/Grasshopper programı, istenilen bütün özelliklerin hızlı seçilimine izin vermiştir. Çatı yapısının parametrik bir modelini oluşturmak için kullanılmıştır. Archicad ile çift yönlü veri alışverişi yapılabildiği için binanın karmaşık geometrisinin mimarlar için anlaşılabilir formata aktarılmasını ve karmaşık hesaplar yapılmasını mümkün kılmıştır (Troshina, 2018).



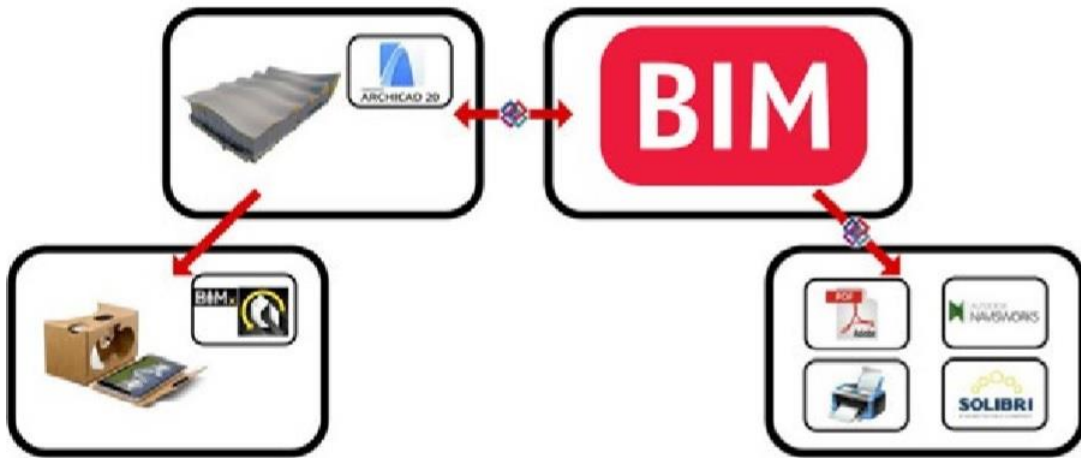
Görsel 4.6. Parametrik komutlar sonucu oluşan Rhino çatı modeli (Graphisoft, 2018)

Mimari projenin Archicad programında modellenmesiyle (görsel 4.7) görselleştirme aşamasında 3ds Max programı kullanılmıştır ve renderlar 3ds Max üzerinden alınmıştır (görsel 4.8). BIM tasarım süreci yapı sahipleri ile yapılan ilk toplantıdan sonra başlamıştır. Toplantıya kadar oluşturulan model, projede ihtiyaç duyulan malzemeler hakkında bilgiler içermekte ve bu toplantının temelini oluşturmuştur (Graphisoft, 2018).



Görsel 4.7. 3B Archicad Modeli (soldaki), 3ds Max'ten alınan render (sağdaki) (Graphisoft, 2018)

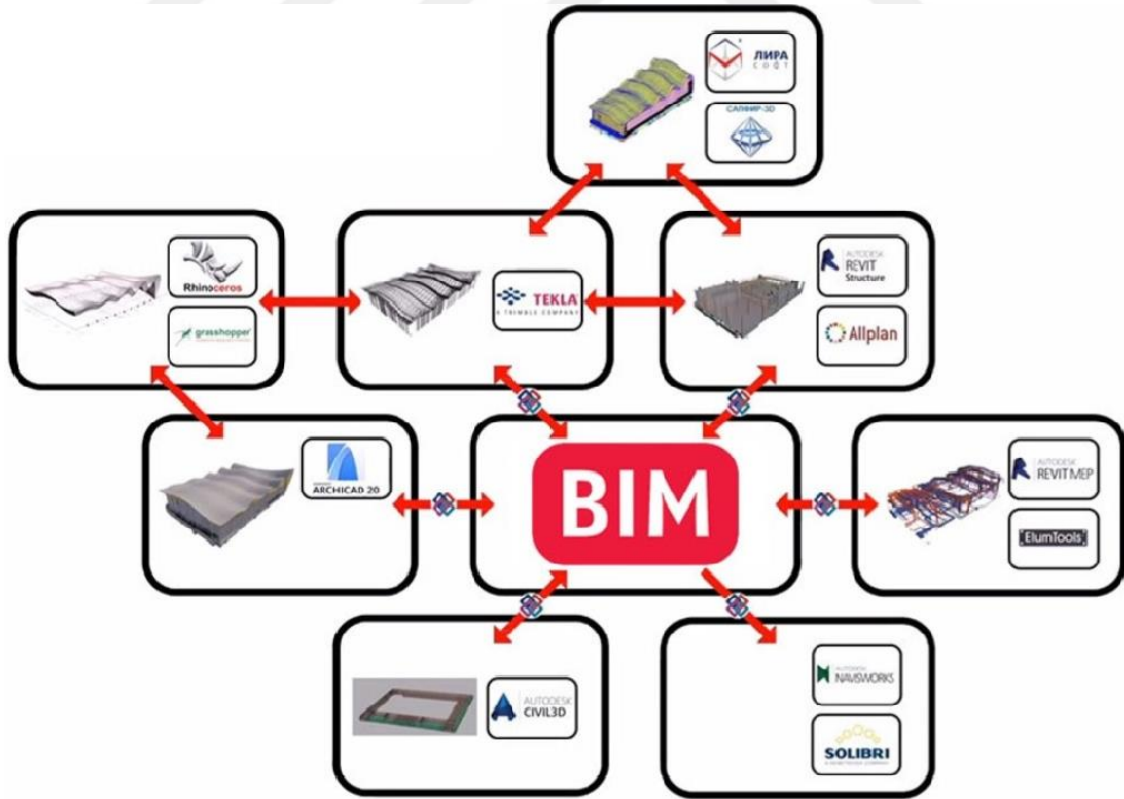
Konsept geliştirme aşamasında; taban alanları, tavanlar, zemin kaplamaları gibi ortak parametreler tanımlanmıştır. Tasarımcılar ve yapı sahipleri arasındaki koordinasyon BIMx kullanılarak sağlanmıştır. BIMx, BIM modellerini mobil cihazlarda görüntülemeye yaramaktadır. Tüm proje dosyaları ve dokümantasyon çizimleri tek bir modelde birleştirilerek BIMx kullanılarak görüntülenmektedir (şekil 4.5). Böylece yüklenici firma, projenin her ayrıntısının dikkate alınmasını sağlayan 3B bir ortama dönüştürmüştür (Graphisoft, 2018).



Şekil 4.5. Mimari proje düzenleme şeması (Graphisoft, 2018)

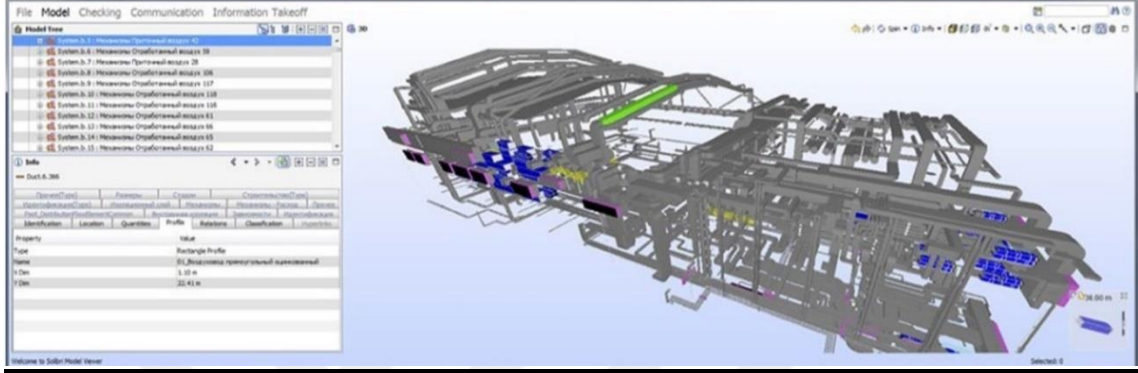
Yazılım platformları arasın veri alışverişi IFC formatı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Konsept onaylandıktan sonra mimari model IFC formatı ile ilgili danışmanlara aktarılmıştır. Her yüklenici için dosyalar Archicad'de ayrı ayrı hazırlanmıştır. Bunun sebebi herkesin her bilgiye sahip olmasına ihtiyaç olmamasıdır. Örneğin bazı taşeronların çatıya, bazılarının beton yapılara ihtiyacı yoktur. Modeldeki hataların bulunabilmesi için Solibri Model Checker uygulaması kullanılmış, bina bilgi modelinin çakışma tespit analizi yapılmıştır (Graphisoft, 2018).

Bu aşamaya kadar geçen süreç konsept tasarım (CD) aşamasında gerçekleşmiştir. Bir sonraki aşama tasarım geliştirmedir (DD) . Tasarım geliştirme aşamasında şekil 3.8'de görüldüğü üzere mimarlar, yapısal ve mühendislik çözümlerinin geliştirilmesi için konusunda uzmanlaşmış ve farklı bir yazılım kullanan mühendislik firması ile çalışmaya devam edilmiştir. Betonarme yapısal modelin oluşturulması için Allplan programı, daha sonrasında da SAPPHERE aracılığı ile de yerel analitik bir program olan LIRA-SAPR programına aktarılmıştır. Metal yapısal model ise Tekla Structures ile geliştirilmiş ve bir analiz uygulaması ile gönderilmiştir (Graphisoft, 2018).



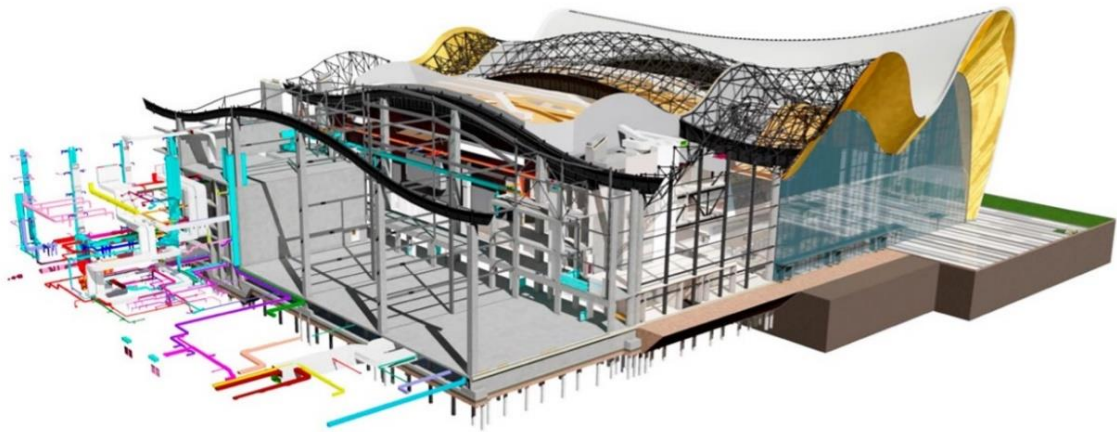
Şekil 4.6. Tasarım geliştirme aşamasında paydaş etkileşimi şeması (Graphisoft, 2018)

Ana yüklenici Pride şirketinin baş mimarı Vitaliy Krestianchik, “BIM teknolojisi, bina yaşam döngüsünün tüm aşamalarında entegre bir tasarım yaklaşımı sağlamaktadır. BIM insan hatasını önlemeye yardımcı olmaktadır. DD aşamasında mühendislerden alınan ilk mekanik (HVAC) modelinde 1800 çarpışma tespit edilmiştir. 2B çizimler kullanılarak tüm bu çakışmaların tespiti imkansızdır.” demiştir (Graphisoft, 2018).



Görsel 4.8. Solibri Model Viewer ile çakışma tespiti (Graphisoft, 2018)

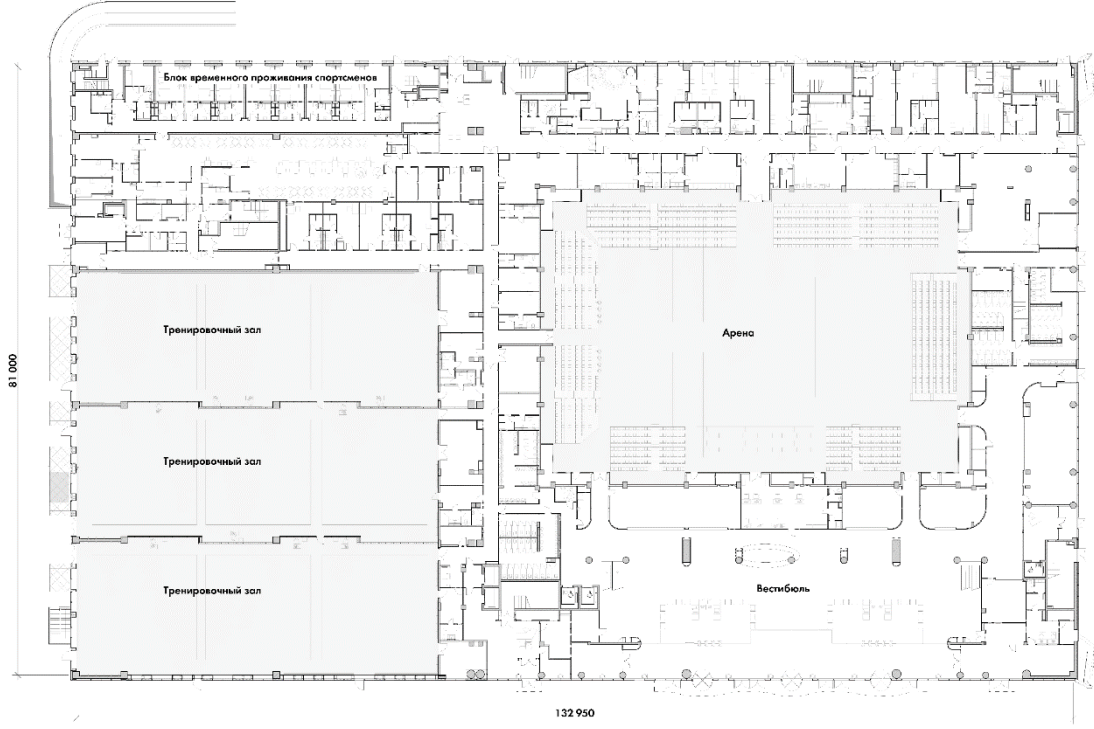
Yapının mühendislik sistemleri Revit ve MagiCad ile geliştirilmiştir. Mühendislerden alınan bu modellerin ilk hallerini kaydetmek ve içeri almak için IFC çevirmenlerinin kurulması birkaç gün sürmüştür. Mühendisler için doğru bir şekilde kaydetmek ve mimarlar için verileri doğru bir şekilde içe aktarmak oldukça önemlidir. Modellerin tamamlanması, çakışma tespiti ve hata düzeltmeleri süreçlerinden sonra dokümantasyon geliştirme aşaması başladı (Graphisoft, 2018).



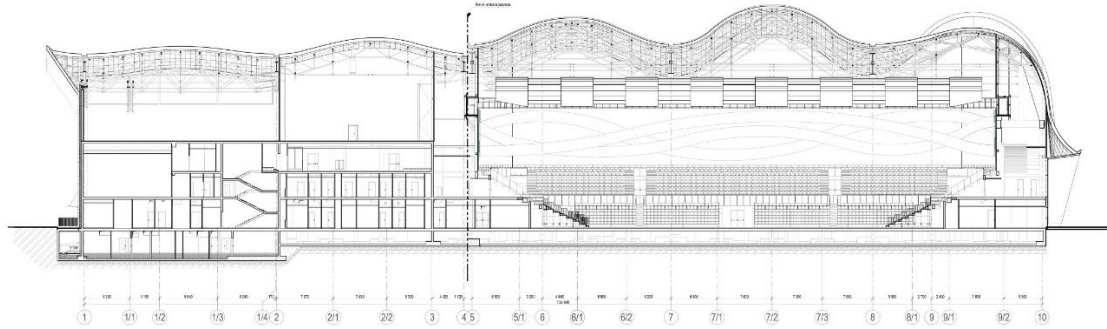
Görsel 4.9. Mimari, Strüktürel, Elektrik, Mekanik modellerinin birleşimi (Graphisoft, 2018)

Projenin CD ve DD aşamalarında tüm disiplinlerin genel BIM koordinasyonu ve iş akışı yönetimi tek bir mimar tarafından gerçekleştirilmiştir. Görevler, ortak bir proje

dosyasında ekip çalışmasının düzenlenmesi ile tamamlanmıştır. Tüm bu süreç Archicad Teamwork özelliği ile gerçekleştirilmiştir. Teamwork mimari kısımda, projeye katılan her mimarın tüm projeyi görmesi, tüm değişikliklerin takip edilmesi ve hatalardan kaçınılmasını sağlama gibi avantajlar sağlamıştır (Graphisoft, 2018).

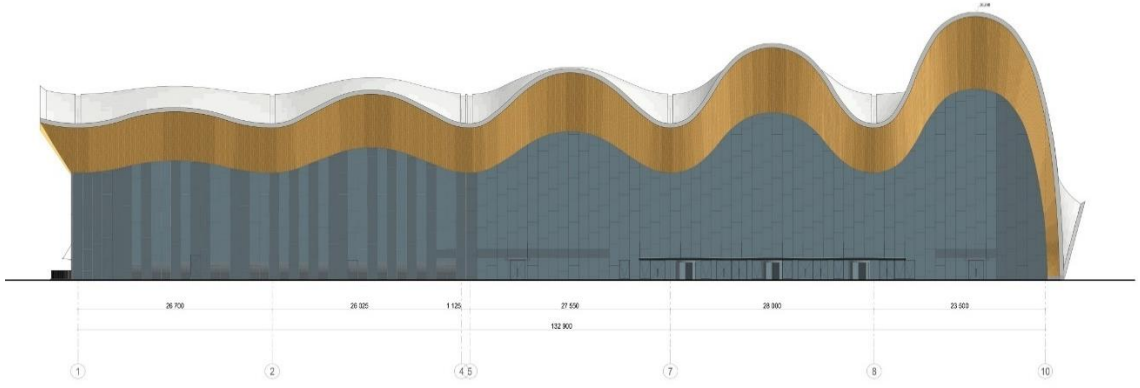


Görsel 4.10. Archicad 2B dokümantasyon-1.kat planı (Troshina, 2018)

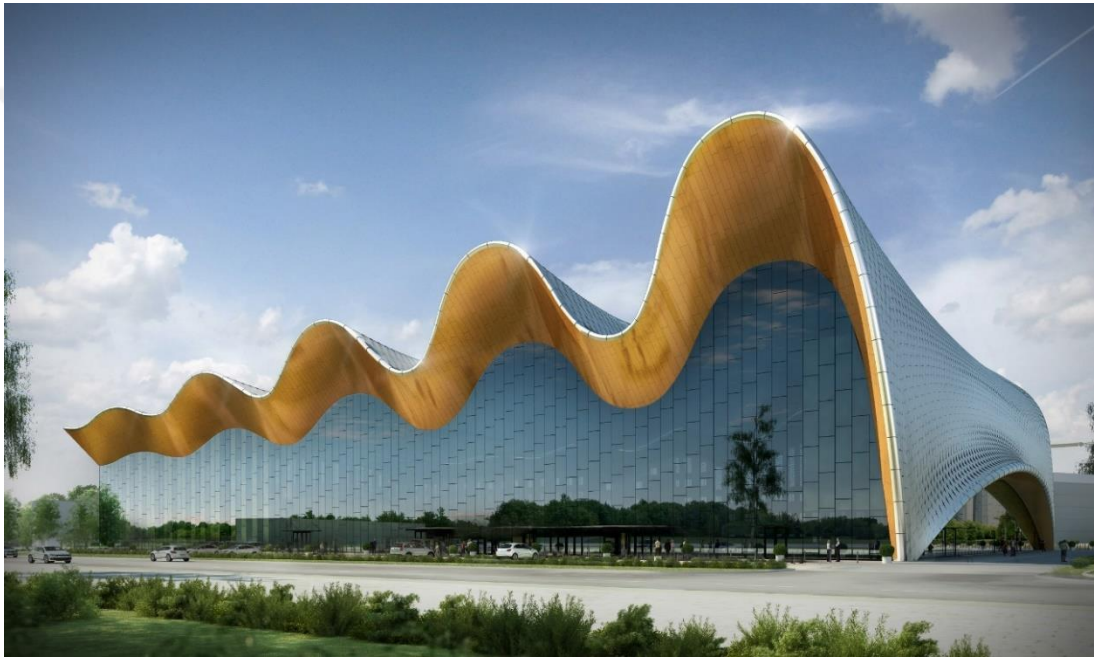


Görsel 4.11. Archicad 2B dokümantasyon-kesit (Troshina, 2018)

Proje inşaat geliştirme (CD) aşamasına geçildiğinde tek bir BIM modelinde tutulmuştur. Open-BIM yaklaşımı ile IFC dosya biçimi sayesinde, kullanılan yazılımıma bakılmaksızın tüm proje katılımcılarının etkileşimi sağlanmıştır. Open-BIM veri iletiminin kalitesini sağlayan evrensel bir dildir, iş akışında kullanılan çeşitli yazılımlar ile sürekli ve profesyonelce çalışılabilmektedir (Graphisoft, 2018).



Görsel 4.12. *Archicad 2B dokümantasyon-ön görünüş (Troshina, 2018)*



Görsel 4.13. *Irina Viner-Usmanova Ritmik Jimnastik Merkezi renderı (Troshina, 2018)*

Projede IFC ile BIM veri alışverişi yapılmış bu sayede birçok hata önlenmiştir. BIM, tasarımın tam olarak mimarlar tarafından tasarlandığı ve belgelendiği gibi inşa edilmesini mümkün kılmıştır (Graphisoft, 2018).

Örnek projeler incelendiğinde, küçük bir villa projesinden, binlerce metrekare büyüklüğünde stadyum projelerine kadar mimari tasarım sürecinde ve devamında BIM kolaylıkla kullanılabilir.

4.2.1.3. Barclays Center Brooklyn- New York, ABD

625.000 m²'lik Barclays Center bir basketbol arenasıdır. Proje ilk olarak 2004 yılında Frank Gehry'e verilse de finansal nedenlerle vazgeçilmiştir. Daha sonra arenanın tasarımı için AECOM isimli mimarlık, mühendislik ve planlama şirketi ile anlaşılmıştır.

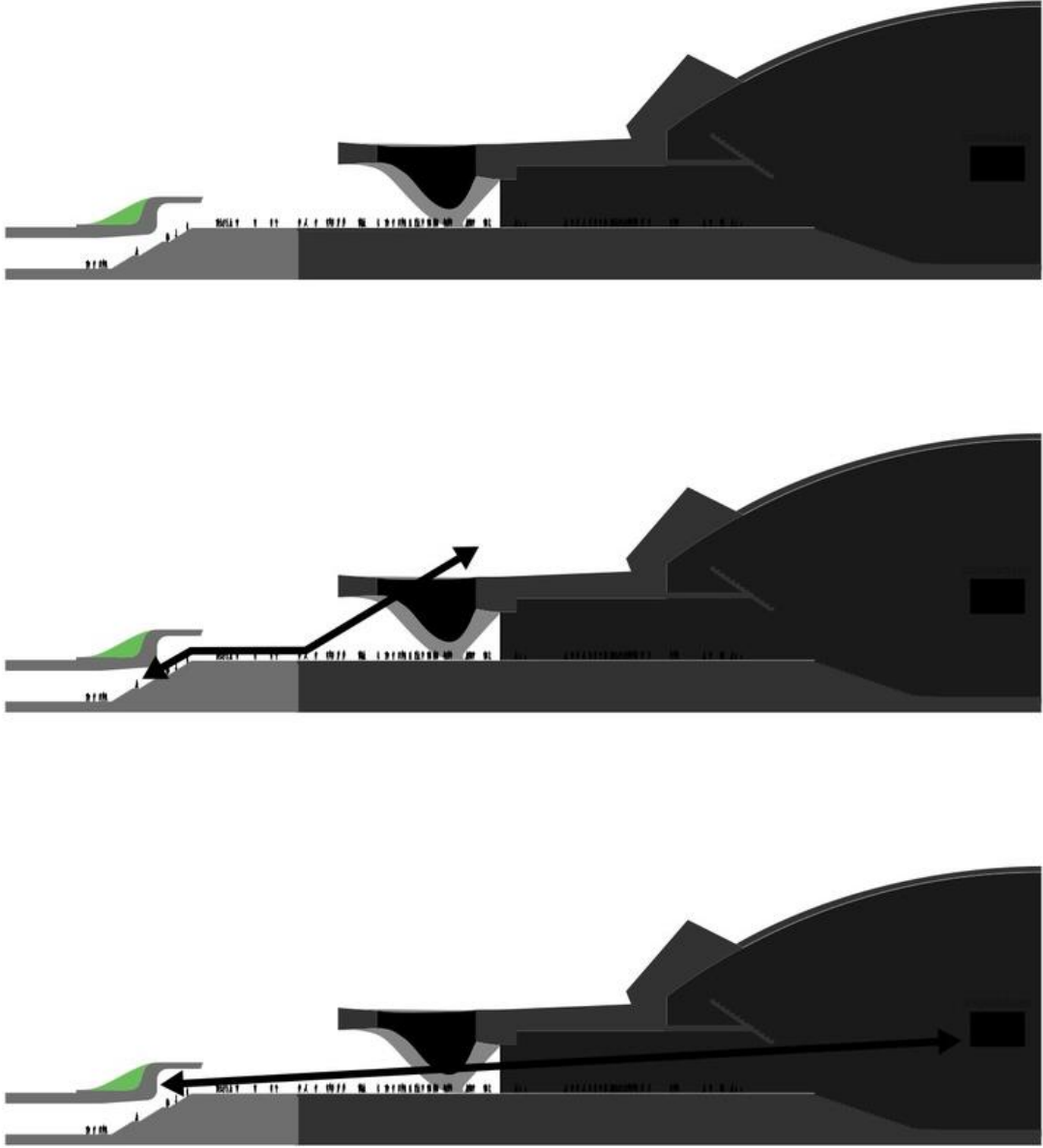
Bu şirket Conceco Fieldhouse’u da (NBA sahası) tasarlamıştır. Tasarım modeli olarak ilk Conesco Fieldhouse sahası modellenmiştir fakat tasarım hızla geliştiği için bu benzerlik kısa sürede ortadan kalkmıştır. Barclays’ın en büyük dezavantajlarından biri, Brookly’nin en büyük toplu taşıma istasyonlarından birinin üzerine inşa edilecek olmasıdır (Jones, 2012).

Projeyi tasarlarken mimarlar konsepti aşağıdaki kriterler üzerinden geliştirmiştir. Bunlar (http-9);

- Büyük hacimli bir lobi
- Çok amaçlı alan ve metroya giriş arasında güçlü bir açıklık
- Restoran servisi için yer
- Salonun hacminde bir yaya köprüsü
- Mevcut sahalara göre sahaya daha yakın seyirci oturma alanları
- Giriş holü ve diğer tesislerin birleştirilmesi
- Yenilikçi bir asansör sistemi yerleştirmek
- Nesne satışları için bir mağaza, ihtiyaç listesi oluşturulmuştur.

Stadyum ve arena yapıları genellikle işlevlerini kamusal olarak paylaşmazlar bu sebeple mimarlar zemin kat pencerelerini ve duvarlarını doldurmuştur. Yoldan geçenler sahayı değil maçı izleyen taraftarları görebilmektedir (http-9).

Binanın tasarımı, ikonik cephesi ve uçan kanopisi ile kentsel kavşakla denge kurmaktadır. New York metro alanındaki en yoğun kentsel kavşaklardan birine entegre olan yapı, çevredeki sokaklar ve mahalleler ile de sağlıklı ve etkileşimli diyalog kurmaktadır (Garber, 2014).

