

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPI BİLGİ MODELLEME (BIM) SİSTEMİNİN MİMARLIK
EĞİTİMİ İLE BÜTÜNLEŞTİRİLME YÖNTEMLERİNİN
ARAŞTIRILMASI: YAPI BİLGİSİ ALANI

SELDA TOKLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

GEBZE
2022

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPI BİLGİ MODELLEME (BIM)
SİSTEMİNİN MİMARLIK EĞİTİMİ İLE
BÜTÜNLEŞTİRİLME YÖNTEMLERİNİN
ARAŞTIRILMASI: YAPI BİLGİSİ ALANI

SELDA TOKLU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DR. ÖĞR. ÜYESİ SEHER GÜZELÇOBAN MAYUK

GEBZE

2022

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**INVESTIGATION OF METHODS OF
INTEGRATING BUILDING INFORMATION
MODELING (BIM) WITH ARCHITECTURE
EDUCATION: BUILDING SCIENCE FIELD**

SELDA TOKLU
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE

THESIS SUPERVISOR
ASSIST. PROF. DR. SEHER GÜZELÇOBAN MAYUK

GEBZE
2022

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU
----------------------------------	--------------------------------------

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 23/ 12 /2021 tarih ve 2021/60 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 03/01/2022 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Selda TOKLU'nun tez çalışması MİMARLIK Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Dr. Öğr. Üyesi Seher GÜZELÇOBAN MAYUK

ÜYE

: Prof. Dr. Elif Özlem AYDIN

ÜYE

: Prof. Dr. M. Birgül ÇOLAKOĞLU

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Yapı Bilgi Modelleme (Building Information Modelling -BIM) sistemi Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat (Architecture, Engineering and Construction-AEC) sektöründeki önemli gelişmelerden biridir. BIM; yapının tüm yaşam döngüsünde kullanılabilen ve inşaat sektörüne zaman, maliyet ve kalite gibi çeşitli açılardan olumlu katkıları olan bir sistemdir. Bu nedenle, dünyada BIM kullanımının AEC sektöründe arttığı görülmektedir. Türkiye’de de 2013 yılından bu yana sistemin kullanımında artış vardır.

Yapılan çalışmalarda, BIM sistemi yetkin seviyede bilen teknik personel yetersizliği, ortak çalışılan diğer firmalarda BIM kullanılmaması, ulusal standartların olmayışı ve yasal zorunlulukların olmayışı gibi çeşitli nedenlerin Türkiye’de BIM kullanımının yaygınlaşmasındaki engeller olduğu aktarılmaktadır. BIM sistemini kullanan meslek gruplarında mimarların üst seviyelerde yer alması, uzman teknik personel eksikliğinin giderilmesi konusunda mimarlık okullarının önemli rolü olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, yapılacak tez çalışmasıyla BIM sisteminin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilme yöntemlerinin araştırılması amaçlanmaktadır. Çalışma mimarlık eğitiminin yapı bilgisi alanı ile sınırlandırılmıştır. Çalışmanın Türkiye’deki mimarlık okullarının yapı bilgisi eğitimlerinin BIM sistemi ile bütünleştirilmesi konusunu gözden geçirmelerinde katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Yöntem olarak, öncelikle dünyada BIM sistemi kullanan mimarlık okulları ve bu okullarda uygulanan BIM eğitim yöntemleri araştırılmıştır. Okulların seçiminde, özellikle BIM sisteminin zorunlu olduğu ülkelerden yola çıkılmıştır. Buna ek olarak çalışmanın bir diğer aşamasında; Türkiye’deki mimarlık okullarında uygulanan müfredatlardan yola çıkılarak BIM eğitim yöntemleri araştırılmıştır. Edinilen verilerin karşılaştırılmasıyla, sistemin bütünleştirilmesinde ortaya çıkabilecek olumlu ve olumsuz bulgular değerlendirilmiştir. Son olarak, BIM sisteminin Türkiye’deki mimarlık eğitiminde yapı bilgisi alanı ile bütünleştirilme yöntemleri üzerine önerilere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapı Bilgi Modelleme (YBM), Mimarlık Eğitimi Uygulamaları, Mimarlık Eğitimi ile BIM’in Bütünleştirilmesi, Yapı Bilgisi Alanında BIM, BIM’in Bütünleştirilmesinde Türkiye’nin Bir Yol Haritası.

SUMMARY

The Building Information Modeling (BIM) system is one of the important developments in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) sector. BIM is a system that can be used in the entire life cycle of the building and has positive contributions to the construction industry in various aspects such as time, cost and quality. Therefore, it is seen that the use of BIM in the world is increasing in the AEC sector. Turkey has an increase in the use of this system since 2013.

In the studies, BIM proficient level in knowing inadequate technical personnel, BIM used in collaborative other companies, lack of national standards and reasons such as lack of legal obligation is transferred as obstacles in expanding the use of BIM in Turkey. The fact that architects are at higher levels in professional groups that use the BIM system shows that architecture schools play an important role in eliminating the lack of expert technical personnel. For this reason, it is aimed to investigate the methods of integrating the BIM system with architectural education with the thesis to be made. The study is limited to the building knowledge area of architectural education. The integration of building information with BIM training schools of architecture in Turkey is thought to contribute to the study of the subject in the review.

As a method, firstly, architecture schools in the world using BIM system and BIM education methods applied in these schools were investigated. In the selection of schools, especially from the countries where the BIM system is mandatory. In addition, at another stage of the study; Based on the curricula applied in architecture schools in Turkey, BIM education methods have been researched. By comparing the obtained data, the positive and negative findings that may arise in the integration of the system were evaluated. Finally, suggestions are given on the methods of integrating the BIM system with the field of building knowledge in architectural education in Turkey.

Key Words: Building Information Modeling (BIM), Architecture Education Practices, Integration of BIM with the Architecture Education, BIM in Building Science Field, a Road Map of BIM in Turkey.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimimde ve akademik hayatımda desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyip bilgisi ile bu çalışmanın oluşmasının yolunu açan danışmanım Dr. Seher GÜZELÇOBAN MAYUK'a, bilgisini paylaşmaktan hiçbir zaman çekinmeyen Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU'na,

Bütün çalışmam boyunca yanımda olan, her zaman desteklerini hissettiğim sevgili annem Hanım KARABAĞ'a ve babam Ahmet KARABAĞ'a, kardeşlerim Onur, Eylem, Ali Ekber ve Elif'e,

Ve tez yazma sürecimde en büyük destekçim olan sevgili eşim Ergün TOKLU'ya ve varlığı ile en büyük gücü aldığım, tezimin bitmesini heyecanla bekleyen sevgili oğlum Mete TOKLU'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Sorunun Belirlenmesi	1
1.2. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	4
2. BIM SİSTEMİ VE KAVRAMLARI	7
2.1. BIM Kavramları	8
2.1.1. BIM'in (nD) Boyutları	8
2.1.2. Gelişim Düzeyi (LOD/Level of Development)	10
2.1.3. Ortak Veri Ortamı (Common Data Environment-CDE)	14
2.1.4. Birlikte Çalışılabilirlik IFC (Industry Foundation Classes)	15
2.1.5. Geleneksel Çalışma Yöntemi (CAD/Computer Aided Design)	16
ile BIM Karşılaştırması	
2.1.6. BIM Çalışma Sistemi Önündeki Engeller	19
2.1.7. BIM Çalışma Sisteminin Olumlu Yönleri	22
2.2. Yapı Sektöründe BIM Sistemi	24
2.2.1. Dünyada BIM Sistemi	24
2.2.2. Türkiye'de BIM Sistemi	31
2.3. Yükseköğretimde BIM Sistemi	37
3. BIM SİSTEMİNİN MİMARLIK EĞİTİMİ İLE BÜTÜNLEŞTİRİLME	40
YÖNTEMLERİ: YAPI BİLGİSİ ALANI	
3.1. Mimarlık Eğitiminde BIM Sistemi	40
3.1.1. Mimarlık Eğitiminin Genel Özellikleri	42
3.1.2. Mimarlık Eğitiminin Yapı Bilgisi Alanı	46
3.1.3. Mimarlık ve Yapı Bilgisi Alanı Eğitimlerinin Dönüşümü	47

3.2. Dünyada Mimarlık Eğitiminde BIM Sistemi Öğrenimi	52
3.2.1. Mimarlık Okullarında BIM Sistemi Öğrenimi	55
3.2.1.1. Georgia Teknoloji Enstitüsü (GATECH)	56
3.2.1.2. Salford Üniversitesi	64
3.2.1.3. Texas A&M Üniversitesi (TAMU)	68
3.2.1.4. Texas Teknik Üniversitesi (TTU)	73
3.2.2. BIM Öğreniminde Diğer Yöntemler	79
3.2.2.1. Okul Sonrası Profesyonel İş Ortamında Öğrenim	80
3.2.2.2. Kurslarda Öğrenim	81
3.2.3. Yapı bilgisi alanında BIM Eğitim	84
3.3. Türkiye’de Mimarlık Eğitiminde BIM Sistemi Öğrenim	88
3.3.1. Mimarlık Okullarında BIM Sistemi Öğrenimi	89
3.3.1.1. İstanbul Teknik Üniversitesi (Devlet)	90
3.3.1.2. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (Devlet)	97
3.3.1.3. Karadeniz Teknik Üniversitesi (Devlet)	99
3.3.1.4. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi (Devlet)	101
3.3.1.5. Ortadoğu Teknik Üniversitesi (Devlet)	104
3.3.1.6. Yıldız Teknik Üniversitesi (Devlet)	110
3.3.1.7. İstanbul Kültür Üniversitesi (Vakıf)	114
3.3.1.8. İstanbul Medipol Üniversitesi (Vakıf)	117
3.3.1.9. İzmir Ekonomi Üniversitesi (Vakıf)	120
3.3.2. BIM Öğreniminde Diğer Yöntemler	122
3.3.2.1. Okul Sonrası Profesyonel İş Ortamında Öğrenim	123
3.3.2.2. Kurslarda Öğrenim	124
3.3.3. Türkiye’de İncelenen Üniversitelerdeki İnsan Kaynakları	127
3.3.4. Yapı Bilgisi Alanında BIM Eğitimi	128
4. DEĞERLENDİRME, SONUÇ VE ÖNERİLER	134
KAYNAKLAR	145
ÖZGEÇMİŞ	155
EKLER	156

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u> <u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ACE	: İnşaatla Mükemmellik İttifakı (Alliance for Construction Excellence)
AEC	: Architecture, Engineering and Construction
AIA	: Amerikan Mimarlar Enstitüsü (American Institute of Architects)
AKTS	: Avrupa Kredi Transfer Sistemi
AR	: Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)
ARB	: Birleşik Krallık Mimarlar Tescil Kurulu (Architects' Registration Board)
ARCUK	: Birleşik Krallık'taki Mimarlar Kayıt Konseyi (Architects' Registration Council of the United Kingdom)
ARE	: Mimarlık Yetki Sınavı (Architectural Registration Exam)
AXP	: Mimari Deneyim Programı (Architectural Experience Program)
BA	: Bachelor of Architecture
BAF	: BIM Academic Forum
BIM	: Building Information Modelling
BREEAM	: Bina Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Yöntemi (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)
BS1192	: İngiliz Standartları (British Standards 1192)
BSc	: Bachelor of Science Architecture
BUYEM	: Boğaziçi Üniversitesi Yaşamboyu Eğitim Merkezi
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design)
CAM	: Bilgisayar Destekli Üretim (Computer Aided Manufacture)
CDE	: Ortak Veri Ortamı (Common Data Environment)
CE	: İnşaat Mühendisliği (Civil Engineering)

CIAT	: Yeminli Mimari Teknologlar Enstitüsü (The Chartered Institute of Architectural Technologists)
CM	: Yapım Yönetimi (Construction Management)
CNC	: Bilgisayarlı Sayısal Kontrol (Computer Numeric Control)
CORENET	: İnşaat ve Emlak Ağı (Construction and Real Estate Network)
DBL	: Dijital Yapı Laboratuvarı (Digital Building Laboratory)
DGR	: Dijital Grafik Temsil (Digital Graphic Representation)
ENR	: Mühendislik Haber-Kayıt (Engineering News-Record)
ESOGÜSEM	: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
GATECH	: Georgia Teknoloji Enstitüsü
HVAC	: Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme (Heating, Ventilating and Air Conditioning)
IAI	: Uluslararası Birlikte Çalışabilirlik İttifakı (International Alliance Interoperability)
IFC	: Endüstri Temel Sınıfları (Industry Foundation Classes)
IPD	: Bütünleşik Proje Teslimi (Integrated Project Delivery)
ISO19650	: Uluslararası Standardizasyon Örgütü (International Organization for Standardization)
IT	: Bilgi Teknolojileri (Information Technologies)
İKÜ	: İstanbul Kültür Üniversitesi
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
İYTE	: İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
KTÜ	: Karadeniz Teknik Üniversitesi
LEED	: Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik (Leadership in Energy and Environmental Design)
MArch	: Master of Architecture
MIAK	: Mimarlık Akreditasyon Kurulu
MMI	: Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat
MOBBIG	: Mimarlık Okulları Bölüm Başkanları İletişim Grubu
MScArch	: Master of Science in Architecture
MSGSÜ	: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi
NAAB	: Ulusal Mimarlık Akreditasyon Kurulu (National Architectural Accrediting Board)

NBIMS	: Amerikan Ulusal BIM Standartları (National BIM Standards)
NBS	: Ulusal Yapı Şartnamesi (National Building Specification)
NCARP	: Mimarlık Tescil Kurulları Ulusal Konseyi (National Council of Architectural Registration Boards)
nd (3D,4D...)	: n Boyutlu
ODTÜ	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi
PAS1192	: Kamuya Açık Spesifikasyon (Publicly Available Specification)
RIBA	: Britanya Mimarları Kraliyet Enstitüsü (Royal Institute of British Architects)
SEM	: Sürekli Eğitim Merkezi
TAMU	: Texas A&M Üniversitesi
TBMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği
TTU	: Texas Teknik Üniversitesi
UIA	: Uluslararası Mimarlar Birliği (Union Internationale des Architectes)
UNESCO	: Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization)
VR	: Sanal Gerçeklik (Virtual Reality)
YBM	: Yapı Bilgi Modelleme
YÖK	: Yükseköğretim Kurulu
YTÜ	: Yıldız Teknik Üniversitesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
1.1: Verimlilik Endeksi.	1
1.2: Dijitalleşme Endeksi ile verimlilik artışı arasındaki ilişki (2005-14).	2
1.3: Birlikte çalışılabilirlik ile ilgili yetersizliklerden kaynaklanan ek maliyet.	3
1.4: Proje sürecindeki katılımcılar.	4
1.5: Tez akış şeması.	6
2.1: Proje döngüsü boyunca BIM kullanım alanları.	8
2.2: BIM modelleme boyutu.	10
2.3: BIM Forum LOD gelişim seviyeleri.	11
2.4: BIM Forum LOD gelişim seviyeleri ve tasarım aşamasına göre LOD kullanımı.	12
2.5: Veri kaynaklarının dosyalanması ve isimlendirmesi.	14
2.6: BIM ve IFC arasındaki veri paylaşımı.	15
2.7: Proje sürecinde kullanılan yazılım formatları.	16
2.8: CAD ve BIM çalışma sistemlerinin grafiksel gösterimi.	17
2.9: Tasarım sürecinde BIM ve Geleneksel Yöntem ile maliyetin zamana karşı etkisi.	18
2.10: Proje maliyetinin proje ömrü üzerindeki etkisi.	19
2.11: BIM kullanımı önündeki engeller.	20
2.12: BIM kullanımı önündeki engeller.	21
2.13: Türkiye’de BIM önündeki engeller.	22
2.14: Dünyada BIM’in uygulanması.	25
2.15: Meslek gruplarına göre BIM kullanımı oranı (2009-2012).	26
2.16: 2013-2015 yılları arasında ülkelere göre yüklenicilerin BIM uygulama oranlarının değişimi.	27
2.17: İngiltere için zorunlu BIM kullanım düzeyleri.	28
2.18: BS1192 ve PAS1192’den ISO19650 standartlarına geçiş.	29
2.19: Bilgi yönetiminde BIM Olgunluk Düzeyleri.	29
2.20: İngiltere’nin 2011-2020 yılları arasında BIM kullanım oranı.	30

2.21:	BIM kullanımı önündeki engeller.	34
2.22:	TC. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yayınlanan BIM Teknik Şartnamesi ve İhale Dökümanları.	35
2.23:	BIM ile çalışma konusundaki problemler.	36
3.1:	Tarihsel süreçte BIM eğitiminin gelişimi.	41
3.2:	a) Georgia Tech Mimarlık Okulu Hinman Araştırma Binası, b) Royal Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Okulu stüdyosu.	50
3.3:	BIM öğrenme seviyeleri, BIM dersleri ve üniversiteler.	53
3.4:	BIM Öğrenme Seviyeleri ve BIM dersleri.	54
3.5:	Design Computation doktora düzeyi programları.	61
3.6:	Yapı Bilimleri doktora programındaki analiz çalışmalarından örnekler.	62
3.7:	ARCH3352-Yapı Bilgi Modelleme (Building Information Modelling) Önkoşul Dersleri.	75
3.8:	ARCH3355-Architectural Technology IV: Atmosphere Önkoşul Dersleri.	76
3.9:	ARCH 4354-Integrative Building Modeling Önkoşul Dersleri.	76
3.10:	a) Eğitimler sonucunda alınan sertifika ARCDX, b) LinkedIn	81
3.11:	BIM Yönetimi Yüksek Lisans Programı.	83
3.12:	Altyapı Projeleri için BIM Yönetimi Yüksek Lisans Programı.	84
3.13:	2009-2021 yılları arasında BIM ile ilgili yayınlanan tezlerin oranı.	89
3.14:	ARCH351 Bina Detay Modelleme Önkoşul Dersleri.	106
3.15:	ARCH204 Mimarlıkta Dijital Medya II Önkoşul Dersleri.	106
3.16:	İstanbul Kültür Üniversitesi'nde lisansüstü düzeyde verilen BIM içerikli dersler ve özellikleri.	116
3.17:	Bütünleşik Tasarım Stüdyosu dersinin önkoşullu dersleri.	119
3.18:	BIM Eğitimlerinden bazıları.	124
4.1:	BIM sisteminin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde iş birliği yapabilecek paydaşlar.	138
4.2:	BIM sisteminin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde yer alabilecek paydaşların içerdiği alt kurum, kuruluş ve kişiler.	139

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Türkiye’de BIM ile yapılmış projeler.	32
2.2: Dünyada BIM Eğitimi.	37
2.3: ABD Üniversitelerindeki BIM dersleri.	39
3.1: MIAK akreditasyonlu Mimarlık Lisans Programları.	45
3.2: GATECH’de lisans düzeyinde BIM ile ilgili verilen dersler.	56
3.3: GATECH’de lisansüstü programlarında BIM ile ilgili dersler.	57
3.4: Salford Üniversitesinde Mimarlık bölümünde lisans düzeyinde BIM ile ilgili verilen dersler.	65
3.5: Salford Üniversitesinde Mimari Tasarım ve Teknoloji bölümünde lisans düzeyinde BIM ile ilgili verilen dersler.	65
3.6: Texas A&M Üniversitesi’nde (TAMU) lisans düzeyinde BIM ile ilgili verilen dersler.	69
3.7: TAMU’da lisansüstü programlarında BIM ile ilgili dersler.	71
3.8: Texas Teknik Üniversitesi’nde lisans düzeyinde BIM ile ilgili verilen dersler.	74
3.9: Texas Teknik Üniversitesinde lisansüstü programlar ve BIM ile ilgili dersler.	77
3.10: Dünyadaki üniversitelerde verilen BIM dersleri ve yapı bilgisi alanında verilen BIM dersleri sayısı.	87
3.11: Tez kapsamında incelenen üniversiteler, anabilim dalları, bölüm ve program düzeyleri.	90
3.12: İTÜ’de lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.	91
3.13: İTÜ’de lisansüstü düzeyde verilen BIM içerikli dersler ve özellikleri.	93
3.14: İYTE’de lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.	97
3.15: İYTE’de lisansüstü düzeyde verilen BIM içerikli dersler ve özellikleri.	98
3.16: MSGSÜ’de lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.	101
3.17: MSGSÜ’de lisansüstü düzeyde verilen BIM içerikli dersler ve özellikleri.	102
3.18: ODTÜ’de lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.	105