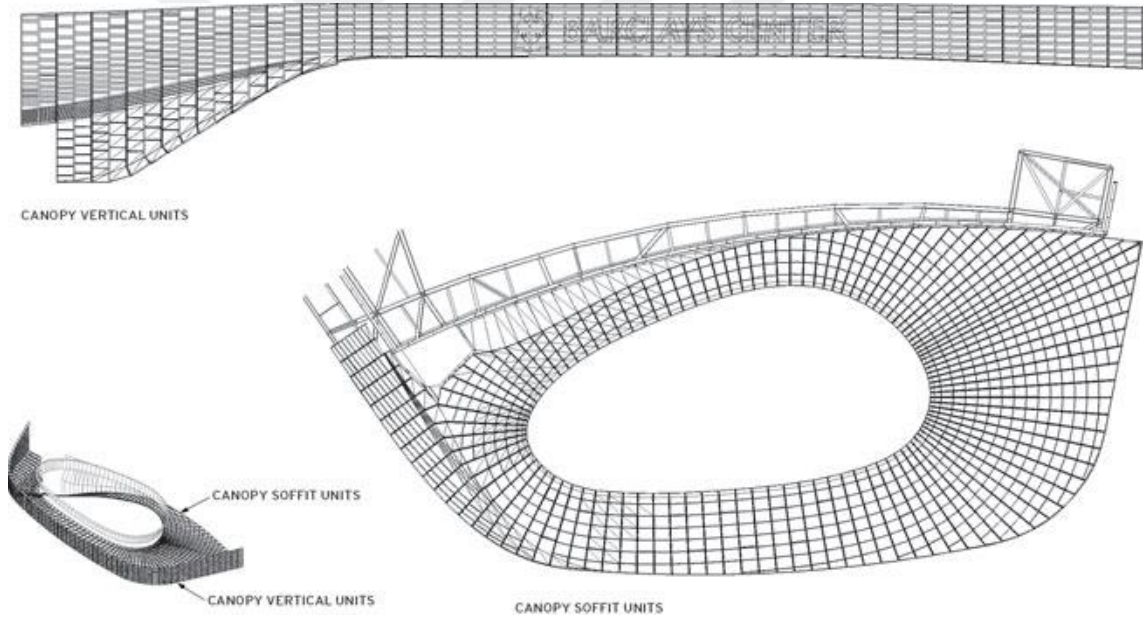


Şekil 4.7. Kanopi kesit diagramı (http-10)

Kanopinin ortasında bir merkezi bir taşıyıcı olarak yere basan bir göz tasarlanmıştır. Bu göz kentsel bir toplanma alanı yaratmaktadır. Bir basketbol sahası büyüklüğündedir ve gökyüzünün görüntüsünü çerçevelemektedir. İç yüzünde ise 360 derecelik bir LED panel bulunmaktadır (http-10)



Görsel 4.14. Barclays Center giriş kanopisi ve dijital ekranlar (<http-10>)

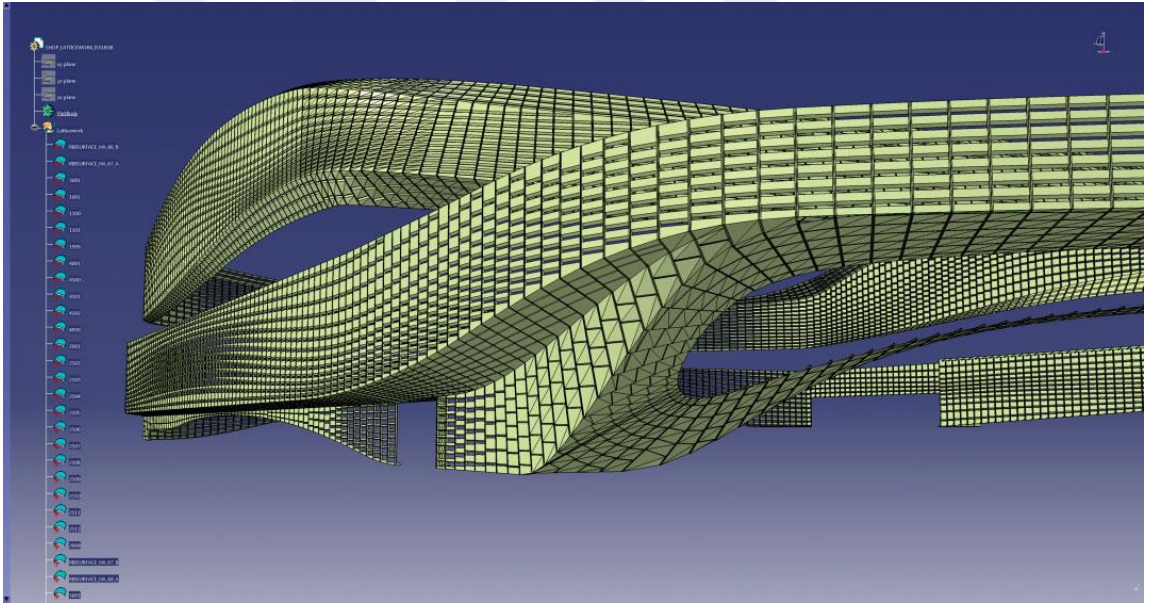


Şekil 4.8. Kanopi model görüntüleri (<http-9>)

Proje süreci, neredeyse tamamen BIM tabanlı programlar kullanılarak tasarlanmıştır. Mimarlık firması Revit ile binayı tasarlarken, mühendislik firması ise çelik yapı sistemini modellemek için Tekla Structure kullanmıştır. Daha sonra bu modeller üzerinde çalışılması için taşeronlara dağıtılmıştır. Revit kullanımı ile tasarım süreci hızlanmış ayrıca yüklenicilere doğru bir dijital model sunulması sağlanmıştır. Ayrıca Tekla modelini bir revizyon modeline dönüştürmek için bir kurum için program geliştirilmiştir böylece mimarlar ve mühendislerin arasındaki koordinasyon kolaylaştırılmıştır. Mühendislik şirketi geçmişte projelerini Revit ile modellemektedir.

Fakat bu proje için Tekla'yı tercih etmişlerdir çünkü eğer onlar bir Revit modeli oluşturmuş olsalardı alt yükleniciler çizimler doğrultusunda bir Tekla modeli oluşturmak zorunda kalacaklardı. En başından Tekla'yı kullanmak zamandan tasarrufu ve tüm geometrik veriyi vermeyi sağlamıştır. Böylece proje sürecinde tüm mühendisler, 3B bir modele sahiptir ve model üzerinden çakışmaları çözümlmeye çalışmaktadır (Jones, 2012).

SHoP Architects, projenin cephesini geliştirmek için BIM tabanlı programları kullanmıştır. İlk olarak Rhinoceros'ta tasarlanan cephe daha sonra CATIA'ya aktarılmıştır. BIM araçları ile enerjiyi, maliyeti ve planlama verilerini hesaplayıp, performansa dayalı bir tasarım geliştirilmiştir. Teknik çizimleri geliştirmek için CATIA programı kullanılmıştır. Karmaşık geometrik modellemeyi yapmak için Autocad, Rhino ve Revit programları kullanılmıştır. (Smith, 2010; Garber, 2014).



Görsel 4.15. CATIA'da geliştirilen cephe sistemi (Garber, 2014)

CATIA kullanılarak tasarlanan cephe modeli bilgisayarlı sayısal kontrollü (CnC) dosyaları üretmek için kullanılmıştır. 'Doğrudan üretime' yaklaşımı ile bu dosyalar cephe imalatçısında teslim edilmiş, 12.000 ön havalandırılmalı çelik panel ve cepheyi oluşturacak giydirme cephe malzemeleri üretilmiştir. Yapının karmaşık cilt sistemini hazırlama görevi SHoP'a verilmiştir SHoP mimar ve mühendisleri, çalışmalarını ana yüklenicinin BIM temsillerine dayandırmıştır (Jones, 2012).

sh.p

SHAW PIRbright

Layout Detail

Machine FlowWaterjet

Task Name : BATCH 2.02	Program Name : 595				
Number of Sheets with Same Layout	1	True Scrap	5,455	Qty Required	955
Stack Quantity	1	Rect Scrap	5,000	Qty Needed	7
Layout 7 of 185					

The diagram illustrates the layout of sheets on a large rectangular area. It features several vertical lines and labels indicating dimensions and sheet counts. On the left side, there are three vertical lines labeled '5' with a '27' next to them. In the center, there are two vertical lines labeled '5' with a '6' and a '7' next to them. On the right side, there are two vertical lines labeled '5' with a '50' and a '71' next to them. At the bottom right, there is a label '52'. The entire layout is enclosed in a rectangular frame.

Material	A588	Sheet Length	156,200	Sheet X Used	154,317	Sheet Number	7
Thickness	0.188	Sheet Width	62,000	Sheet Y Used	58,454	Sheet Location	
Sheet Name	62in x 156in	Cutting Time	02:35:08	Cutting Length	1056,200	Bin Number	
Part ID	Part Name	MEGA-PANEL	Qty Req	Qty Needed	Net Weight	Work Order Number	Revision Number
1	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
2	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
3	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
4	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
5	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
6	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
7	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
8	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
9	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
10	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
11	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
12	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
13	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
14	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
15	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
16	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
17	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
18	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
19	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
20	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
21	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
22	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
23	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
24	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
25	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
26	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
27	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
28	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
29	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
30	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
31	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
32	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
33	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
34	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
35	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
36	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
37	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
38	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
39	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
40	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
41	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
42	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
43	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
44	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
45	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
46	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
47	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
48	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
49	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
50	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
51	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
52	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
53	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
54	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
55	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
56	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
57	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
58	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
59	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
60	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
61	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
62	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
63	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
64	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
65	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
66	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
67	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
68	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
69	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
70	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
71	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
72	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
73	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
74	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
75	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
76	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
77	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
78	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
79	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
80	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
81	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
82	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
83	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
84	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
85	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
86	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
87	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
88	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
89	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
90	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
91	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
92	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
93	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
94	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
95	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
96	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
97	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
98	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
99	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
100	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
101	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
102	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
103	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
104	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
105	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
106	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
107	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
108	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
109	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
110	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
111	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
112	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
113	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
114	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
115	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
116	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
117	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
118	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
119	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
120	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
121	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
122	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
123	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
124	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
125	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
126	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
127	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
128	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
129	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
130	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
131	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
132	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
133	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
134	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
135	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
136	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
137	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
138	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
139	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
140	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
141	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
142	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
143	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
144	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
145	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
146	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
147	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
148	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
149	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
150	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
151	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
152	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
153	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
154	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
155	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
156	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
157	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
158	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
159	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
160	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	
161	P108_C6	N60-C104	1	1	34,776	BATCH2.02	

sh.p

3/10/2011 12:04:13 PM

Task Layout Summary

766

Sheet Size 156,200 X 62,000
Material A588
Thickness 0,1875
Parts 4
Scrap % 17,9 %

767

Sheet Size 156,200 X 62,000
Material A588
Thickness 0,1875
Parts 4
Scrap % 20,1 %

768

Sheet Size 156,200 X 62,000
Material A588
Thickness 0,1875
Parts 3
Scrap % 27,1 %

769

Sheet Size 156,200 X 62,000
Material A588
Thickness 0,1875
Parts 3
Scrap % 7,8 %

765

Sheet Size 156,200 X 62,000
Material A588
Thickness 0,1875
Parts 3
Scrap % 6,9 %

Number of Layouts 160

Page 34

sh.p

3/10/2011 12:04:13 PM

Task Layout Summary

765

Sheet Size 156,200 X 62,000
Material A588
Thickness 0,1875
Parts 3
Scrap % 17,7 %

762

Sheet Size 156,200 X 62,000
Material A588
Thickness 0,1875
Parts 4
Scrap % 19,3 %

763

Sheet Size 156,200 X 62,000
Material A588
Thickness 0,1875
Parts 12
Scrap % 12,4 %

764

Sheet Size 156,200 X 62,000
Material A588
Thickness 0,1875
Parts 4
Scrap % 6,1 %

765

Sheet Size 156,200 X 62,000
Material A588
Thickness 0,1875
Parts 3
Scrap % 7,2 %

Number of Layouts 160

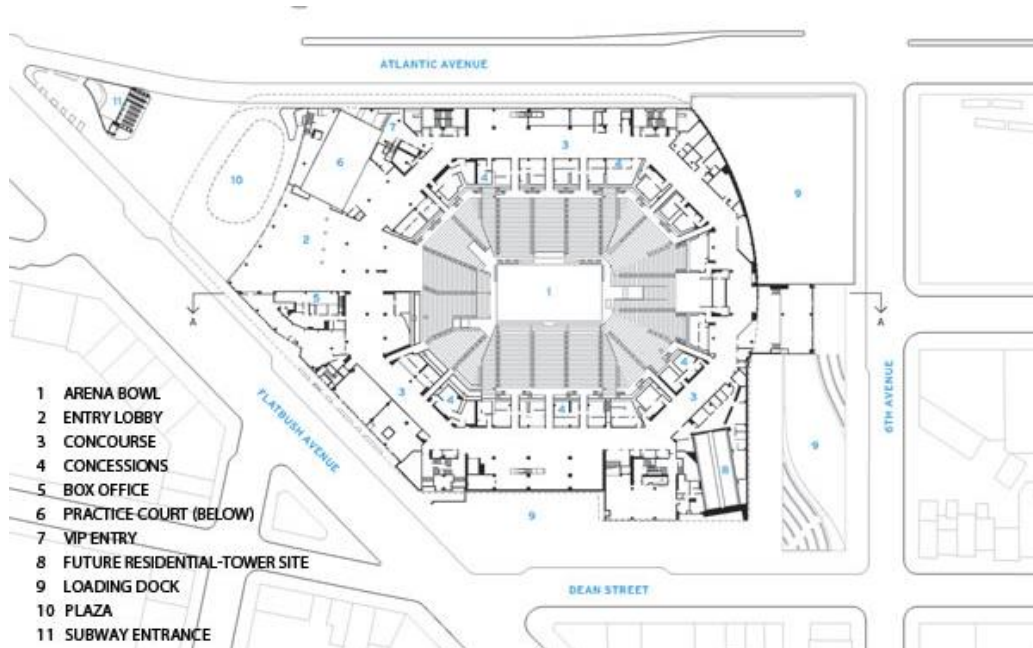
Page 35



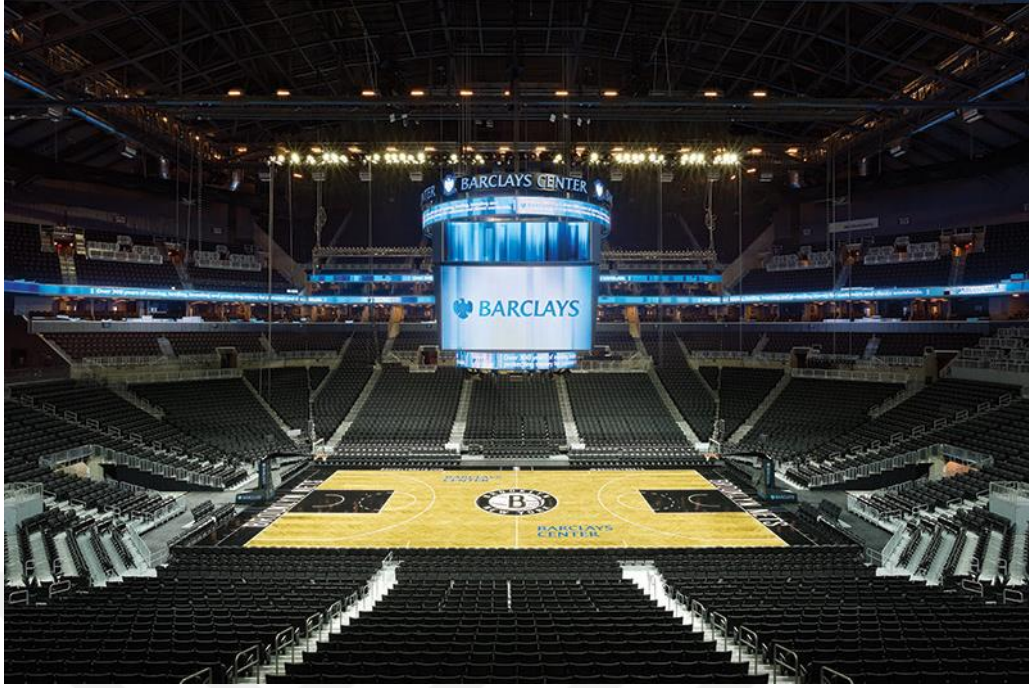
Görsel 4.17. Barclays Center (<http-11>)

Cephe tasarımı süresince maliyetin kontrol altında tutulması için destek alınmıştır. Ayrıca kaplama panellerinin bir römork yatağına nasıl sığacağını ve caddenin kapalı kalma süresinde kaç tanesini indirebileceklerini hesaplayan bir program geliştirilmiştir. Çoğu zaman yapı sahipleri inşaat verimliliğini sağlamak için erken simülasyon çalışmalarına yatırım yapmak istememektedir fakat Barclays için maliyeti kontrol altında tutabilmek için bu gereklidir (Smith, 2010).

Genel yüklenici, Revit ile binanın dijital modelini oluşturmuştur. Mimari tasarım ve inşaat aşamalarıyla birlikte iç mekan tasarımlarında (görsel 4.18) da daha karmaşık sistemler tasarlayıp geliştirmişlerdir (Garber, 2014).

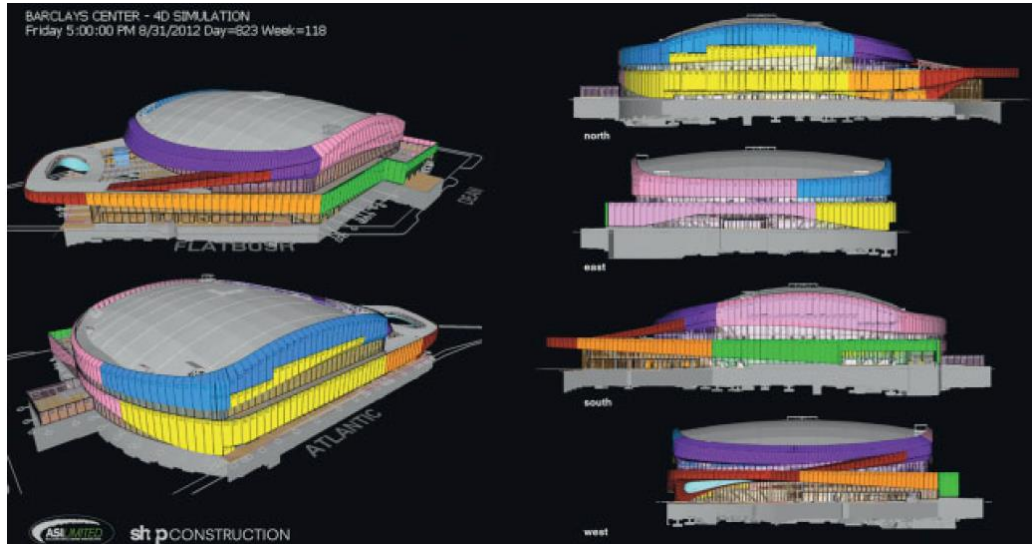


Şekil 4.10. Barclays Center plan şeması (<http-9>)



Görsel 4.18. Barclays Center iç mekan – saha (<http-9>)

Ayrıca binanın mekanik, elektrik ve sıhhi tesisat projeleri de BIM ile üst düzey koordinasyon sağlamıştır. Birincil çelik, ikincil çelik, giydirme cephe için 4B bir inşaat modeli yaratılmıştır. Bu model inşaat sürecinde, ekibin günlük bilinçli kararlar vermesini ve riskleri azaltmıştır. Ayrıca tüm proje verilerine bağlı dijital as-built modeli ise tesis yönetimi için kullanılmaktadır (Garber, 2014).



Şekil 4.11. 4B İnşaat modeli (Garber, 2014)

Barclays Center, Brooklyn için simge olacak bir yapıdır (<http-h>). Yapı için tasarımdan başlayarak BIM tabanlı programlar kullanılmıştır. Yapı tasarımının yanında

özellikle cephenin BIM sistemleri ile tasarlanması bu proje için çok önemlidir. Eğer cephenin her paneli manuel olarak hesaplınsaydı çok zor ve zaman alıcı bir süreç olurdu. Fakat BIM ile panellerin fabrikasyonu çok kolay olmuştur.

4.2.1.4. Fondation Louis Vuitton Binası – Paris, Fransa

2014 yılında tamamlanan Fondation Louis Vuitton (FLV) binası Gehry Partners tarafından tasarlanmıştır. FLV, kalıcı bir sanat koleksiyonuna, gösterilere, konferanslara ve çeşitli geçici sergilere ev sahipliği yapan bir sergi alanıdır. Yapı, Paris'in batısındaki halka açık bir çocuk parkı olan Jardin d'Acclimatation'da bulunmaktadır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). Witt'e (2012) göre FLV binası sadece bir sanat eseri değil aynı zamanda da tasarım ve teknolojinin bir göstergesidir.



Görsel 4.19. Fondation Louis Vuitton binası (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

Projede, bulut tabanlı bir dosya yönetimi ve proje işbirliği platformunun etkinleştirilmesiyle, büyük bir ekip (dijital ortam üzerinden) birlikte çalışmıştır. FLV projesi; (Witt, 2012).

- Dünyanın dört bir yanından on beşten fazla tasarım ekibi, dört yüzden fazla model kullanıcısı,
- BIM tabanlı modelde yaklaşık 100 GB veri,
- Yapı modelinin 100.000'den fazla versiyonu,
- 19.000 birbirinden farklı CNC kalıplı beton paneller ve

- 3.500 birbirinden farklı CNC kalıplı kavisli cam panelleri içermektedir.

Bina cephesinin çok katmanlı karmaşıklığı, imalat ve inşaat açısından, çoklu imalatçı versiyon kontrolü, ayrıntılı tasarım oluşturma görevleri, model senkronizasyonu, toleranslar, değişken girişlerin ve bağlantıların yapısal analizi ve değişken benzersiz yüzeyler proje için zorluklar yaratmıştır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). Yapı cam yelkenleri olan bir yelkenliye benzetilmiştir. Camın birincil kabuk malzeme olarak kullanılması, binanın mimarisinde temel rol oynamaktadır ve etrafındaki doğal çevreyi tamamlamasını sağlamaktadır. Yapı konsepti olarak, bir dizi kavisli cam ‘yelken’ ve lifli betonlar ‘buzdağı’ yüzeyleri (görsel 4.20) içermektedir (Witt, 2012).



Görsel 4.20. *FLV sanat müzesi renderı (Witt, 2012)*

Projenin tasarımdan inşaatı kadar olan tüm aşamalarında bina bilgi modeli kullanılmıştır. Ana model her zaman değişiklikler ve prosedürler için tek doğrulama kaynağı olarak kabul edilmiştir. Projeye katılan tüm paydaşlardan gelen bilgiler bu modelde toplanmaktadır. Olan tüm sorunların görüntülenmesi ve çözümlerin zamanında geliştirilmesini desteklemiştir (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).

Projede, ondan fazla şirketin çalışmasıyla, işbirliğine dayalı bir sistem kullanılmış, Digital Project, Tekla, Sketch-up, Autocad, Bocad, SolidWorks, ANSYS, STRAUSS, NASTRAN, SOFISTIK, 3DVIA Composer, Solibri, Rhino3D ve Grasshopper gibi çeşitli araçlar kullanılmıştır (Witt, 2012; Sacks vd, 2018).

3B proje, 5000’den fazla çekirdek dosya ve onbinlerce yardımcı dosyadan oluşan bir tasarım modeline sahiptir. Malzemeye özgü ve üretime özgü paneller ve detayları için ise 100.000.000’den fazla tasarım optimizasyonu yapılmıştır fakat model bunları hesaplamayı kolaylaştırmıştır (Witt, 2012). FLV’nin iş akış sürecinde hem tasarım hemde imalat için BIM, işbirliği platformu olarak hizmet veren bir model olarak kullanılmıştır

(Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). Ana model birleştirilen iki ana modelden oluşmaktadır. Bunlar;

- Başlangıç noktası olarak mimarlar tarafından hazırlanan bir tasarım detay modeli kullanılmıştır. Bu yetkili tasarım belgesidir.
- Tasarım modelinden elde edilen bilgilerle yüklenici tarafından hazırlanan ve sürdürülen inşaat için uygun detaylı bir çalışma modelidir.

Ana model, inşaat için kullanılan ve FLV'nin yaşam döngüsü ve tesis yönetimi ile ilgili tüm bilgilerin toplanabileceği, yüksek doğruluklu bir kompozittir. Buzdağları projenin yapısal çekirdeğidir. Bunlar, yelkenleri destekleyen bir dizi katı hacimdir ve binanın çoğunu kaplayan yüzen cam kanopilerdir. Buzdağları beton kabuklar veya çelik çerçeveler olarak tasarlanmıştır ve dış kabukta 16.000'den fazla duvar paneli bulunmaktadır. Ayrıca buzdağı yapısı çekirdek görevi görmektedir ve ana mekanik sistemleri barındırmaktadır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).



Görsel 4.21. İçteki beyaz kaplamalar ve çelik strüktürler 'buzdağı' (<http-12>)

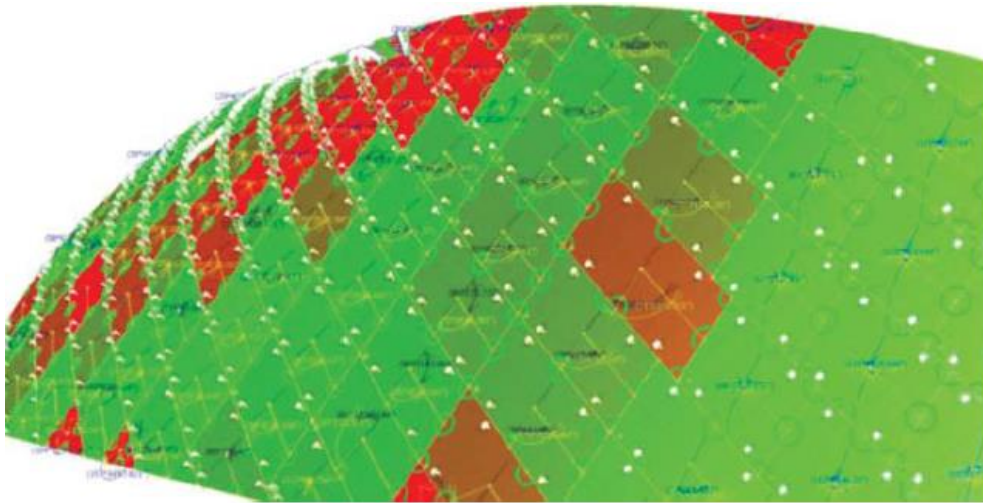
Paneller, buzdağının dış eğriliğine tam uyacak şekilde tasarlanmıştır ve iki yüz alüminyum nervürler ile yapısal beton çekirdeğe bağlanmıştır. Projede, her biri CNC tipi imalat ile özel imal edilen 3584 panelden oluşan on dört yelken (görsel 4.22) vardır. Yelkenlerin benzersiz geometrisi bir dizi yapısal sorunları doğurmaktadır. Bunlar, yelkenlerin rüzgar yükünü, cam yelkenlerin birleşik yerçekimi yüklerini ve süper yüksek mukavemetli betonun buzdağı derisini içermektedir. (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).



Görsel 4.22. Dış kabuk 'yelken'ler (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

Yelken elemanları için, tasarım süreci boyunca bilgi ve verileri yinelemek için üç farklı seviyede optimizasyon çalışması yapılmıştır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). Bunlar;

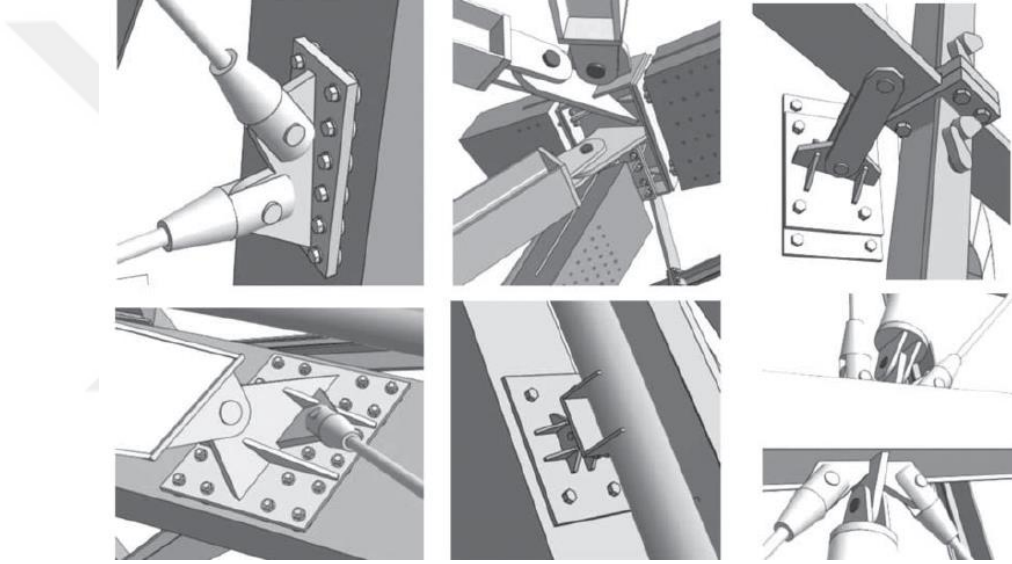
- 3B akıllı bileşenin, yelken yüzeyinde elektrikli bir kopyalama işlemiyle ayarlanan yüzey seviyesi optimizasyonu
- Farklı panellerin ailelerine göre optimize edilen yerel bir yüzey deformasyonu
- Tüm öğelerin tutarlılık ve tolerans açısından kontrol edildiği global bir proje optimizasyonudur.



Şekil 4.12. Panel uyarlamaları örnekleri (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

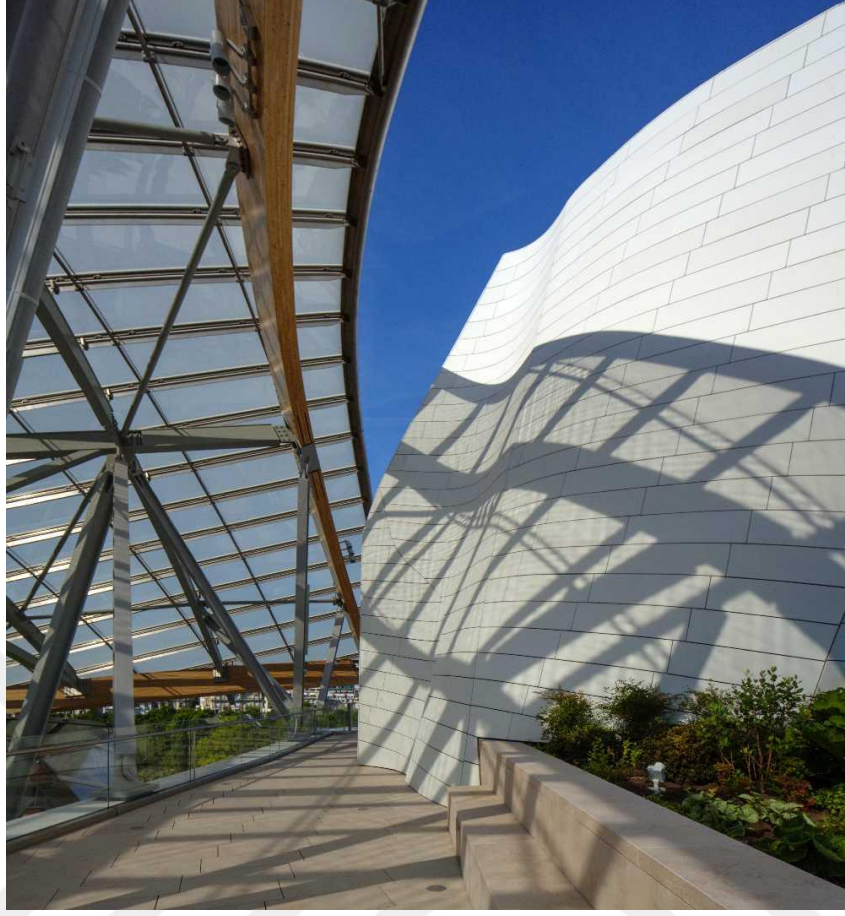
Geometri, malzeme ve kurulum kısıtlamaları ile ilgili bilgi taşıyan 3B akıllı bileşen, yüzeydeki her ızgara konumuna yerleştirilmiştir. Böylece her bir bileşen kendi konumunda uyarlanmıştır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). Şekil 4.12'deki beyaz noktalar panel bağlantılarını göstermektedir.

Proje, BIM'in tasarım, imalat ve inşaat mükemmeliği sağlamayı örneklemektedir (Witt, 2012). BIM ile FLV projesi için yapılan detaylandırmayla cephe panellerinin bağlantı noktaları, açıları her biri için ayrı ayrı tasarlanmış (şekil 4.13) ve hesaplanmıştır, ona göre imalata gönderilmiştir (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). 3D tasarım ve detaylandırma araçlarıyla imalatı kolaylaşmaktadır.



Şekil 4.13. Farklı birleşme noktalarına entegre edilen parametrik nesneler
(Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

Proje ile ilgili tüm veriler (doluluk bilgileri, duvar tipleri, kaplamalar vb.) BIM modeline entegre edildiği için, yapının yaşam döngüsü boyunca bina ile çalışma durumunda olacak ekip için özel bir değer taşımaktadır. Yapı sahibi, bina operatörleri, bakım personeli, müze küratörleri ve diğer aktörler etkinliklerini yönetmek ve optimize etmek için kullanılacak, geçerli bilgi ve verilerle dolu bir kaynağa sahip olunacaktır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).



Görsel 4.23. *Buzdağı ve yelkenlerin görüntüsü (http-12)*

Projenin başarılı sonuçlanması dünya çapında uzmanların sürece dahil olmasından kaynaklıdır. BIM ve bulut tabanlı işbirliği, eşzamanlı tasarımı mümkün kılmıştır ve bu projeyi bir üst seviyeye taşımıştır. BIM, proje ekibi ve tedarik zinciri boyunca netliği ve projenin anlaşılmasını artırmıştır. Böylece süreç daha hızlı, üretim ise daha yüksek kaliteli olmuştur (Witt, 2012).

Fondation Louis Vuitton projesine, 2012 yılında Amerika Mimarlar Enstitüsü (AIA) tarafından verilen ‘BIM Excellence Award’ (mükemmel BIM ödülü) verilmiştir.

İlk proje küçük ölçekli, sadece tasarım ofisinde mimarların kendi arasında BIM’i projenin konsept tasarım aşamasından itibaren kullandıkları açıklanırken diğer projelerde ise mimar mühendis ve diğer proje paydaşlarının birlikte çalışmalarının BIM ile ne kadar kolay sağlandığı görülmüştür. Örnek alınan projelerde, görselleştirme aracı olarak başka programlardan destek alındığı görülmüştür. Bu BIM tabanlı programların görselleştirme araçlarının eksik kaldığını göstermektedir. Aynı zamanda, projelerin araştırılması ile farklı işlevlerde yapıların tasarımları sırasında BIM tabanlı programların kullanılabildiği

görülmektedir. Böylece ölçek ve işlev fark etmeksizin her projenin mimari tasarım süreci, bina bilgi modeli ile ilerletilebilmektedir.

4.2.2. Mimari uygulama ve inşaat sürecinde BIM kullanılan örnekler

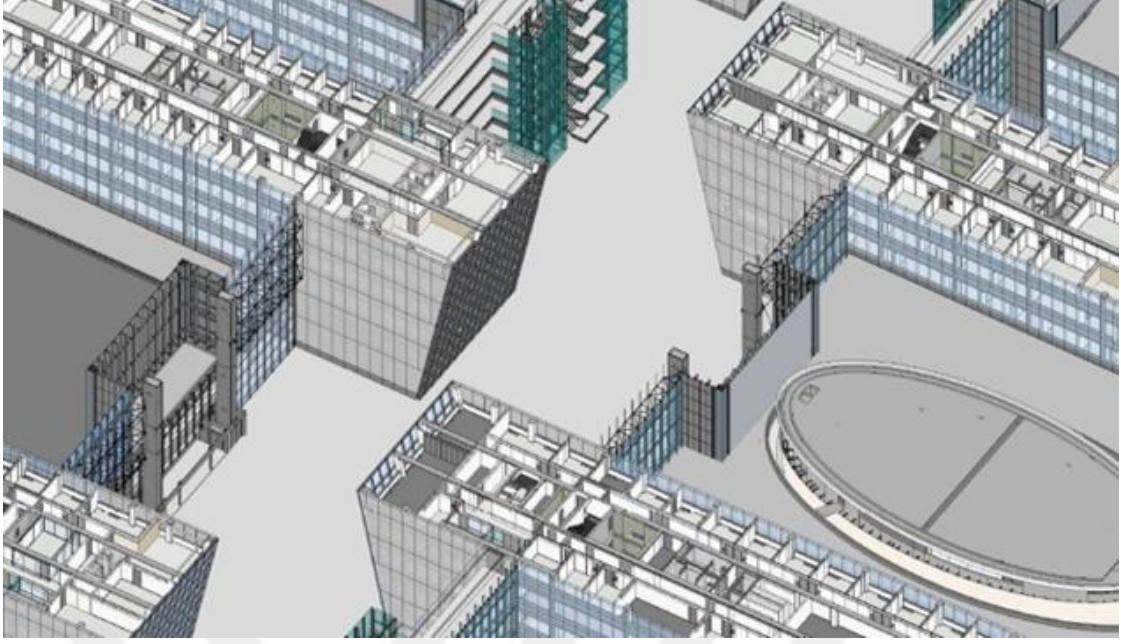
4.2.2.1. Yeni NATO Karargahı – Brüksel, Belçika

2010 yılında yapımına başlanan proje 2016 yılının ikinci yarısında tamamlanmıştır. 40 hektarlık arazisi olan Nato Karargahı toplamda 250,000 m² inşaat alanına sahiptir. Mimarlar yapıyı tasarlarken güvenlik, esneklik, işlevsellik, sürdürülebilirlik gibi kavramlara önem vermiştir. Merkezde ofis alanları, son teknoloji toplantı odaları içeren konferans salonları, spor ve dinlenme tesisleri, banka, restoran, personel merkezi, enerji temini için teknik bina, depolar ve atölye gibi alanlar bulunmaktadır (BAM Alliance, 2018). Görsel 4.24'te görüldüğü üzere yapının tasarımı, NATO'nun "muhalfeet ve önlenmeden birleşme ve bütünleşmeye" misyonuna uygun bir sembol olarak bir araya gelmiş parmakları çağrıştırmaktadır (SOM, 2017).



Görsel 4.24. Brüksel NATO Karargahı Model Renderi (BAM Alliance, 2018)

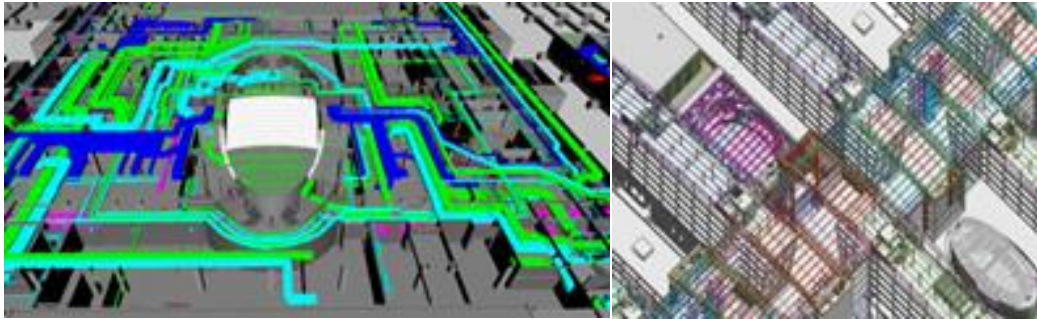
Yapıldığı tarihler göz önüne alındığında proje, Avrupa'nın en büyük inşaat alanına sahiptir. Projenin büyük ölçekli olması nedeniyle müteahhit firma (BAM Alliance 3) tarafından, projede bilgi kaynakları arasındaki tutarsızlık riskini azaltmak amacıyla BIM sistemi kullanılmasına karar verilmiştir. Binanın strüktürel kısmı hızlı bir şekilde modellenirken, iç mekanlarını modellemek neredeyse bir yıl sürmüştür. Fakat uzun geçen bir yıl ilgili çalışmalar başlamadan, model içindeki çakışmaların çözülmesini sağlamıştır (BAM Alliance, 2018).



Şekil 4.14. *Brüksel NATO Karargahı mimari detay modeli (BAM Alliance, 2018)*

Modellere çok sayıda bilgi (geometrik olmayan veri) içeren veritabanı bağlanmıştır. Örneğin; 2980’den fazla kapıya, her biri için ayrı 167 spesifik parametre tanımlanmıştır. Bu geniş bilgi modeli on iki farklı ekip üyesi tarafından yönetilmiştir. Bunlar Mimar, Elektrik Mühendisi (danışman), Güvenlik Danışmanı, Yangın ve Akustik Mühendisleri, İnce Yapı Proje Mühendisi, Proje Elektrik Mühendisi, Planlamacı, Satın alma, Yangın ve Akustik Uzmanları vb.) (BAM Alliance, 2018).

TV yayın stüdyosu ve restoranı içeren Ortak Altyapı Binasının elektrik ve mekanik projelerinde ile yangın korumasını, duman tahliyesini vb. çözümlemek BIM ile aylar yerine haftalar sürmüştür (BAM Alliance, 2018). Böylece zamandan tasarruf edilip daha etkili çalışma sistemi kurulmuştur.



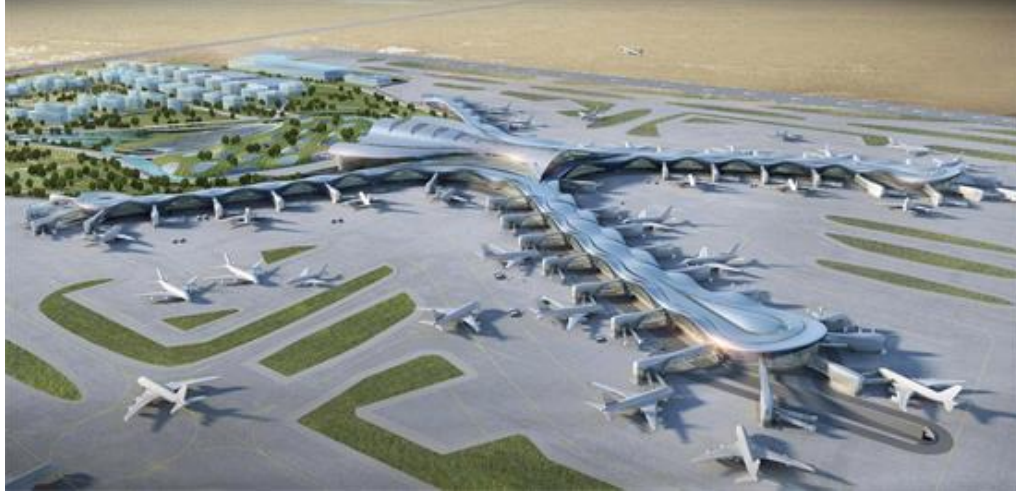
Şekil 4.15. *Nato Binası Mekanik ve Elektrik Projeleri Modelleri (BAM Alliance, 2018)*

Bu modelde, 7D olan işletme boyutu inşaat sonrasında da NATO tarafından kullanılmaktadır (BAM Alliance, 2018). Proje, kullanılan fotovoltaiik hücreler, yeşil çatılar, soğutulmuş plakalar ve doğal havalandırma gibi bir dizi çözümler ile birlikte sürdürülebilir bir tasarımıdır (SOM, 2017). Ayrıca yeni NATO merkezi, bina için uzun sürede uygulanabilir maliyet etkinliği sağlayacak yenilikçi enerji tasarrufu teknolojilerini kullanmaktadır (ASSAR, 2017).

4.2.2.2. Abu Dhabi Havaalanı Midfield Terminali -Abu Dhabi, BAE

Midfield Terminali, terminaller, kargo tesisleri, mağazalar ve restoranları içeren altı katlı, 700.000 m²'lik bir gelişimdir. X şeklindeki formu ile uçak kapılarına ulaşımı sağlayan dört iskeleye sahiptir (El-Absi & Al-Mahaidi, 2016). Midfield Terminal projesi, oluşturulan en büyük ve kapsamlı BIM modellerinden biridir (El-Absi, 2017).

Mimari projesi tasarlanırken, yolcuların seyahat mesafelerinin kısaltılması amaçlanmış aynı zamanda da check-in masaları, güvenlik ve bagaj alanlarını ortak merkezi bir alanda konumlandırılmıştır (http-13).



Görsel 4.25. Yolcu yürüme mesafesini azaltan terminalin X-formu renderı (http-13)

Mühendislik projelerini yapan şirket, kesintisiz entegrasyon sağlamak için bagaj taşıma sistemlerini destekleyici 27 kilometrelik bir çelik sistem tasarlayıp modellemiştir (El-Absi & Al-Mahaidi, 2016). Terminal geniş sütunsuz bölgeler içerdiği için yükselen çatıyı destekleyen, eğimli çelik sistemler kemerli sistemler tasarlanmıştır. Ayrıca sürdürülebilir hedeflerle tasarlanan yapı için, kuru iklim peyzajı kullanılarak içilebilir su kullanımı sınırlandırılmış ve şeffaf duvarlardan süzülen gün ışığı sayesinde düşük enerjili aydınlatmalar kullanılmıştır (El-Absi, 2017).

Projenin kompleks tasarımımdan dolayı mühendislik, inşaat ve tedarik bakımından zorlu bir süreç öngörülmüştür. Bu öngörü ile proje teslimini kolaylaştıracak, yapının yaşam döngüsü boyunca faaliyetlerini artıracak bir teknolojiye ihtiyaç duyduklarını farkedip BIM'i bu sürece dahil etmeye karar verilmiştir (El-Absi, 2017).

BIM süreçleri Bentley Navigator programı ile sürdürülmüştür. Bunun haricinde proje boyunca AECOSim Building Designer, ProjectWise, InRoads ve MicroStation programları kullanılmıştır (Bentley, 2015).

BIM uygulamasının, mühendislik ve tasarım (çakışma tespiti, tasarım koordinasyonu, imalat çizimleri), proje kontrolleri ve planlaması (planlama, maliyet tahmini, 4D çalışmaları vb.), metraj araştırması ve sözleşmeler, dijital imalat, saha lojistiği ve hatta iskele-kalıp kurulumu için kullanılması istenmiş, süreç BIM ile yönetilmiştir (El-Absi & Al-Mahaidi, 2016). Genel yüklenici firmanın BIM yöneticisi El-Absi, daha önce bu kadar büyük ölçekteki bir projeyi BIM ile çözümlemediklerini fakat böyle bir mega projeyi Bentley ile yönetebileceklerini bildiklerini söylemiştir. Böylece ortak çalışmaya dayalı tasarım süreci ve çok disiplinli mühendislik hizmetleri, inşaat ve teslim gibi proje gerekliliklerini yerine getirmek için BIM yazılımı olarak Bentley kullanılmıştır (Bentley, 2015).



Görsel 4.26. Üç boyutlu BIM model renderı (El-Absi, 2017)

Proje sürecinde BIM tabanlı bir program kullanmak, riski en aza indirip, yaşam döngüsü boyunca teslimi kolaylaştırmıştır. İnşaat aşamasında BIM kullanımının faydaları

artmıştır. 4B BIM modelleri ile inşaat ekibi kaynakları yönetebilmiş, yüklenicileri koordine edebilmiştir. Böylelikle teslim zamanları doğrulukla tahmin edilmiştir (http-14).



Şekil 4.16. *Midfield Terminali planı (El-Absi, 2017)*

Projenin karmaşıklığı yüzünden, inşaat öncesinde ve inşaat sırasında birçok sorunlarla karşılaşılacağı öngörülmüştür. Bu zorlukları hafifletmek, nihai ürünün kalitesinin sağlanması ve proje taleplerinin karşılanması için BIM sürecine proje başlamadan önce geçilmiştir (El-Absi, 2017).



Görsel 4.27. *İnşaat Sürecinde Midfield Terminali (El-Absi, 2017)*

Tek bir çözüm oluşturmak için Bentley ve şirket içi BIM sistemleri entegre edilmiştir. Ayrıca kesintisiz veri alışverişinin sağlanması için her taşeron firma ile

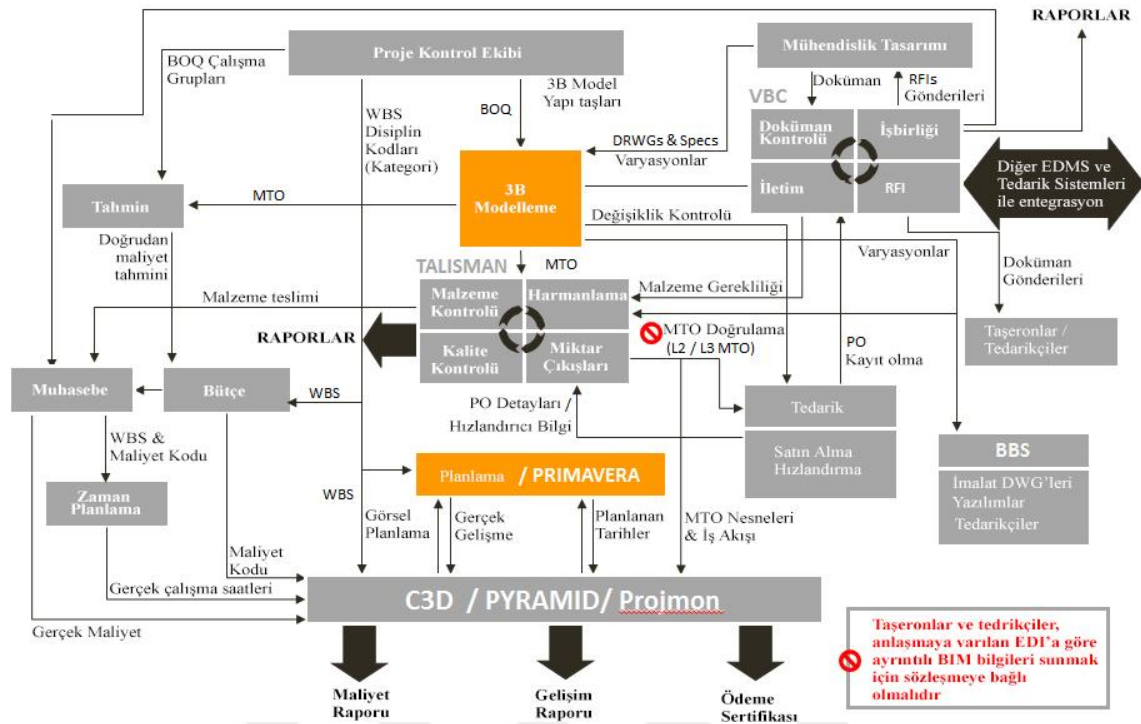
elektronik veri akışı vardır. Her firmanın bilgileri BIM ortamına konulmaktadır böylece birlikte çalışılabilirlik kolaylaşmakta, projede değişim sorunları ortadan kalkmaktadır (Busson, 2015).

Ana yüklenici, ihale alınmadan sekiz ay öncesinde BIM modelini oluşturmaya başlamıştır. Ancak bu (ihalenin kazanılmaması durumunda) büyük risk ve maliyetle karşı karşıya kalmalarını sağlamıştır. Ayrıca başarılı olunması durumunda kırk ilave BIM mühendisinin eğitimine başlamaya karar verilmiştir (El-Absi, 2017). İnşaata başlanmasıyla BIM'in faydaları da genişlemiştir. Modeldeki bilgileri kullanarak, programlama, lojistik çalışmalar yapabilmekte ve kaynak gereksinimleri doğrulanabilmektedir. 4B BIM modeli, inşaat ekiplerinin kaynakları ve yüklenicileri doğru koordine edebilmeleri ve her görevi zamanında tamamlamak için gerekli planlamayı doğru bir şekilde tahmin etmek için kullanılmıştır. (Busson, 2015).

BIM sürecinin en büyük zorluklarından biri de bilgiyi verimli ve şeffaf bir şekilde yapılandırıp, paylaşmaktır. Bunun için ise proje, entegre web yeteneklerine sahip güçlü ve güvenli iş birliği sağlayan BIM platformu ile desteklenmiştir. Bu platform, proje verilerini modellemek, toplamak, yönetmek ve sentezlemek için yazılım paketleri içermektedir. Ayrıca modele kalite kontrol, gözden geçirme ve onay süreçlerine şeffaf bir şekilde ulaşabilmek için iş akışı gömülmüştür (El-Absi, 2017).

Standartlar, prosedürler ve iş akışları, BIM üretimini uyumlu hale getirmek, birleştirmek, kolaylaştırmak ayrıca eksiksizlik, doğru ve kolayca entegre edilmiş sonuçları garanti etmek için dikkatlice geliştirilmiştir. Şekil 4.17'te gösterildiği gibi; 3B, 4B ve 5B bilgilerin barındırıldığı, entegre edilebilen, yönetebilen ve raporlayabilen şirket için üç boyutlu model tabanlı uygulamalar geliştirilmiştir. (El-Absi, 2017).

BIM PROJE KONTROLÜ



Şekil 4.17. *Proje yönetim kontrol şeması (El-Absi, 2017)*

Paydaşlar arasındaki büyük bir sorun olan birlikte çalışabilirlik zorluğunun üstesinden gelebilmek için Elektronik Veri Değişimi (EDI) yaklaşımı benimsenmiş, farklı sistemler arasında bilgi alış-verişi gereksinimlerini karşılamak amacıyla ortaya konulmuştur. EDI'nin amacı alt yükleniciler tarafından oluşturulan BIM/CAD doyalarının ve bilgilerinin, ana yüklenicinin BIM sistemine dönüştürülmesini ve proje akışının düzenlenmesini sağlamaktır (El-Absi, 2017).



Görsel 4.28. *Abu Dabi Havalimanı çalışan pistler arasında şantiyenin havadan görünüşü (Busson, 2015)*

Taşeronlar arası veri akışının birleşik bir platform üzerinden oluşması, model bilgilerinin tüm disiplinler ve paydaşların entegre çalışmasını sağlamıştır. Yaşam döngüsü yönetiminde, verilerin bütünlüğü BIM uygulamasının başarısı için çok önemlidir. Maliyet ve zaman açısından sağladığı avantajlar ise oldukça açıktır. BIM inşaat sürecinde gerçekleşen modifikasyonların izlenebilmesini kolaylaştırmakla beraber, yönetim ve koordinasyonu da sağlamıştır. Gerçek zamanlı çakışma tespiti ise inşaat öncesinde birçok sorunu çözmekle beraber inşaat sürecinde ise yerleşim planlaması optimize edilmiştir (El-Absi, 2017).

İnşaat tamamlandığında, yapı için ‘Operasyonel-Hazırlık Değerlendirmesi’ aşaması başlatılacak ve dokuz aylık periyotla, terminalin tüm yönleri, operasyonel olarak verimli ve hazır olmasını sağlamak amacıyla, kapsamlıca test yapılacaktır. Teslim aşamasında bilgi modelinden elde edilen veriler, binanın yaşam döngüsü boyunca, tesis yönetimini (FM) desteklemek için kullanılacaktır (Busson, 2015).



Görsel 4.29. *Midfield Terminali iç mekan öneri renderı (http-13)*

İşletme aşaması ve bina kullanımı, projenin başından beri önemli bir odak noktasıdır. Hem işletme maliyetini hem de çevre üzerindeki etkileri azaltan sürdürülebilir bir tasarımdır (http-13).



Görsel 4.30. *Midfield Terminali ticari alan iç mekan renderı (http-15)*

Midfield Terminali projesi, The Be Inspired Awards - 2013 yarışmasında “Kapsamlı BIM’de İnovasyon Ödülü” kazanmıştır.

4.2.2.3 Aquarium Hilton Garden Inn- Atlanta, ABD

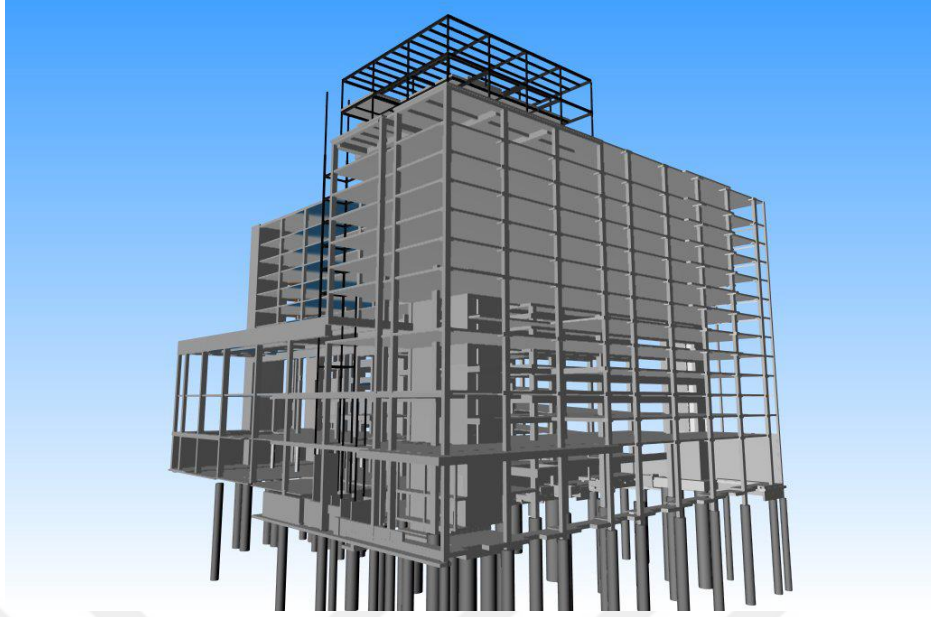
Aquarium Hilton Inn, otel, mağazalar ve otoparktan oluşan 484.000m²'lik bir karma işlev projesidir. Projede bina bilgi modellemesi kullanım amacı, tasarım koordinasyonu, çakışma tespiti ve iş planlamasıdır (Azhar, 2011). Tasarımda inşaata kadar proje programı 24 aydır. Proje tasarımı 2005 yılının başlarında başlamıştır. Proje ekibi, BIM teknolojilerini daha önce kısıtlı kullandığından bu proje için BIM hedefleri kısıtlıdır. Proje mimarları ise BIM ile ilgili çok az deneyime sahip olduğu için yapıyı tasarlarlarken 3B teknolojisi kullanmamıştır (Himes & Steed, 2008).