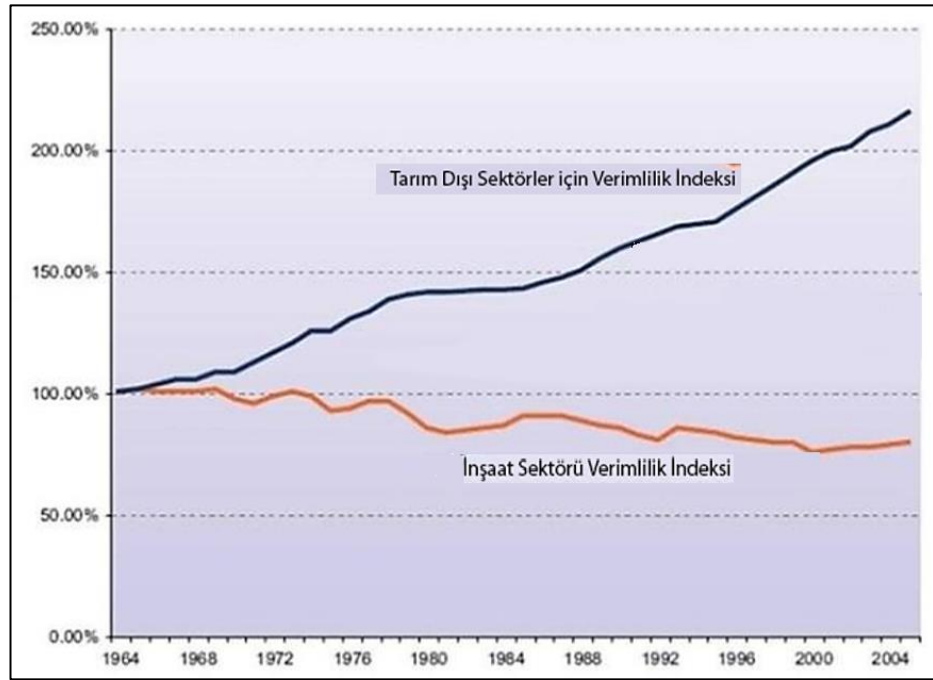
3.19:	ODTÜ’de lisansüstü düzeyde verilen BIM içerikli dersler ve özellikleri.	108
3.20:	YTÜ’de lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.	111
3.21:	YTÜ’de lisansüstü düzeyde verilen BIM içerikli dersler ve özellikleri.	112
3.22:	İKÜ’de lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.	115
3.23:	İstanbul Medipol Üniversitesi’nde lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.	118
3.24:	İzmir Ekonomi Üniversitesi’nde lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.	121
3.25:	Türkiyedeki üniversitelerin Mimarlık bölümündeki akademik kadro unvan dağılımı.	128
3.26:	Türkiye’de incelenen üniversitelerde verilen BIM içerikli dersler ve yapı bilgisi alanında verilen BIM içerikli derslerin sayısı.	132
4.1:	Tez Kapsamında İncelenen Mimarlık Okullarındaki BIM Eğitim Düzeyleri.	134
4.2:	Dünyada ve Türkiye’de BIM	137
4.3:	Dünyada ve Türkiye’de BIM’in Bütünleştirilmesine Yönelik Uygulamalar	137

1. GİRİŞ

Tez çalışmasının bu bölümünde konunun ortaya çıkışı, tezin amacı, katkısı ve içeriği aktarılmaktadır.

1.1. Sorunun Belirlenmesi

Teicholz (2004)'un ABD Ticaret Bakanlığı verileri üzerinden yaptığı, 1964-2004 yılları arasındaki sektörlerdeki verimlilik araştırması sonuçlarına göre; diğer sektörlerdeki verimliliğin %80 arttığı görülürken, İnşaat Verimlilik İndeksi (Construction Productivity Index)'nde yapı sektöründe %20 azalma görülmüştür (Şekil 1.1). Bu azalmanın sebeplerinden biri de teknolojinin en az kullanıldığı sektörün inşaat alanı olduğu düşünülmektedir [Teicholz, 2004].

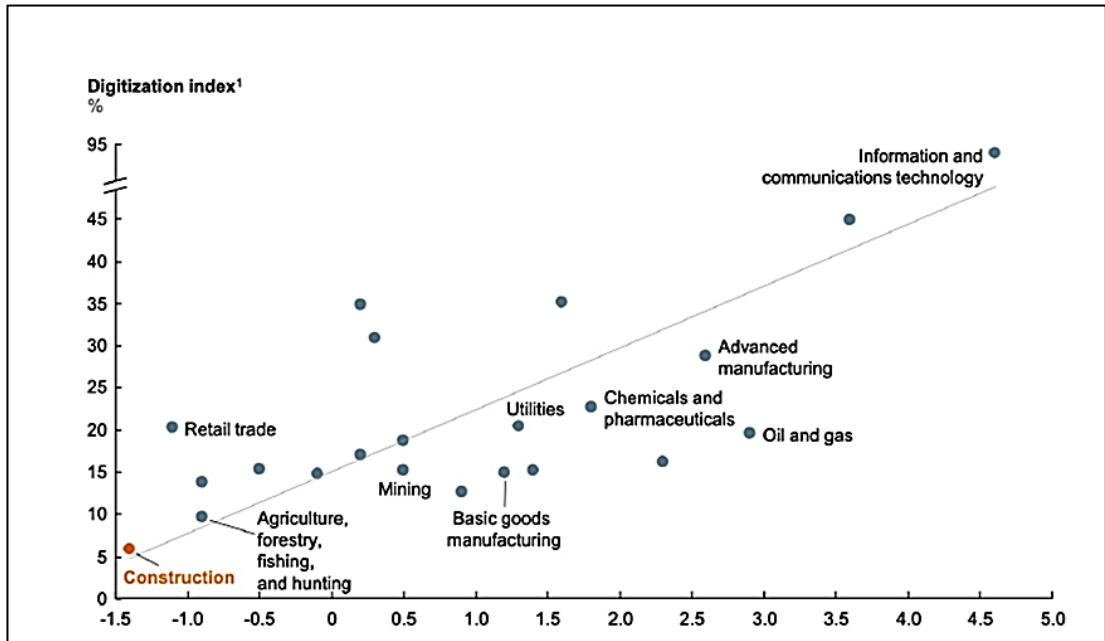


Şekil 1.1: Verimlilik Endeksi.

Yapı sektörüne bakıldığında; bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design-CAD) çalışma sisteminden BIM sistemine geçişin başlangıcı olarak düşünülebilecek 1994 yılından bugüne olumlu gelişmeler yaşansa da AEC sektöründe dijitalleşmenin yavaş olduğu görülmektedir (Şekil 1.1) [Teicholz, 2004]; [Başyazıcı,

2020]. 1990'lı yılların ortasından itibaren imalat sektöründe verimlilik neredeyse iki katına çıkarken, inşaat sektöründe verimlilik artışı gözlenmemektedir. Projelerin ölçeğinin büyümesi ile işgücüne ve daha fazla sermaye gerektiren projelerin artması ve projelerin daha kısa sürede bitirilmesi gerekliliklerinden dolayı, AEC sektöründe dijitalleşme sürecinin hızlandırılmasını ortaya çıkarmıştır.

McKinsey'in yaptığı çalışmada ise dijitalleşme konusunda tarım ve hayvancılıktan sonraki en zayıf sektörün inşaat sektörü olduğu görülmüştür. Türkiye Bilişim Vakfı, ODTÜ, Boğaziçi Üniversitesi, Accenture ve Vodafone TR iş birliğiyle gerçekleşen 2015 yılında hazırlanan Accenture Dijitalleşme Endeksi Türkiye raporuna göre de benzer bir sonuca ulaşılmıştır (Şekil 1.2) [Başyazıcı, 2020]; [Web 1].



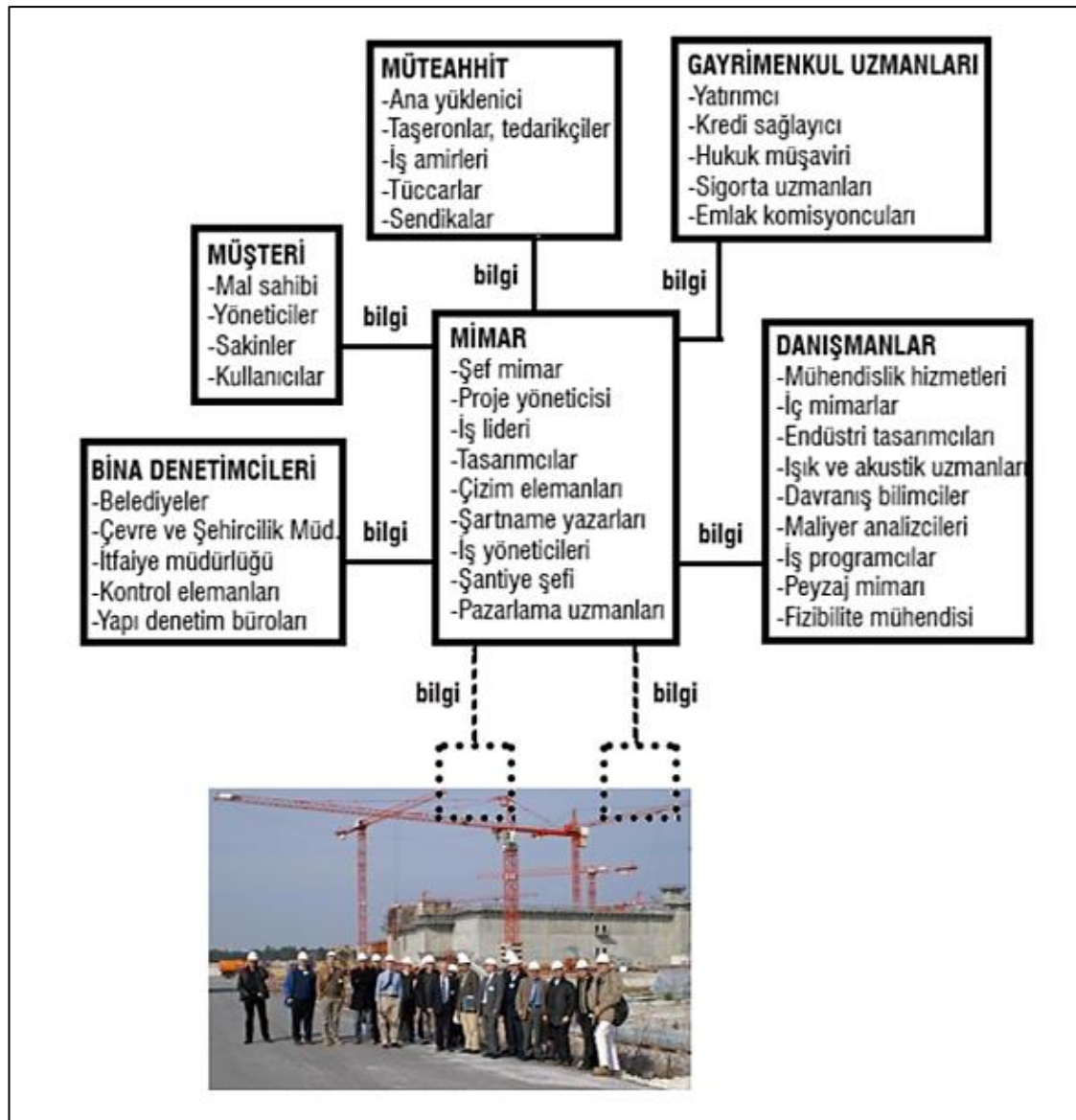
Şekil 1.2: Dijitalleşme Endeksi ile verimlilik artışı arasındaki ilişki (2005-14).

Proje ölçeğinin ve paydaşlarının artması ile projelerden elde edilen bilginin varlığı ve değeri de artmaktadır. Bu bilgiyi kaybolmadan en verimli şekilde yönetebilmek, yapı sektöründeki önemli konulardan biridir. Bu tür eksikliklerle projelerdeki verimliliğin düşmesi ve gecikmelerden dolayı proje maliyetlerinin artması söz konusu olabilmektedir (Şekil 1.3) [ABD Standart ve Teknolojiler Enstitüsü, 2002]; [Becerik-Gerber and Rice, 2010]; [Web 2].

Paydaş Grubu	Mühendislik ve Tasarım Evresi	Yapım Evresi	Bakım ve İşletim Evresi	Eklenmiş Toplam Maliyet
Mimarlar ve Mühendisler	\$1,007.2	\$147.0	\$15.7	\$1,169.8
Genel Yükleniciler	\$485.9	\$1,265.3	\$50.4	\$1801.6
Özel Yüklenici ve Tedarikçiler	\$442.4	\$1762.2	----	\$2,2204.6
Mal sahipleri ve İşletmeciler	\$722.8	\$898.0	\$9.027.2	\$10,648.0
Toplam (\$M)	\$2,658.3	\$4,072.4	\$9,093.3	\$15,824.0

Şekil 1.3: Birlikte çalışılabilirlik ile ilgili yetersizliklerden kaynaklanan ek maliyet.

Tüm bu çalışmaların sonucunda inşaat sektöründeki sorunlardan birinin de projedeki bilginin artması, artan bu bilgiyi CAD yöntemleri ile ve iki boyutlu çalışmalar ile yönetmenin zor olduğudur. AEC sektöründeki bu verimi artırmanın ve yaşanan maddi zararları azaltmanın çözümlerinden biri de dijital dönüşüm ve teknolojiye yararlanılması ve iş yapış şekillerinde değişikliklere gidilmesidir. Bu tür çözümler, sektörde BIM aracılığı ile gerçekleştirilmekte ve kullanımı da gittikçe artmaktadır [Becerik-Gerber & Rice, 2010]. Bu anlamda AEC sektöründe son yıllarda yaşanan önemli gelişmelerden biri; yapı sektöründe zaman, maliyet ve kalite yönünden verimi artıran BIM çalışma sisteminin kullanımının yaygınlaşmasıdır. Proje ölçeklerinde yaşanan büyümeler ve teknolojinin getirdiği yeniliklerle projelerdeki verilerin artması ve projelerin karmaşılaşması söz konusudur. Bu nedenlerle, proje tasarım ve yapım süreci boyunca paydaşlar arasındaki iş birliğinin önemi de artırmıştır. Proje süreçlerinde farklı farklı meslek gruplarından katılımcılar yer almaktadır. Kirk ve Spreckelmeyer'in yaptığı bir çalışmaya göre bu katılımcılar; mimar, müteahhit, müşteri, bina denetimcileri, danışmanlar, gayrimenkul uzmanları olmak üzere altı ana başlıkta gruplandırılmış 39 pozisyonda olabilmektedir (Şekil 1.4). Bu katılımcıların her biri kendi alanında bilgi üretmekte ve diğer disiplinlerle bilgi paylaşımı yapmaktadır. BIM çalışma sistemi bilginin yönetilmesinde etkin role sahiptir.

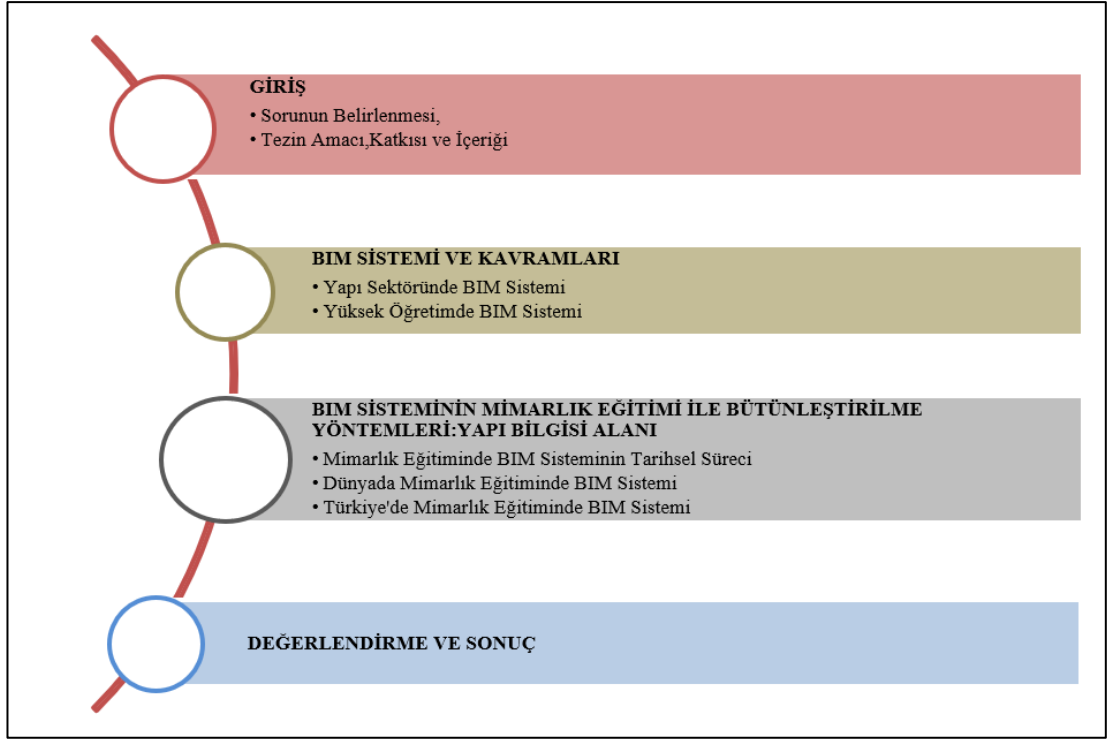


Şekil 1.4: Proje sürecindeki katılımcılar.

1.2. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Yapılan tez çalışması ile BIM çalışma sisteminin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilme yöntemlerinin dünyada ve Türkiye’de araştırılması ve Türkiye’deki mimarlık okulları müfredatlarında BIM konularına hangi şekillerde yer verilebileceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu yolla, elde edilen verilerin özellikle Covid-19 salgını sonrası hız kazanan dijitalleşme sürecinde, mimarlık eğitiminde yer alan öğrenen ve öğretenlere hem akademide hem de sektörde katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Yapı Bilgisi bilim dalı ile sınırlandırmış olan bu çalışma kapsamında, dünyadan dört ve Türkiye’den dokuz adet olmak üzere toplam 13 adet mimarlık okulu müfredatları ve okulların BIM ile ilgili diğer çalışma alanları lisans ve lisansüstü düzeylerde incelenmiştir. Okulların belirlenmesi sırasında; dünyada BIM’in zorunlu kullanımı istenen ülkelerdeki önde gelen okulların seçilmesine, Türkiye’de de gerek lisans giriş sınavlarındaki başarı puanlarına, gerekse müfredatlarında BIM konusuna yer verdiği görülen okulların incelenmesine ve yine okulların akreditasyon durumlarına dikkat edilmiştir. Türkiye’de yer alan okullardan altı adedi devlet, üç adedi vakıf üniversitelerinden seçilmiştir. Tez çalışmasında ayrıca, dünyadaki ve ‘Türkiye’deki yükseköğretim kurumları dışında BIM eğitimi konusuna da yer verilmiştir. Yapılan incelemeler sırasında, yapı bilgisi alanı ile ayrı ayrı ilişkiler kurulmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda, incelenen okulların BIM eğitimi seviyeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Şekil 1.5:de tez akış şemasında görüleceği üzere; çalışmada öncelikle inşaat sektöründeki sorunlar literatür taraması yapılarak belirlenmiş, sonrasında tezin amacı, katkısı ve içeriği konularında bilgi verilmiştir. Sonrasında BIM sistemleri ve kavramları başlığı altında; BIM’in boyutları, Gelişim Düzeyi (Level of Development-LOD), Ortak Veri Ortamı, Birlikte Çalışılabilirlik, Geleneksel Çalışma Yöntemi ile BIM karşılaştırılmasından bahsedilmiş, BIM önündeki engeller ve BIM’in olumlu yönleri konularında literatürdeki çalışmalara yer verilmiştir. Dünyada ve Türkiye’deki yapı sektöründe BIM’in yeri, kullanımı ve BIM’in kullanımı ile ilgili yapılan gerekli yasal düzenlemeler hakkında araştırmalar ile devam edilmiştir. Sonrasında tezin özgün kısmını oluşturan BIM’in mimarlık eğitimindeki yeri araştırılmış, dünyada ve Türkiye’de seçilen okullardaki mimarlık eğitimi müfredatları, ilgili okulların internet sitesindeki ders programlarından ve ders içeriklerinden ve yine literatürdeki bu konu ile ilgili vaka çalışmalarından edinilerek aktarılmıştır. Aynı bölümde, Türkiye’deki okullardaki akademik kadro araştırmasına yer verilmiş ve bulgularda mimarlık eğitim müfredatı ile ilişkisi sorgulanmıştır. Tez çalışmasının bu bölümünde ayrıca, yapı bilgisi alanındaki BIM dersleri belirlenmiş ve müfredattaki yapı bilgisi ile ilgili BIM dersleri sayısı ve oranı irdelenmiştir. Elde edilen tüm verilerin değerlendirilmesi, sonuçların aktarılması ve gelecek çalışmalara yönelik önerilerin verilmesiyle tez çalışması tamamlanmıştır.