Proje tasarım aşamasından itibaren BIM teknolojisi kullanılmamış olsa da, ana yüklenici firma proje ekibini mimari, strüktürel, mekanik, elektrik ve tesisat modellerini geliştirmeye yönlendirmiştir. Bu modeller tasarımcıların çizimlerine dayanarak, alt yüklenicilerin detay seviyesi bilgileri kullanılarak oluşturulmuştur. İlk görselleştirme kullanımlarından sonra ise bu BIM modelleri çakışma tespit analizi için kullanılmaya başlanmıştır (Azhar, 2011).

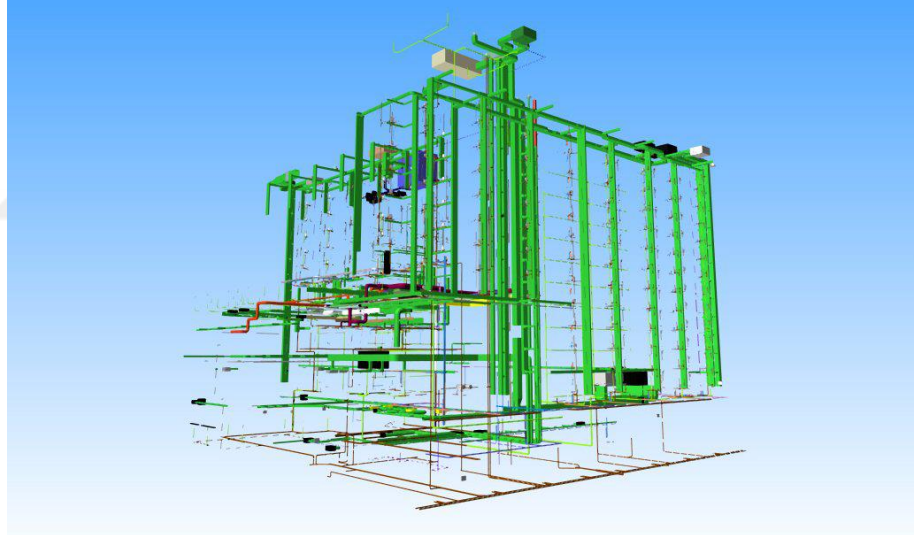


Görsel 4.31. Aquarium Hilton Garden Inn mimari modeli (Himes & Steed, 2008)

BIM kullanımının ana hedeflerinden biri olan tasarım koordinasyonu, koordinasyon toplantıları ile bir çok fayda sağlamıştır. Bu toplantılar projeye dahil olan tüm proje paydaşlarının bulunan sorunlara veya tespit edilen çakışmalara çözüm üretmesini sağlamaktadır (Himes & Steed, 2008).



Görsel 4.31. *Aquarium Hilton Garden Inn yapı modeli (Himes & Steed, 2008)*

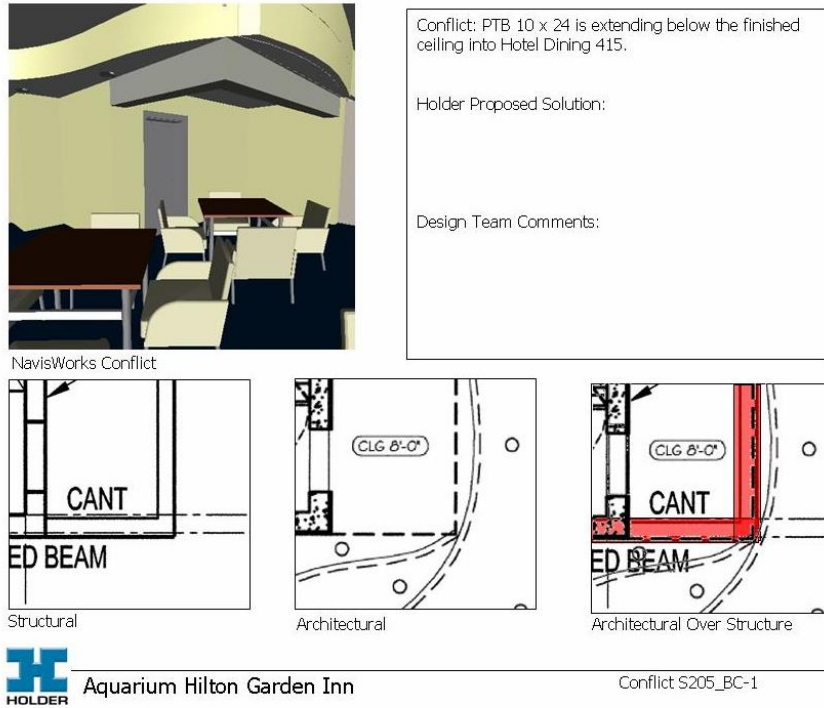


Görsel 4.32. *Aquarium Hilton Garden Inn MEP modeli (Himes & Steed, 2008)*

Ana yüklenici firmadan üç kişilik bir BIM ekibi, önerilen bina tasarımının mimari (görsel 4.30), yapısal (görsel 4.31) ve mekanik – elektrik – tesisat (görsel 4.32) 3B modellerini geliştirmiştir. Bu modeller yapı sahibinin, projeyi anlamasını ve inşaat başlamadan potansiyel tasarımın çakışmalarını kısa sürede belirlemeyi sağlamıştır (Himes & Steed, 2008). Bu proje BIM kullanımı ile beklenenin aksine bir çok fayda sağlamıştır, proje ekibi ve yapı sahibinin beklentilerini aşmıştır. Yapı sahibi için en önemli etken maliyettir. İşbirliği, görselleştirme ve erkenden çakışmaları tespit etmek birçok bilinmeyen maliyetten kaçınılmasını sağlamıştır. Projede, Garphisoft Archicad 9, Garphisoft Constructor, NavisWorks, NavisWorks Redline Tool, Autocad, Graphisoft

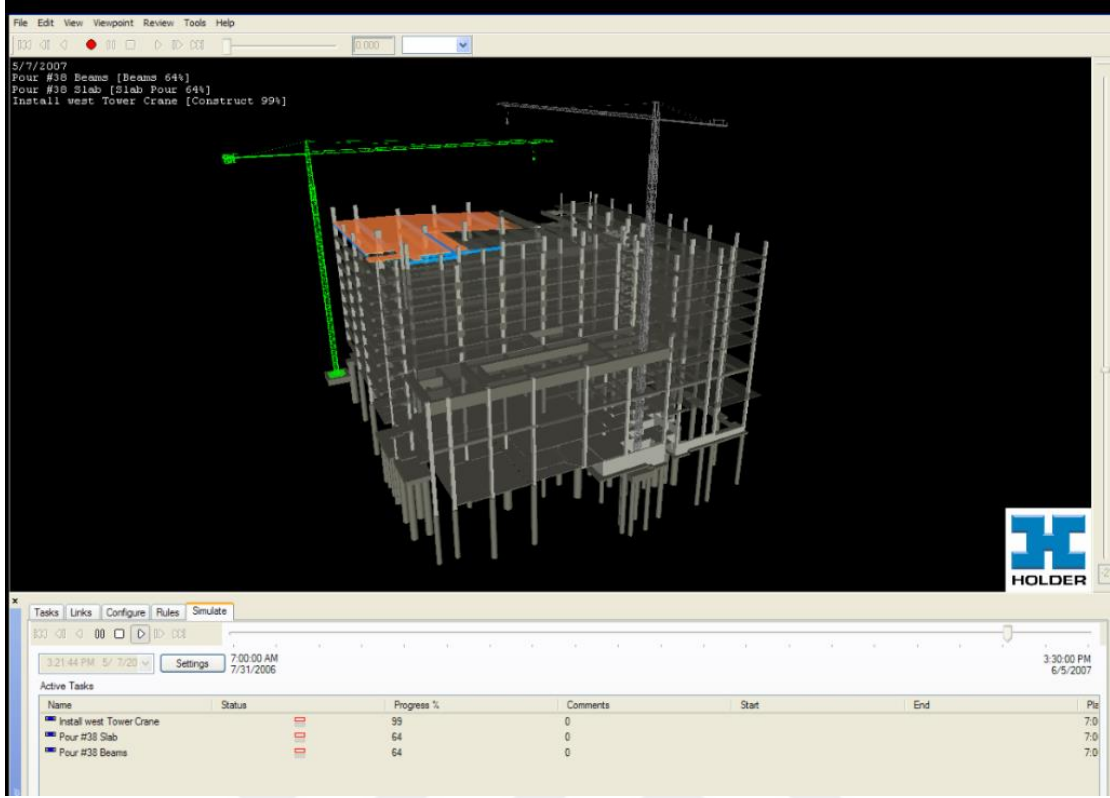
Change Manager programları kullanılmıştır. 2B Cad belgeleri modellerin üretilmesi için kullanılmıştır. Oluşturulan modelden %50 oranında tasarım belgeleri, %100 oranında ise inşaat belgeleri elde edilmiştir (Himes & Steed, 2008).

İnşaat başlamadan önce model üzerinden 590'dan fazla çakışma tespit edilmiştir. Bu çakışmaların inşaat aşamasından erken tespiti 801.565\$ tasarruf edilmesini sağlamıştır (Azhar, 2011). Tasarım geliştirme (DD) aşamasında NavisWork ile 55 çakışma tespit edilmiş, inşaat belgeleme (CD) aşamasında ise model güncellenerek çakışmalar çözümlenmiştir. İnşaat aşamasında taşeronlar da dahil olmak üzere, ana yüklenicinin geliştirdiği BIM modeli kullanılmıştır. Ayrıca mevcut koşulların yansıtıldığı güncelleme taahhüdü verilmiş, yapı sahibine dijital bir 3B model ile işletme-bakım prosedürlerine yardımcı olmak için çeşitli sistemler sağlanmıştır (Azhar, 2011).



Şekil 4.18. Bir kirişin çakışma analizi (Himes & Steed, 2008)

Özellikle otopark için gerekli benzersiz beton yerleşimleri için modelin dördüncü boyutu önem kazanmıştır. Otopark ile otel zeminleri arasındaki yükseklik çeşitliliğinden dolayı beton kalıbının koordinasyonu zorlaşmıştır (Himes & Steed, 2008).



Şekil 4.19. Analiz ve planlama için modele bağlı çizelge (Himes & Steed, 2008)

Bu otel projesinde BIM kullanarak, tasarım koordinasyonu sağlanmış, çakışmalar tespit edilmiş, inşaat sırasında çıkabilecek ek maliyetten kaçınılmış, tasarım değişiklikleri kolayca yapılabilmiştir (Himes & Steed, 2008). Yapı sahibine fikir vermek amaçlı iç mekan tasarımları da yapılmış model ile görselleştirilmiştir (Görsel 4.33).



Görsel 4.33. Model ile iç mekan görselleştirmesi (Himes & Steed, 2008)

Bu proje BIM'in tüm proje ekiplerine faydası olduğunu kanıtlamıştır. Bunun teyidi olarak ise 2007 senesinde Construction Best Information Technology Solutions (En iyi inşaat teknoloji çözümü) ödülünü kazanmıştır. Sınırlı BIM hedefi ile başlanan projede nihai sonuç beklenenin ötesine geçmiştir. BIM teknolojisi, proje için aşağıdaki kullanımları sağlamıştır (Himes & Steed, 2008).

- İnşaat öncesinde inşaat amacı ve doğrulanması
- Haftalık şantiye toplantıları
- Yüklenici koordinasyonu
- 4B zamanlama animasyonları ve iş akışı planlaması
- 3 haftalık ileriye dönük programlama
- Saha lojistiği
- Belge kontrolü ve yapılabilirlik incelemesi
- Malzeme miktarı çıkarma ve maliyet hesabı yapılması
- Yapı sahibi için satış, sunum ve pazarlama (görselleştirme)

Projenin tasarım aşamasından itibaren BIM ile tasarlanmaması, 2B çizimler yapılması ve bu çizimler üzerinden modelin oluşturulması süreci uzatmış olsa da, inşaat belgeleme ve inşaat sürecinde önemli zaman ve maddi tasarrufları sağlamıştır. Proje ekibinin çoğunun BIM tabanlı programları kullanamaması veya çok nadir kullanması ile paydaşların bu eğitimi alması gerekmiş ve bu da zaman kaybına yol açmış, BIM süreci için bu konuda bilgili ve kalifiye eleman ihtiyacı olduğunu göstermiştir.

4.2.2.4. Mapletree Business City II – Singapur

Singapur'un batı bölgesinde, liman ve sanayi bölgesinde bulunmaktadır (http-16). Proje, 43.727 m²'lik bir alanda inşa edilmiş, 124,884 m² brüt kat alanına sahip bir iş merkezidir. Projede dört ofis binası, baza olarak iki katlı bir otopark ve üzerinde peyzajı mevcuttur (Görsel 4.34).

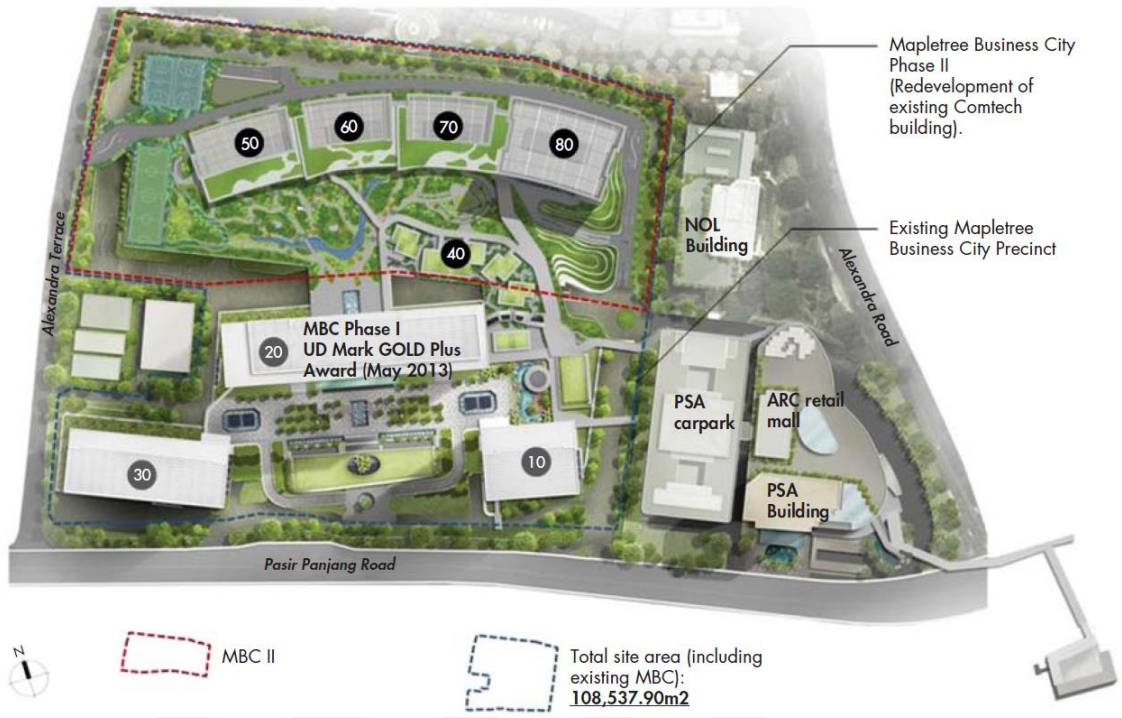


Görsel 4.34. *Mapletree Business City II* havadan render (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

250 metre uzunluğunda kavisli bir cepheye sahip iş kompleksinde 30 katlı ofis kulesi vardır. Dinlenme ve oyun gibi özel alanlar, spor ve eğlenme merkezi de mevcuttur (<http-l>). Kavisli tek bir kütle (baza) dört bloğu birbirine bağlamaktadır. Ofis blokları sırasıyla,

- Blok80: 30 katlı,
- Blok70: 8 katlı,
- Blok60: 6 katlı ve
- Blok50: 5 katlıdır (şekil 4.20).

Ve bu kesintisiz forma ulaşmak için mimarlık ve mühendislik disiplinlerinin kapsamlı koordinasyonu gereklidir (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).



Şekil 4.20. Mapletree Business City vaziyet planı (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

Temel işbirliği BIM ekibi, bir tasarım ve bir inşaat ekibinden oluşmaktadır. Singapur’da proje düzenleyici makamları, projeleri rvt (Revit) ve DWF formatlarıyla hem iki boyutlu hemde üç boyutlu kabul etmektedir. Modelleri gereksinimlere uygunluk konusunda (brüt taban alanı doğrulaması gibi) kontrol edilmekte fakat tasarımlar değerlendirilmemektedir. (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). Ekibin proje hazırlık aşamasında belirledikleri amaçlar tablo 4.1’de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Ekip tarafından belirlenen BIM hedefleri (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

Hedef	Potansiyel BIM Kullanımı
İnşaat başlamadan önce çatışmaların çoğunu bulma ve çözme inşaat hatalarını ve sahadaki yeniden çalışma kapsamını azaltma	Sahada 3B koordinasyonu
Uygulama çizimlerin ve dokümantasyon sürecinin kalitesini artırmak	Saha çizimlerinin üretilmesi
BIM as-built modelini doğru şekilde teslim etmek	Tesis Yönetimi

Bu projede BIM inovatif yaklaşımlarla kullanılmıştır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).

- Tasarım geliştirme (DD) aşamasında mimarlar, maliyet ve estetik gereksinimler arasında bir denge sağlamak için Revit’te çeşitli tasarım seçeneklerini taramıştır.

- Autodesk A360 programı ile panoramik renderlar alarak sanal gerçeklik (VR) görüntüleri oluşturulmuştur. Oluşturulan BIM modeline, A360 bulut yazılı tarafından sağlanan QR kodlar taranarak ulaşılmaktadır (şekil 4.21).

- Özelleştirilmiş Revit ailesi (örn. özel kapı family) hazırlanmış ve bazı yasal gerekliliklere uygunluğu kontrol edilmiştir.

- BIM, proje ekibinin çeşitli karmaşık alanların (rampalar, topografya, vb.) 3B yazıcılar ile incelenmesine yardımcı olmuştur.



Şekil 4.21. Sanal gerçeklik (VR) renderı (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

Detay koordinasyon aşamasında, tüm yapısal ve MEP gereksinimlerinin karşılanması için mimar ve mühendisler arasında daha fazla BIM koordinasyonu sağlanmıştır. Daha iyi görselleştirme, iletişimi kolaylaştırmak ve sorunları çözüme kavuşturmak için 3B yazıcılar kullanılarak karmaşık alanların fiziksel modelleri (görsel 4.35) yapılmıştır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).



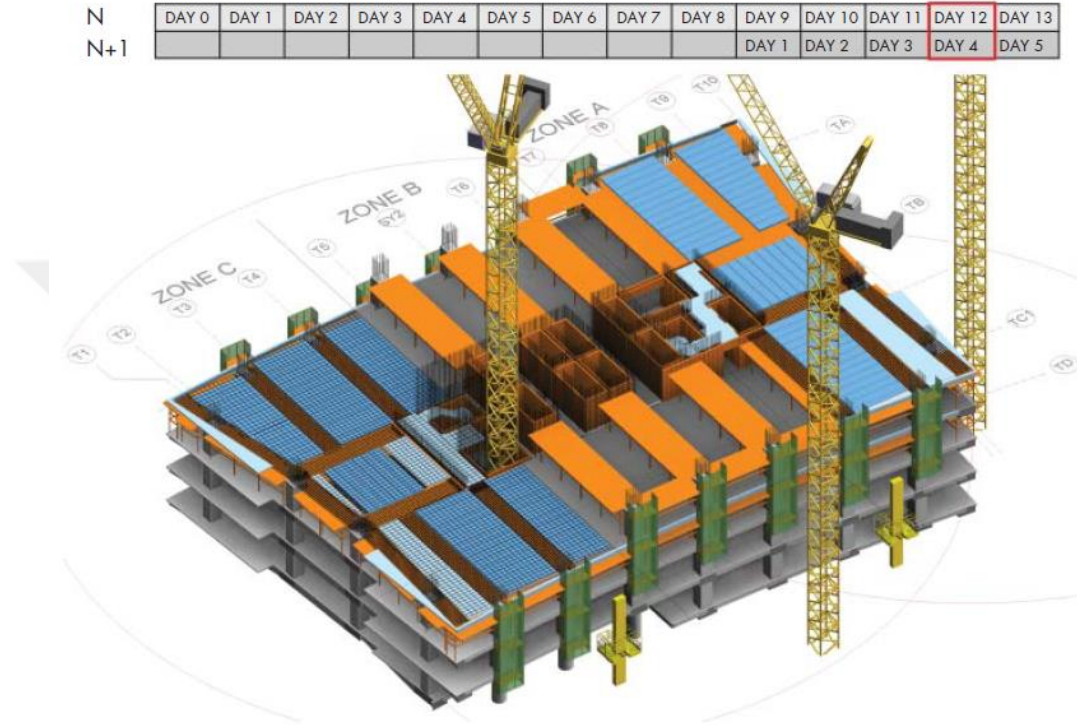
Görsel 4.35. 3B yazıcı ile basılan rampalar (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)



Görsel 4.36. Rampa ve eğimli topografyanın BIM modeli (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

- İnşaat aşamasında, karmaşık donatı çubuklarının takviyeleri için kolon ayrıntılı bir şekilde Revitte modellenmiştir.
- Yapısal elemanlar için imalat çizimlerinin hazırlanmasında temel olarak BIM modelinin koordineli bilgisi kullanılmıştır.
- As-built modeli, proje tamamlandıktan sonra yapı sahibine teslim edilmiştir. İşletme ve bakım isteğe bağlı bir işlev olsada, yerleşik BIM modelleri istenildiği zaman bir tablete yüklenebilir ve tesis yönetimi servislerinden yararlanabilmektedir.

Ayrıca projede modelin dördüncü ve beşinci boyutları da mevcuttur. 4B BIM modeli hem Revit hemde NavisWorks kombinasyonu kullanılarak, inşaat planlamasını, kurulum ve tasarım üzerindeki etkileri desteklemek için uygulanmıştır. 4B ile potansiyel sorunların tanımlanıp alternatif çözümlerin üretilmesini sağlayan bir iş akışı oluşturulmuştur (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).



Şekil 4.22. 4B yapı dizisi ve zemin döngüsü simülasyonu (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

Mapletree Business Center, sürdürülebilir bir yapıdır. En katı yeşil bina standartlarını karşılayacak şekilde tasarlanmıştır. Böylece, 2013'te en üst düzey Singapur 'Green Mark' sertifikasını almıştır ([http-17](#)). Ayrıca 2015 yılında da 'BCA BIM Platinum' ödülünü almıştır ([http-18](#)).

İş merkezi kompleksinin yapılmasında BIM'in kullanılması, konuların daha iyi anlaşılmasını sağlamıştır. Proje ekipleri arasındaki iletişim kolaylaşmış verimliliğin artmasına katkıda bulunmuştur.

Uygulamada BIM kullanılan projeler incelendiğinde, BIM'in özellikle büyük ölçekli projelerin yapımını kolaylaştırdığı görülmektedir. Sahada tablet bilgisayarla ile projeye bağlanabilmek ve model üzerinden kontrollerin sağlanması, farklı disiplinlerin de bir arada çalışabilmesi büyük avantaj sağlamaktadır. Ayrıca karmaşık formların üretilmesi BIM sayesinde çok daha kolaylaşmıştır.

4.2.3. Yapım sonrası süreçte BIM kullanılan örnekler

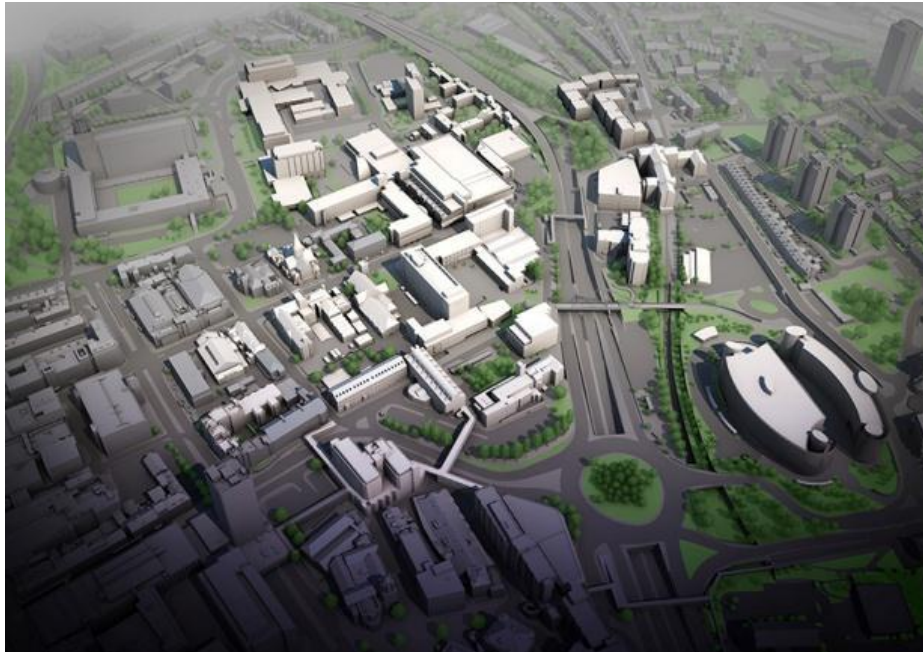
Yapım sonrası süreçte, tesis yönetimi şeklinin değiştirilmesi istenen, mevcut eğitim yapıları üzerine alan çalışmaları yapılan örnek projeler incelenecektir.

4.2.3.1. *Northumbria Üniversitesi Kampüsü- İngiltere*

Bu başlıkta, Northumbria Üniversitesi, Newcastle upon Tyne merkez kampüsü için yapılan, kampüs yönetimi ile ilgili alan çalışması araştırılacaktır.

Kampüste, 120.000 m²'den büyük brüt alana sahip konut dışı işleve sahip alanlar mevcuttur. 2010 yılında beş komisyon üyesi, kampüsü geliştirip iyileştirmeye odaklanan BIM modeli geliştirmeye başlamıştır (Kassem, 2015). Bu çalışmada, BIM'in yeni binalar için işletme-bakım aşamasındaki değeri literatürler incelenmiş ve mevcut yapılar için değeri, zorluk ve avantajları araştırılmak istenmiştir (Kelly vd, 2013).

Modeller, kısa bir BIM şatnamesi ile geliştirilmeye başlanmış, beş geliştirici tarafından beş haftada tamamlanmış ve yaklaşık olarak metrekare başına 0.33 £'a mal olmuştur. Mevcut kat planları DWG formatından, orijinal cepheleri tarayarak, kesitleri JPEG formatından, bilgileri ise Exel dosyasındaki veritabanından alınarak kullanılmıştır (Kassem, 2015; Kelly vd, 2013).

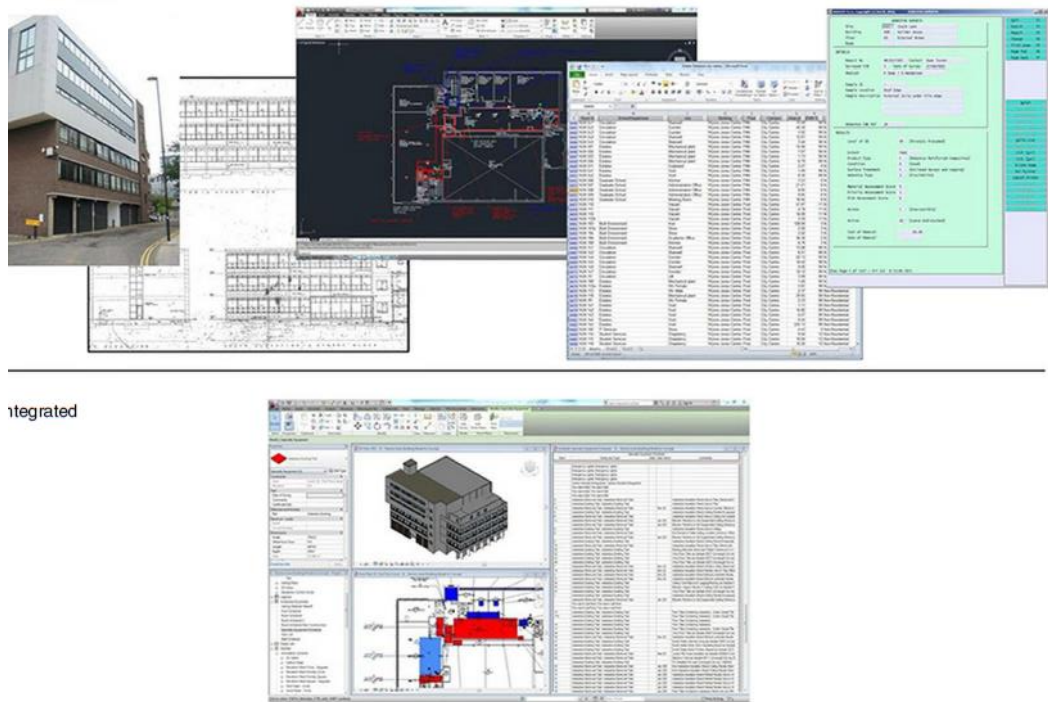


Şekil 4.37. *Northumbria Üniversitesi kampüs modeli (Kelly vd, 2013)*

Mevcut yapıdan işletme modeli oluşturma, mevcut işletme süreçlerinden BIM tabanlı işletme süreçlerine geçişlerde ve iş durumu ile ilgili stratejik konularda kilit zorlukları vardır (Kelly vd, 2013).

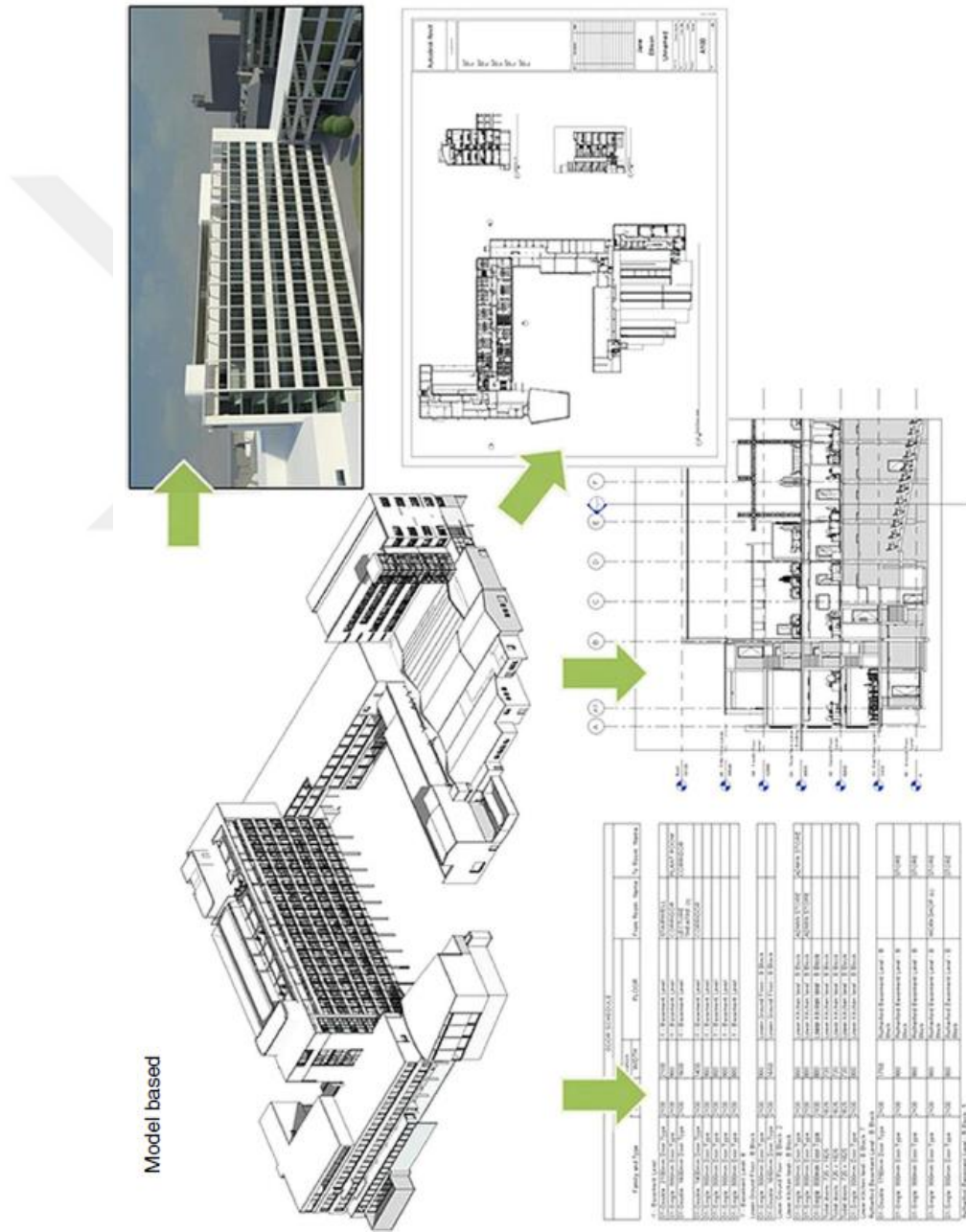
Üniversite, hali hazırda çizim ve bilgilerini iki ayrı ortamda (kat planı çizimleri 2B grafik gösterimi DWG formatı, veri tabanı ve bilgileri MS Excel formatı) manuel güncelleyerek hazırlamaktadır. İki dosya için ayrı ayrı manuel güncellemeler gerektiğinden iş yükü fazladır. Belirli ayrıntılar ise fotoğraflar, taranmış görünüşler ve kesitler orijinal çizimlerden doğrulanmaktadır. Yıl boyunca bina kullanımında bu değişikliklerin CAD tabanlı programlar üzerinden yapılması tam zamanlı çalışma gerektiren uzun bir görevdir (Kassem, 2015).

Tesis yönetiminde BIM kullanımı için geometrik bilgiler ve belirli tesis bilgilerinin eklenmesi gereklidir. Bu bilgilerin eklenmesi gerekli durumlarda, tümleşik modelin otomatik güncellenmemesini sağlamaktadır. Bu mevcut tesis yönetiminin sahip olmadığı bir teknoloji sağlamaktadır ve verimliliği artırmaktadır (Kelly vd, 2013). Bunun tam zamanlı bir CAD teknisyeni ihtiyacını azaltacağı ve yıllar içinde gelecekteki işler için tasarruf sağlanacağı tahmin edilmiştir. Ayrıca BIM modelleri; veri zenginliği, yasal uyumluluklarla ilgili entegrasyon, acil durum ekipmanları, kaçış yolları ve gerekli bakım planlamasını da beraberinde getirmiştir (Kassem, 2015).



Şekil 4.23. Mevcut bakım verisi ve BIM tabanlı süreçlerin karşılaştırılması (Kassem, 2015)

BIM, tesis yönetim ekibi tarafından mevcut süreçler ve teknolojilerle elde edilemeyen verimlilik ve kazanımları sağlamıştır. BIM işlevlerinin artırılmasıyla tesis yönetimi modellerinde, oda bulma, arıza bildirme, bina performansını yenileme, geliştirme, değerlendirme gibi temel işletme-bakım hizmetlerinin geliştirilebileceği belirlenmiştir. Ayrıca bu hizmetler, kampüste belirli binalara, odalara vb. alanlara bilgilerin atanmasıyla, hizmette yanıt süresinin azalmasını sağlamaktadır (Kassem, 2015).



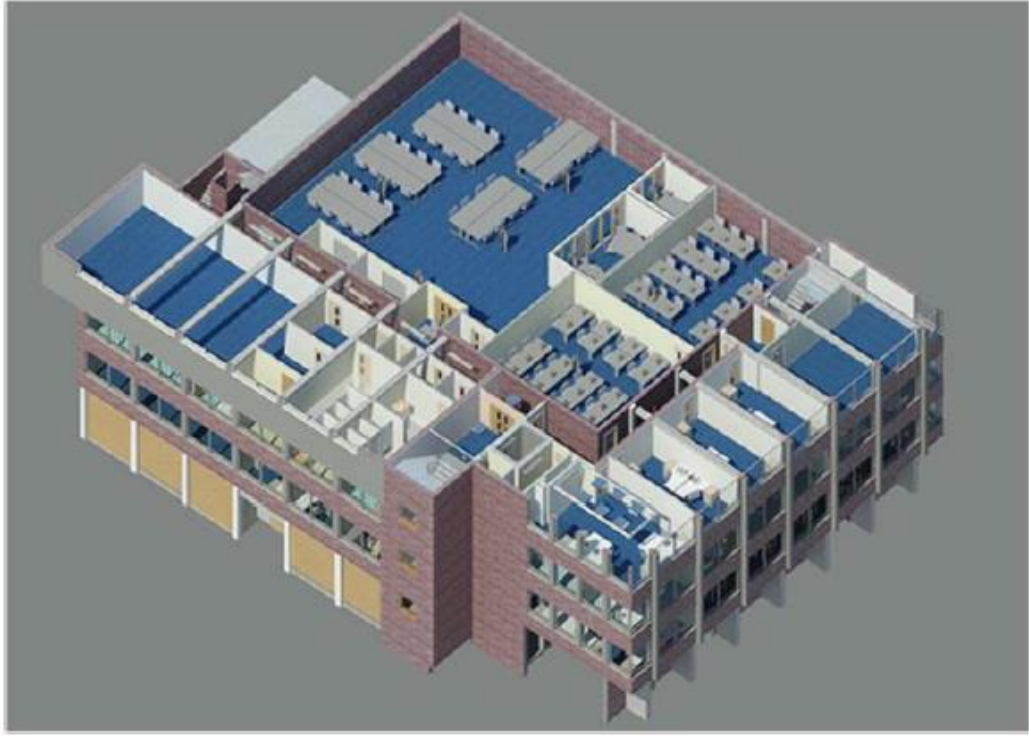
Şekil 4.24. Güvenli bir kaynak- Entegre BIM veritabanı (Kassem, 2015)

Örneğin, kampüsteki herhangi bir ampulün değiştirilmesi talep edildiğinde , bakım personeli önce işletme modelini kontrol etmektedir. Hazırlanan işletme BIM modeli kullanılarak ampulün markası, tipi, üreticisi gerçek zamanlı olarak öğrenilmektedir. Veya duvar kaplaması zarar gören bir oda için modelden boya rengi kodunu kontrol etmek, bakım personelinin zamanından ve malzeme kaynaklarından tasarruf etmeyi sağlamaktadır (Kelly vd, 2013).

The floor plan illustrates the second floor of a building, featuring a variety of functional spaces. Key areas include:

- Offices:** Numerous rooms labeled as 'ACADEMIC OFFICE' (e.g., R2001, R2002, R2003, R2004, R2005, R2006, R2007, R2008, R2009, R2010, R2011, R2012, R2013, R2014, R2015, R2016, R2017, R2018, R2019, R2020, R2021, R2022, R2023, R2024, R2025, R2026, R2027, R2028, R2029, R2030, R2031, R2032, R2033, R2034, R2035, R2036, R2037, R2038, R2039, R2040, R2041, R2042, R2043, R2044, R2045, R2046, R2047, R2048, R2049, R2050, R2051, R2052, R2053, R2054, R2055, R2056, R2057, R2058, R2059, R2060, R2061, R2062, R2063, R2064, R2065, R2066, R2067, R2068, R2069, R2070, R2071, R2072, R2073, R2074, R2075, R2076, R2077, R2078, R2079, R2080, R2081, R2082, R2083, R2084, R2085, R2086, R2087, R2088, R2089, R2090, R2091, R2092, R2093, R2094, R2095, R2096, R2097, R2098, R2099, R2100, R2101, R2102, R2103, R2104, R2105, R2106, R2107, R2108, R2109, R2110, R2111, R2112, R2113, R2114, R2115, R2116, R2117, R2118, R2119, R2120, R2121, R2122, R2123, R2124, R2125, R2126, R2127, R2128, R2129, R2130, R2131, R2132, R2133, R2134, R2135, R2136, R2137, R2138, R2139, R2140, R2141, R2142, R2143, R2144, R2145, R2146, R2147, R2148, R2149, R2150, R2151, R2152, R2153, R2154, R2155, R2156, R2157, R2158, R2159, R2160, R2161, R2162, R2163, R2164, R2165, R2166, R2167, R2168, R2169, R2170, R2171, R2172, R2173, R2174, R2175, R2176, R2177, R2178, R2179, R2180, R2181, R2182, R2183, R2184, R2185, R2186, R2187, R2188, R2189, R2190, R2191, R2192, R2193, R2194, R2195, R2196, R2197, R2198, R2199, R2200, R2201, R2202, R2203, R2204, R2205, R2206, R2207, R2208, R2209, R2210, R2211, R2212, R2213, R2214, R2215, R2216, R2217, R2218, R2219, R2220, R2221, R2222, R2223, R2224, R2225, R2226, R2227, R2228, R2229, R2230, R2231, R2232, R2233, R2234, R2235, R2236, R2237, R2238, R2239, R2240, R2241, R2242, R2243, R2244, R2245, R2246, R2247, R2248, R2249, R2250, R2251, R2252, R2253, R2254, R2255, R2256, R2257, R2258, R2259, R2260, R2261, R2262, R2263, R2264, R2265, R2266, R2267, R2268, R2269, R2270, R2271, R2272, R2273, R2274, R2275, R2276, R2277, R2278, R2279, R2280, R2281, R2282, R2283, R2284, R2285, R2286, R2287, R2288, R2289, R2290, R2291, R2292, R2293, R2294, R2295, R2296, R2297, R2298, R2299, R2300, R2301, R2302, R2303, R2304, R2305, R2306, R2307, R2308, R2309, R2310, R2311, R2312, R2313, R2314, R2315, R2316, R2317, R2318, R2319, R2320, R2321, R2322, R2323, R2324, R2325, R2326, R2327, R2328, R2329, R2330, R2331, R2332, R2333, R2334, R2335, R2336, R2337, R2338, R2339, R2340, R2341, R2342, R2343, R2344, R2345, R2346, R2347, R2348, R2349, R2350, R2351, R2352, R2353, R2354, R2355, R2356, R2357, R2358, R2359, R2360, R2361, R2362, R2363, R2364, R2365, R2366, R2367, R2368, R2369, R2370, R2371, R2372, R2373, R2374, R2375, R2376, R2377, R2378, R2379, R2380, R2381, R2382, R2383, R2384, R2385, R2386, R2387, R2388, R2389, R2390, R2391, R2392, R2393, R2394, R2395, R2396, R2397, R2398, R2399, R2400, R2401, R2402, R2403, R2404, R2405, R2406, R2407, R2408, R2409, R2410, R2411, R2412, R2413, R2414, R2415, R2416, R2417, R2418, R2419, R2420, R2421, R2422, R2423, R2424, R2425, R2426, R2427, R2428, R2429, R2430, R2431, R2432, R2433, R2434, R2435, R2436, R2437, R2438, R2439, R2440, R2441, R2442, R2443, R2444, R2445, R2446, R2447, R2448, R2449, R2450, R2451, R2452, R2453, R2454, R2455, R2456, R2457, R2458, R2459, R2460, R2461, R2462, R2463, R2464, R2465, R2466, R2467, R2468, R2469, R2470, R2471, R2472, R2473, R2474, R2475, R2476, R2477, R2478, R2479, R2480, R2481, R2482, R2483, R2484, R2485, R2486, R2487, R2488, R2489, R2490, R2491, R2492, R2493, R2494, R2495, R2496, R2497, R2498, R2499, R2500, R2501, R2502, R2503, R2504, R2505, R2506, R2507, R2508, R2509, R2510, R2511, R2512, R2513, R2514, R2515, R2516, R2517, R2518, R2519, R2520, R2521, R2522, R2523, R2524, R2525, R2526, R2527, R2528, R2529, R2530, R2531, R2532, R2533, R2534, R2535, R2536, R2537, R2538, R2539, R2540, R2541, R2542, R2543, R2544, R2545, R2546, R2547, R2548, R2549, R2550, R2551, R2552, R2553, R2554, R2555, R2556, R2557, R2558, R2559, R2560, R2561, R2562, R2563, R2564, R2565, R2566, R2567, R2568, R2569, R2570, R2571, R2572, R2573, R2574, R2575, R2576, R2577, R2578, R2579, R2580, R2581, R2582, R2583, R2584, R2585, R2586, R2587, R2588, R2589, R2590, R2591, R2592, R2593, R2594, R2595, R2596, R2597, R2598, R2599, R2600, R2601, R2602, R2603, R2604, R2605, R2606, R2607, R2608, R2609, R2610, R2611, R2612, R2613, R2614, R2615, R2616, R2617, R2618, R2619, R2620, R2621, R2622, R2623, R2624, R2625, R2626, R2627, R2628, R2629, R2630, R2631, R2632, R2633, R2634, R2635, R2636, R2637, R2638, R2639, R2640, R2641, R2642, R2643, R2644, R2645, R2646, R2647, R2648, R2649, R2650, R2651, R2652, R2653, R2654, R2655,

90



Görsel 4.38. Dahili yenileme için tasarım seçeneklerinin model ile oluşturulması (Kelly vd, 2013)

Tesis yönetimi ekibi BIM'in avantajlarının yanı sıra, mevcut yönetimden BIM sürecine geçişlerde birkaç uygulama zorluklarını tespit etmiştir. Kassem'a (2015) göre bunlar;

- İşletme ekibi, BIM'leri muhafaza ve kontrol etme becerisine sahip olmalıdır.
- İş ve işletme işlevlerinin özel gereksinimleri doğrultusunda bilgileri tanımlamak için kısa bir BIM eklentisi geliştirilmedi.
- BIM teknolojileri ile işletme teknolojileri (örn. bina otomasyon sistemleri, bina enerji yönetimi vb.) arasındaki uyumluluklar sınırlıdır.
- BIM tabanlı platformların güncellenmesi 12-24 ay arasındadır. Örneğin Autodesk Revit'in sürümü her yıl yükseltilmektedir fakat eski sürümlerin uzantılarını yeni güncellemeler açmamaktadır. İşletme-bakım aşaması (bina ömrü) ise çok daha uzun sürelerle uzanmaktadır.

BIM'in tesis yönetimindeki bu dezavantajları yüzünden, olası sorunlara karşı işletme verileri birkaç farklı veritabanına depolanmaktadır. Bununla birlikte, özel iş gereksinimleri doğrultusunda spesifik BIM şablonları geliştirilerek BIM'in avantajlarından yararlanılabilmektedir. Northumbria Üniversitesi kampüsü tesis yönetimi çalışmasında, görsel 4.39'da görüldüğü üzere AIA'nın LOD seviyelerinden, bina bilgi

modelleri LOD 500 ve LOD 100 seviyelerinde modellenmiş ve rapor edilmiştir (Kassem, 2015).



Görsel 4.39. BIM model LOD 500 (soldaki) ve LOD 100 (sağdaki) (Kassem, 2015)

Northumbria Üniveritesi kampüsü için yapılan vaka çalışması BIM'in işgücü ve süreç verimliliklerine, geometrik bilgi kayıtlarının doğruluğuna fayda sağlayabileceğini göstermektedir. Faydalarının yanı sıra literatürlerde belirlenenlerle birlikte çalışma sürecinde zorluklarla da karşılaşmıştır.

4.2.3.2. Howard Hughes Medical Institute, Maryland - ABD

ABD'deki en büyük, özel biyomedikal araştırmalar yapan Howard Hughes Tıp Merkezi (HHMI), 102.000 m² bina alanı ve 689 dönümlük kampüs alanına (görsel 4.40) sahiptir (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).



Görsel 4.40. HHMI kampüsü yukarıdan görünüşü (Wang, Philip, & McKinley, 2017)

Ana araştırma binası (The Landscape Building), 2006 yılında inşa edilmiştir (görsel 4.41) ve 56.000 m²'lik bir alanı kapsamaktadır. 260 laboratuvar, ofisler, konferans tesisleri ve mekanik alanları içermektedir (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).



Görsel 4.41. *Kampüsün merkez ve ana araştırma tesisi (Landscape Building)*
(Wang, Philip, & McKinley, 2017)

Janelia Araştırma Kampüsü'nden sorumlu tesis yönetimi ekibi, BIM platformlarının operasyon ve bakıma katkı sağlamasını beklemektedir. Projenin BIM vizyonu, verileri bilgisayarlı bakım yönetimi yazılımı (CMMS) ve entegre iş yeri yönetimi sistemi (IWMS) platformlarına aktarılmanın çok ötesine geçmektedir. FM özellikli bina bilgi modellemesi oluşturulmasıyla, bakımlar yapılabilmekte, operasyonel zorluklar çözülmektedir. Ayrıca BIM, ısıtma, havalandırma ve klima (HVAC), elektrik ve sıhhi tesisat için mühendislik analizi, bina otomasyon sistemleri (BAS) analizi ve BIM destekli çalışma güvenliği sağlamaktadır (Wang, Philip, & McKinley, 2017).

2015 yılından itibaren 75 kişilik tesis yönetimi ekibi bakım ve işletme aşaması için BIM kullanmaktadır. Ekip BIM platformu için dört ana hedef geliştirmiştir (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). Bunlar;

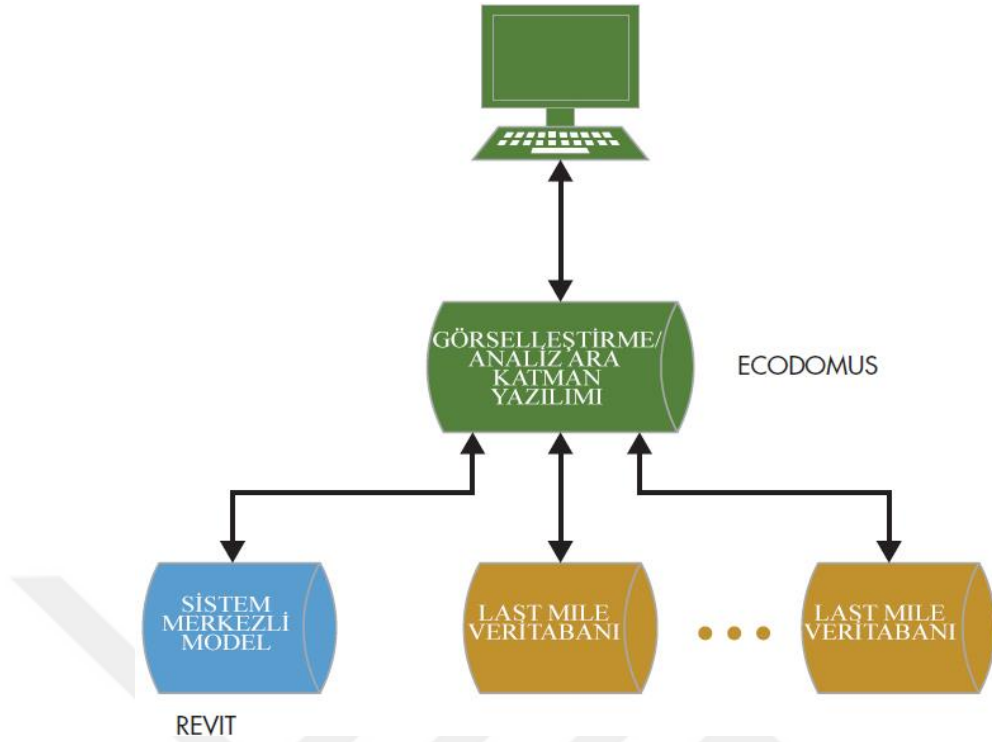
- Yapılmış ve tarihi yapıların mühendislik ve inşaat bilgileri için kampüsün bilgi deposu olması
- Gerekli – kritik operasyonel bilgilerin yönetimi ve sunumu için bir platform sağlanmalı
- Gelecekteki güçlendirme projeleri için titizlikle oluşturulmuş bir platform sağlanmalı
- Kritik sistem performansı ve bina performansının mühendislik analizi için bir platform sağlanmalıdır.

Yönetim ekibinin vizyonu, FM özellikli BIM'in tasarım ve inşaat sürecini kolaylaştırması, operasyonel verimliliği artırması ve bina sistemleri ile bilimsel topluluğun arasındaki etkileşimleri kolaylaştırması gerekliliğidir. Tesis yönetimine göre FM özellikli bir BIM aşağıdaki özellikleri içermektedir (Wang, Philip, & McKinley, 2017).

- Mühendislik hizmetleri ve hesaplamalarını mümkün kılan tamamen bağlı bina sistemleri,
- Görselleştirme sağlamak için uygun gelişim seviyesinde (LOD) ve doğruluk düzeyinde (LOA) model geometrisi,
 - Hem sistem hemde bileşen düzeyinde doğru ve güncel tesis verileri,
 - Mevcut bilgisayarlı bakım yönetimi yazılımları (CMMS), bina otomasyon sistemleri (BAS) ve alan yönetimi veri tabanları ile koordinasyon ve etkileşimli olmalıdır.

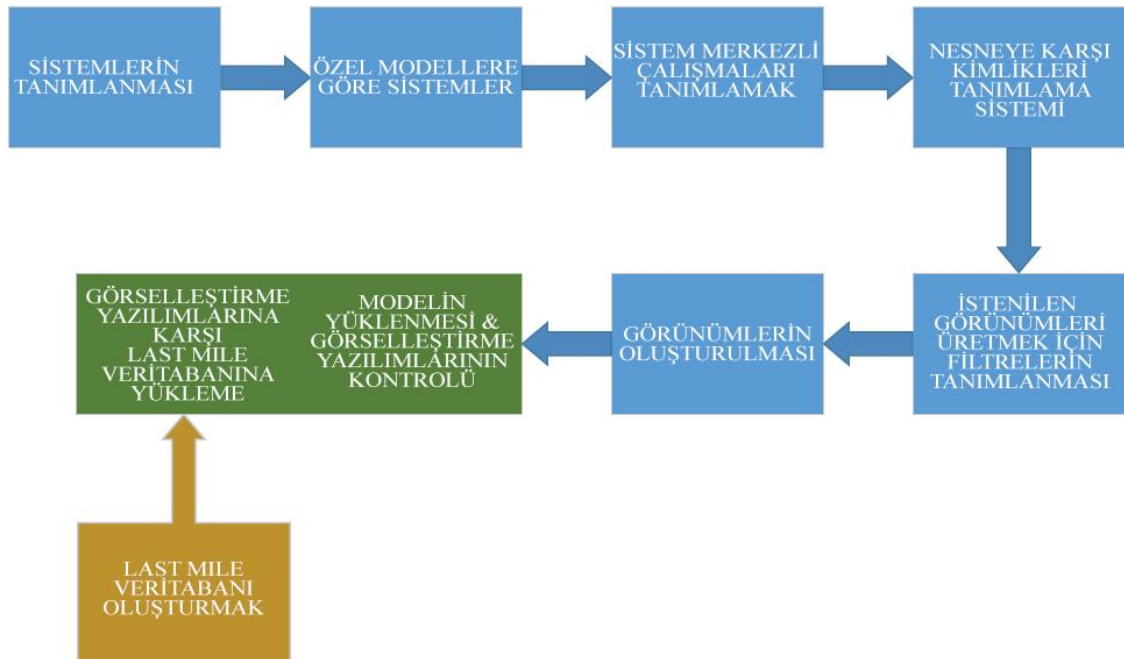
İşletme verilerine sahip bir bina bilgi modeli, FM ekibinin tesis hakkında iyi bilgilendirilmiş çalışma kararları almasını, analiz etmesini ve daha sonra yönetim hakkında operasyon kararları vermesini sağlamaktadır. Etkili bir süreç olabilmesi için iyi entegre edilmiş verilere ve ince ayrıntı düzeyinde detaylara ihtiyaç vardır. Bu detayların bir kısmı geometriye dayalı olabilirken, modelde olmayan diğer veri tabanlarından (CMMS, BAS vb.) alınan verilere de önemli miktarda dayalıdır. Bu harici veri tabanlarına 'Last Mile' denilmektedir. Çünkü bunlar modelde en iyi barındırılan bilgiler ve harici veri tabanlarında bulunan bilgiler arasındaki boşluğu doldurmaktadır. Bunlar doğrultusunda, FM ekibinin hepsinin Revit yeteneğine sahip olamayacağının farkındalığıyla, BIM'den elde edilebilen mimari ve mühendislik bilgilerini sorgulamak, sıralamak ve sunmak için görselleştirme – analiz yeteneklerinin kullanılmasına teşvik edilmiştir. Ayrıca Last Mile veri tabanında bulunan ayrıntılı mühendislik, işletme ve bakım bilgilerine yönetim becerilerini geliştirmek için FM ekibi yönlendirilmiştir (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).