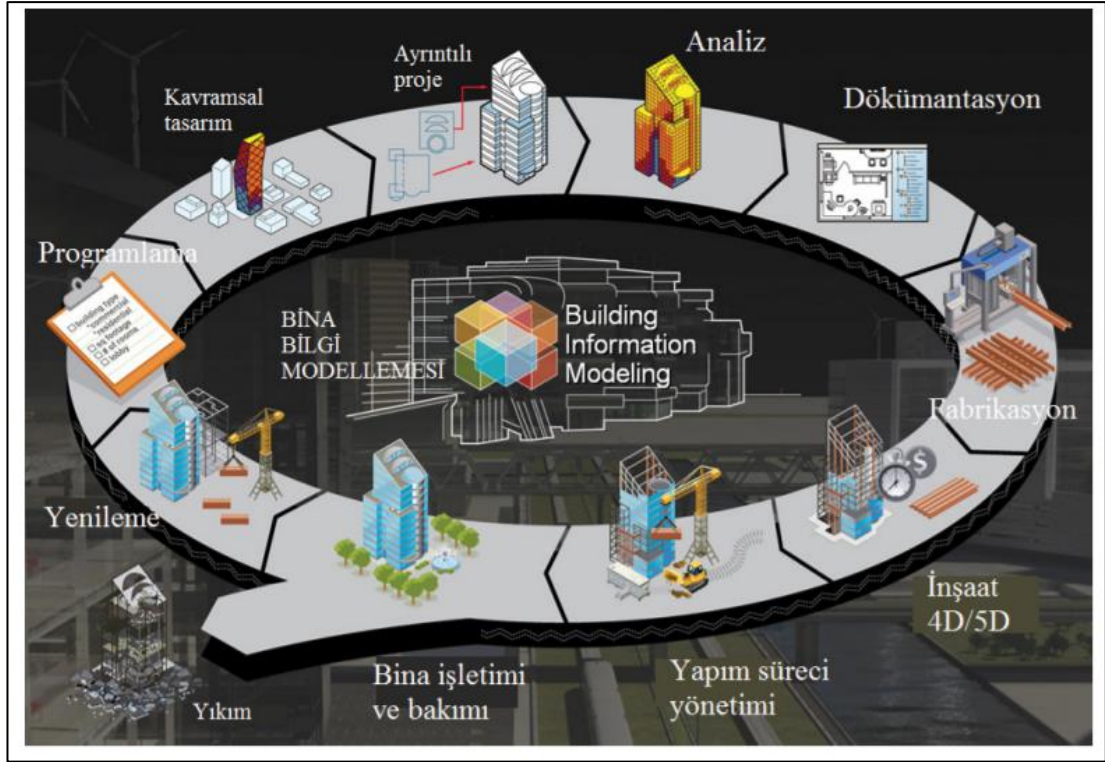
Şekil 1.5: Tez akış şeması.

2. BIM SİSTEMİ VE KAVRAMLARI

Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) ile ilgili literatürde birçok tanım bulunmaktadır. Succar (2009) BIM'i, 'ilgili yazılım uygulamalarıyla birlikte çalışabilirliği ve bilgi alışverişini kolaylaştırmak için bir binanın dijital bir temsili, nesneye yönelik üç boyutlu bir model veya proje bilgileri deposu' olarak tanımlamaktadır.

BuildingSMART (2010), Amerikan Ulusal Yapı Bilgi Modelleme Standartı (National Building Information Modeling Standards-NBIMS) 'ndan alıntılandığı gibi Komite, BIM'i Ulusal Bilgi Modeli olarak tanımlıyor. Standart Proje Komitesi, BIM'i 'bir tesisin fiziksel ve işlevsel özelliklerinin dijital bir temsili ve bir tesis hakkında bilgi için paylaşılan bir bilgi kaynağı ve yaşam döngüsü boyunca kararlar için güvenilir bir temel oluşturan; en erken kavramdan yıkıma kadar varoluş olarak tanımlanmıştır '". BIM'in başka bir tanımı, bina bilgi modellemesi kullanılarak inşaat projelerinin sermaye / teslimat aşaması için bilgi yönetimi için İngiliz Standart Kurum Şartnamesi tarafından yapılmıştır (PAS 1192-2: 2013). PAS 1192-2: 2013'e göre BIM, 'sanal nesneler hakkındaki bilgileri kullanarak bina veya tesis altyapısının tasarımı, inşası ve kullanımı süreci "olarak tanımlanmaktadır [PAS 1192-2: 2013]. BIM, parametrik modelleme ve mekânsal görselleştirme ve binanın davranışının simülasyonunun yanı sıra proje yönetiminin verimliliğini ve proje katılımcıları arasında iş birliğini artırmak için yararlı bir araçtır [Succar, 2009: 357]. BIM, şantiyeyi birbirini etkileyen birbiriyle ilişkili "unsurlar ve standartlar" birimi olarak alır [Volkov and Sukneva, 2014: 377-378; Kıvırcık, 2016]

Bu tanımlardan yola çıkılarak bir tanım yapılacak olursa; BIM, tasarlanan projenin gerekli yazılımlar ile dijital modelinin oluşturularak, projedeki verilerinin üretildiği ve bilgi paylaşımlarının gerçekleştirildiği bir çalışma biçimidir denilebilir [Eastman, 2011]. Bu çalışma sisteminde elde edilen veri yapının tasarımı, yapımı, kullanımı ve yıkımı olmak üzere tüm yaşam döngüsünde kullanılabilir ve yine dijital belgelerle ortak verinin elde edilmesiyle projedeki birçok paydaşın iş birliği yapmasına olanak sağlanabilir. Şekil 2.1'de görüldüğü üzere bu çalışma sisteminde elde edilen veri, yapı yaşam döngüsünün ilk aşaması olan kavramsal tasarımdan başlayarak oluşturulur, veriye daha fazla bilgi girilerek detaylandırılarak hem işletim ve onarım aşamasında hem de yıkım aşamasında kullanılabilir [Bahadır, 2018].



Şekil 2.1: Proje döngüsü boyunca BIM kullanım alanları.

2.1. BIM Kavramları

Bu bölüm içerisinde; BIM sistemindeki kavramlar ve çalışma sistemini daha iyi anlayabilmek için BIM'in bileşenleri hakkında bilgi verilecektir. BIM çalışma sistemi önündeki engeller ve BIM çalışma sisteminin olumlu yönleri aktarılacaktır. Dünyada ve Türkiye'de yapı sektöründe BIM kullanımı, ülkelerde BIM kullanımındaki standartlar ve zorunluluklar incelenecek ve 'Yükseköğretimde BIM Sistemi kullanımı' başlığında ise literatürde BIM ve eğitim ile ilgili kaynaklar incelenerek, dünyadaki BIM öğrenimi durumu araştırılacaktır.

2.1.1. BIM'in (nD) Boyutları

Literatürde YBM kullanımları araştırıldığında BIM çalışma sisteminin nD boyutları olduğu görülmüştür. BIM çalışma sistemi, 3D modelden 7D modele kadar tanımlanan ve gelecekte bu boyutlarının daha da gelişeceği düşünülen bir çalışma sistemidir [Ademci, 2018]. Tasarım hatalarının azalmasına ve üretkenliğin artmasına neden olan birlikte çalışabilirlik ve iş birliği düzeylerinin gelişimine göre BIM çalışma sisteminin boyutları artacaktır [Succar, 2009].

Bu sınıflandırma özetle projedeki verilerin de artması ile modelin de boyutunun artmasını ifade eder. 3D olarak ifade edilen sınıflandırmada; projenin 3 boyutlu modeli oluşturularak, projenin tasarım aşamasında müşteriye görsel olarak daha detaylı bir sunum gerçekleştirilmesine yardımcı olur.

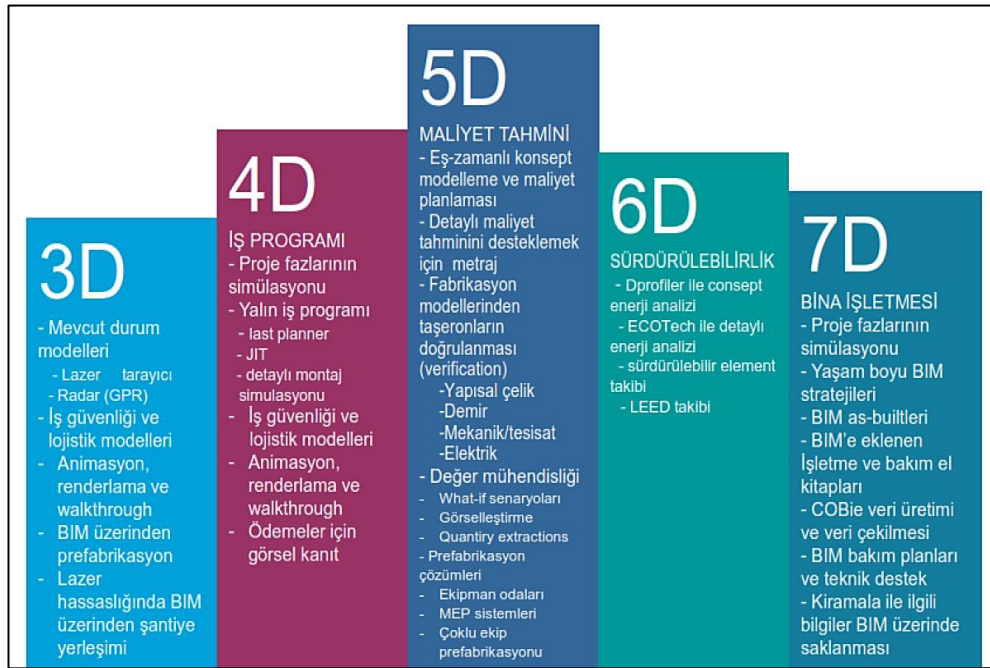
4D olarak ifade edilen sınıflandırmada; Şekil 2.2 de gösterildiği gibi modele zaman bilgileri girilir. Model ile uyumlu gerekli yazılımlar aracılığı ile (Navisworks Manage gibi) projede yapılacak işler ve süreler tanımlanarak iş programı oluşturulur. Projenin iş programı, BIM yazılımları aracılığı ile projenin yapımının süreci yapım simülasyonları yapılarak görselleştirilir. Bu simülasyonlar sayesinde, projedeki hatalar şantiye sürecinden önce fark edilerek inşaat sürecinden önce sorunların çözülmesine yardımcı olunur.

5D olarak ifade edilen sınıflandırmada; modele maliyet bilgileri de eklenerek, modeldeki tüm malzemelerin miktarları ve maliyetleri hesaplanabilir. Böylece projenin inşaat evresine geçiş yapılmadan önce, dijital model üzerinden maliyetler ve gerekli miktarlar tutarlı bir şekilde hesaplanıp israf ve atık kontrolü de sağlanmış olur.

6D olarak ifade edilen sınıflandırmada; BIM yazılımları aracılığı ile model üzerinden güneş ışığı, güneş gölge, güneş ışınlımı gibi analizler yapılabilmektedir [Ofloğlu,2016]. BIM yazılımları aracılığıyla yapının harcayacağı enerji daha doğru bir şekilde hesaplanarak, erken tasarım aşamasında model üzerinde hem mimari hem de strüktürel alternatifler üretilebilir. Bu yolla, projenin sürdürülebilir olmasına olanak sağlanır. Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik (Leadership in Energy and Environmental Design-LEED) ve Bina Araştırma Kuruluşu Çevresel Değerlendirme Yöntemi (Building Research Establishment Environmental Assessment Method-BREEAM) gibi enerji başarı sertifikalarını edinmek için BIM çalışma sistemi kullanılabilir. BIM araçlarının sürdürülebilir mimarlık alanında kullanımı ve sağladığı faydalar ile ilgili literatürde çok fazla araştırma yer almaktadır [Wu and Issa, 2015]; [Özperçin, 2016]; [Hamzakadi ve Türkdogan, 2019]; [Marta et al., 2019].

7D olarak ifade edilen sınıflandırma ise tesis yönetimi ile ilgili olup, bu aşamada yapının işletim ve bakımı için projedeki verilerin kullanıldığı, projenin tüm teknik şartnameleri, projeye ait garanti bilgileri gibi operasyonel işlerin optimize edilmesine yardım eden model oluşturulur [Ademci, 2018]. Böylece 7D BIM modeli aracılığıyla yapının işletim evresinde tasarım aşamasından bu yana oluşturulan veri toplanarak, yapının verileri tüm yaşam döngüsü boyunca kullanılabilir [Kıvırcık, 2016]; [H. Elsafadi, 2016]; [Acet, 2019].

BIM'in boyutları gelecekte 7D ile sınırlı kalmayacağı görülmekte olup; 8D BIM kavramı üzerine çalışmaların yapıldığı bilinmektedir [Ademci,2018]. İş güvenliği ve sağlık konularını içeren 8D, AEC endüstrisi profesyonelleri arasında tartışılmaktadır. Bu anlamda, Prevention through design (PtD) / 'tasarım yoluyla önleme' kavramına Kamardeen (2010)'in çalışmasında yer verilmektedir. Bahsedilen bu çalışmada şantiye alanındaki riski kontrol etmek, potansiyel tehlikeleri keşfetmek, güvenli tasarım önerileri sağlamak BIM aracılığıyla mümkün olabileceği tartışılmaktadır. Konuyla ilgili olarak günümüzde ayrıca, yapay zekâ aracılığıyla BIM iş akışındaki verilerin kullanılmasıyla iş güvenliğinin sağlanması üzerine hem endüstride hem de akademide çeşitli çalışmalar mevcuttur [Aksu,2020]; [Web 3].



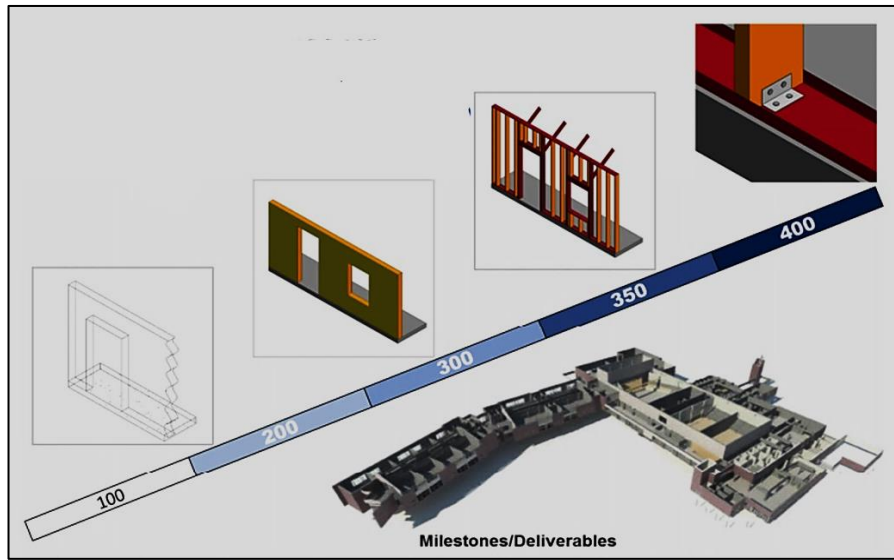
Şekil 2.2: BIM modelleme boyutu.

2.1.2. Gelişim Düzeyi (LOD/Level of Development)

BIM çalışma sistemindeki kavramlardan biri de gelişim seviyesi (Level of Development-LOD) terimidir. 2013 yılından itibaren her yıl Amerikan Mimarlar Odası (The American Institute of Architects-AIA) (2013) ve BIMForum (2015) tarafından LOD şartnamesi yayınlamakta ve sınıflandırmalar hakkında bilgiler verilmektedir. Bu tanımlamalar sayesinde, proje paydaşları arasında verilerin hangi detay seviyesinde üretileceği, hangi bilgilerin olması gerektiği tanımlanmış olur

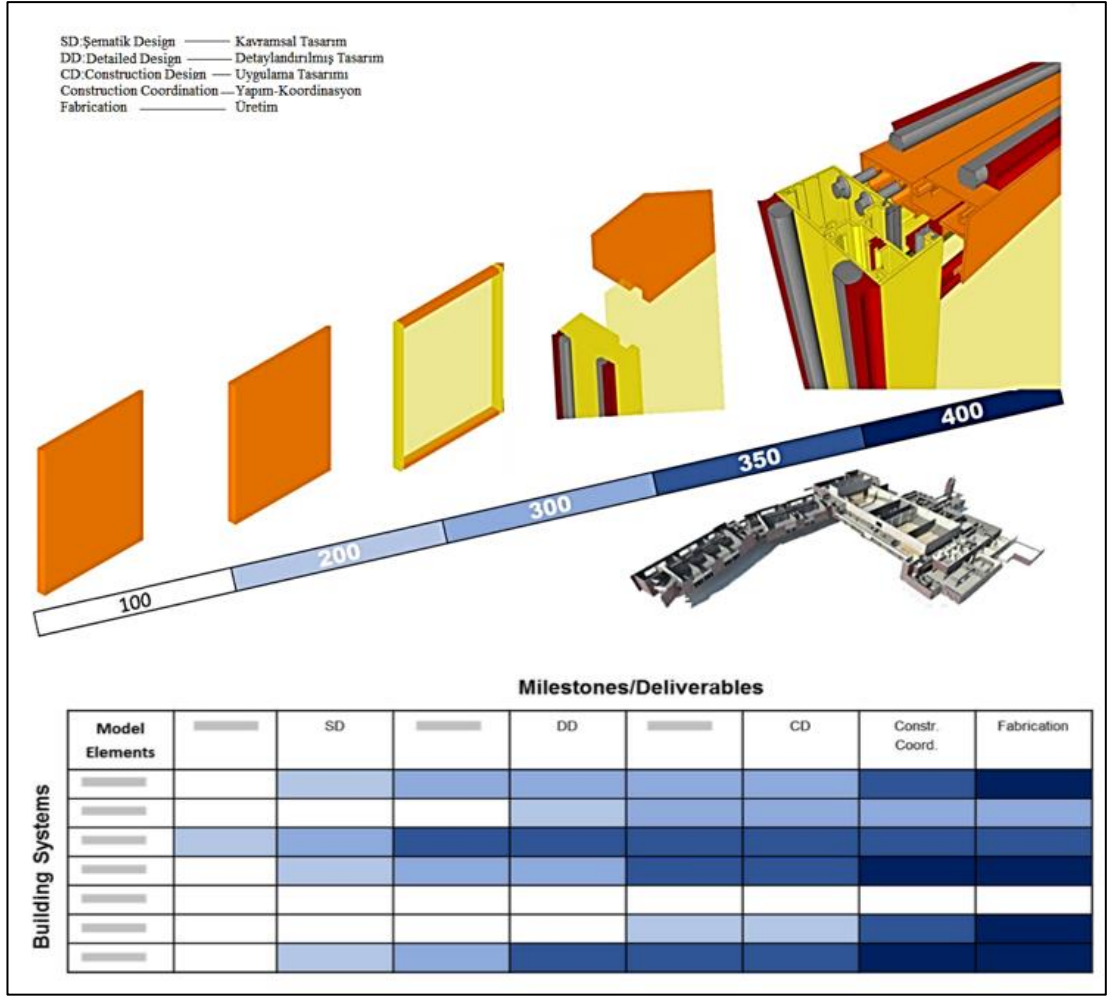
[Akkoyunlu, 2015]; [Kopuz, 2015]; [Bahadır, 2018]. Aslında standartlaşma konusu sadece BIM çalışma sisteminde değil her sektörde önemli bir konudur. Bir sistemi kullanırken o sistemin nasıl kullanılacağı ile ilgili standartların olması o sistemin düzgün ve doğru bir şekilde işleyişini de kolaylaştıracaktır. Örneğin, Türkiye’de yapılan projelerde kuzey okunun sembolü her tasarımcı tarafından farklı farklı gösterilmektedir. Projede verilen bilginin ne düzeyde olması gerektiği şartnameler ile tanımlanmadığı için her tasarımcının kendisi karar vermektedir. Bu tanımlamaların doğru yapılması sistemin de doğru çalışmasına yardımcı olmaktadır.