FM özellikli bir BIM, Revit (veya başka bir geliştirme) modeli, CMMS veri tabanı, BAS veri tabanı vb. gibi Last Mile veri tabanları ve görselleştirme ara katman yazılı olmak üzere üç temel unsur içermektedir (şekil 4.26).



Şekil 4.26. FM özellikli bir BIM'in üç ana elementi (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

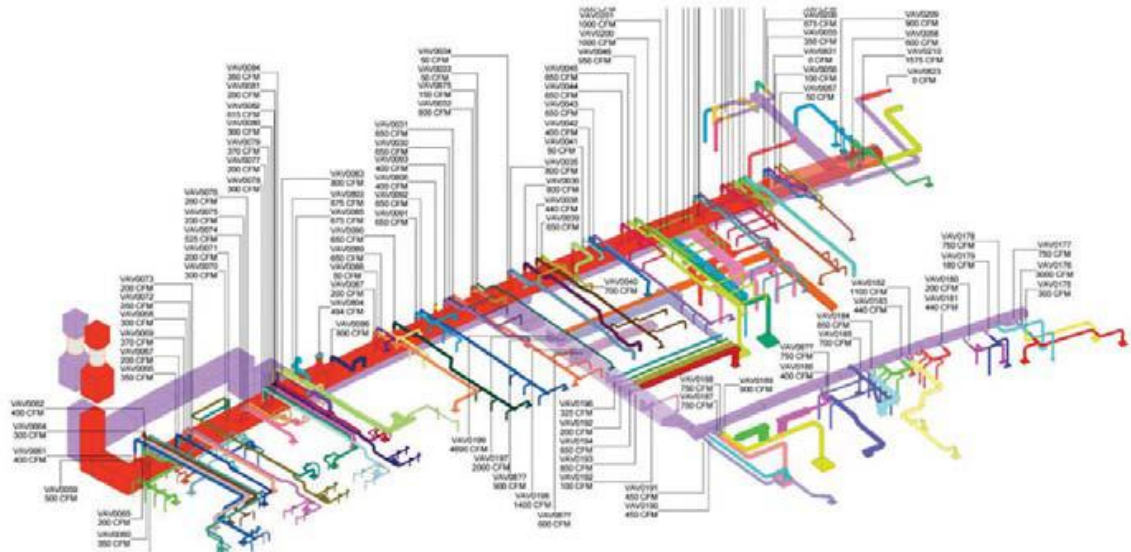
Tesis ekibinin sistem merkezli bir model kurması teknik bir tesisin işletilmesi, bakımı ve güçlendirilmesinde bina sistemlerinin önceliği ve bunun sonucunda da sistem özelliklerinin BIM'e sistematik bir şekilde iş akışının aktarılması ihtiyacı üzerine kuruludur (şekil 4.27) (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).



Şekil 4.27. Sistem merkezli bir model oluşturmak için iş akışı (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

İşletme modeli, ekibin çalışma kararlarını anlamasını, analiz etmesini ve karar vermesini sağlayan tam bağlantılı sistemler içermektedir. Tesis yöneticileri, BIM'i tasarım sırasında malzeme üretim detaylarını çizmek veya inşaat çakışmaları tespiti yapmak yerine, yapı sistemlerinin tanımı, sistem merkezli modelleme ve operasyonel olarak faydalı bakış açıları geliştirmek için kullanmaktadır (Wang, Philip, & McKinley, 2017).

FM ekibi, tüm kampüs binalarında operasyonel olarak kullanışlı ve tutarlı olacak şekilde sistemleri alt bileşenlerine ayırmış ve bu işlemler için uzun zaman harcamıştır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). Böylelikle BIM sistemi, fiziksel olarak alt gruplara ayrılmıştır. Örneğin havalandırma kanalları iki alt sisteme ayrılmıştır. Şekil 4.28'de görüldüğü üzere alt sistem 100 (mor renkli) birinci kattan hava verirken, alt sistem 200 (kırmızı renkli) ikinci kattan hava vermektedir. Her havalandırma terminali, BIM üzerinde çeşitli renklerle gösterilmektedir, bunlar alanlara hava akışı kontrolü sağlayan birer alt sistem olarak ayrılmıştır (Wang, Philip, & McKinley, 2017).



Şekil 4.28. Havalandırmanın renkli alt sistemlere ayrılması (Wang, Philip, & McKinley, 2017)

Alt gruplara ayırmak ilk bakışta karmaşık bir etki yaratmaktadır fakat daha sonra yapılacak etki analizlerinde önemli ölçüde faydalı olmuştur. Şekil 4.28'de görüldüğü üzere ana araştırma binası her biri birden çok alt sisteme sahip beş birincil ve sekiz ikincil alt sisteme bölünmüştür. Her alt sistem daha sonra belirli bir model atanmıştır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018). Böylelikle belgelenmeler daha belirli ve kolay erişilebilir olmuştur.

Modelde hem modellemenin verimliliği ve netliği hem de daha sonra sisteme göre analizi kolaylaştırmak için çalışma kümeleri oluşturulmuştur (şekil 4.29).

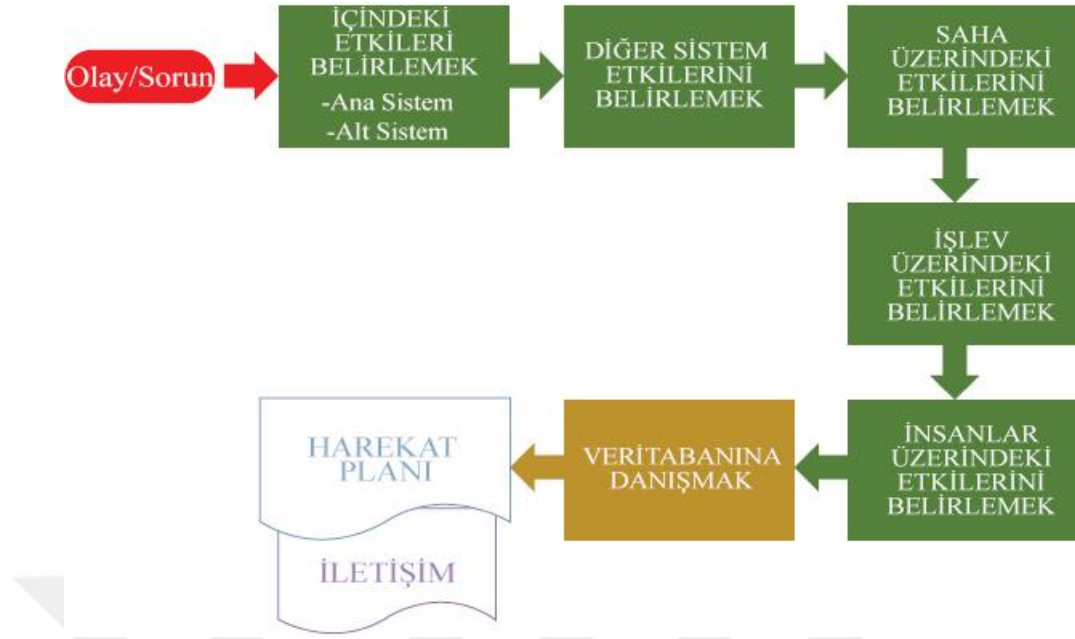
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
			LANDSCAPE BUILDING	GUEST HOUSE	STUDIO BUILDING	TOWNHOMES	DIRECTOR'S HOUSE	APARTMENT B	APARTMENT A	COMMERCIAL BUILDINGS
1	Building System	BIM Model								
85	531 BUILDING RETURN AIR SYSTEM	Ventilation	X							
86	541 GENERAL EXHAUST AIR SYSTEM	Ventilation	X							
87	542 LAB EXHAUST AIR SYSTEM	Ventilation	X							
88	543 VIVARIUM EXHAUST AIR SYSTEM	Ventilation	X							
89	545 RADIOISOTOPE EXHAUST AIR SYSTEM	Ventilation	X							
90	546 MAIN KITCHEN EXHAUST AIR SYSTEM	Ventilation	X							
91	547 DISHWASHER EXHAUST SYSTEM	Ventilation	X							
92	548 BOB'S KITCHEN EXHAUST AIR SYSTEM	Ventilation	X							
93	549 GARAGE EXHAUST AIR SYSTEM	Ventilation	X							
94	551 KITCHEN EXHAUST RISERS	Ventilation						X	X	
95	552 TOILET EXHAUST RISERS	Ventilation						X	X	
96	553 DRYER EXHAUST RISERS	Ventilation						X	X	
97	554 TRASH SYSTEM EXHAUST	Ventilation						X	X	

Şekil 4.29. Alt sistemlerin tanımlama, adlandırma ve ataması örneği
(Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

Modeller arasında standardizasyonu sağlamak için sistem çalışma kümelerini, sistem türleri ve dahili adlandırma yöntemi kullanılmıştır. Bu noktada iş akışı, model oluşturmada model görselleştirmeye, işlevsel olarak anlamlı ve yararlı olacak bir olaya dönüşmektedir (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).

İşletme modeli tesisler ve organizasyonları üzerindeki etkilerin hızlı ve doğru bir şekilde değerlendirilmesine yardımcı olmaktadır. Geliştirilmiş etki analizi, faaliyetleri planlamak, düzenlemek ve iletmek için gereken çabaları azaltmaktadır. Etki analizi ayrıca beklenmedik kesintileri giderme ve etkilenen sistemleri, alanları tanımlama etkinliğini de artırmaktadır. Tesis yönetimi ekibi, BIM vizyonlarından yola çıkarak organizasyonel hedeflere öncelik vermiştir. Planlama, tasarım, inşaat ve işletme için BIM hedeflerini belirlemek için bir BIM stratejik planlama sürdürmektedir. Bu ayrıntılı planlama süreci, ekibin temel BIM yeterliliklerini ve önceliklerini kazanmasına yardımcı olmaktadır (Wang, Philip, & McKinley, 2017).

Herhangi bir bina bilgi modelinin temel faydalarından biri yapı bilgilerinin erişilebilir olmasıdır. Bununla birlikte işletme-bakımı da içeren bir modelin tesis ve barındırdığı kurum üzerindeki etkilerin daha hızlı ve doğru bir şekilde belirlenebilmektedir. Sadece ortaya çıkan masrafları değil aynı zamanda operasyonel kayıpları ve kaynak geliştirme maliyetlerini de azaltarak etki analizleri ile verimli bir iş akışı (şekil 4.30) sağlamaktadır (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).



Şekil 4.30. HHMI için bir etkinlik veya soruna yanıt verme iş akışı
(Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018)

Proje ekibi, FM odaklı platformların yeteneklerinin gelişip evirileceğini ve gelecekte yeteneklerinin başka platformlara da taşınabileceğini öngörmüştür (Sacks, Eastman, Lee, & Teicholz, 2018).

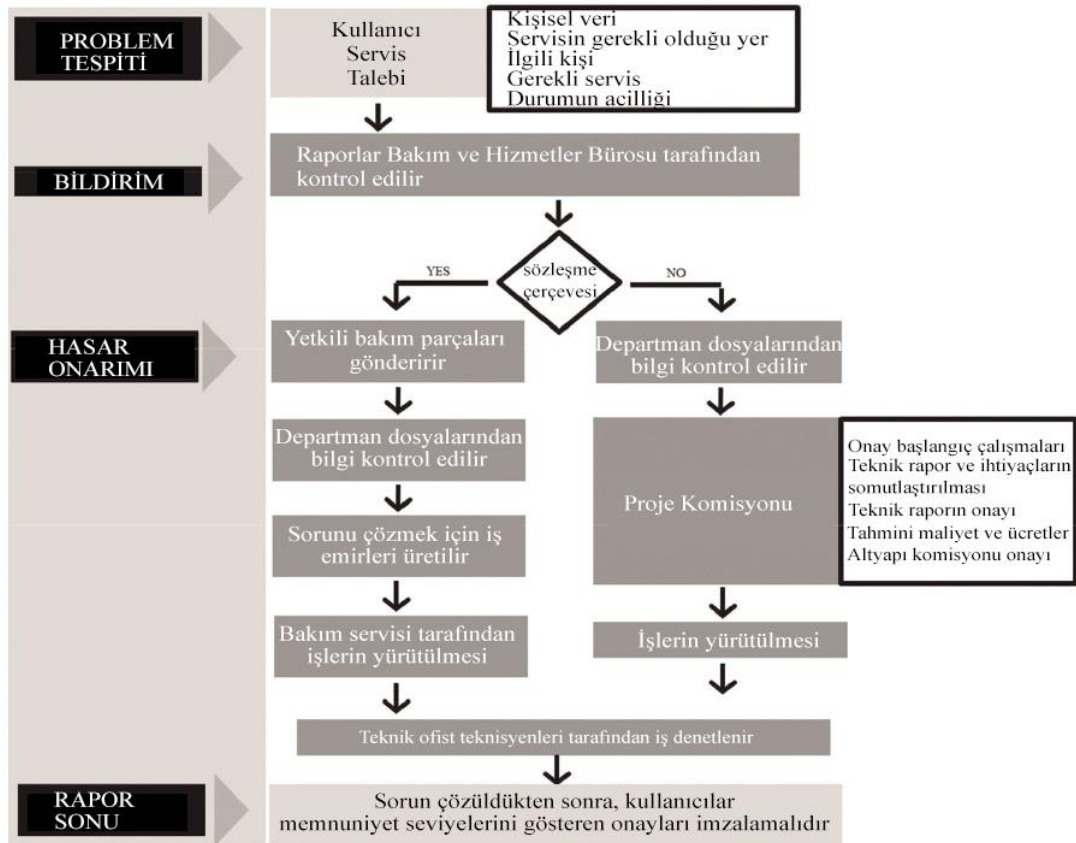
4.2.3.3. Alicante Üniversitesi Eğitim Fakültesi – İspanya

Alicante Üniversitesi, San Vicente del Raspeig’de bulunmaktadır. Yaklaşık bir milyon metrekarelik, eski bir askeri havaalanına inşa edilmiştir. Kampüste yeşil alan, 54 yeni inşa edilmiş binaların yanı sıra yeniden işlevlendirilen, 1930’dan kalma askeri pavyonlar mevcuttur (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018).

Üniversitenin büyüklüğünden kaynaklı, altyapının doğru işleyişini ve kampüsteki dış kaynaklı hizmetlerin işlerliğini sağlamak için Altyapı ve Hizmet Birimi gereklidir. Bu birim ise ‘bakım ofisi’ ve ‘teknik ofis’ olmak üzere iki şubeye ayrılmıştır. Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya’nın (2018) yaptığı araştırmalarla toplanan bilgilere göre mevcut bakım süreci analiz edilmiştir. Mevcut bakım servisinde, herhangi bir kullanıcı servis talep ettiğinde süreç başlamaktadır. Arayüz kullanıcı kişisel verileri, servisin gerekli olduğu yer, irtibat kurulacak kişi, gerekli servis ve aciliyet durumu hakkında temel bilgiler kullanıcıdan talep edilmektedir. Talep gönderildikten sonra, rapor Bakım ve Hizmetler bürosu tarafından kontrol edilmektedir. Günlük ve basit bakım görevleri, yıllık olarak bir bakım şirketine belli bir sözleşme çerçevesinde yaptırılmaktadır. Bu yüzden gerekli bakım hizmetinin sözleşme çerçevesinde olup olmadığına bağlı olarak, yetkili

bakım şirketi tarafından kontrol edilmesi için kullanılan yazılım Manttest'e gönderilmektedir. Daha sonra ise proje bilgileri bölüm dosyalarında aranmaktadır. Bu süreçlerden sonra, sorunu çözmek için otomatik olarak ilgili (duvar, elektrik, sıhhi tesisat vb.) işlemler için iş emri oluşturulmaktadır (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018).

Eğer proje bakım şirketi ile yapılan sözleşme dahilinde dikkate alınmazsa veya bakım şirketi tarafından karmaşıklık, özgüllük veya iş hacmi nedeniyle çözülemez bir durum var ise özel bir prosedür gerekmektedir. Bu prosedür için sırasıyla, onay başlangıç çalışmaları, teknik raporlar ve ihtiyaçların somutlaştırılması, onay teknik raporları, maliyet ve ücretlerin tahmini ve çalışmaların başlamasından önce 'Altyapı Komisyonunun' nihai onayı adımları izlenmektedir. Bu süreç tamamlandığında Teknik Ofis teknisyenleri, departman dosyalarındaki proje bilgilerini araştırmalı, doğruluğunu kontrol edip proje bilgisinin gerçekte eşleşip eşleşmediğini teyit etmelidir (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018).



Şekil 4.31. Altyapı ve Hizmet biriminin mevcut bakım süreci
(Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018)

Her iki durumda da sorun çözüldüğünde süreç sona ermektedir ve kullanıcı memnuniyet seviyesini gösteren onayı imzalamaktadır. Mevcut bakım süreci ile alakalı,

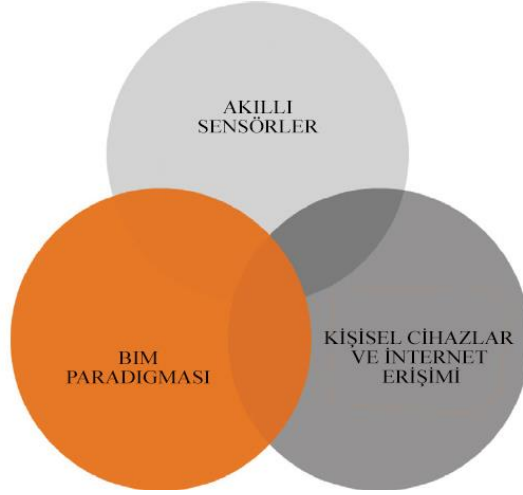
teknik ofis personeli ile görüşmeler yapıp, üniversitenin bakım yöneticileri ve çalışanları aynı zamanda da diğer paydaşlarla alakalı anketler oluşturulmuştur. Anketlerde (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018);

- Sorunu veya olayı onarmak için zaman kontrolü
- Sorunu veya olayı onarmak için maliyet kontrolü
- Binaların işletme ve bakımı sırasında kullanılan gerekli belgeler
- Bilgilerin depolanması
- Kampüsteki binalarda yapılan değişikliklerin kaydedilmesi
- İnsan emeği ile yapılan yönetim işlerinden kaynaklı etkinliğin kaybolması
- Kamu kuruluşlarında bakımın geleceği ile konular ele alınmıştır.

Anketin sonuçları, mevcut prosedürlerin karşılanamayan ihtiyaçlarını ve zayıflıklarını ortaya çıkarmıştır. Tespit edilen tüm sorunlar süreçteki kısıtlamalar ve yetersiz kaynak kullanımı ile ilgilidir (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018).

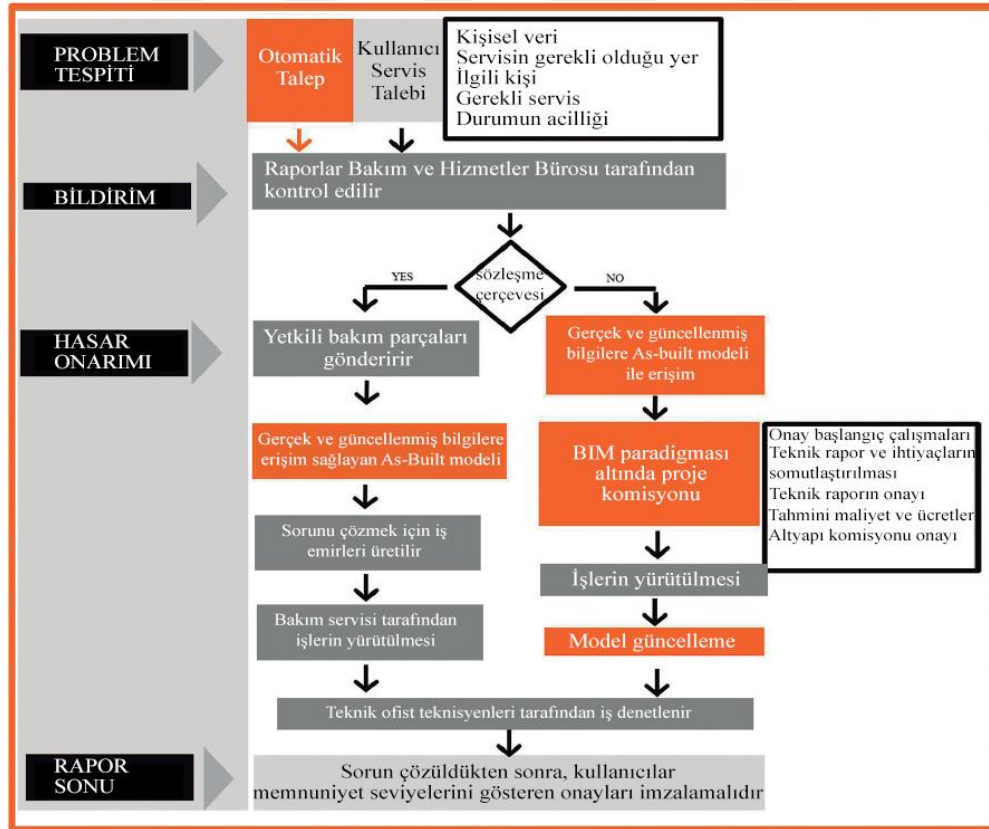
Sonuçlanan anket ile birlikte araştırmacılar, mevcut bakım sürecini daha etkili kullanmanın yollarını aramış, BIM metodolojisine dayanan teorik bir çerçeve sunmuşlardır. Bu teori, bakım sürecinin verimliliğini arttıracaktır. BIM paradigması, tüm kampüs yapılarının bilgilerinin bilgisayara entegrasyonuna ve merkezileştirilmesine izin verirken, ortaya çıkan teknolojiler bu öğelerin tespitine, konumlandırılmasına ve kontrolüne izin vermektedir. Bu bağlamda, üniversite ile ilgili tüm bilgilerin aktarılıp, kodlanmasıyla bina bilgi modeli oluşturulur. Bilgilerin merkezileştirilmesi ve değişikliklerin de saklanmasıyla As-Built modeli elde edilir. Böylece bina, güvenilir ve dışa aktarılabilir tek bir dosyada gerçek zamanlı, güncellenmiş bir modele sahip olur (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018).

BIM'in tüm faydaları, insan hatalarından ve bilgi kaybından kaçınan, süreci otomatikleştiren teorik bir çerçeveye dahil edilerek arttırılmıştır (şekil 4.32 – şekil 4.33). Bu otomasyon, servis arızalarını otomatik olarak tespit etmek için kontrolörler ve global konumlandırma sistemi (GPS) teknolojileri gibi akıllı sensörlerin kullanılmasıyla elde edilmektedir. Aynı zamanda, bakım sürecinin optimum çalışması için gerekli tüm bilgilere kişisel cihazlardan, internet aracılığıyla erişilmektedir (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018).



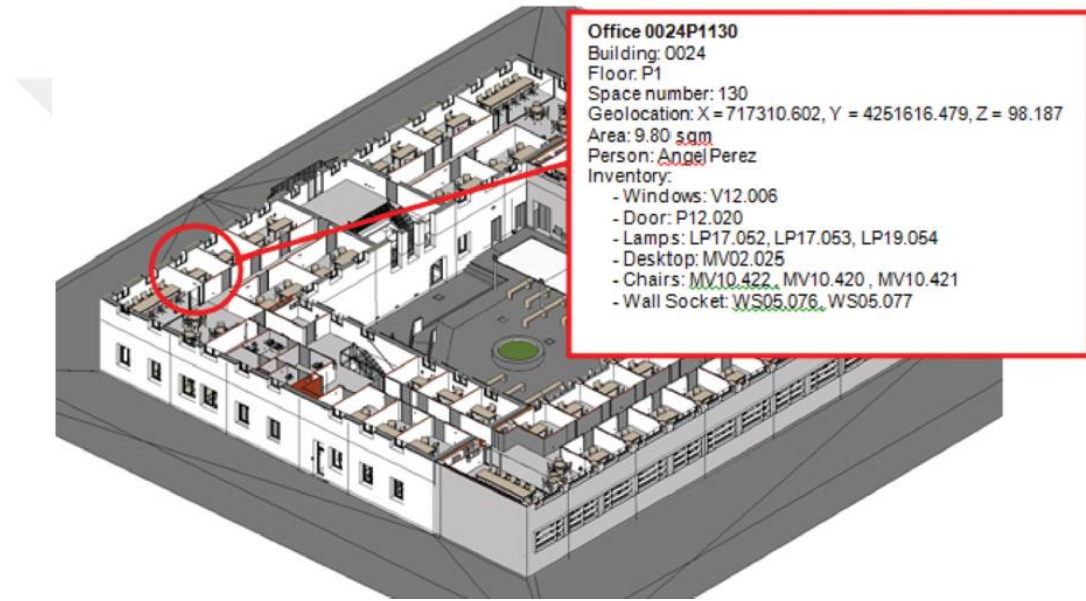
Şekil 4.32. Bakım sürecinin teorik çerçevesine dahil edilen teknolojiler (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018)

BIM, öngörücü verilerden yararlanarak, bakım planlarının hazırlanmasına ve tedarik şirketlerine geçmişi ve mevcut durumu ile ilgili bilgi vermekten tasarruf edilmektedir. Ayrıca satın alımların verimli ve merkezi yönetimden olmasına olanak sağlamaktadır.



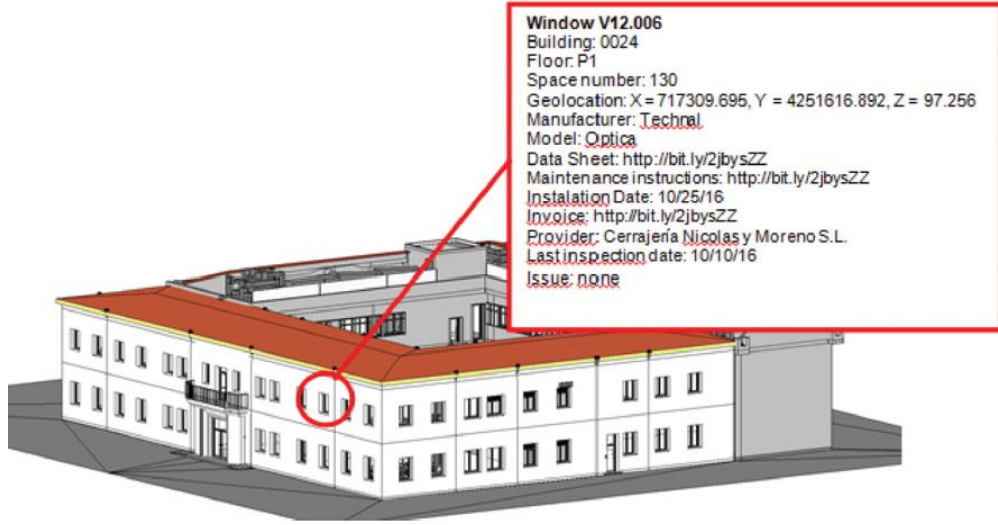
Şekil 4.33. BIM metodolojilerinin, akıllı sensörlerin, kişisel cihazların kullanıldığı (turuncu) teorik çerçeve (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018)

Bu çalışmaların sonucunda, önerilen teorik çerçeve ile Alicante Üniversitesi eski Eğitim Fakültesi binasının yenilenmesi için örnek bir çalışma geliştirilmiştir. Bu çalışma, bakım sürecini BIM'e optimize edip bilgilere daha doğru erişimi kampüste uygulama potansiyelini doğrulamaktadır. As-Built bir modelin içerdiği bilgileri göstermektedir. Bu bilgilerin yanı sıra, bina sayısını, zemini, mahal numarasını, coğrafi konumunu ve alanını ayrıca bu alanla ilişkili kişiyi bu modelle bilmek mümkündür. Alanla ilişkili olarak; pencereleri, kapıları, lambaları, mobilyaları vb. envanter öğeleri de modelde mevcuttur (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018).