LOD kavramlarının da standartlaştırılması için Building Smart International’ın ABD şubesi olarak BIM alanında çalışmalar yapan ve AIA ile iş birliği yapan BIM Forum kurumu, ihtiyaçlar doğrultusunda 2018 yılında Şekil 2.3 de görüldüğü gibi LOD 400 detay seviyesine kadar tanımlama yapmıştır [BIM Forum, 2018].



Şekil 2.3: BIM Forum LOD gelişim seviyeleri.

2019 yılında ise LOD 350 ve LOD 500 detay seviyelerini eklemiştir [BIM Forum, 2019]. BIM Forum 2020 yılında ise; Şekil 2.4. de görüldüğü detay seviyelerini yayınlamıştır. LOD seviyelerinin teknik çizimler ile de ifade edildiği bu kaynak 250 sayfalık ücretsiz ve herkese açık bir kaynak olarak kullanıcılara sunulmuştur [BIM Forum, 2020].



Şekil 2.4: BIM Forum LOD gelişim seviyeleri ve tasarım aşamasına göre LOD kullanımı.

BIMFORUM (2020)'de “Temel Gelişim Düzeyleri” aşağıdaki gibi yer almaktadır.

LOD 100; kavramsal tasarım olarak tanımlanabilir. Bu detay seviyesinde; modeldeki elemanlar sembol veya grafiksel olarak ifade edilerek, o elemanın şekli, boyutu ve kesin konumu yaklaşık olarak kabul edilir.

LOD 200; bir önceki düzey seviyesinde grafiksel olarak ifade edilen eleman bilgileri tanımlanarak, grafiksel olmayan bilgi de model elemanına eklenerek kavramsal tasarımın geliştirildiği detay seviyesidir.

LOD 300; uygulama tasarımının gerçekleştirildiği, modeldeki elemanların büyüklüğü, şekli, konumu gibi grafiksel bilgilerinin modelden ölçülebildiği detay seviyesidir.

LOD350; model elemanın yakınındaki veya ekli elemanlarla koordinasyonu için bağlantıların, gerekli parçaların modellenip, model elemanlarının tasarlandığı şekliyle miktarı, boyutu, konumu ve yönü gibi bilgilerin doğrudan modelden ölçülebildiği ve grafik olmayan bilgilerin de eklendiği detay seviyesidir.

LOD 400; yapıma yönelik tasarım boyutudur. Bu detay seviyesinde modellenen eleman detaylandırılır, imalat, montaj ve kurulum bilgileriyle birlikte konum, miktar ve yön bilgileri de modeldeki veride yer alır. LOD 400 elemanı temsil edilen ürünün imalatı için yeterli ayrıntı ve doğrulukta modellenmiştir. Bu detay seviyesinde tasarlanan modelden elemanın miktarı, boyutu, şekli, konumu ve yönü doğrudan modelden ölçülebilir.

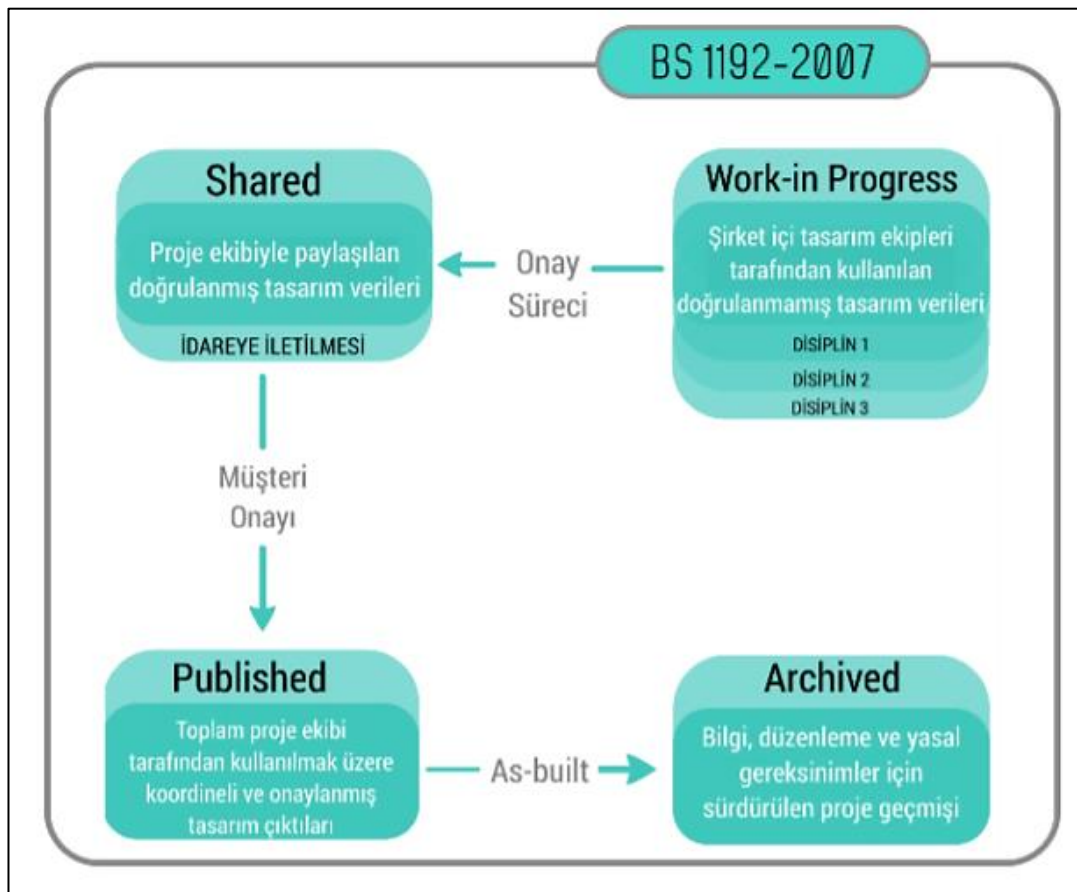
LOD 500; işletmeye yönelik tasarımı ifade etmektedir. Model ögesi, boyut, şekil, konum, miktar ve yön açısından sahada doğrulanmış bir temsildir. Grafik olmayan bilgiler de model elemanına eklenebilir. LOD 500, saha doğrulaması ile ilgili olduğundan ve eleman geometrisi veya grafik olmayan bilgiler açısından daha yüksek bir model düzeyine ilerlemenin bir göstergesi olmadığından dolayı, LOD şartnamesi LOD500 detay seviyesini tanımlamaz veya göstermez.

BIM ile ilgili şartnamelerin olması BIM çalışma sistemindeki süreçlerini de, kavramları da standartlaştırarak sistemin ortak bir çalışma diliyle ilerlemesine kolaylık sağlar. İnşaat endüstrisi farklı meslek gruplarından birçok paydaşın iş birliği içerisinde çalışması gereken bir sektördür. Bu standartlar hangi paydaşın hangi tasarım düzeyinde hangi detay seviyesinde model üretmesi gerektiği tanımlar. Böylece tasarlanan modelin ve modeldeki elemanların detay seviyesi tanımlandığı için, gereksiz verilerin girilmesini engellenir ve zaman israfı yapılmamış olur.

Acet (2019)'in "Havalimanı Tasarımında Yapı Bilgi Modelleme" başlıklı çalışmasında, Ercan Kıbrıs Havalimanı projesi vaka çalışması olarak ele alınmıştır. Bu süreçte, proje başında, paydaşlar arasında model elemanlarının hangi detay seviyesinde tasarlanacağı tanımlanmış, böylece her paydaş kendi görev ve sorumluluklarına göre model üzerinde çalışarak disiplinler arası koordinasyon verimli bir şekilde sürdürülmüştür.

2.1.3. Ortak Veri Ortamı (Common Data Environment-CDE)

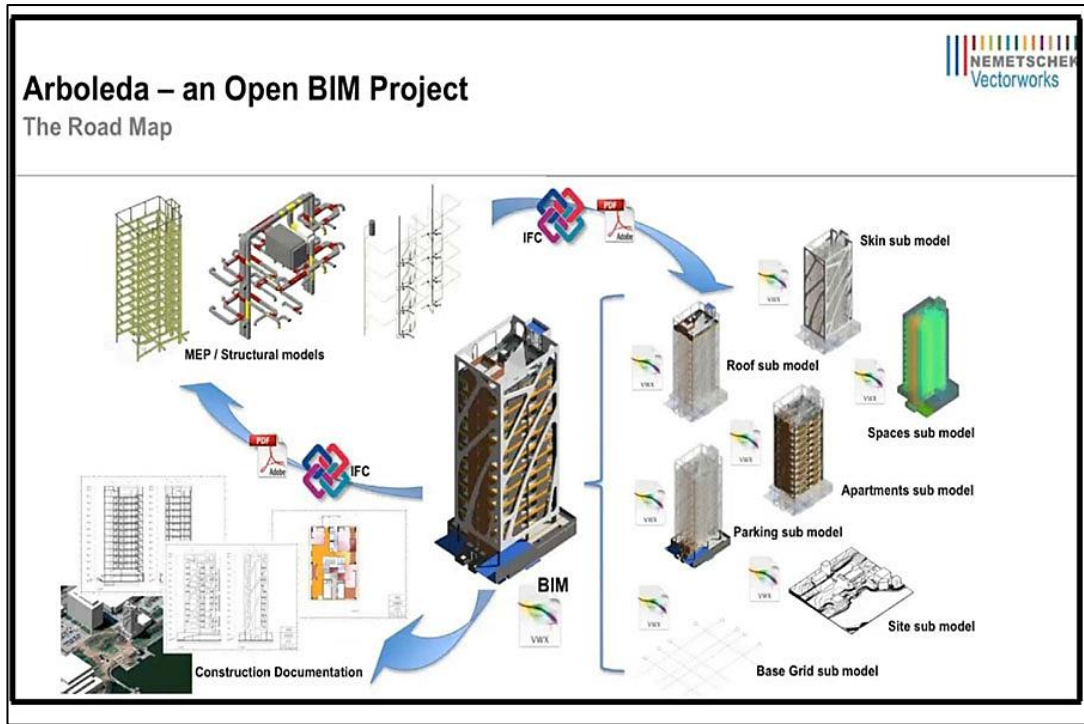
Ortak Veri Ortamı (Common Data Environment-CDE) kavramı BIM çalışma sistemin önemli terimlerinden biridir. CDE; proje ile ilgili tüm belgelerin nasıl paylaşılacağı, bu belgelere nasıl ulaşılacağı, kime hangi görevin atandığı ve modeldeki bilgiye erişilebilirliği, projedeki paydaşların sorumlulukları, modelin nasıl arşivleneceği ve bu süreçlerin merkezi ve korumalı bir altyapı ile yönetilmesi gereksinimleri için kullanılmaktadır. Bu konu üzerine belge, model ve çalışan isimlendirme prosedürleri, sınıflandırma sistemleri, bilgi ve belge yönetimi, proje ile ilgili kaynakların paylaşımı, teslimi ve arşivlenmesi konularını ele alan çeşitli kaynaklar bulunmaktadır (Şekil 2.5) [BSI, 2018]; [ISO 19650-1, 2018]; [NBS, 2019]; [Yılmaz, 2020]; [Eyigün, 2020].



Şekil 2.5: Veri kaynaklarının dosyalanması ve isimlendirmesi.

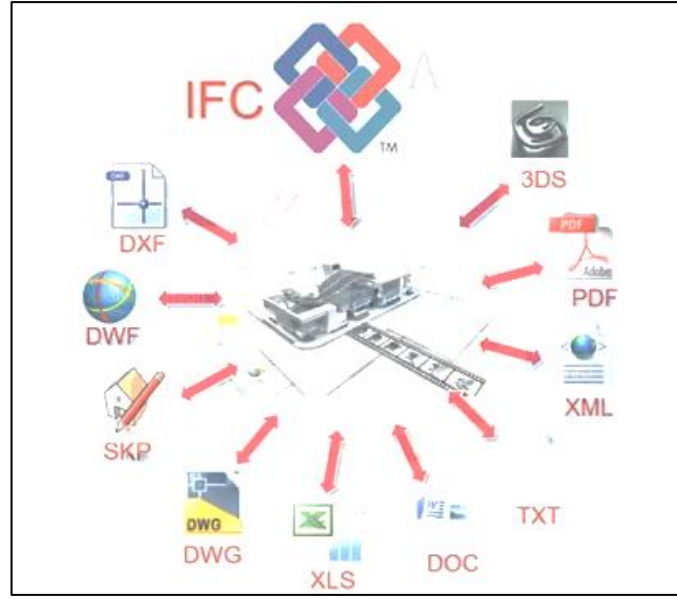
2.1.4. Birlikte Çalışılabilirlik IFC (Industry Foundation Classes)

Yazılımlar arası bilgi alışverişinin yapılmasını kolaylaştırmak üzere çalışan organizasyonlardan biri olan buildingSMART; Uluslararası Birlikte Çalışılabilirlik İttifakı (International Alliance Interoperability-IAI) adı altında, Autodesk ve HOK liderliğinde 12 firmanın katılımı ile 1994 yılında kurulmuştur. 2005 yılında ise organizasyonun adı değiştirilerek, buildingSMART çatısı altında çalışmalarına devam etmiştir [Öktem, 2016]; [Yılmaz, 2020]. Endüstri Temel Sınıfları (Industry Foundation Classes-IFC), Şekil 2.6: da görüldüğü gibi projede yer alan farklı disiplinlere ait geometrik ve alfa-numerik bilgilerin tek bir ilgili modelde bir arada bulunmasına yardımcı olan bir formattır [Samuel et al., 2017].



Şekil 2.6: BIM ve IFC arasındaki veri paylaşımı.

Farklı disiplinlere ait teknik uzmanlar, hangi yazılım aracını kullanırsa kullansın IFC uzantılı kaydedilen projeleri açabilir ve projeyi manipüle edebilir. Kısacası, IFC farklı yazılım formatlarıyla çalışılan projenin birlikte çalışılabilirliğini kolaylaştıran ortak yazılım dilidir (Şekil 2.7) [Web 4].

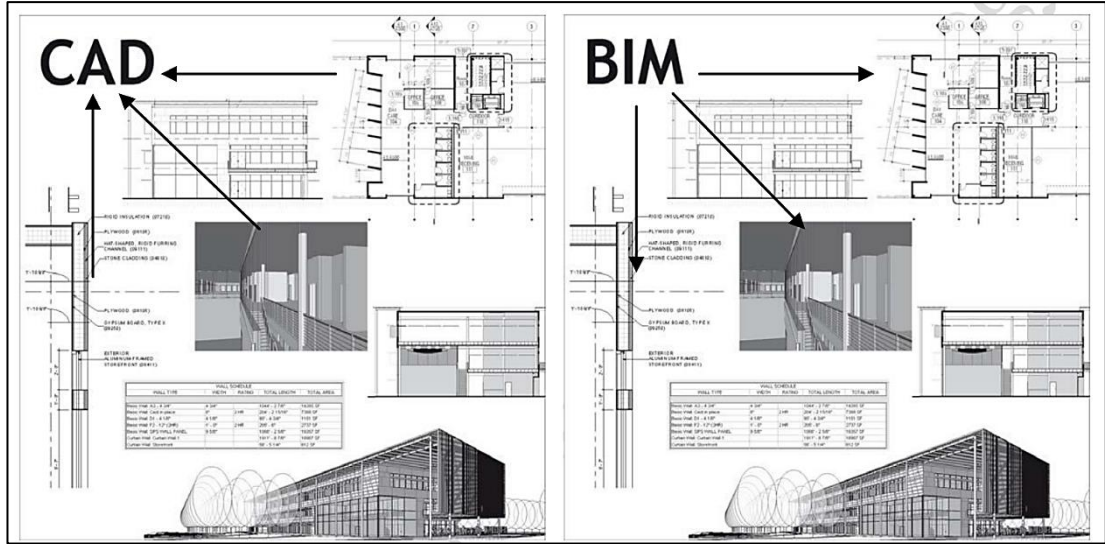


Şekil 2.7: Proje sürecinde kullanılan yazılım formatları.

Bu çalışma yönteminde de projedeki veriler IFC olarak kaydedildiğinde veri alışverişi sırasında projeye ait verilen yazılımdan kaynaklı olarak verinin dönüştürülmesinde, projedeki bilginin kaybolup kaybolmadığı kontrol edilmelidir. Yazılımlar arasında bazı akıllı nesnelere ait bilgilerin kontrolü yapılmalıdır. Ancak yine de IFC birlikte çalışılabilirliği mümkün kılan ve tek bir yazılım aracına bağlı kalmadan farklı disiplinlerin bir arada çalışmasını kolaylaştıran yazılım formatıdır.

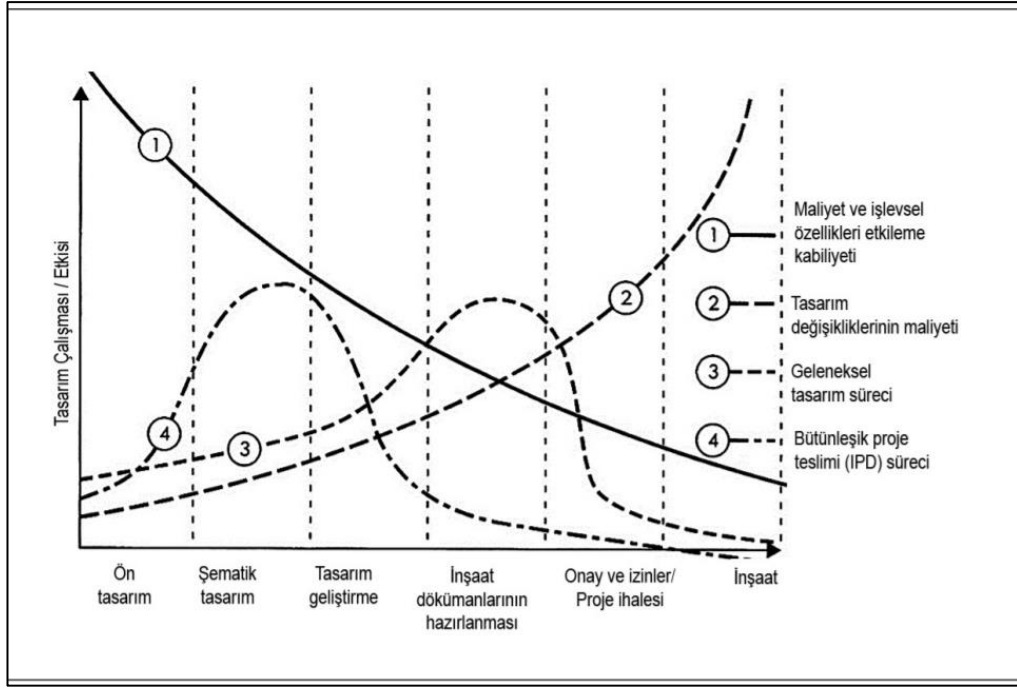
2.1.5. Geleneksel Çalışma Yöntemi (CAD/Computer Aided Design) ile BIM Karşılaştırması

Geleneksel çalışma yöntemi olan Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design-CAD) ile BIM çalışma sisteminin proje süreçleri birbirinden farklıdır. Geleneksel yöntemde tasarım süreci çizimler iki (2) boyutlu olarak çizilir ve bu modelden 3D model üretilir [Kia, 2013]. Krygiel ve Nies (2008) çalışmalarında CAD çalışma yönteminde modeldeki tüm teknik çizimler (plan, kesit, görünüş) tek tek oluşturulurken; BIM çalışma yönteminde BIM nesne tabanlı modelleme sistemi olduğu ve modeldeki elemanların parametreleri tanımlandığı için modelden bilgiler alınarak 2B çizimler oluşturulur (Şekil 2.8).



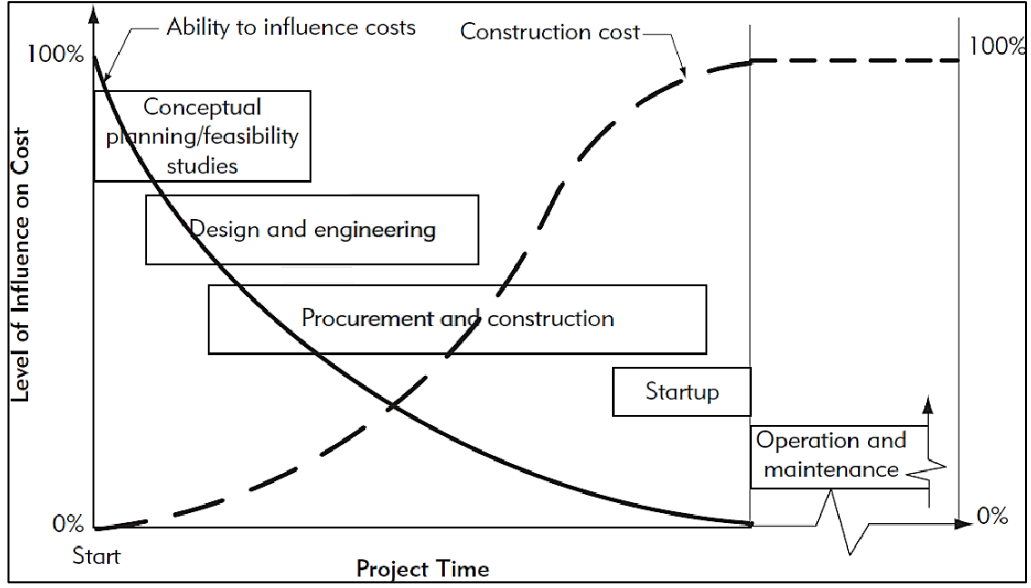
Şekil 2.8: CAD ve BIM çalışma sistemlerinin grafiksel gösterimi.

CAD yazılımları ve BIM teknolojileri ile yapılan proje süreçlerinin inşaat maliyetine etkisi Şekil 2.9’da gösterilmiştir [MacLeamy, 2004]; [Smith and Tardif, 2012]; [Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı ile Proje Geliştirme Süreci Uygulama Kılavuzu, 2016]; [Sacks et al., 2018]; [Acet, 2019]; [NBS, 2019]. Buna göre; geleneksel çalışma yönteminde tasarım aşamasında daha az vakit harcanırken, BIM çalışma sisteminde bu aşamada daha fazla vakit harcanmaktadır. Öte yandan, geleneksel çalışma sisteminde inşaatın yapımına kadar model koordinasyonları, çakışma analizleri gibi çalışmalar yapılmadığı için projenin yapım aşamasına geldiğinde fark edilen hataların maliyete etkisi çok daha fazla olmaktadır. BIM çalışma sistemi ise; modelin uygulama tasarımı çizimlerinde tüm verilerin modelden alınabilmesi, üretim koordinasyonunun çeşitli yazılımlar aracılığı ile yapılabilmesi ve modelin dijital ikizinin tasarlanmış olması gibi olumlu durumları beraberinde getirmektedir. Bu yönleriyle, BIM sistem yapım aşamasına geldiğinde daha az hata ile karşılaşılmaya olanak sağladığı ve maliyetin bu yolla azaltılabildiği söylenebilir.



Şekil 2.9: Tasarım sürecinde BIM ve Geleneksel Yöntem ile maliyetin zamana karşı etkisi.

Geleneksel proje teslim yöntemleri çoğunlukla proje yapım döneminde sorunlar ve hatalar ile sonuçlanabilen 2D çizimlere dayanmaktadır. Bu hatalar yüksek maliyetlere, zaman israfına ve verimlilik kaybına neden olur. Proje yaşam döngüsünün başlangıcı olan konsept aşaması, projenin maliyetini en çok etkileyen aşamalardandır [Eastman, 2008]; [Holmström, J., 2015]. Çünkü bu aşamada yapılabilecek enerji analizleri, yapısal analiz, maliyet tahminleri gibi analitik bilgiler doğru bir şekilde çalışıldığında projenin yapımı sırasında çıkan hatalar da azalacak ve maliyete olumlu yönde katkı sağlayacaktır. Bu analizleri yapabilmek için projede kullanılan modelin hem grafik (geometri/biçim) ve hem de grafik olmayan (malzeme, maliyet, fiziksel çevre kontrolü gibi) verilerin olduğu bir modelin üretilmesi ve kullanılması gerekir. Yapı bileşenlerinin doğru bir şekilde modellenmesi Şekil 2.10 da gösterildiği gibi zaman olarak uzun sürse de proje yapım, işletme gibi projenin yaşam döngüsünün sonunda maliyet yönünden kazanım sağlanmaktadır [Eastman, 2008]; [Holmström, J.,2015].



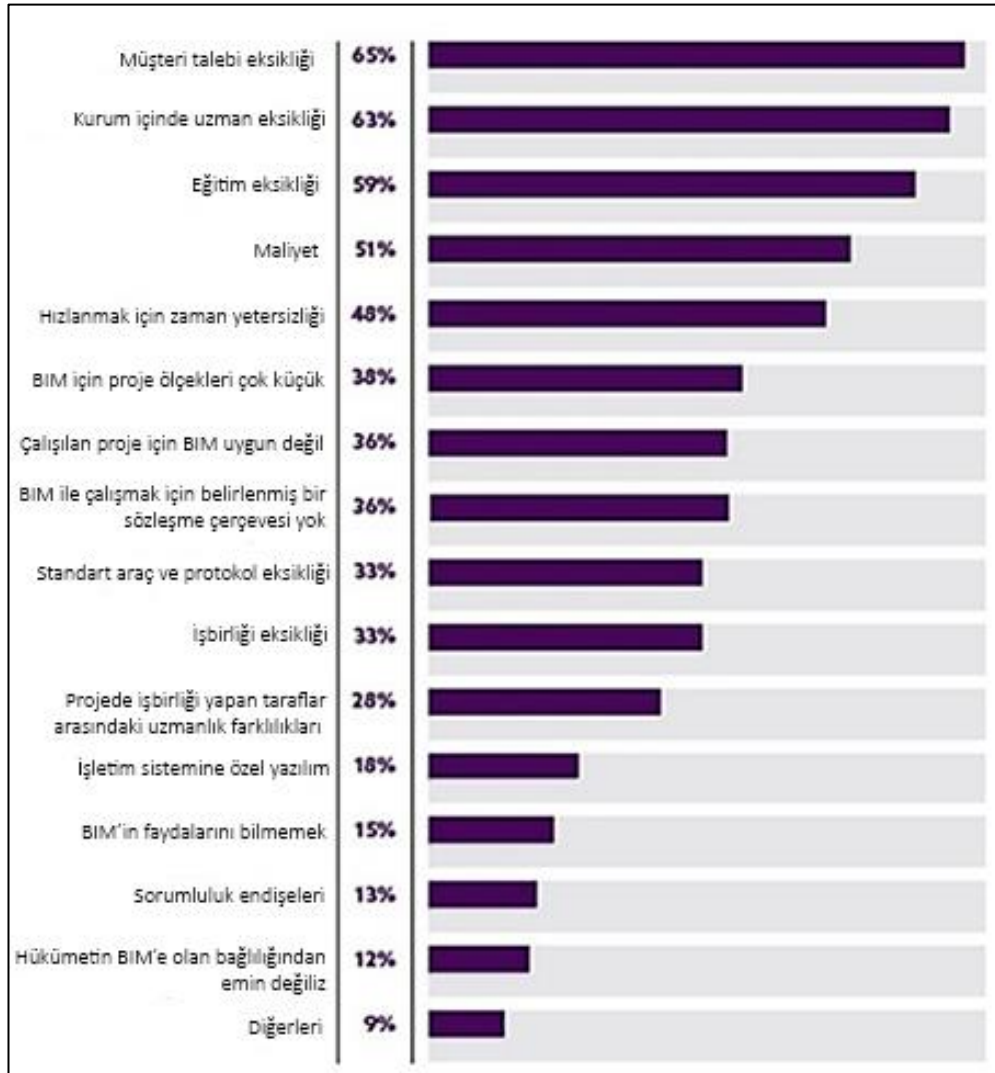
Şekil 2.10: Proje maliyetinin proje ömrü üzerindeki etkisi.

2.1.6. BIM Çalışma Sisteminin Önündeki Engeller

Literatürde BIM çalışma sisteminin önündeki engeller konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar genellikle anketler aracılığıyla, görüşmeler ve odak grup görüşmeleri ile yürütülmüştür. Bu araştırmalardan en kapsamlı olanlarından biri de Sun ve arkadaşlarının 2017 yılında yaptığı literatür araştırmasıdır. Bu incelemede yaşanan engeller 22 başlık altında ele alınmıştır. Bu engeller teknoloji, yasal, yönetim, maliyet ve personel başlıklar altında beş (5) grupta sınıflandırılmıştır. Çalışma sonucunda konuyla ilgili en büyük engellerin; yönetim, teknoloji ve personel başlıkları altında olduğu tespit edilmiştir. Özellikle AEC endüstrisinde yer alan çalışan teknik personel eksikliği, verilerin birlikte çalışabilirliğinin eksikliği ve iş akışındaki değişikliklerin; BIM çalışma sistemindeki karşılaşılan en önemli engellerden olduğu düşünülmektedir [Ademci, 2018]. Başka bir çalışmada BIM önündeki engeller; maliyet (cost), insan (personal), yönetim (management), teknolojik (technological) ve yasal (legal) olmak üzere 5 başlık altında kategorize edilmiştir. Bu çalışmadaki bu engellerden en önemlisi yatırım maliyeti olmakta, sonrasında teknik uzmanların BIM ile ilgili eğitim ihtiyacı, iş modeline ve organizasyonuna uygunsuzluğu, iş akışındaki değişiklik ve teknolojik başlığı altında BIM yazılımları arasındaki zayıf çalışılabilirlik olarak devam etmektedir [Sun et al., 2017].

Başka bir çalışmada BIM önündeki engeller:

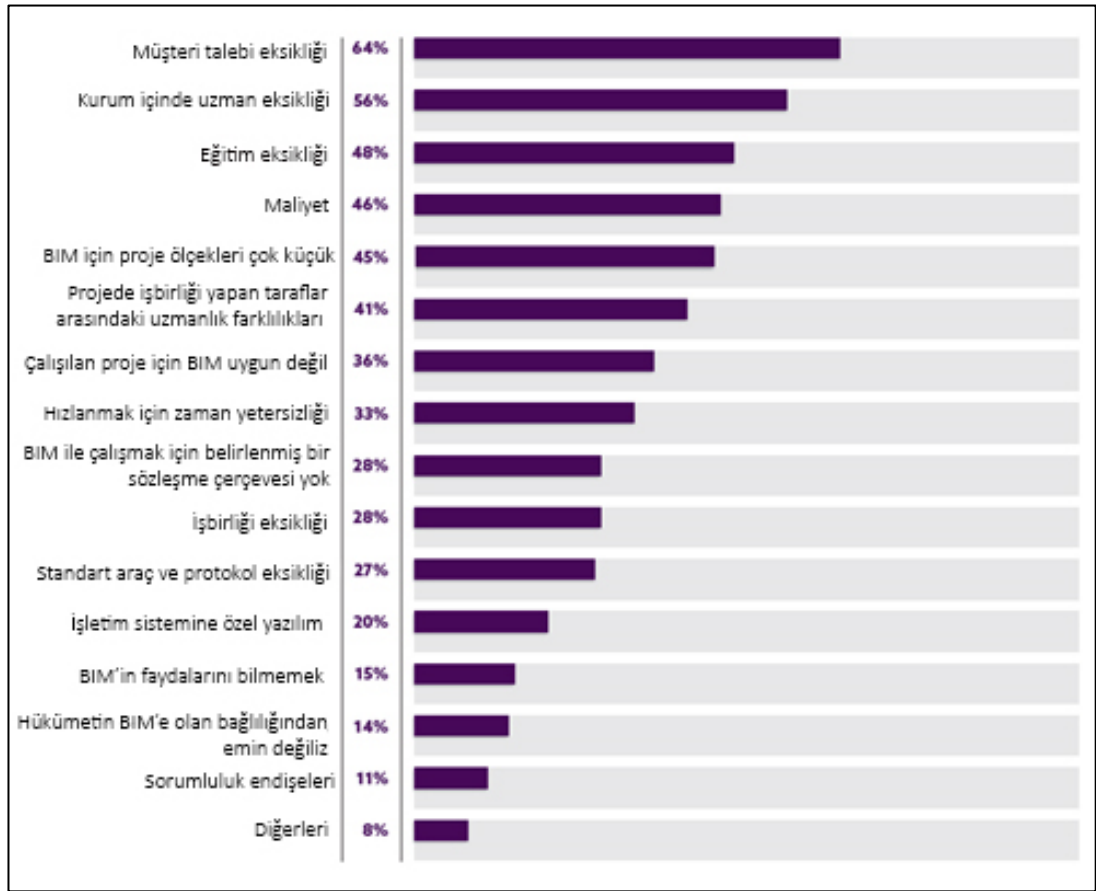
- Ortak veri ortamında çalışılan model ve modelde kullanılan fikri mülkiyetin lisansı ve güvenliği,
- Bu yeni çalışma sisteminde modeldeki test edilmemiş / denenmemiş sorumluluk sorunları,
- Tasarım ve yapım ücretlerinin BIM sürecini (veya BIM için eğitimi) desteklemeyeceği endişesi,
- BIM AEC endüstrisinde çalışma sistemini tamamen değiştirerek, kurum içindeki iş akışı değişikliği,
- Modelin projenin çeşitli aşamalarındaki durumu için mülkiyet sorunu olarak özetlenmiştir [Alliance for Construction Excellence, 2008].



Şekil 2.11: BIM kullanımı önündeki engeller.

BIM önündeki engeller uluslararası ölçekte araştırıldığında Şekil 2.11’de görüldüğü gibi; ilk sırada müşteri talebi eksikliği yer alırken, ikinci sırada kurum içinde uzman eksikliği, üçüncü sırada ise eğitim eksikliği yer almaktadır [NBS,2019]. Burada müşteri talep eksiliğinin altında yatan sebeplerden biri de BIM çalışma sistemi hakkında bilginin eksikliği olarak düşünülebilir.

Aynı kurumun 2020 yılında yaptığı çalışma araştırıldığında; Şekil 2.12:de görüldüğü gibi ilk üç sıralamanın değişmediği ama oranlarının değiştiği görülmektedir. Müşteri talebi eksikliği yapılan çalışmada %64 olup geçmiş yıla göre oranı çok fazla değişmezken; kurum içindeki uzman eksikliği %63’ten %56 ya, eğitim eksikliği ise %59 dan %48 e düşmüştür [NBS, 2020].

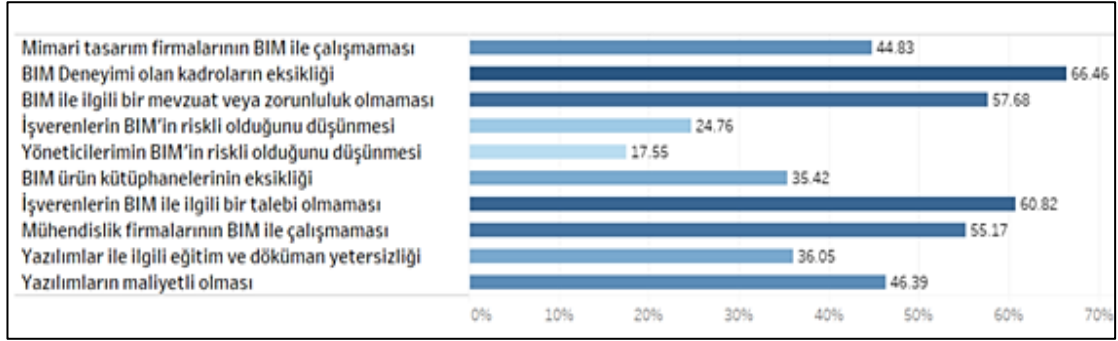


Şekil 2.12: BIM kullanımı önündeki engeller.

Türkiye’de BIM önündeki engeller araştırıldığında; BIMgenius adlı topluluk tarafından 2018 ve 2019 yıllarında bu konuda çeşitli anket çalışmalarının yapıldığı görülmektedir. Anketlerde; ilk sırada mimari tasarım firmalarının BIM ile çalışamaması yer alırken; ikinci sırada BIM deneyimi olan kadroların eksikliği yer

almaktadır. Bu anlamda, Türkiye’deki en önemli eksikliğin Şekil 2.13’te görüldüğü üzere müşteri talebi eksikliği olduğu; ikincisinin ise uzman teknik personel eksikliği olduğu belirlenmiştir [Başyazıcı, 2020].

Bu tez kapsamında, bu eksikliğin iyileştirilmesinde mimarlık eğitiminin önemli bir rolünün olduğu düşünülmekte ve bu nedenle, çalışmada BIM çalışma sisteminin mimarlık ile bütünleştirme yöntemleri konuları araştırılmaktadır.



Şekil 2.13: Türkiye’de BIM önündeki engeller.

2.1.7. BIM Çalışma Sisteminin Olumlu Yönleri

BIM çalışma sisteminin AEC sektöründeki profesyonellerin arasında kullanımı yaygınlaştıkça, BIM’in avantajları olumlu yönleri ile ilgili de literatürde çok fazla araştırma yapılmıştır [Karahana, 2015]. Yan ve Damian (2008), ABD ve Birleşik Krallık’taki BIM kullanımı konusundaki çalışmalarında BIM’in kalite ve yaratıcılığı arttırdığını, sürdürülebilirliğe katkı sağladığını, BIM ile insan kaynakları olarak daha az teknik personele ihtiyaç duyulduğunu ve proje yaşam döngüsünde daha düşük maliyet ve daha az zaman gereksinimlerini sağladığını olumlu yönler olarak açıklamaktadır. Salman Azhar vd. (2011) bu konuda sekiz tür faydayı özetlemektedir. Bunlar; doğru geometrik temsil, daha hızlı ve daha etkili süreçler, daha iyi tasarım, kontrollü tüm yaşam maliyetleri ve çevresel veriler, daha iyi üretim kalitesi, otomatikleştirilmiş montaj, daha iyi müşteri hizmeti ve yaşam döngüsü verileri sağlaması olarak sıralanmaktadır.

BIM’in proje iş akışında olumlu yanlarını araştıran diğer bir çalışma da 2008 yılında İnşaat Mükemmellik İttifakı (Alliance for Construction Excellence-ACE) tarafından yapılmıştır. Bu bağlamda belirlenen olumlu katkılar aşağıda sıralanmaktadır [ACE, 2008]; [Eastman vd., 2011]; [Azhar, 2011].

- Tasarımın erken evresinde enerji, ışık, akustik analizleri gibi enerji analizleri ve yapısal analizler yapılarak sürdürülebilir projeler yapmayı kolaylaştırır.
- Projede 4D modelleme yapılarak projenin yapı aşamasına geçmeden gerekli yazılımlar aracılığıyla çakışma analizi yapılarak projenin erken evresinde hatalar tespit edilir.
- Projedeki paydaşların ortak bir dille ve ortak veri ortamında çalışmasına olanak sağlar, disiplinler arası çalışmasına yardımcı olur, iletişimi artırır iş birliğini kolaylaştırır.
- Mal sahibi ya da yatırımcı işverenin 7D modelleme sayesinde tesis ve varlık yönetimini sağlar.
- BIM yazılımı maliyet tahmini otomatik olarak yapar. Tasarım ve yapım boyunca meydana gelen, işveren tarafından talep edilen revizyonların kolaylıkla yapılmasını sağlar.
- Yapım için imalat, malzeme tedariki ve teslimat programları gibi bileşenlerin sıralamasında ve koordinasyonuna yardımcı olur.
- Tasarım aşamasındayken yapılan modelin boyutuna ve model elemanlarının sahip olduğu bilgiye göre hatalar tespit edilerek, yapım aşamasına geçilmeden çözülerek, zaman ve maliyet tasarrufu sağlar.