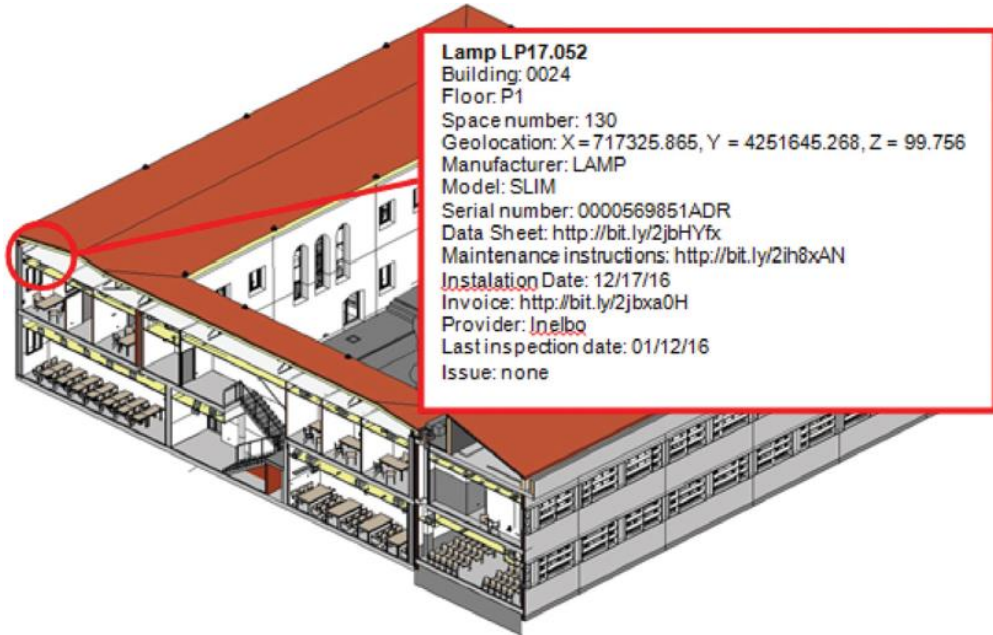
Şekil 4.34. Mekan ve elemanlarının veri entegrasyonu (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018)

Bu bilgilere, tabletler ve akıllı telefonlar gibi kişisel cihazlar aracılığıyla herhangi bir yerden kolayca erişilmektedir. Böylece, bakım operatörlerinin kampüsteki gereksiz hareketleri de önlenmektedir. Ayrıca bilginin yaygınlığı, tüm paydaşları (teknik ofis teknisyenleri, bakım hizmeti yöneticileri, bakım hizmeti operatörleri, kampüs ve teknoloji ofisini, projeye katılabilecek inşaat şirketlerini ve acenteleri) birleştirmektedir. Bu bilgi, departman dosyalarındaki yanlışları ve insan hatalarını önlemektedir (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018). Şekil 4.34 bir ofis mahalının özelliklerini, lokasyonunu, alanını, çalışan bilgisini ve içindeki envanterlerin bilgisini içermektedir.



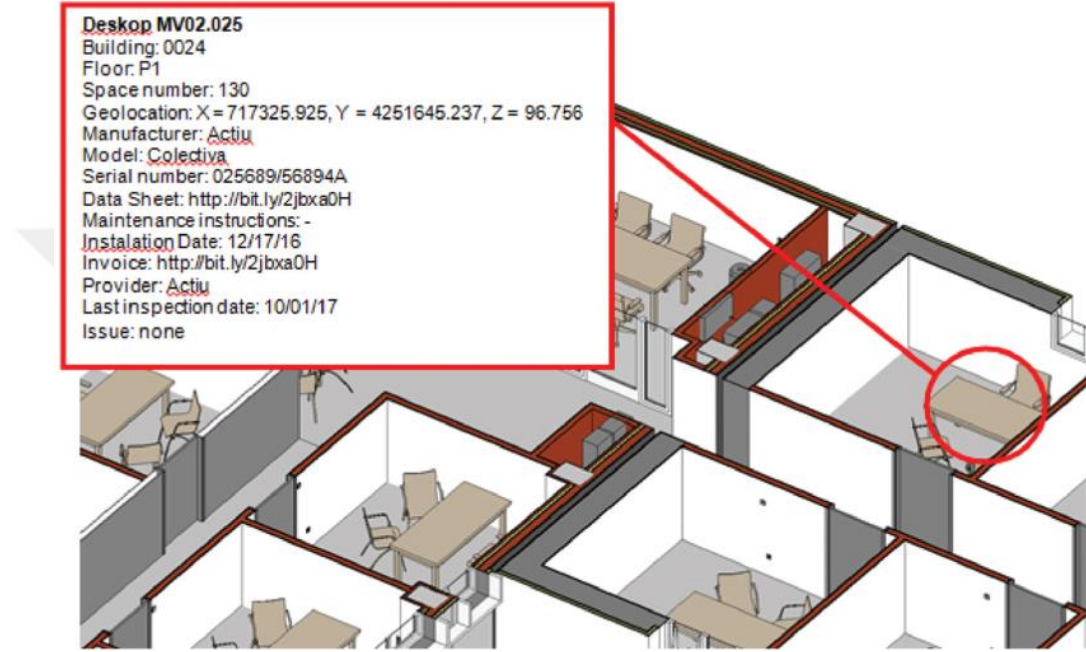
Şekil 4.35. Seçilen pencerenin veri entegrasyonu (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018)

Şekil 4.35’de görüldüğü üzere, yeni ve genişletilmiş bakım raporuyla belirli bir pencere ile ilgili bir hizmet talep edilirse, tüm paydaşlar pencerenin kod numarasını, bina ve kat ile ilgili alan numarası gibi özellikleri kolayca görselleştirebilmektedir. Ayrıca pencere ile ilgili coğrafi konum, üreticisi, modeli, veri sayfası, bakım talimatları, kurulum tarihi, faturası ve hatta son incelenme tarihine bile ulaşılmaktadır (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018). Benzer şekilde, sıhhi tesisat elamanları, mobilya veya aydınlatma unsurlarının optimizasyonu ile veriler entegre edilmektedir. Şekil 4.36’de seçilen bir aydınlatmanın, şekil 4.37’de ise seçilen masanın model verileri gösterilmektedir.



Şekil 4.36. Seçilen aydınlatmanın veri entegrasyonu (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018)

Önleyici ve düzenleyici bakım için bu verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece, kurulum tarihleri, son muayene tarihleri veya bakım tahminleri ve miktar tabloları için çizelgeler kolayca oluşturulmaktadır. Bu bilgiler excel sayfasına aktarılabilen bu sonucun olarak ise yerleşke ile ilgili tüm genelleştirilmiş, verimli bir bakım tahmini elde edilebilmektedir (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018).



Şekil 4.37. Seçilen masanın veri entegrasyonu (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018)

Alicante Üniversitesi'nin mevcut bakım sürecini geliştirmek için teorik bir çerçeve sunan çalışma, BIM ile birlikte teknolojinin kullanımını içermektedir. Bilginin bilgisayara entegrasyonu, standartlaştırılması, merkezileştirilmesi, bilginin yaygınlığı ve erişilebilirliği açısından sürecin verimliliğini arttırmaktadır. Daha iyi karar vermeyi ve hatayı azaltmayı sağlayan bu sistem, gerçek bilgiye ulaşmayı kolaylaştırmaktadır.

Araştırmanın sonunda, Eski Eğitim Fakültesi yenileme modeli, BIM paradigması altında doğrulanmıştır. Model, BIM'i kampüsün bakım sürecinde temel bir platform olarak konumlandırmaktadır. Böylece bina bilgi modeli, depolanabilen ve kullanılabilen önemli bilgileri içerip, istenildiği durumda tüm bilgileri göstermektedir (Galiano-Garrigos & Andujar-Montoya, 2018).

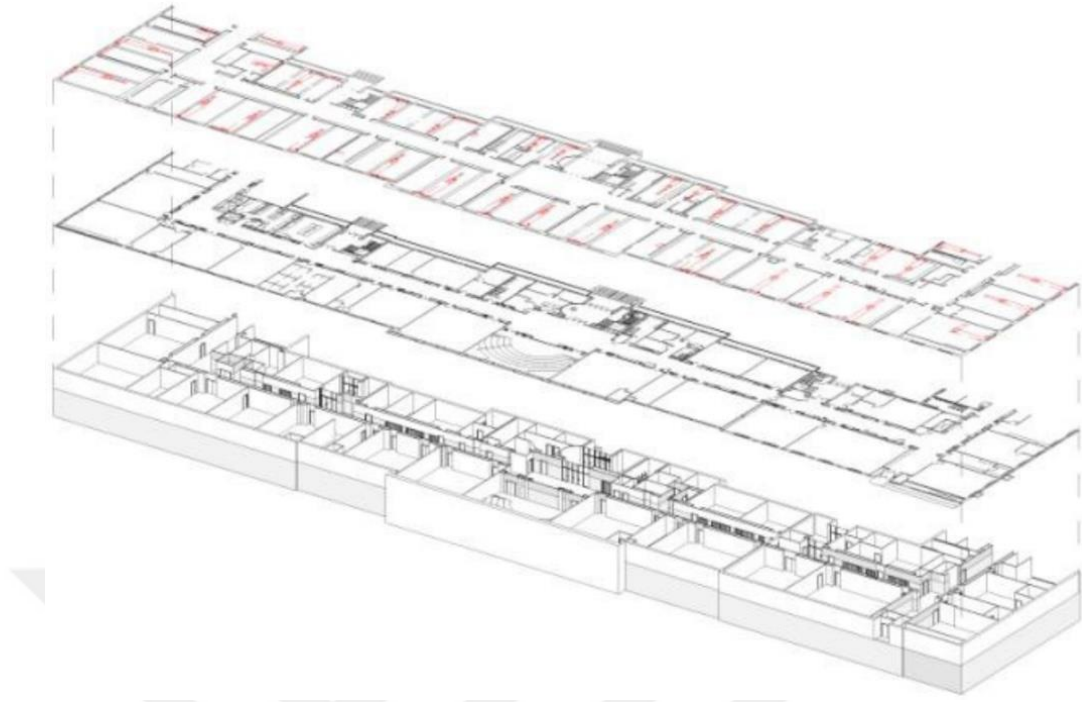
4.2.3.4. Ryerson Üniversitesi Kerr Hall East, Toronto - Kanada

Kerr Hall East, Ryerson Üniversitesi'nde 11.187m²'lik bir akademik binadır. %38'i laboratuvar, %20sınıflar ve %10'unda ofisler bulunmaktadır. 1962'den beri yirmiden fazla kısmi tadilatın geçmiştir (görsel 4.42) (Suresh Kumar & McArthur, 2015). Ryerson Üniversitesi Kerr Hall East mevcut binasına için bir pilot proje uygulanmıştır. Bu proje için BIM'de bir sürdürülebilir operasyon modeli oluşturulmuştur (McArthur, 2015).



Görsel 4.42. Kerr Hall 1962 arşiv fotoğrafı (McArthur, 2015)

Kampüs tesis yönetimi ve sürdürülebilirlik ekibi binanın kapsamlı as-built (inşa edilme) bilgilerine ayrıca her bir kampüs binası için bina değerlendirme belgeleri, bakım kayıtları, sağlık ve güvenlik, sürdürülebilirlik ve alan raporları gibi belgelemelere ihtiyaç duyulmuştur. Bunun için daha önceden kullanılan sistemler, birden fazla yazılım olmasından dolayı veri toplama, planlama ve karar verme konularında yetersiz kalmıştır. Bu ihtiyaçların aynı anda karşılanması için kampüste bir pilot çalışma olarak, sürdürülebilir operasyonlar için bir bina bilgi modeli (Şekil 4.38) geliştirilmiştir (Suresh Kumar & McArthur, 2015).

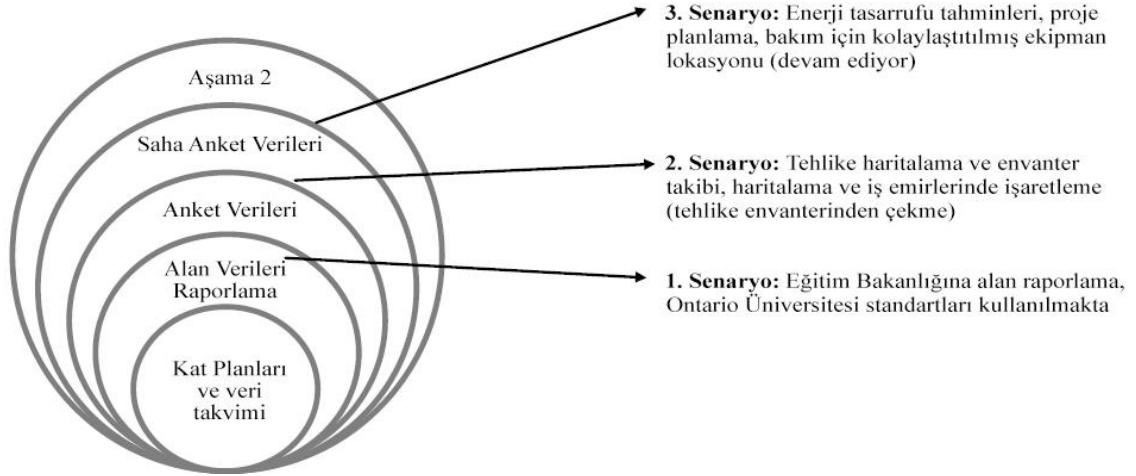


Şekil 4.38. BIM modeli (alttaki), mimari CAD çizimi (ortadaki), mekanik CAD çizimi (üstteki)
(McArthur, 2015)

Ekibin model oluşturması için orijinal çizimler veya as-built çizimleri mevcut değildir. Çeşitli geliştirmeler ve yenilemeler yapılırken sadece yapının %10 için çizimler yapılmıştır. Ellerindeki mevcut en doğru bina verileri, raporlama amacıyla alan denetimi için oluşturulan, sadece binanın temel geometrisini içeren, bir dizi CAD planıdır (McArthur, 2015). BIM çalışması, Ryerson Üniversitesi'nin mevcut bir binasının modellemesini içermektedir. Bu bina 50 yıldan uzun süredir inşa edilmiş ve işletildiği için, BIM geliştirmeleri yeni tasarım unsurları içermemektedir (Suresh Kumar & McArthur, 2015). Bunun yerine model ile;

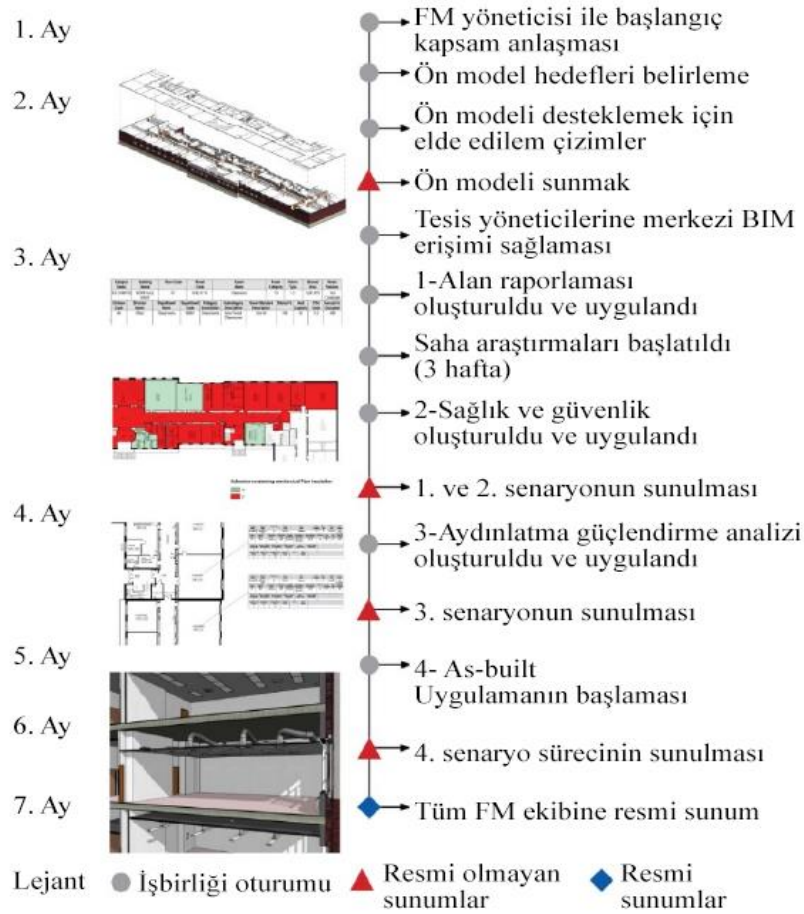
- Yeni kullanım durumlarının tanımlanması, uygulanması, değerlendirilmesi;
- Binanın iyileştirilmesi;
- Bileşenin ayrıntı düzeyinin artırılması sağlanmıştır (Suresh Kumar & McArthur, 2015).

Bina bilgi modeli, Revit programı kullanılarak oluşturulmuştur. Ana geometrinin CAD planları kullanılarak, model oluşturma metodolojisi kullanılmıştır. Sürecin devamında kullanım durumları ve veri alanları ile genişletilmiştir (şekil 4.39). Oluşturulan model, FM sistemleri ve mevcut veriler ile doldurulmuştur (McArthur, 2015).



Şekil 4.39. Birinci fazdaki model geliştirme süreci (McArthur, 2015)

İş birliği toplantılarını, resmi olmayan sunumları ve BIM'in resmi incelemelerini gösteren zaman çizelgesi şekil 4.40'ta gösterilmiştir. Her bir kullanım durumu için gerekli veri ve bilgilerin elde edilmesi için gereken kapsamlı saha çalışmaları paydaş koordinasyonu nedeniyle ortalama bir ay sürmüştür. (Suresh Kumar & McArthur, 2015).



Şekil 4.40. Çalışmanın zaman çizelgesi (Suresh Kumar & McArthur, 2015)

Plandaki verileri doğrulamak, önemli alan bilgilerini toplamak ve mekanik-elektrik elemanlarının odadaki konumunu ve miktarlarının geometrik olarak modellenmesi için bir saha araştırması yapılmıştır. Bu model gelecekte tam ekipman ve sistem verilerini barındıracaktır (McArthur, 2015). Çalışılan model için üç kullanım durumu belirlenmiştir. Bunlar;

- Alan raporlaması,
- Enerji yönetimi (LED aydınlatma güçlendirme fizibilite çalışması),
- Tehlike haritalamasıdır (McArthur, 2015).

Bu modeldeki ilk çalışma oluşturulduktan sonra, BIM için faydalı kullanım durumlarını tanımlamak ve öncelik sırasına koymak için tesis yönetimi ve sürdürülebilir organizasyon personelleri bir toplantı gerçekleştirmiş ve güncellemişlerdir (Suresh Kumar & McArthur, 2015). Gelişim sürecinde model;

- Basitleştirilmiş geometri ile ön çalışmada yapılan 3B modelin geliştirilmesi
- Raporlamaya izin verilmesi için nitelik ve alanları içeren mahal ve kullanımı hakkında merkezi alan yönetim sistemi oluşturulması
- Süreç içerisinde verileri toplama
- Anket çalışmaları sonucunda sağlık ve güvenlik verilerinin elde edilmesi
- Sürdürülebilirlik planlaması – aydınlatma armatürlerinin miktarları ve BIM ile potansiyel enerji tasarruflarının hesaplanması (şekil 4.41)
- As-built modelin (gizli elemanlar hariç) oluşturulması sağlanmıştır (Suresh Kumar & McArthur, 2015)

Lighting Savings Schedule											
Building Name	Level	Name	Number	1 Tube	2 Tube	4 Tube	Total T8 Tubes	LED tube lamps	Occupied Hrs / yr	Demand Savings (W)	kWh/yr savings
KERR HALL EAST	01	CORRIDOR	KHE-01-CORR	0	29	0	58		8400	87	730.8
KERR HALL EAST	01	ENG. & RESEARCH SUPPORT FACILITIES	KHE-0116	22	0	0	22		1800	66	118.8
KERR HALL EAST	01	AERO STUDENTS	KHE-0116-A	4	0	0	4		1800	12	21.6
KERR HALL EAST	01	OFFICE	KHE-0116-B	4	0	0	4		1800	12	21.6
KERR HALL EAST	01	OFFICE	KHE-0116-C	2	0	0	2		1800	6	10.8

Şekil 4.41. Aydınlatma güçlendirme-tasarruf planlaması (McArthur, 2015)

Tasarımcılar ve proje yönetimi ekibi, BIM'i bu proje için en yüksek seviyede (7B) kullanmak istemiştir (http-19). Vaka çalışmasında açıklanan yaklaşımlara (şekil 4.42) dayanarak model oluşturulmuştur. Bu süreç, temel modele yönelik ilk veri toplama ve analizi adımı ile başlamaktadır (McArthur, 2015).



Şekil 4.42. 7B BIM Geliştirme Çerçevesi (McArthur, 2015)

Bu çerçeve modeli bina operasyon ekiplerinin değişen ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde uyarlama esnekliği sağlamaktadır (McArthur, 2015). Bu çalışma yönetim ekibi içindeki ve harici taraflar arasındaki iletişimin geliştirilmesine ve verimliliğin artırılmasında fayda sağlamıştır.

İşletme -bakım aşamasında BIM kullanılan pilot projeler incelendiğinde, mevcut işletme sistemlerinin uzun süreç gerektiği ve farklı programların ayrı ayrı kullanılması gerektiği anlaşılmıştır. BIM ile tek model üzerinden bilgilere ulaşılabilirlik olmak, zamandan tasarrufu ve doğru bilgiye ulaşmayı sağlamaktadır. Fakat araştırmalara göre BIM sistemini kullanabilecek personele ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da işletme aşamasında bina bilgi modelinin kullanımının olumsuz bir yönü olduğunu göstermektedir.

4.3. Mimari Tasarımda BIM ve Etkilerinin Analizi

Tez çalışması kapsamında, mimari tasarım aşamasında BIM kullanımı, yapım sürecinde BIM kullanımı ve yapım sonrası aşamalarda BIM kullanımı araştırılmıştır. Mimari tasarımda BIM tabanlı programların kullanılması, tasarım sürecini kısaltmakla birlikte mimarların birçok tasarım seçeneğini oluşturmalarına yardımcı olmaktadır. Proje tasarımı yapılırken aynı anda plan, kesit, görünüş ve 3B modelin dokümantasyonu yapılmaktadır. Aynı zamanda görselleştirmeyi sağlayan mimari model, iş verenlerin projeyi daha kolay algılamasını sağlamaktadır. İnşaat başlamadan önce model üzerinden yapılan analizler ve çakışma tespitleri ile inşaat aşamasında karşılaşıldığı takdirde büyük sorunlar çıkarabilecek olayları, erkenden çözüme ulaştırmayı sağlayıp ekstra maliyetten kurtarmaktadır.

Yapım sürecinde ise BIM modeli, imalat ve prefabrikasyon için büyük avantajlar sağlamaktadır. Geleneksel süreçte hazırlanması zor olan, kompleks yapıların imalat detayları, bina bilgi modeli ile otomatik oluşmaktadır. İnşaat sürecinde bulut tabanlı veri sistemlerine ve mobil uygulamalara depolanan bilgiler sayesinde şantiye mimar ve mühendisleri iş akışını kolaylıkla takip edebilmektedir. Mimari tasarım sürecinde

projelendirme BIM tabanlı olmasa bile, inşaat detaylandırma için model oluşturulup bilgi girdileri modele gömülebilmektedir.

Yapım sonrası süreçte ise bakım ve işletme aşaması bulunmaktadır. İşletme modeli tüm bina bilgilerini içermelidir. Tüm verileri içeren model binanın dijital bir ikizidir. Bina yaşam döngüsü boyunca karşılaşılabilecek işletme ve bakım ile ilgili sorunlar, modelin verilere sahip olması ile çözüme kavuşturulabilmektedir.

Tez kapsamında, her süreç projelerle örneklendirilmiştir. Örnek projeler için, farklı ölçek, farklı işlevlerde yapılar seçilmiş ve incelenmiştir. İncelenen projeler göstermiştir ki, mimari tasarım aşamasında, ölçek ve yapının fonksiyonu fark etmeksizin BIM tabanlı programlar kullanılabilmektedir. Fakat küçük ölçekli projeler için disiplinler arası çalışmaların çok yaygın olmadığı ve inşaat aşamasında geleneksel yöntemlerin daha kolay ve daha az maliyetli olduğu görülmektedir. Büyük ölçekli projeler için ise BIM kullanılmaya tasarımdan başlanması sonraki süreçlerin doğruluğu açısından büyük avantaj sağlamaktadır. BIM, amorf yapıların tasarımında parametrik tasarım araçları ile entegre çalışarak geleneksel mimari tasarım sürecinde yapılması çok zor olan binaların tasarımında da kolaylık sağlamaktadır. Mimari tasarımda görselleştirme aracı olarak ta kullanılan BIM tabanlı programlardan render alınabildiği bilinmektedir. Fakat örnek projelerde sunum amaçlı alınan renderların başka programlar üzerinden alındığı görülmüştür. Böylece BIM programlarının görselleştirmede zayıf kaldığı anlaşılmaktadır.

Yapım aşamasında, inşaat detaylandırma için BIM kullanılan projeler ise en iyi BIM kullanımının inşaat aşamasında olduğunu göstermiştir. Büyük ölçekli yapılarda, proje ekipleri fazladır ve kullanılan programların sayısı da doğru orantılı olarak artmaktadır. Bu, disiplinlerarası çalışma prensibinin bu aşamada en etkili olduğunu ve BIM'in proje entegrasyonunun güçlü olduğunu göstermektedir. Ayrıca örneklerden, büyük ölçekli projelerin yapımını kolaylaştıran BIM'in, kalifiye eleman (BIM eğitimi almış, kullanabilen) gerektirmesi ile BIM'in 'insan' bileşeninin yapım-uygulama aşamasında etkili olduğu anlaşılmaktadır. İnşaat aşamasında modele, detaylı bilgilerin yüklenmesi, işletme-bakım aşaması için modelin hazırlanmasını kolaylaştırmaktadır. Böylece yeni binalarda FM modeli inşaat sürecinde çoğunlukla hazırdır. Yeni projelerin yanı sıra mevcut yapılar için de işletme-bakım modeli hazırlanabilmektedir. Fakat mevcut yapılar için bilgileri toplamak ve model oluşturmak ve bilgileri modele entegre etmek daha zor olabilmektedir. Fakat tek modelde bütün bilgilerin birleştirilmesi tesis yönetimi ekibi için büyük kolaylık sağlamaktadır.

Tablo 4.2. BIM Kullanılan Örneklerin Genel İncelemesi (Karaoğlu,2020)

PROJELER	Tasarım Aşaması	İnşaat Aşaması	FM Aşaması	Kullanılan Programlar	Kaç boyutlu model
Villa Patio	●			Archicad-Photoshop InDesign-Cinema 4D	3D
Irina Viner-Usmanova Ritmik Jimnastik Merkezi	●	●		Archicad-NavisWorks-3dsMax-Solibri Rhinoceros-Crasshopper-Tekla Revit Structure&MEP-Allplan Engineering	3D-4D-5D-7D
Barclays Center	●	●		Revit-CATIA-Rhinoceros Tekla Structure	3D-4D-5D-7D
Fondation Louis Vuitton Binası	●	●	●	Digital Project-SketchUp-Autocad-Bocad Tekla Structure-SolidWorks-Solibri Rhinoceros-Grasshopper	3D-4D-5D
Yeni NATO Karargahı		●	●		3D-4D-5D-7D
Abu Dabi Havaalanı Midfield Terminali		●	●	Bentley Navigator-Building Designer ProjectWise-Inroads-MicroStation	3D-4D-5D-7D
Aquarium Hilton Garden Inn		●		Archicad-Graphisoft Constructor-NavisWorks Autocad-Graphisoft Change Manager	3D-4D
Mapletree Business City II	●	●	●	Revit-NavisWorks-A360	3D-4D-5D-6D-7D
Northumbria Üniversitesi Kampüsü			●	Revit-Autocad	3D-7D
Howard Hughes Medical Institute			●	Revit	3D-7D
Alicante Üniversitesi Eğitim Fakültesi			●	Revit	3D-7D
Ryerson University Kerr Hall East			●	Revit-Autocad	3D-7D

Çalışma göstermiştir ki; Villa Patio örneği, sadece mimari tasarım aşamasında BIM kullanılan bir projedir. Mimari ekip, proje konseptini kısa sürede tasarlamış, farklı tasarımlar arasında seçim yapabirmiştir. Plan çizimleri yapılırken modelin oluşabilmesi projeyi daha iyi anlatmaya yardımcı olmuştur. Mimarlar kendi aralarında aynı model üzerinde çalışıp süreci hızlandırmıştır. Mimari sürecin klasik CAD yöntemi ile yapılmaması, ayrı ayrı proje çizimlerini oluşturma iş gücünden kurtarmış, görselleştirmeyi de sürece dahil etmiştir. Fakat farklı disiplinlerin model üzerinde çalışmaması, yapılacak herhangi bir değişimde mimarların tekrar projeyi değiştirmesini gerektirmektedir. Aynı zamanda inşaat süreci de geleneksel yolda ilerlemiştir. Yani sadece tasarım sürecinde BIM kullanılması, mimari projenin tasarımını kolaylaştırmakla birlikte BIM'in esas avantajlarından yararlanılmadığı göstermektedir.