Eastman vd. (2011) BIM'in faydalarını yapım öncesi, tasarım aşamasında, yapım ve imalat aşamasında, yapım sonrası olmak üzere dört (4) başlıkta ele almıştır. Yapım öncesi aşamada BIM çalışma sisteminin faydaları olarak; tasarım aşamasındaki simülasyonlar aracılığıyla işveren ile erken evrede kararların alınmasını kolaylaştırması, modeldeki verilere göre işlevsellik ve sürdürülebilirliğin tartışılabilmesi ve daha kaliteli tasarımların yapılmasını sağlaması olarak belirtilmektedir [Ademci, 2018]. Tasarım aşamasındaki BIM çalışma sisteminin faydaları olarak; erken tasarım evrelerindeki analizler sonucunda yapının kalitesinin artırılması, maliyet tahmininin sağlanması, yapıda yapılan tüm değişikliklerin modele yansıtılması, iki (2) boyutlu çizimlerin otomatik bir şekilde modelden alınabilmesi ve açık ilkelerle taraflar arasındaki iş birliğinin temelini oluşturması sıralanmaktadır [Karahan, 2015]. Eastman (2011); yapım ve imalat aşamasında BIM çalışma sisteminin faydaları olarak; BIM'in kesin tasarım modeli ve malzeme gereksinimleri ile yalın inşaat uygulamalarını daha iyi yürütmek için bir fırsat sağladığını belirtmiştir.

Yapım sürecinin bu yolla adım adım simule edilerek inşaat aşamasındaki hataların erkenden tespit edilebileceğini, değişikliklerin anında güncellenerek modele yansiyabileceğini ve modelin maliyet hesabı ve teknik çizimlerinin anında güncellenmesiyle zaman ve maliyet tasarrufu sağlanabileceği savunulmaktadır [Eastman, 2011]. Yapısal sistemlerin doğru saha imalatlarının ve montajının BIM ile kolaylaşabileceğini aktarmaktadır. Son aşama olan yapım sonrası aşamada ise BIM; tesis yönetimi koordinasyonunun sağlanmasıyla, yapının operasyonel olarak müdahalelerinin anında model elemanına yansımaya ve modelin yapı yaşam döngüsü boyunca değişip gelişmesine olanak sağlamaktadır.

2.2. Yapı Sektöründe BIM Sistemi

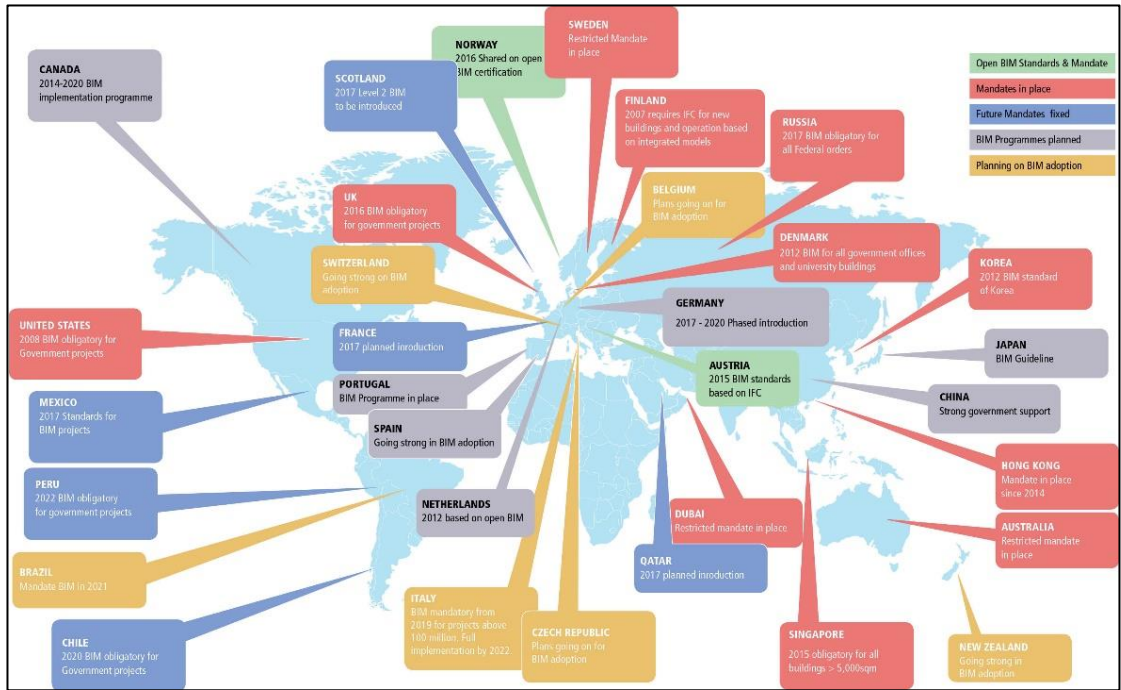
Bu başlık altında dünyada ve Türkiye’de BIM kullanımı araştırılmıştır. Dünyada BIM sistemini kullanan ülkelerde BIM kullanım oranlarının yıllara göre dağılımı ve BIM çalışma sistemini kullanan teknik personelin yıllara göre kullanım oranları, uluslararası BIM standartları gibi konular hakkında literatürde yapılan araştırmalara yer verilmiştir. Ayrıca, Türkiye’de BIM kullanım sisteminin tarihsel gelişimi, bu konuda hem akademide hem de endüstride yapılan çalışmalar, anketler ve BIM ile yapılan projeler konularında bilgi aktarımı yapılmıştır.

2.2.1. Dünyada BIM Sistemi

Işıkdağ (2015) 'ın kitabında belirttiği gibi, BIM'in benimsenmesi, CAD çalışma sistemi ile çalışmaya alışmış olan bir kurum için; veri yönetimi alanında bir değişimdir ve bu değişim beraberinde zorluklar getirmektedir. Bu zorluklardan biri de yönetim araçlarının eksikliği ve belirli bir proje yönteminin olmayışıdır [Açar, 2019]. BIM'in 30 yıllık geçmişine rağmen, AEC endüstrisinde son 10 yılda hükümetlerin farkındalığıyla BIM kullanımının arttığı görülmektedir [Işıkdağ, 2015]. Son zamanlarda yurt dışında; İngiltere, Danimarka, Finlandiya, Almanya, Kanada, Fransa, Çin, Japonya, Güney Kore, Brezilya, Avustralya, Singapur, Birleşik Arap Emirlikleri, ABD ve Norveç gibi ülkelerde BIM kullanımı artmaktadır. Birleşik Krallık, Amerika Birleşik Devletleri ve İskandinav ülkeleri BIM kullanımında öncü ülkelerdir [Ademci, 2018]. Bu ülkeler BIM çalışma sistemini verimli kullanmak için; hükümet desteğini ve liderliği organize etmekte, BIM'in daha da iyileştirilmesi için BIM sertifikasyonu

ve BIM teknolojisi ile ilgili standartlar, eğitim ve öğretim konusunda çalışmalar yapmaktadır [Smith, 2014].

Dünya’da BIM’in uygulanması Şekil 2.14’te görüldüğü gibi ülkeden ülkeye değişmektedir. Bazı ülkelerde BIM kullanımı hem yaygın hem de standartlar ile tanımlanmış durumdadır. Ayrıca, bu tür ülkelerde BIM kullanımı özellikle kamu projelerinde zorunlu hale geldiği görülmektedir. Bazı ülkelerde ise gelecekte BIM çalışma sistemine geçilmesi planlanmaktadır [McAuley et al., 2017].

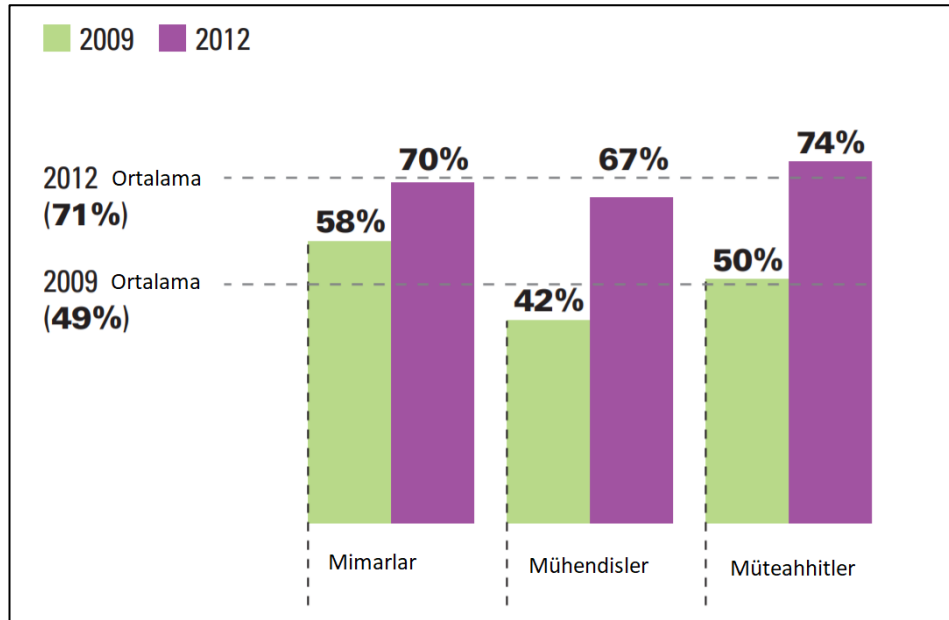


Şekil 2.14: Dünyada BIM’in uygulanması.

McGraw Hill inşaat (2014) tarafından yapılan araştırmaya göre, dünyada birçok ülkede BIM kullanımının gittikçe arttığı görülmektedir. Bu anlamda, Amerika, İngiltere, Singapur, Avustralya, Japonya, Brezilya, Güney Kore gibi çok sayıda ülkenin yanı sıra İskandinav ülkelerinin BIM sistemini benimsediği görülmektedir [Bahadır, 2018].

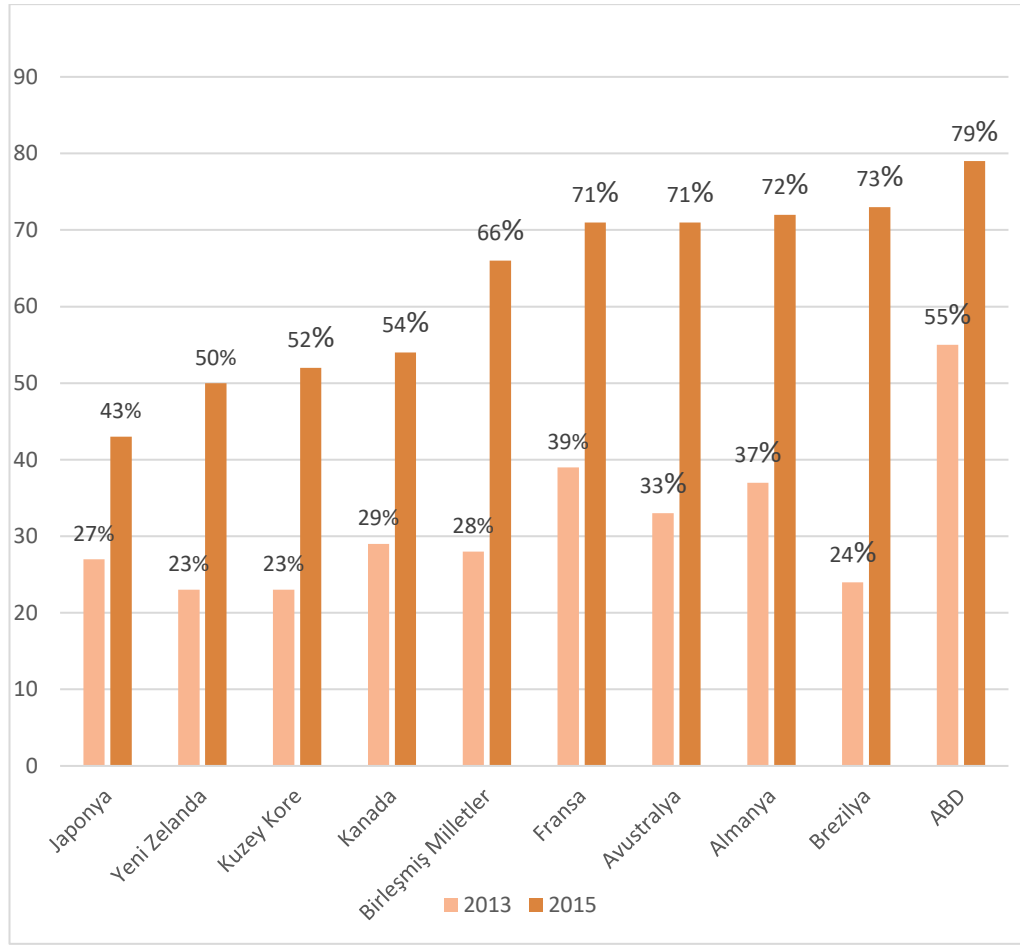
İnşaat sektöründe BIM konusunda liderlik gösteren ülkeler arasında İngiltere ve Amerika gelmektedir. McGraw Hill İnşaat tarafında yapılan Akıllı Pazar Raporu (Smart Market Report) (2012)’na göre; Kuzey Amerika’da 2007-2012 yılları arasında BIM kullanım oranları araştırılmıştır. Bu çalışmaya sektördeki farklı disiplinlerden 179 mimar, 111 mühendis, 208 müteahhit, 36 mal sahibi ve 48 diğer disiplinlerden kişiler olmak üzere toplam 592 kişi katkı sağlamıştır. Bu araştırma sonucunda, BIM

kullanım oranının 2007-2012 yılları arasında %28'den %71'e çıktığı görülmektedir [McGraw-Hill Construction, 2012]. Bu araştırmadaki meslek gruplarının mimar, mühendis ve müteahhit başlıkları altında toplanmasıyla yapılan yeni araştırmada, 2012'de BIM çalışma sistemini en çok kullanan meslek grubunun ilk sırasında müteahhitler, ikinci sırada mimarlar ve son sırada mühendisler olduğu belirlenmiştir [McGraw-Hill Construction, 2012]. Ancak 2009-2012 yılları arasında kapsayan bu çalışmada, BIM kullanımındaki artış oranına bakıldığında ise; Şekil 2.15: de görüldüğü üzere, mimarların BIM kullanım oranı %58'den %70'e; mühendislerin %42'den %67'ye; müteahhitlerin ise %50'den %74'e arttığı görülmüştür [McGraw-Hill Construction, 2012]. Bu sonuçlara göre; mühendislerin kullanım oranının daha çok arttığı söylenebilir.



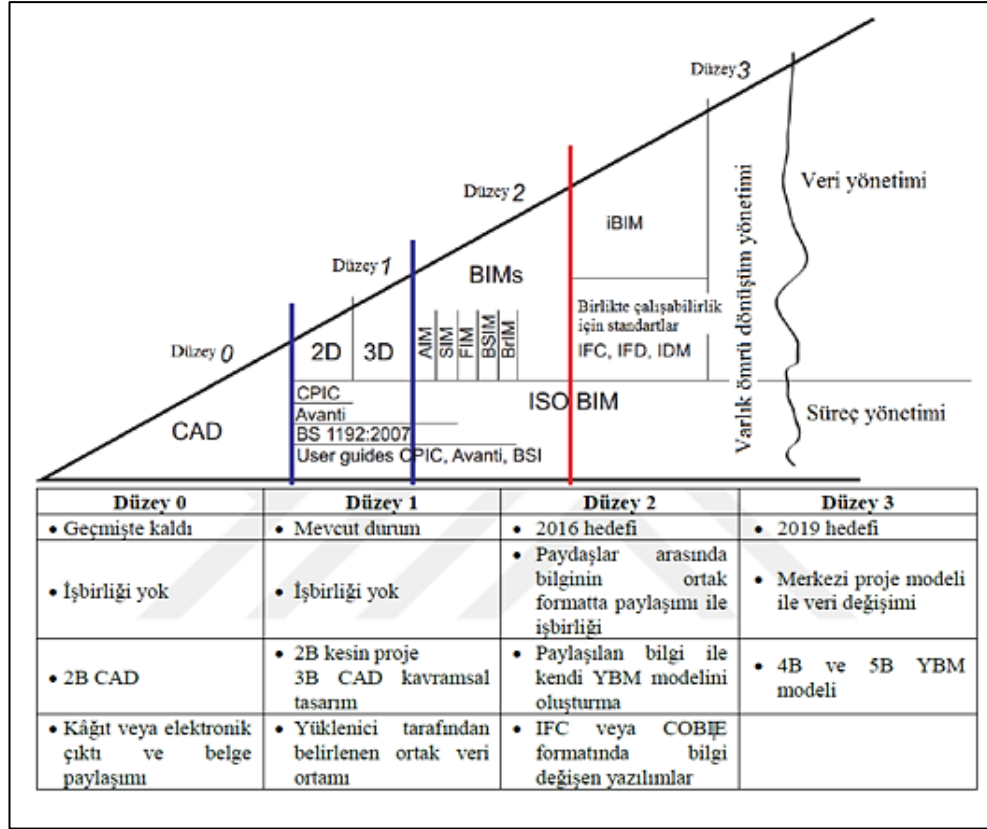
Şekil 2.15: Meslek gruplarına göre BIM kullanımı oranı (2009-2012).

McGraw-Hill Construction'ın 2014 yılında BIM kullanan müteahhitler arasında yaptığı araştırmasında; 2013-2015 yıl aralığında BIM'i kullanan ülkeler arasında en yüksek ülkenin %79 oran ile ABD olduğu görülmektedir. Bu aralıkta BIM oranının en çok arttığı ülkenin ise %24'ten %73'e yükselen Brezilya olduğu belirlenmiştir (Şekil 2.16).



Şekil 2.16: 2013-2015 yılları arasında ülkelere göre yüklenicilerin BIM uygulama oranlarının değişimi.

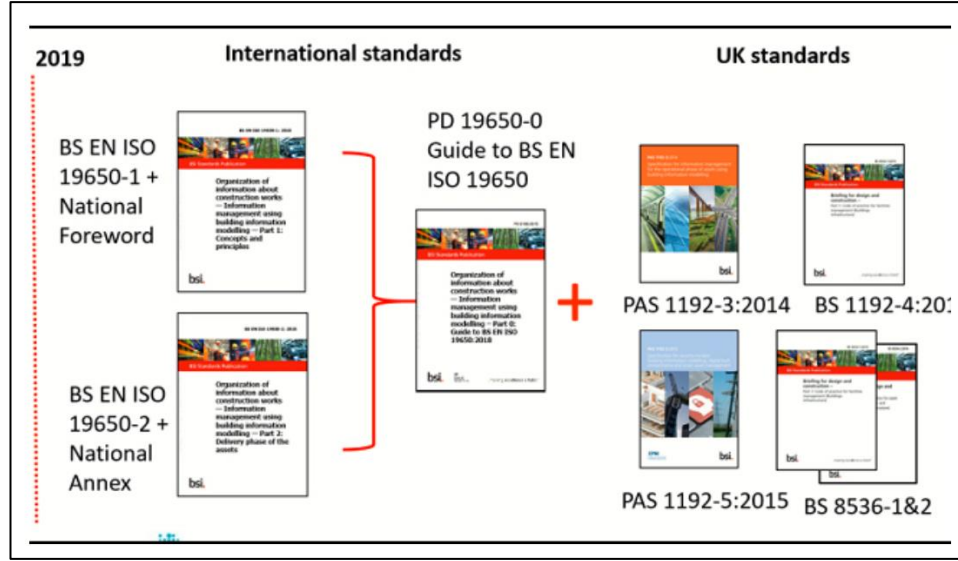
BIM kullanımı konusunda öncü olan diğer bir ülke ise Birleşik Krallık'tır. İngiltere'de BIM kullanımını artırmak için 2011 yılında 5 yıllık uygulama planı oluşturulmuştur. Bu plana göre; 2016 yılına kadar kamu sektöründeki inşaat projelerinde, AEC endüstrisinde inşaat maliyetlerini azaltmak amacıyla; ikinci düzeyde BIM kullanılması zorunluluğu getirilmiş ve BIM standartları yayınlamıştır (Şekil 2.17) [Muratoğlu, 2015]; [Alkawi, 2016]; [Bahadır, 2018)]. Bu anlamda İngiltere hükümeti ayrıca dünyadaki BIM uygulamalarını inceleyerek BIM uygulama stratejini ilan etmiştir. Hükümetin desteğinin BIM kullanımının yaygınlaşmasındaki önemi; İngiltere örneğinde açıkça görülmektedir.



Şekil 2.17: İngiltere için zorunlu BIM kullanım düzeyleri.

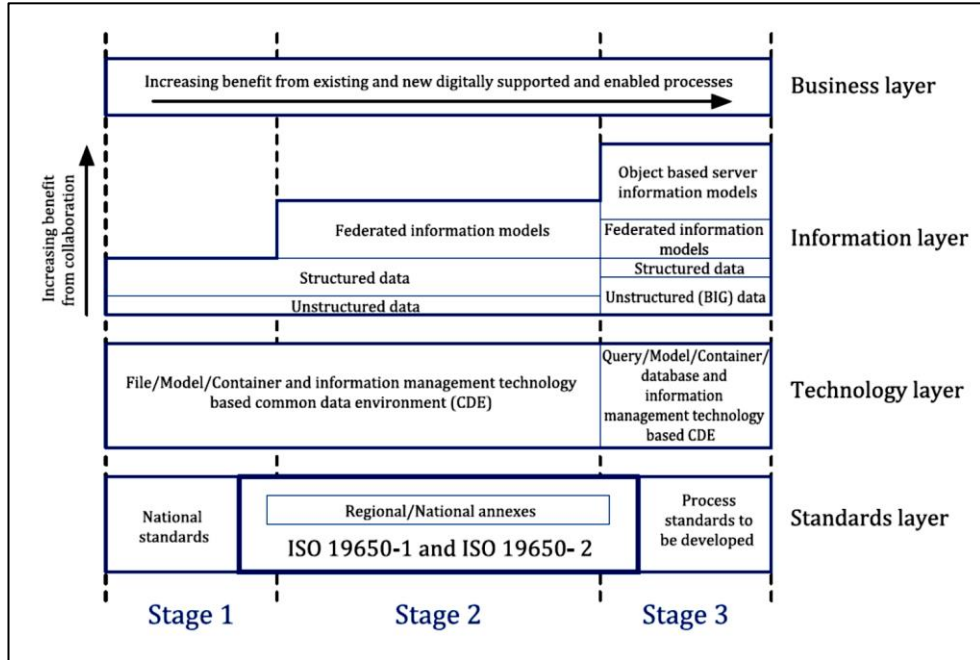
Bunun yanı sıra hükümet BIM kullanıcılarına yardımcı olmak üzere kullanıcıların standartlar ve rehberlik çalışmaları yapmaları için BIM Task Group adı altında bir görev grubu oluşturmuştur [McGraw-Hill Construction, 2014]. Bu ülkede 2011 yılından bu yana ikinci seviyede BIM çalışma sistemi kuramlarının tanıtıldığı; BS1192 (British Standard) ve PAS1192 (Publicly Available Specification) standartları seri olarak yayınlanmıştır. Sonrasında İngiltere'nin standartlarını geliştirerek, 2019 yılında BS1192 ve PAS1192 İngiliz Standartlarından ISO19650 (International Organization for Standardization) isimli uluslararası standartlara geçtiği görülmektedir (Şekil 2.18).

İngiliz standartlarında düzey olarak ifade edilen BIM çalışma sistemi; uluslararası ISO19650 standartlarında geliştirilmiş ve daha açıklayıcı bir şekilde yayınlanmıştır. Farklı ülkelerden farklı kültürden meslek gruplarının bir araya gelerek çalıştığı bu dönemde ortak bir dilin oluşturmanın önemli olduğu dijital çağda, İngiliz standartlarının yerine uluslararası standartların yayılmasının olumlu katkılarının olacağı düşünülmektedir. ISO19650 standartları da sürekli geliştirilerek seri olarak güncellendiği bilinmektedir [Web 5].



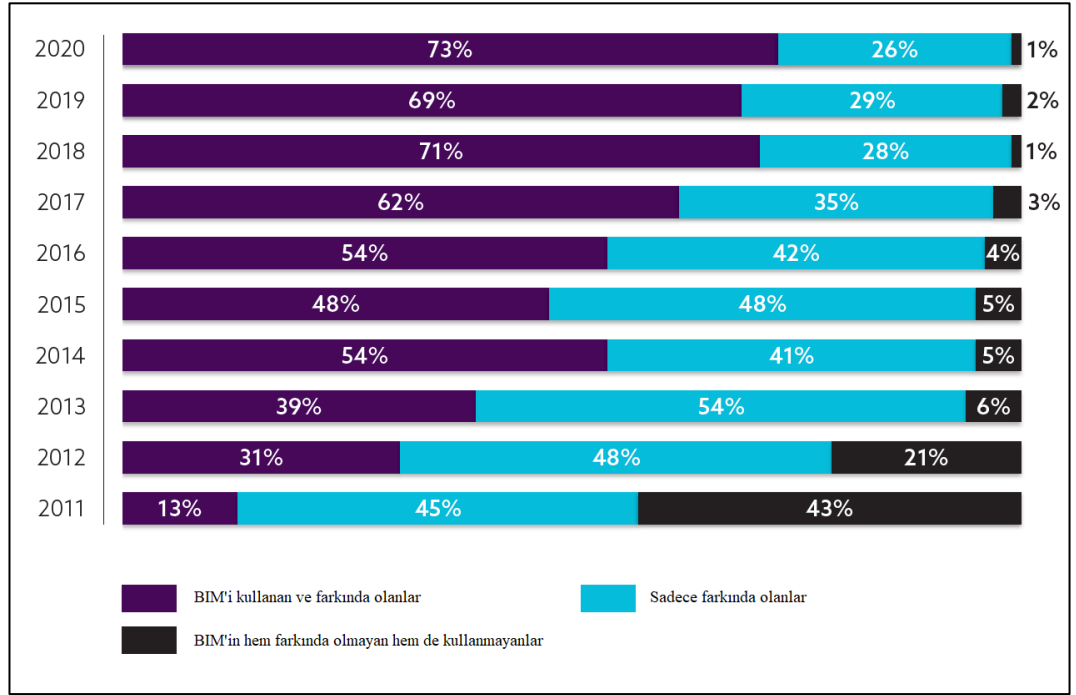
Şekil 2.18: BS1192 ve PAS1192’den ISO19650 standartlarına geçiş.

ISO 19650-1 belgesi, BIM terimleriyle başlayan ve bilgi yönetimi için olgunluk düzeyi aşamaları olarak bir tablo içeren standartlar belgesidir. Bu tabloda, Şekil 2.19: da gösterildiği gibi, bilgi yönetimi amacıyla dört katmanda üç ana olgunluk düzeyi sunulmaktadır. Bu bağlamda BIM sürecinde ele alınacak standartların, bilgi yönetim teknolojilerinin, veri modellerinin ve kullanım faydalarının artırılması gerekliliğini önermektedir [ISO 19650-1, 2018]; [Yılmaz,2020].



Şekil 2.19: Bilgi yönetiminde BIM Olgunluk Düzeyleri.

İngiltere’de 1000’den fazla uzman personelin katılımıyla gerçekleşen anket çalışmasında; 2011 ve 2020 yılları arasındaki BIM kullanım oranının %13 ‘den %73’e çıktığı görülmektedir [NBS, 2020]. 2011 yılında hem BIM çalışma sisteminin farkında olmayanlar hem de kullanmayanların oranı %43 iken, 2020 yılında bu oran %1’e kadar düşmektedir. BIM çalışma sisteminden haberdar olanların oranı ise %45’ten %26 ya düşmektedir (Şekil 2.20). Bu tablo İngiltere’de BIM kullanımının ve farkındalığının 10 senede ciddi oranda artış sağladığını açıkça ortaya koymaktadır. Bahsedilen anket çalışmasında, 2019 yılında bir düşüş yaşandığı gözlenmiştir. Bu düşüşün nedeni olarak da hükümetin dijital yapısına destek olmak için oluşturulmuş BIM Task Group’un görevini Dijital Yapılı İngiltere Merkezi (Centre for Digital Built Britain)’nin üstlenmiş olması ihtimali olarak düşünülmektedir [NBS, 2020].



Şekil 2.20: İngiltere’nin 2011-2020 yılları arasında BIM kullanım oranı.

BIM’i yüksek oranda kullanan bir diğer ülke de Singapur’dur. Singapur’da 200’den fazla projenin onaylanmasında BIM araçları tercih edilerek, bina izinleri sisteminde İnşaat ve Emlak Ağı (Construction and Real Estate Network- CORENET) yazılımı ile yönetmeliklere göre projelerin kontrolleri yapılmıştır [McGraw-Hill Construction, 2014]. 2012 yılında, ülkedeki BIM kullanıcılarına rehberlik etmesi için “Singapore BIM Guide” yayımlanmıştır. Ayrıca ülkede BIM kullanımının yaygınlaşması, BIM bilen teknik personelin ve BIM hakkında farkındalığın artması

için üniversitelerde BIM dersleri, BIM ile ilgili genel seminerler ve atölye çalışmaları yapılmıştır [Khemlani, 2012]; [Karahan, 2015].

İskandinav ülkelerinden olan Finlandiya, Danimarka ve Norveç ülkeleri de BIM çalışma sistemini kullanan, BIM konusunda deneyimli ülkelere aittir. Bu ülkeler, nesne tabanlı tasarımı benimseyen, çalışma sistemi olarak ortak veri ortamını kullanan, IFC ile veri değişimini tercih eden ve birçok işbirlikçi girişimlere uyum sağlayabilen ülkelerdir [Smith, 2014]. İskandinav ülkelerinden özellikle Finlandiya, 1970’lerden beri inşaat sektöründe bilgi teknolojilerini (Information Technology-IT) kullanmaktadır [Granhölm, 2011]. Finlandiya’da hükümetin desteği ve standartların yayınlanmasıyla 2007 yılından beri BIM çalışma sistemi kullanılmaktadır. Finlandiya’da yapılan anket çalışması sonuçlarına göre; mimarlık firmalarının %93’ü projelerinde BIM sistemi kullanırken, mühendislik firmalarının ise %60’ı BIM kullanmaktadır [Wong et al., 2010]; [Kıvırcık, 2016]; [Bahadır, 2018]. Danimarka’da 2007 yılından itibaren tüm kamu projelerinde BIM kullanımının zorunlu hale gelmesiyle ülkede BIM kullanımı artmıştır [Kubba, 2012]; [Ademci, 2018].

Dünyadaki BIM kullanımları araştırıldığında yapılan projelerde hükümet tarafından BIM çalışma sisteminin zorunlu hale getirilmesi, BIM hakkında farkındalık kazanılmasında ve BIM kullanımının yaygınlaşmasında önemli bir ölçüttür. Ülkelerde BIM kullanma deneyimleri arttıkça BIM’in olumlu yönleri keşfedilmekte ve yine kullanım da artmaktadır.

2.2.2. Türkiye’de BIM Sistemi

Türkiye’nin AEC endüstrisindeki konumu araştırıldığında, ülkenin dünyadaki en büyük 250 müteahhitlerin olduğu listede 2018 yılında Çin’den sonra 46 firma ile yer bulmuş, en çok firması olan ülke durumunda olduğu bilinmektedir [ENR, 2018]. Mühendislik Haber-Kayıt (Engineering News-Record-ENR) dergisi her yıl ağustos ayında küresel iş yapan inşaat firmalarının olduğu “Top 250 Global Contractors” listesini paylaşmaktadır. Bu dergi inşaat sektörü tarafından takip edilen, tüm dünya tarafından kabul edilen önemli bir dergidir. 2020 yılında yapılan araştırmaya göre ise; Türkiye 2019 yılındaki konumunu koruyarak, 44 firma ile yine Çin’den sonra en çok firması bulunan ülke olarak listede yer almıştır. Türkiye’nin bu önemli konumu koruyabilmesi için AEC endüstrisindeki dijital gelişmeleri takip etmesi ve bu tür

teknolojik gelişmeleri AEC endüstrisinde kullanabilmesinin faydalı olabileceği düşünülmektedir.

Türkiye’de BIM kullanımının olumlu yönleri yeni fark edilmiş olsa da kullanımı giderek artmaktadır. Bu anlamda özellikle yazılım firmalarının, BIM çalışma sistemini destekleyen yazılımları tanıtmak için çaba sarf ettiği söylenebilir. Türkiye’de özellikle büyük ölçekli firmalar BIM çalışma sisteminin AEC endüstrisinin geleceği olduğunun farkında olup, küresel rekabete katılarak BIM çalışma sistemine geçiş yapmıştır.

Özorhon and Karahan (2017) Türk inşaat sektöründeki Bilgi Teknolojilerinin kullanımının ilerlemesiyle ilgili anket çalışmasında, 96 katılımcıdan yanıt alarak BIM kullanımı yüzdesini %46 olarak tespit etmiştir. Katılımcıların %49’unun Seviye 2 BIM uygulandığı, %30’unun Seviye 1 BIM ve %21’inin önemli bir uygulama seviyesi olan Seviye 3 BIM kullandığı sonucuna varılmıştır. BIM çalışma sisteminin tercih edildiği proje türünün ise konut projeleri olduğu ortaya çıkarılmıştır.

Özorhon (2018)’un kitabı Türkiye’de BIM ile ilgili çıkan ilk kitaplardandır. Bu kitabında BIM ile yapılan projeler ele alınmış ve projelerde hangi BIM yazılım araçlarını kullandığı ile ilgili bilgilere yer verilmiştir. Aşağıdaki tabloda bu projeler özetlenmektedir

Inusah (2018) ‘ın Türk inşaat sektöründe BIM uygulamalarının yaygınlığı ve uygulamalardaki başarı düzeyleri üzerine yaptığı incelemede, son 10 yılda Türkiye’de BIM çalışma sistemi kullanılarak yapılan projeler ve BIM kullanımı araştırılmıştır. Aşağıda literatür araştırması sonucu Türkiye’de yapılan projeler Tablo 2.1’de gösterilmiştir [Inusah, 2018]; [Özorhon, 2018]; [Açar, 2019]; [Web 6].

Tablo 2.1: Türkiye’de BIM ile yapılmış projeler.

Proje Adı	Proje Türü	Proje Alanı (m2)	Yapım Yılı
İstanbul Yeni Havalimanı (İYH) (İstanbul)	Havalimanı	76 milyon	2014-2027
Kabataş – Mecidiyeköy – Mahmutbey Metro Hattı (İstanbul)	Metro	274.000	2014-2018
Atakoy-İkitelli Metro Hattı (İstanbul)	Metro		2016-2019
Dudullu-Bostancı Metro Hattı	Metro		2016-2019
Darica-Gebze Metro Hattı Projesi	Metro	15.6 kilometre uzunluğunda	2018-

Tablo 2.1: Devam

Emaar Square (İstanbul)	Alışveriş merkezi	700,000	2012-2017
Finanskent (İstanbul)	Konut	171,900	2013-
İş GYO Kartal Manzara Adalar (İstanbul)	Konut	313,500	2015-2018
Ankara Etlik Entegre Sağlık Kampüsü (Ankara)	Hastane	1,114.62	2015-2019
Türkiye Dünya Ticaret Merkezi (İstanbul)	Ticari		
Antalya Yöresel Ürünler Pazarı (Antalya)	Ticari		
Garanti Bankası Pendik Teknoloji Kampüsü (İstanbul)	Ticari		
Forum Adana (Adana)	Ticari		
AND Pastel (İstanbul)	Konut	44.000	2016-2018
Rönesans Tower (İstanbul)	Ofis	45.000	2012-2014
Adana Sağlık Kampüsü (Adana)	Hastane	450.000	2015-2018
Elâzığ Entegre Sağlık Kampüsü (Elâzığ)	Hastane	285.000	
Elâzığ TAPH (Elâzığ)	Hastane	12.500	
Elâzığ ADSM (Elâzığ)	Hastane	11.800	
Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Merkezi (İstanbul)	Hastane		2015-2018
Kıbrıs Ercan Havalimanı (KKTC)	Havalimanı		2015-
Adnan Menderes Havalimanı (İzmir)	Havalimanı		2005-2006
İstanbul Sağlık İdaresi Ofisi (İstanbul)	Hastane		2017-2019
Bursa Entegre Sağlık Kampüsü (Bursa)	Hastane		
Başakşehir Çam ve Şakura Hastanesi Kampüsü (İstanbul)	Hastane	30.450	2020

Türkiye’de BIM kullanımı araştırıldığında hem akademide BIM konusunda araştırmaların arttığı, hem de AEC endüstrisinde son 10 yılda BIM kullanımının ivme kazandığı görülmektedir [Ademci,2018].

Ademci (2018) çalışmasında Türk AEC endüstrisinde BIM’in benimsemesine yönelik analiz çalışması yapmıştır. Bu çalışmada; 664 inşaat mühendisi, 213 mimar, 9 mekanik mühendisi, 3 elektrik mühendisi, 16 kişi de diğerleri olarak ifade edilen toplam 905 kişinin katılımının bulunduğu bir anket yer almaktadır. Anket sonuçları, ‘BIM’i kullananlar ve BIM’i kullanmayanlar’ olarak iki grup altında toplanarak analiz edilmiştir. Çalışmaya katılan kişilere BIM önündeki engeller sorulduğunda; ilk sırada BIM’i kullanan teknik personelin yetersizliği olduğu, ikinci sırada BIM çalışma

sistemini kullanan proje paydaşlarının olmaması olduğu görülmüştür (Şekil 2.21) [Ademci, 2018]. Türkiye’deki BIM sistem kullanım oranının ise %20,26 ile düşük olduğu belirtilmiştir.

Barriers to Adoption of BIM	Strongly Agree	Agree	Unsure	Disagree	Strongly Disagree	ΣR	ΣW	RII	Rank
Technical staff (engineer-architect) is insufficient to use BIM	37	92	19	9	2	159	630	0,7925	1
We can not find any subcontractors that can use BIM, and this affects our business negatively.	47	67	23	17	5	159	611	0,7686	2
Client's lack of sufficient information about BIM cause problems	42	71	24	18	4	159	606	0,7623	3
We need additional staff to manage BIM processes	34	66	32	23	4	159	580	0,7296	4
There is no valid national standard for the use of BIM	33	53	52	11	10	159	565	0,7107	5
Consultancy services are not sufficient for BIM adoption	28	58	46	22	5	159	559	0,7031	6
Government agencies do not encourage the use of BIM.	37	46	38	30	8	159	551	0,6931	7
Using BIM does not help us to stand out among the companies we compete with.	27	45	47	29	11	159	525	0,6604	8
Benefits of using BIM do not outweigh the costs	24	31	57	35	12	159	497	0,6252	9

R: Number of Response, W: Weight

Şekil 2.21: BIM kullanımı önündeki engeller.

BIM uygulayan ülkeler in başında gelen ülkelere biri Birleşik Krallık’ta BIM kullanımının arttırmasındaki ana itici gücün devletin BIM çalışma sistemini desteklemesi ve zorunlu kılması olarak görülmektedir [National BIM Report, 2018]. Benzer şekilde, Türkiye’de de kamu projelerinde BIM kullanılması ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu anlamda, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı 2014 yılından beri demiryolu altyapı projelerinde BIM kullanımını zorunlu kılmıştır. Türkiye’de hem zorunluğun olması hem de uluslararası projelerde iş birliğinin artması, proje ölçeklerinin büyümesi gibi birçok gelişmeyle beraber BIM teknolojisi kullanılarak üretilen proje sayısı da artmıştır [Erdik, 2018]; [Inusah, 2018]; [Selim, 2019]. Kabataş-Mecidiyeköy Metro hattı projesi Türkiye’de ilk BIM teknolojisi kullanılarak yapılan projelerden olmuştur. Bu proje AEC Mükemmellik Ödülleri 2017 [AEC Excellence Awards 2017] isimli uluslararası bir yarışmada altyapı kategorisinde finale kalarak önemli bir başarı elde etmiştir. 2018 yılında ise altyapı kategorisinde M9 Ataköy- İkitelli metro hattı finalist olarak aynı yarışmada yer almıştır. 2019 yılında, 40 ülkeden 230 başvurunun yapıldığı bu yarışmada Türkiye’den iki proje ödül

kazanmıştır. Projelerden biri; Altyapı Tasarım kategorisindeki Büyük Ölçekli Projeler içerisinde Ümraniye-Ataşehir-Göztepe Metro Projesi iken; ikincisi ise İstanbul Geneli Raylı Sistem Projesidir. Bu proje 2023 yılında tamamlandığında mevcut beş (5) metro hattına bağlanan 11 istasyondan oluşacak olan 16 km'lik bir metro hattının tasarımını içermektedir [Web 7]. Türkiye'nin uluslararası başarısına bakarak BIM konusunda kendini geliştirdiği ve bu yolda proje ölçeklerinin büyümesiyle BIM çalışma sistemini daha çok kullandığı görülmektedir.