Yapım aşaması ile birlikte BIM'e geçilen örneklerde ise detay tasarım bina bilgi modeli ile yapılmaktadır. 2B çizimlerden 3B modelin oluşturulması ve bilgilerin modele entegre edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden tasarım aşamasından sonra modelin oluşturulması iş gücünü arttırmaktadır. Aynı durum, yapım sonrasında aşamalarda da geçerlidir. Mevcut FM aşamasını değiştirmek için öncelikle 3B bir bina bilgi modeli oluşturulmalı ve işletme verilerinin bu modele aktarılması gerekmektedir.

Yapı yaşam döngüsü boyunca BIM'in kullanıldığı örneklerde ise karmaşık yapıların fiziksel modelleri oluşturulmuştur. BIM, koordinasyonu sağlamış ve iş birliğini en yüksek seviyeye çıkarmıştır. BIM'in tasarımda kullanılmasıyla imalat çizimlerinin de oluşturulması kolaylaşmış böylece inşaat sırasında, imalat çizimleri için vakitten tasarruf sağlanmıştır. Karmaşık yapılardaki malzemelerin üretimi geleneksel yollarla çok zor ve zaman alıcıdır. Ayrıca Fondation Louis Vuitton sergi binası örneğinde dış kabuğun benzersiz parçalarının imalatı geleneksel yöntemle imkansız olsa da BIM ile uygulanabilir olduğu görülmüştür.

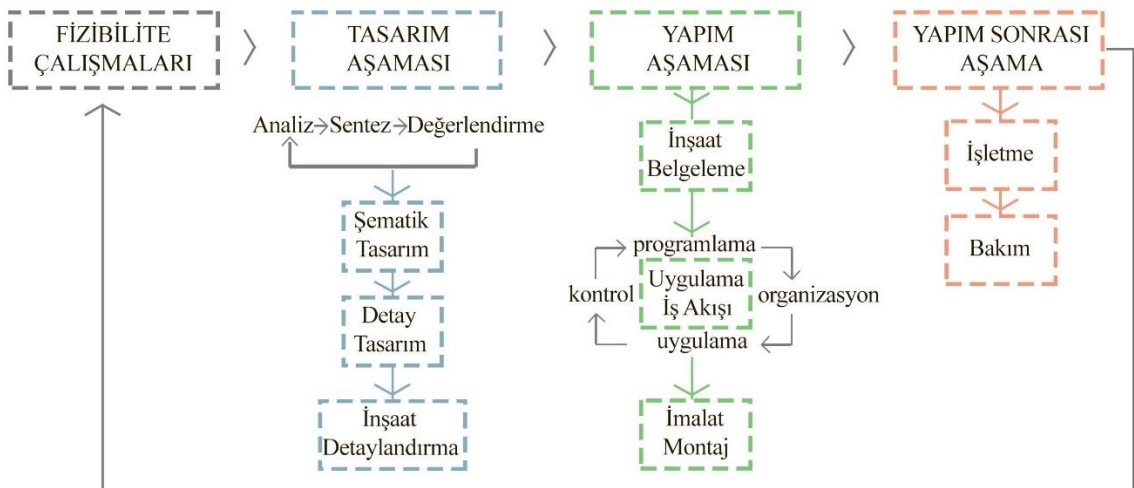
Bu bilgilerin ışığında BIM'in CAD'e karşı sağladığı avantajlar tablo 4.3'te gösterilmektedir.

Tablo 4.3. CAD-BIM Karşılaştırılması (Karaoğlu,2020)

	Takım Çalışması	Disiplinlerarası Çalışma	Proje Süreci	2B Belgeleme	Online - eş zamanlı çalışma	Çakışma Tespiti	Maliyet Hesabı	Enerji Analizi	Tesis Yönetimi
CAD	yok	doğrudan yok	yavaş	var	destek yazılım ile	yok	manuel	ayrı	yok
BIM	var	var	hızlı	var	var	var	otomatik	birlikte	var

BIM, projelerin daha iyi anlaşılmasını sağlayan, verimliliği artıran iyi bir işbirliği platformudur. Ayrı aşamalardan ziyade, tüm yapı yaşam döngüsü boyunca BIM kullanımı ile projelerin daha etkin sonuçlandığı anlaşılmıştır.

BIM süreci, bir döngü olarak tamamlanmaktadır. Aynı zamanda BIM ihtiyaç dahilinde sadece tasarımda, sadece yapımda veya sadece işletme aşamalarında da kullanılabilir. Yapının yaşam döngüsü boyunca sürece dahil olmayan BIM uygulamaları her ne kadar CAD sistemlerine göre avantaj sağlasa da etkin bir kullanım sağlamamaktadır. Bu doğrultuda etkin BIM kullanım süreci şekil 4.43'te gösterilmektedir.



Şekil 4.43. Etkin BIM Kullanım Süreci (Karaoğlu, 2020)

BIM kullanım sürecinin etkin olabilmesi için analiz-sentez-değerlendirme adımları dahil avam proje, uygulama projesi, proje detaylandırma gibi tüm aşamalar atlanmadan ilerlenmelidir. Yapım aşamasında ise BIM tabanlı programların birincil ürünü inşaat belgeleme süreci ile başlamaktadır. Uygulama süreci iş akışının belirlenmesi ile devam edilmektedir. İş akış şeması uygulama aşamasının en önemli aracıdır. Her inşaat sürecinin bir iş akış ve süreç yönetimi vardır fakat BIM ile bu süreç yönetimi çok daha hızlı ve verimli ilerlemektedir. İş akış şeması programlama, organizasyon, uygulama ve kontrol aşamalarının bir döngü üzerinde ilerlemesiyle belirlenmektedir. Daha sonra ise modelden alınan veriler ile ürünlerin imalatı ve montajı gerçekleştirilmektedir. İnşaatı sonlanan yapılar için işletme aşaması başlamaktadır. Her BIM projesi işletme aşamasında kullanılmamaktadır. Fakat mevcut yapılar da modellenerek işletme ve bakım sürecine dahil olabilmektedir.

Yapı yaşam döngüsü boyunca tüm süreç detaylı bir şekilde BIM tabanlı programlar ile sürdürüldüğü takdirde, proje süreci etkin ve verimli bir şekilde tamamlanmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnşaat sektörü sürekli değişen ve gelişen bir döngüdedir. Bina bilgi modellemesi (BIM), son zamanlarda daha popüler olmuş, yapıma katkıda bulunan bir teknolojidir. BIM, bir projenin yaşam döngüsü boyunca, paydaşların iş birliği ile çalışmasını sağlayan bir sistemdir. Projenin başından sonuna kadar etkili bir şekilde kullanılabildiği gibi, belirli amaçlar doğrultusunda da kullanımı vardır. Bina bilgi modeli sadece üç boyutlu bir model değil aynı zamanda yapının tüm verilerine sahip bir dijital ikizdir.

BIM tabanlı programlar, plan çizimini yaparken aynı zamanda kesit, görünüş ve 3B modelin oluşmasını sağlamaktadır. Böylece iş yükünü hafifletmekte ve yanlış yapma riskini ortadan kaldırmaktadır. Aynı zamanda, projede herhangi bir değişiklik yapılacağı zaman birinin değiştirilmesi ile bütün model güncellenmektedir. Bu da zamandan tasarrufu sağlamaktadır.

Ayrıca BIM tabanlı programlar, mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC) endüstrisi paydaşları aynı model üzerinden, bulut veri sistemi veya entegre edilmiş uzantılı dosyalar ile çalışabilmektedir. BIM geleneksel tasarım sürecini tamamen değiştirmektedir ve disiplinlerarası iş birliğini güçlendirilmektedir. BIM, sadece üç boyutlu bir model değil aynı zamanda planlamayı, maliyet hesabını, sürdürülebilirliği ve yapı işletmesini de kapsayan bir süreçtir ve proje yaşam döngüsü boyunca, BIM tabanlı programların kullanımı, yapımda birçok avantaj sağlamaktadır.

Tez kapsamında gerçekleştirilen literatür araştırmaları, mimari tasarımda, yapımda ve yapım sonrasında BIM kullanılan örneklerin incelenmesi ile varılmak istenen nokta, BIM'in farklı aşamalarda kullanımının ve süreç boyunca kullanımının etkilerini araştırmaktır.

BIM'in her aşamada sağladığı avantajlar incelenmiştir ve bu araştırma sonucunda; BIM, bir süreç boyunca her aşamanın birbirini takibi ile projenin başlangıcından sonuna kadar kullanıldığı, aynı zamanda yapı yaşam döngüsünün farklı aşamalarında ayrı ayrı da kullanılabildiği anlaşılmıştır.

Ayrı süreçlerde BIM tabanlı programların kullanımı geleneksel CAD sürecinin daha kolay bir yoludur fakat BIM'in ana avantajlarını tamamiyle sağlamadığı görülmüştür. BIM'in, tasarımdan başlanarak sırasıyla yapım aşamaları ve yapım sonrası bakım-işletme aşamalarında kullanılabilmesi için projeye katılacak her paydaşın BIM tabanlı programları veya BIM'e entegre edilebilen programları kullanabilmesi

gerekmektedir. Disiplinlerarası kullanımın kolaylaşması, entegre veri değişim formatları ve bulut veri sistemleri sayesinde gerçekleşmektedir.

Yaşam döngüsü boyunca en etkili BIM kullanım süreci yapım aşamasıdır. Fakat yapım aşamasının düzgün ilerleyebilmesi için 3B modelin, doğru ve eksiksiz oluşturulması gerekmektedir. Aslında doğru ve etkili bir yapım sürecinin oluşması için BIM tabanlı programların yaşam döngüsünün en başından itibaren kullanılması, bilgilerin eksiksiz modele entegre edilmesi gerekmektedir. Böylece tüm yaşam döngüsü bir banda dönüşerek aynı model üzerinden tüm aşamalar geliştirilip inşaat süreci kolaylaştırılmaktadır. Böylece işletme-bakım aşamasına geçen yapıya tüm verilerin mevcut olduğu bir işletme modeli geliştirilmektedir.

Her aşama için ayrı ayrı BIM modelinin oluşturulması yerine tüm süreçte BIM'in kullanılmasının, disiplinlerarası çalışma prensibi ile verimliliği arttırdığı, zaman ve maliyet tasarrufu sağladığı anlaşılmıştır.

Tez, proje aşamalarında BIM kullanılan süreçleri örnek projeler üzerinden araştırmış, her aşamada BIM'in sunduğu avantajları ortaya koymuştur. Sonucunda, tüm sürecin BIM tabanlı programlar ile sürdürülmesinin, profesyonellerin iş gücünü hafiflettiği, yapım sürecini hızlandırdığı ve disiplinlerarası çalışmayı kolaylaştırdığı anlaşılmıştır. İnşaat sektörü için büyük bir kolaylık sağlayan bina bilgi modellemesinin, projelerde kullanımının teşvik edilmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu çalışma sonucunda, farklı disiplinlerde BIM kullanıcılarının bilgi ve deneyimlerinden yararlanılarak projelerde BIM süreçleri araştırılabilir. Bu bilgiler ışığında,

- Kullanıcıların her aşamada BIM kullanımını tercih etmeleri için program geliştirilmesine girdi yaratılabilir.

- Çıkarılan veriler, BIM'e geçiş sürecindeki zaman kayıplarından çekinen sektör çalışanları için BIM'le üretimde kazanılacak zamanla ilgili kıyaslama verileri verip, geçişi tercih edilebilir kılabilir.

- Farklı disiplinlerin, farklı deneyimlerine ulaşmak, programın interdisipliner çalışma performansının iyileştirilmesine yardımcı olabilir.

Covid-19 nedeniyle online çalışma sürecine geçtiğimiz bu zorlu günlerde dijitalleşmenin önemi anlaşılmıştır. Bilişim tabanlı yazılımların mimarlık alanında katkı sağlayacak yönleri çoktur ve bu teknolojilerden etkin yararlanılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Afsari, K. (2012). *Building Information Modelling in Concept Design Stage*. Master Thesis. Manchester: University of Salford Manchester, Master of Science in Digital Architectural Design.
- Agarwal, R., Chandrasekaran, S., & Sridhar , M. (2016). Imagining Construction's Digital Future. *McKinsey & Company*.
<https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future> (Erişim tarihi: 12.03.2020)
- AIA. (2013). *AIA Document G202™-2013, Project Building Information Modeling Protocol Form*. American Institute of Architects.
- An Association for All IT Architects. (2018). What is Information Modeling? *IASA Global*. <https://iasaglobal.org/itabok/capability-descriptions/information-modeling/> (Erişim tarihi: 20.10.2019)
- Assar, A. (2017). ASSAR ARCHITECTS: <https://www.assar.com/en/projects/nato-hq> (Erişim tarihi:26.09.2019)
- Autodesk. (2018). *Autodesk Inc.* Autodesk Inc Web sitesi: <https://www.autodesk.com/solutions/bim> (Erişim tarihi: 25.10.2019)
- Azhar, S. (2011). Building Information Modeling (BIM) : Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry. *Leadership and Management in Engineering*, 241-252.
- Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (2012). Building Information Modeling (BIM): Now and Beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 15-28.
- Bachman, M. (2009). BIM's Effect on Design Culture. *DesignIntelligence*. https://www.di.net/articles/bims_effect_on_design_culture/ (Erişim tarihi: 09.03.2019)
- BAM Alliance. (2018). Construction of the new NATO headquarters in Brussels. *New NATO Headquarters*. <https://www.bam.com/sites/default/files/domain->

606/documents/new_nato_hq-606-1488818782939980153.pdf (Erişim tarihi: 25.09.2019)

Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N., & Calis, G. (2012). Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management. *Journal of Construction Engineering and Management* ,138.

Bentley. (2015). CCC Enhances ROI on Midfield Terminal Project at Abu Dhabi Airport Using BIM-driven Approach. *Direct Industry*.
<https://pdf.directindustry.com/pdf/bentley-systems-europe-bv/ccc-enhances-roi-midfield-terminal-project-abu-dhabi-airport-using-bim-driven-approach/28711-595817.html> (Erişim tarihi: 15.05.2020)

BIMFORUM. (2015). Level Of Development Specification. *BIMFORUM*. <https://bim-international.com/wp-content/uploads/2016/03/LOD-Specification-2015.pdf> (Erişim tarihi: 12.08.2019)

BIMFORUM. (2019). Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary- For Building Information Models. *BIMFORUM*. <https://bimforum.org/LOD/> (Erişim tarihi:12.08.2019).

BIMSOFT. (2018). BIMSOFT Yazılım Teknolojileri A.Ş. *BIMSOFT Yazılım Teknolojileri A.Ş.* <https://bimsoft.com.tr/bim-nedir/> (Erişim tarihi: 03.05.2019)

Bloomberg, M., Burney, D., & Resnick, D. (2012). *BIM Guidelines*. New York: NY City Department of Design + Construction Press.

BSI. (2019). What is BIM? (Building Information Modelling). *bsi*. <https://www.bsigroup.com/en-GB/Building-Information-Modelling-BIM/> (Erişim tarihi:25.03.2019)

Busson, A. (2015). BIM-driven Approach Enhances ROI on Midfield Terminal at Abu Dhabi Airport. *Informed Infrastructure-The magazine for civil & structural engineers*. <https://informedinfrastructure.com/12971/bim-driven-approach-enhances-roi-on-midfield-terminal-at-abu-dhabi-airport/> (Erişim tarihi: 16.05.2020)

- Committee, T. B. (2013). *Singapore BIM Guide-Version 2*. Singapore: Building and Construction Authority.
- Czmoch, I., & Pekala, A. (2014). Traditional Design versus BIM based Design. *Elsevier*, 210-215.
- Dallasega, P., Marengo, E., Nutt, W., Rescic, L., Matt, D., & Rauch, E. (2015). Design of a Framework for Supporting the Execution-Management of Small and Medium sized Projects in the AEC-industry. *4th International Workshop on Design in Civil and Environmental Engineering*. Taipei, Taiwan.
- Eastman, C. (1974). *An outline of the Building Description System*. Pittsburgh: Carnegie-Mellon University Institute of Physical Planning.
- Eastman, C. M. (1975). The Use of Computers Instead of Drawings in Building. *Journal of the American Institute of Architects*, 46–50.
- El-Absi, I. (2017a). Case study: Midfield Terminal Building (Abu Dhabi) – part 1. *Zigurat*. <https://www.e-zigurat.com/blog/en/midfield-terminal-building-part-1/> (Erişim tarihi: 10.05.2020)
- El-Absi, I. (2017b). Case study: Midfield Terminal Building (Abu Dhabi) – part 2. *Zigurat*. <https://www.e-zigurat.com/blog/en/midfield-terminal-building-part-2/> (Erişim tarihi: 17.05.2020)
- El-Absi, I. (2017c). Case study: Midfield Terminal Building (Abu Dhabi) – Part 3. *Zigurat*. <https://www.e-zigurat.com/blog/en/midfield-terminal-building-part-3/> (Erişim tarihi: 16.05.2020)
- El-Absi, I., & Al-Mahaidi, R. (2016). Midfield Terminal, Abu Dhabi Airport - BIM Beyond 2.0. *Lake Constance 5D Conference*, Constance.
- Empler, T. (2018). Representation in Architecture as Idea , Physical Model , 3D Modeling , BIM. D. D’Uva içinde, *Handbook of Research on Form and Morphogenesis in Modern Architectural Contexts* (s. 94). IGI Global Press.
- Ernstrom, B., Hanson, D., Hill, D., Jarboe, J., Kenig, M., Nies, D., . . . Webster, T. (2005). *The Contractors' Guide to BIM- Edition I*. Arlington VA: The Associated General Contractors of America.

- Ertaş, A., & Jones, J. C. (1996). *The Engineering Design Process, 2nd Edition*. New York: Wiley.
- Fontan , E. (2016). From Concept to BIM: Villa Patio in Bandung Case Study. *Enzyme*. www.weareenzyme.com/from-concept-to-bim-villa-patio-in-bandung-case-study/# (Erişim tarihi: 22.04.2020)
- Galiano-Garrigos, A., & Andujar-Montoya, M. (2018). Building Information Modelling in Operations of Maintenance at The University of Alicante. *International Journal of Sustainable Development & Planning*, 13, 1-11.
- Garber, R. (2014). R. Garber içinde, *BIM Design: Realising the Creative Potential of Building Information Modelling*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- Goubau, T. (2018). A History of BIM. *APROPLAN*. <https://www.aproplan.com/blog/construction-collaboration/a-history-of-bim> (Erişim tarihi: 06.05.2019)
- Graphisoft. (2016). From Concept to BIM. *Graphisoft*. <https://www.graphisoft.com/users/bim-case-studies/enzyme-villa-patio-case-study.html> (Erişim tarihi: 26.03.2020)
- Graphisoft. (2018). Irina Viner-USmanova Rhythmic Gymnastics Center in the Luzhniki Complex, Moscow. *Graphisoft a Nemetschek Company*. <https://www.graphisoft.com/users/bim-case-studies/crg-cpu-pride.html> (Erişim tarihi: 29.03.2020)
- Green, E. (2016). BIM 101: What is Building Information Modeling?. *Engineering*. <https://www.engineering.com/BIM/ArticleID/11436/BIM-101-What-is-Building-Information-Modeling.aspx> (Erişim tarihi: 20.01.2019)
- Himes, M., & Steed, B. (2008). Aquarium Hilton Garden Inn Atlant. *BIM Case Study*. <https://www.yumpu.com/en/document/view/47002204/aquarium-hilton-garden-inn-atlanta-ga-bim-resources-georgia-> (Erişim tarihi: 23.04.2020)
- Hochtief-Vicon. (2019). https://www.hochtief-vicon.com/vicon_en/BIM-world/Five-components-of-BIM-43.jhtml (Erişim tarihi: 12.04.2019)
- Jones, J. (2012). Barclays Center Delivered Using BIM. *Civil Engineering*, 14-17.

- Kassem, M. (2015). BIM in facilities management applications: a case study of a large university complex. *Built Environmet Project and Asset Management*, 5 (3), 261-277.
- Krygiel, E., & Nies, B. (2008). *Green BIM: Successful Sustainable Design With Building Information Modeling*. Hoboken: Wiley.
- Lane, R. (2017). Working toward a unified approach to BIM in Europe. *National BIM Report 2017-NBS*, 30-31.
- Liu, Y., van Nederveen, S., & Hertogh, M. (2017). Understanding effects of BIM on collaborative design and construction: An empirical study in China. *International Journal of Project Management* 35, 686-698.
- McArthur, J. (2015). A building information management (BIM) framework and supporting case study for existing building operations, maintenance and sustainability. *International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction* (s. 1104-1111). Toronto: Elsevier.
- Messner, J., Anumba, C., Dubler, C., Goodman, S., Kasprzak, C., Kreider, R., . . . Zikic, N. (2019). *BIM Project Execution Planning Guide - Version 2.2*. ABD: Penn State University.
- Middlebrooks, R. E. (2008). Sustainable Design Through BIM and Analysis. *HPAC Engineering*, 32.
- Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., & Ustinovichius, L. (2013). The Benefits , Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation. *11th International Conference on Modern Building Materials , Structures and Techniques , MBMST 2013* (s. 768). Elsevier Ltd.
- Mühendisk. (2018). CAD ve CAM ne anlama gelir? *Mühendis Depolama Alanı*. <https://muhendisk.com/etiket/cam/> (Erişim tarihi: 28.03.2019)
- NBIMS. (2015). *National BIM Standard-United States*. National Institute of Building Sciences: <https://nationalbimstandard.org/> (Erişim tarihi: 28.03.2019)

- Oy, O., & Henttinen, T. (2012). *Common BIM Requirements Series 3 Architectural Design V.1.0*. Helsinki, Finlandiya: COBIM. <https://buildingsmart.fi/en/common-bim-requirements-2012/> (Erişim tarihi: 07.11.2019)
- Özorhon, B. (2018). *Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)*. İstanbul: Abaküs Kitap Yayın.
- Prota Yazılım. (2019). BIM Nedir? *Prota*. <https://www.protayazilim.com/bim-nedir> (Erişim tarihi: 13.04.2019)
- Quirk, V. (2012). A Brief History of BIM. *ArchDaily*. <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim> (Erişim tarihi: 28.03.2018)
- Reed, W., & Gordon, E. (2000). Integrated design and building process: what research and methodologies are needed? *Building Research & Information* , 28, 325-337.
- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook, A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors and Facility Managers 3rd Edition*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Silver, P., & McLean, W. (2014). *Introduction to Architectural Technology, 2nd Edition*. (Çev:T. S. Tağmat) İstanbul: YEM Yayın (Yapı Endüstri Merkezi Yayınları).
- Smith, R. (2010). *Prefab Architecture: A Guide to Modular Design and Construction*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- SOM. (2017). Nato Headquarters. *Skidmore, Owings & Merrill LLP*. https://www.som.com/projects/nato_headquarters (Erişim tarihi: 18.08.2019)
- Sørensen, N. L., Frandsen, A. K., & Øien, T. B. (2015). Architectural competitions and BIM. *8th Nordic Conference on Construction Economics and Organization*. Copenhagen: Elsevier.
- State of Queensland, D. o. (2017). *Guideline Building Information Modelling (BIM) for Transport and Main Roads*. Queensland.
- Suresh Kumar, S., & McArthur, J. (2015). Streamlining Building Information Model. L. Mahdjoubi, C. Brebbia, & R. Laing içinde, *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations* (s. 229-240). WIT Press.

- Sutherland, I. E. (1963). *Sketchpad, A Man-Machine Graphical Communication System*. Massachusetts: Massachusetts Institute Of Technology.
- Suwa, M., Gero, J., & Purcell, T. (2006). *The Roles of Sketches in Early Conceptual Design Processes*. Master Thesis. Sydney: University of Sydney, Key Centre of Design Computing Department of Architectural and Design Science.
- Troshina, M. (2018). *On the crest of a wave*. Archi.ru . <https://archi.ru/russia/77465/nagrebne-volny> (Erişim tarihi: 19.04.2020)
- Underwood, J., & Işıkdağ, Ü. (2010). *Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies*. IGI Global Press.
- United BIM. (2019). Everything to Know About Level of Development. *United BIM* <https://www.united-bim.com/bim-modeling-services/bim-level-of-development-lod/> (Erişim tarihi: 12.09.2019)
- Wang, G., Philip, M., & McKinley, M. (2017). BIM for Facilities Management: Providing Value at the Howard Hughes Medical Institute. *Journal of The National Institute of Building Science*, 10-14.
- Witt, A. (2012). Paris Museum Proves that BIM Really Can Be a Team Sport. *Journal of Building Information Modeling*, 13-15.

İNTERNET KAYNAKLARI

- http-1,
<https://history-computer.com/ModernComputer/Software/Sketchpad.html> (Erişim tarihi: 28.03.2019)
- http-2, Hochtief Vicon
https://www.hochtief-vicon.com/vicon_en/BIM-world/Five-components-of-BIM-43.jhtml (Erişim tarihi: 04.12.2019)
- http-3, Srinsoft
<https://www.srinsofttech.com/bim-level-of-development-lod-300-400-500.html> (Erişim tarihi: 09.10.2019)
- http-4, TeslaCAD
<https://www.teslacad.co.uk/blog/bim-level-of-detail-lod-get-ideas-of-each-stage-of-a-bim-modeling-process/> (Erişim tarihi: 21.03.2020)
- http-5, Biblus,
<http://biblus.accasoftware.com/es/plataforma-colaborativa-bim-que-caracteristicas-deberia-tener-y-que-ventajas-ofrece/#> (Erişim tarihi: 10.03.2020)
- http-6, BIMCommunity
<https://www.bimcommunity.com/news/load/1228/why-should-you-choose-bim-for-better-construction-projects> (Erişim tarihi: 21.03.2020)
- http-7, Autodesk
<https://a360.autodesk.com/features/index.html> (Erişim tarihi: 14.05.2020)
- http-8, BIMCommunity
<https://www.bimcommunity.com/news/load/1229/5-benefits-of-point-cloud-to-bim-transformation> (Erişim tarihi: 13.05.2020)
- http- 9,
<https://en.wikiarquitectura.com/building/barclays-center/> (Erişim tarihi: 18.05.2020)
- http-10, Archdaily
https://www.archdaily.com/900593/barclays-center-shop-architects/5b7cbfdaf197cc6ef2000349-barclays-center-shop-architects-photo?next_project=no (Erişim tarihi: 18.05.2020)

http-11, Archdaily
<https://www.archdaily.com/900593/barclays-center-shop-architects> (Erişim tarihi:
17.05.2020)

http-12, Archello
<https://archello.com/project/foundation-louis-vuitton-museum> (Erişim tarihi:
20.05.2020)

http-13,
<https://www.theb1m.com/video/expanding-abu-dhabi-international-airport-with-bim> (Erişim tarihi: 16.05.2020)

http-14, Bentley
<https://www.bentley.com/en/project-profiles/consolidated-contractors-company-tcajv-midfield-terminal-building-abu-dhabi-international-airport> (Erişim
tarihi: 17.05.2020)

http-15,
<https://www.moodiedavittreport.com/adac-names-preferred-bidder-for-new-midfield-terminal-construction/> (Erişim tarihi: 16.05.2020)

http-16, Landezine
<https://landezine-award.com/mapletree-business-city-ii/> (Erişim tarihi:
20.05.2020)

http-17, Barcol-Air
<https://www.barcol-air.nl/en/project/mbc-II> (Erişim tarihi: 21.05.2020)

http-18, I Am Architect
<https://iamarchitect.sg/project/mapletree-business-city-ii/>

http – 19, IndiaCADworks
<https://www.indiacadworks.com/blog/bim-implementation-progressing-from-bim-3d-to-7d/> (Erişim tarihi: 19.05.2020)

ÖZGEÇMİŞ

ORCID NO: 0000-0002-2228-9461

Adı Soyadı : Gizem KARAOĞLU
Yabancı Dil : İngilizce
Doğum Yeri ve Yılı : Isparta / 1994
E-posta : gizemmkkaraoglu@gmail.com

Eğitim Bilgileri:

2017-2020

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık ABD, Bina Bilgisi Bilim Dalı,

2012-2017,

Maltepe Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık (İng) Bölümü (Lisans)

2014-2017,

Maltepe Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü (Yandal)

Mesleki Geçmişi:

2020-Halen, Mimar, LIA Mimarlık-Eskişehir

2018-2020, Freelence Mimar

2019, Yönetim Kurulu Üyesi, Mimarlar Odası Eskişehir Şubesi Eğitim Mesleki ve Bilimsel Çalışma Kurulu

2018, Mimar, Risk Kentsel Dönüşüm Merkezi-Isparta

Yayınları veya Bilimsel Faaliyetleri:

Karaoğlu, G. (2018). Kullanıcı Katılımı ile Sosyal Konut Projeleri Kent Uyarlamaları. *İstanbul I. Konut Kurultayı*, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi s.192-193.