Türkiye'de BIM konusundaki gelişmeler; Şubat 2020 yılında T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından dijital yönetim hedefleri doğrultusunda bilgi yönetimi alanındaki verimliliği artırmak amacıyla Ulaştırma Projeleri Yapım İşleri İhalelerinde kullanılmak üzere yayınlanan belgeler ile devam etmiştir (Şekil 2.22) [Web 8]. BIM Teknik Şartnamesi ve İhale Dökümanları' isimli bu belge ile kamu projelerinde BIM kullanımı zorunluluğu getirilmiş ve devletin BIM çalışma sistemininredmi olarak desteklediği ortaya koyulmuştur. Bu yolla, Türkiye'de BIM çalışma sistemi hakkında farkındalığın ve BIM ile üretilen proje sayısının artabileceği öngörülmektedir.



Şekil 2.22: TC. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından yayınlanan BIM Teknik Şartnamesi ve İhale Dökümanları.

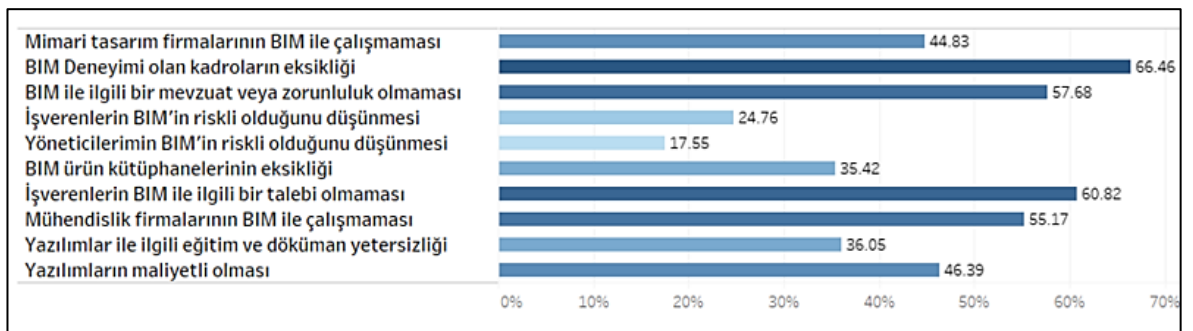
BIM kullanımı konusunda dünya ile kıyaslandığında Türkiye'nin geçiş aşamasında olduğu ve BIM'in benimsenmesinde ülkede bir direncin bulunduğu söylenebilir. Literatüre bakıldığında bu konudaki sebepler aşağıdaki gibi özetlenmektedir:

BIM çalışma sistemi yeni bir sistem olup, geleneksel yöntem ile çalışmaya alışkın olan teknik personel ve şirketler için bu yeni sisteme geçiş yapmak, kurumsal organizasyon yapısını da değiştirmeyi gerektirir.

BIM konusunda BIM'i kullanan diğer ülkeler ile kıyaslandığında; BIM standartları ve kılavuzları henüz tam geliştirilmemiştir. Her şirket kendi isteğine göre BIM standartlarını tercih etmektedir.

BIM bilen uzman teknik personel eksikliği yaşanmaktadır.

Türkiye'de son yıllarda BIM ile ilgili sivil örgütlenmelerin sayısının arttığı görülmektedir. Bu tür kuruluşların sosyal paylaşım platformları ve topluluklarındaki BIM etkinlikleri de günden güne artış göstermiştir. Bu yollarla, BIM sistemi kullananteknik personelin ya da öğrencilerin BIM hakkındaki bilgileri ve farkındalığı artabilmektedir. Öte yandan, Türkiye'de BIM ile ilgili yapılan ilk rapor da 'BIMgenius' isimli bir topluluk tarafından sunulmuştur. 2018 ve 2020 yıllarında 'Türkiye BIM Raporu' isimli raporlarda; Türkiye'deki BIM kullanımı, kullanılan yazılımlar, BIM ile çalışan teknik personelin deneyimleri gibi konulara yer verilmiştir. Bu raporlarla atrıca, Türkiye'de BIM ile çalışma konusundaki problemler araştırılmıştır. Bu problemlerden en önemlisi mimari tasarım firmalarının BIM ile çalışmaması, ikincisi BIM deneyimi olan kadroların eksikliği ve üçüncüsü BIM ile ilgili bir mevzuat ve zorunluluğun olmaması olarak belirlenmiştir. Raporla ortaya çıkan diğer problemler Şekil 2.23:de görülmektedir [Başyazıcı, 2018].



Şekil 2.23: BIM ile çalışma konusundaki problemler.

Türkiye dünya ile kıyaslandığında, BIM ile ilgili geçiş sürecindedir. Buna rağmen, gün geçtikçe ülkede AEC sektöründeki uluslararası projelerin artmakta ve bu tür projelerde paydaşlar çoğunlukla BIM sistemini kullanmayı tercih etmektedir. Ayrıca, ortak yürütülen bu tür projelerin ölçeklerinin artması ve projedeki bilginin yönetiminin BIM ile daha kolay gerçekleştirilebileceğinin bilincinde olunması, akademi ve sektör iş birliğini gerektirmektedir. Bu anlamda, üniversitelerin ilgili bölümlerinde BIM'e yer verilmesi, bu gereksinimin karşılanmasında ve BIM kullanımının yaygınlaşmasında etkili olabileceği düşünülmektedir.

2.3. Yükseköğretimde BIM Sistemi

Son yıllarda AEC endüstrisinde BIM sistem kullanımının artmasıyla, sektörde BIM bilen mezun teknik personele olan gereksinimin de arttığı görülmektedir. Dünyada bu talep; çeşitli üniversitelerin fakültelerinde, çeşitli düzeylerde BIM eğitimlerinin verilmesiyle karşılanmaktadır. BIM mimarı olarak mimari yetilerle donanmış uzman gereksiniminin ise çoğunlukla mimarlık eğitimi veren kurumlarca karşılandığı görülmektedir.

BIM'in dünyada kullanımına bakıldığında; Avustralya, Kanada, Çin, Finlandiya, Hollanda, Singapur, Japonya, Çek Cumhuriyeti, Hong Kong, Yeni Zelanda, Norveç, Güney Afrika, İsveç, Birleşik Krallık ve ABD ülkelerinde BIM eğitimi veren kurumların yer aldığı bilgisine ulaşılmıştır. Ayrıca bu kurumların yalnızca mimarlık eğitimi veren kurumlar olmadığı, AEC (Architecture, Engineering, Construction) programlarıyla BIM'i bütünleştirdikleri görülmüştür. Bahsedilen kurumlardan bazılarına Tablo 2.2: de yer verilmiştir [NATSPEC, 2017].

Tablo 2.2: Dünyada BIM Eğitimi.

Ülke	BIM Eğitimi	Kurum
Avustralya	(11 kurum) lisans müfredatlarında en büyük BIM alımını göstermiştir. İnşaat Yönetimi programları, BIM eğitim kurslarının en hızlı alındığı düşünülüyor. Birçok teknik kolej, BIM'in müfredata dahil edildiği dersler vermektedir.	Avustralya Mimarlar Enstitüsü Avustralya Satın Alma ve İnşaat Konseyi Avustralya İnşaat Endüstrisi Forumu Avustralya BIM Danışma Kurulu

Tablo 2.2: Devam

Kanada	BuildingSMART Kanada (bSC) ve Kanada BIM Konseyi (CanBIM), Kanada BIM Eğitim Stratejisinin uygulanmasıyla birlikte ilerlemektedir.	BuildingSMART Kanada (bSC) Kanada BIM Konseyi (CanBIM) Kanada BIM Enstitüsü (IBC)
Finlandiya	Üniversiteler ve politeknikler BIM eğitimi vermektedir. Skanska ve Senaatti gibi büyük şirketler, şirket içi eğitimler düzenler. Skanska, kendi üretiminin%100'ü için BIM kullanıyor	National Common BIM (COBIM) BuildingSMART Finland
Singapur	Toplam 33 tam zamanlı program ve BIM müfredatı ile 20 yarı zamanlı program sunan 11 Yüksek Öğrenim Enstitüsü (IHL-Institutes of Higher Learning) vardır. BIM yazılımı eğitim tedarikçileri de özellikle profesyoneller için eğitimde çok önemlidir.	Nanyang Teknoloji Üniversitesi Singapur Ulusal Üniversitesi Yüksek Öğrenim Enstitüleri (IHLs) Building and Construction Authority Academy (BCAA)

2013 yılında İrlanda Cumhuriyeti üniversiteleri de dâhil olmak üzere, Birleşik Krallık genelinde 29 yükseköğretim kurumundan 60 üyenin içinde yer aldığı BIM Akademik Forumu (BAF)'nın raporunda, 'Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)'nin hedef müfredatının araştırıldığı belirtilmektedir. BIM'in akademik yönlerini desteklemek için oluşturulmuş çok sayıda İngiltere üniversitesinden bir temsilciler grubu olan BAF bir 'BIM Akademik Çerçevesi'nin geliştirilmesine odaklanmıştır. Bu çerçeve kapsamında, BIM öğrenimini 'disipline özgü' lisans ve lisansüstü eğitim dâhilinde uygun seviyelere yerleştirmek için daha uzun vadeli bir yol haritası önerilmektedir [BAF, 2013]. BIM sisteminin en yoğun kullanıldığı ülkelerden biri olan İngiltere'de yer alan Coventry Üniversitesi'nin, İnşaat mühendisliği mimarlık ve yapı bölümde BIM kullanımı lisans programlarıyla bütünleştirilmeye başlanmıştır. Bölümde bu noktada; etkili, çapraz ya da disiplinler arası iş birliği için gerekli olan BIM farkındalığını ve becerilerini geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Günümüz mimarlık eğitiminin dijitalleşme çabaları çoğunlukla CAD-centric olarak tanımlanan iki boyutlu bir sistemle karşılanmaya çalışılmaktadır. Buna karşın, BIM sistemi nesne tabanlı ve ikiden fazla çok boyutlu bir sistemdir. Bu anlamda, BIM sistem ile geleneksel CAD sistemi arasında iş akışları açısından farklılıkların olduğu söylenebilir. Barison ve Santos (2010); yükseköğretim kurumlarındaki BIM bütünleştirme çabalarının ağırlıklı olarak tek ders üzerinden yürütüldüğünü tespit

etmişlerdir. Oysaki BIM'in yapısında yer alan çok boyutluluğun disiplinler arası bütünleştirme ile gerçekleştirilmesi daha olanaklıdır. Bu anlamda, BIM sisteminin sadece yazılım odaklı ve mimarlık eğitiminin omurgası olan tasarım stüdyolarında uygulanması yeterli olmayıp, yapı bilgisi, restorasyon gibi mimarlık eğitiminin diğer alanları ile de ilişkilendirilmesi gerekmektedir [Cheng, 2006]. Benzer şekilde, diğer disiplinlerle iş birliği de bu konuda önem taşımaktadır.

BIM sisteminin en yoğun kullanıldığı ülkelerden bir diğeri ABD'deki BIM bütünleştirme pratiklerine bakıldığında; AEC endüstrisini desteklemek üzere bu bağlamda İnşaat Mühendisliği, Mimarlık, Mimari Mühendislik, İnşaat Mühendisliği ve İnşaat Yönetimi gibi çeşitli disiplinlerde BIM derece programlarına yer verildiği görülmektedir. ABD'deki yaklaşık 30 üniversite, AEC disiplinlerinin üçünde de akredite edilmiştir. Ayrıca, bunların tümü müfredatın bir parçası olarak bazı 'BIM dersleri' sunmaktadır (Tablo 2.3) [Ali and Zia, 2016].

Bu bölümde yükseköğretimde BIM Sistemini öğretim yöntemleri incelenmektedir. Aşağıdaki bölümde ise mimarlık eğitiminde BIM sisteminin mimarlık eğitimi ile bütünleştirme yöntemleri ve BIM çalışma sisteminin mimarlık eğitimindeki yeri ve tarihsel süreçte gelişimi araştırılmıştır.

Tablo 2.3: ABD Üniversitelerindeki BIM dersleri.

Ders Kodu	Ders Adı	Üniversite
CNMG 2318	Building Information Modeling	University of Arkansas at Little
ARC 1300P	Building Information Modeling for Construction Management	Georgia Institute of Technology
CEE 110/210	Building Information Modeling	Stanford University
AE 597G	Building Information Modeling Execution Planning	Pennsylvania State University
CM 1223	Graphic Communication Skills	John Brown University
CM 414	Virtual Construction	University of Washington
CM 470	BIM and Integrated Practices	University of Southern California
CGT 46000	BIM for Commercial Construction	Purdue University
MCM 602	Construction Information Modeling	Philadelphia University
ECIV 309	BIM in Construction	Montana State University
CM 4	Construction Graphics	California State University
AE 1312	Introduction to BIM	Milwaukee School of Engineering
ENGR 2100	Intro to Engr/Computer Graphics	Clemson University

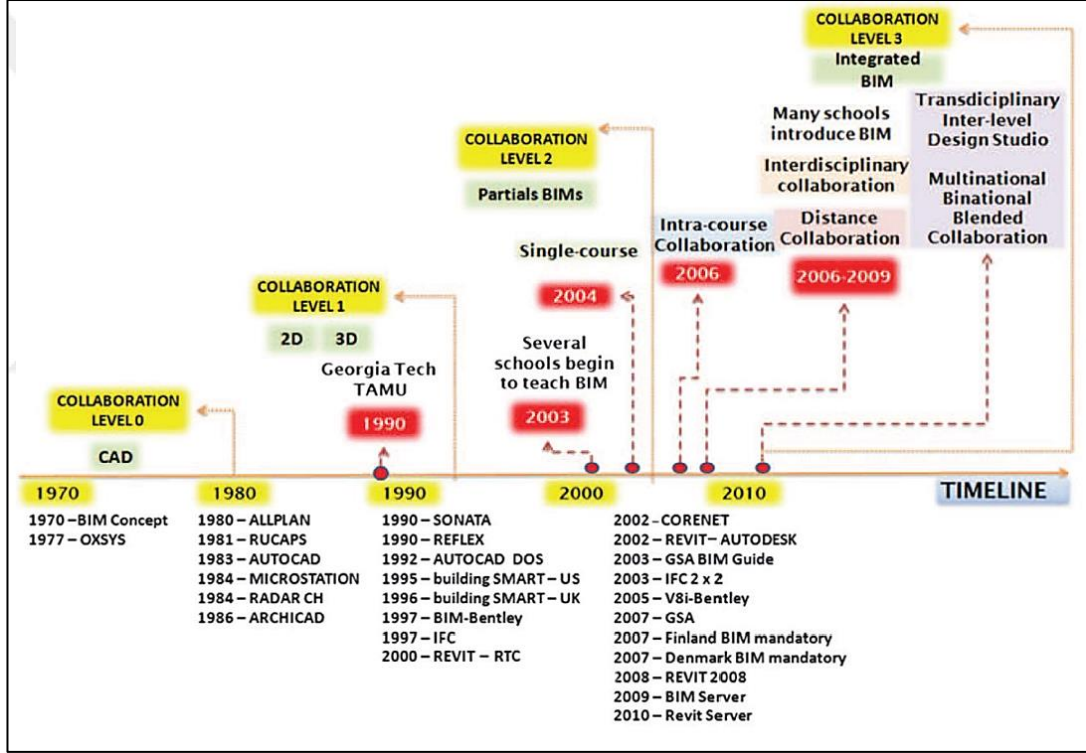
3. BIM SİSTEMİNİN MİMARLIK EĞİTİMİ İLE BÜTÜNLEŞTİRİLME YÖNTEMLERİ: YAPI BİLGİSİ ALANI

Bu bölümde, öncelikle dünyada ve Türkiye’de mimarlık eğitiminden bahsedilmektedir. Ayrıca, yapı bilgisi alanının mimarlık eğitimindeki yerine ve salgın süreci ile dönüşmeye başlayan eğitim sürecine değinilmektedir. Sonrasında, BIM sisteminin mimarlık eğitimi ile bütünleştirme yöntemleri dünyadan ve Türkiye’den seçilen üniversitelerin müfredatları incelenerek değerlendirilmektedir. Bu müfredatların özellikle yapı bilgisi alanında neler sunduğu irdelenmekte ve son olarak elde edilen veriler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmektedir.

3.1. Mimarlık Eğitiminde BIM Sistemi

BIM sistemin gelişimi ve sistemin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilme süreçleri Şekil 3.1’de görülebilmektedir [Barison and Santos, 2012]. Buna göre; 1970’lerde BIM konseptinin başladığı yıl olduğu; 80’lerde ise CAD sistemlerinin iki boyutlu kullanımının başladığı ve yineiki ve üç boyutlu yazılımların kullanımıyla gelişme gösterdiği söylenebilir. 90’larda CAD sistemlerinin iki ve üç boyutlu yazılımlarının, farklı yazılım araçlarının ortaya çıktığı; buildingSMART gibi toplulukların kurulduğu ve teknolojinin akademiye dâhil edildiği görülmektedir. 2000’lerde 2. düzeyde BIM çalışma sistemi gündeminin gündeme gelmesi ve 2006 ve 2009 yılları arasında birçok okulun BIM çalışma sistemini tanıtmaya başlaması söz konusudur. Bu anlamda, Georgia Teknoloji Enstitüsü’nün 2000’den bu yana BIM’i öğrettiği ve 90’ların başından bu yana da enstitüde BIM ile ilgili araştırmaların yapıldığı görülmektedir. BIM çalışma sistemine ilgi göteren ilk programın Enstitü’de mimarlık olduğu bilinmektedir [Barison and Santos, 2010]. 2005 yılı civarında bazı üniversitelerde İnşaat Yönetimi ve Entegre Tasarım Stüdyosu (Integrated Design Studio) dersleri ortak çalışılmış, deneysel çalışmalar yapılmıştır [Holland et al., 2010]. 2008 yılında altı farklı AEC programından öğrenciler bir araya getirilmiş; BIM, Disiplinlerarası Tasarım Stüdyosu’nda öğretilmeye başlanmıştır [Holland et.al., 2010]; [Barison and Santos, 2010]; [Barison and Santos, 2012] Bu açıdan diğer bir örnek ise; Virginia Tech. tarafından uygulanmıştır. Bu okulda da AEC programlarından her seviyeden öğrenciler bir araya gelerek BIM’i Integrated Construction Leadership Studio dersi

aracılığıyla öğrenmiştir [Barison and Santos, 2012]. 2010 yılında ise; dünyada birçok okulda BIM dersleri verilmeye başlanmış, işbirlikçi temelli dersler eklenerek akademide müfredata dâhil edilmiştir. Bugün de çeşitli üniversitelerde hem stüdyo derslerinde hem de teorik derslerde, farklı öğretim metodları ile BIM eğitimi sürdürülmektedir.



Şekil 3.1: Tarihsel süreçte BIM eğitiminin gelişimi.

BIM eğitiminin tarihsel gelişimine bakıldığında, BIM'in ilk olarak mimarlık eğitiminde gelişmeye başladığı, fakat sonraki dönemlerde de en çok mimarlık müfredatında tartışıldığı görülmektedir [Çapkın, 2018]; [Barison and Santos, 2018]. Mimarlık eğitiminde BIM çalışma sisteminin geleneksel yöntemlere göre yeni bir sistem olması ve akademinin bu sistemi mimarlık eğitiminin sanatsal ve yaratıcı eğitimine karşı tehdit edici bir unsur olarak görmesi, bu durumun sebepleri arasında belirtilmektedir. Buna karşın akademide, BIM'in mimarlık eğitime katkısının olacağını, BIM sistem ile daha sürdürülebilir yapıların yapılabileceğini ve zamanın etkin kullanılmasıyla daha verimli proje süreçlerinin yaşanabileceğini düşünenler de yer almaktadır. Bu tür görüş farklılıklarının olması mimarlık eğitiminin pedagojik özellikleri ile ilişkilendirilmektedir.

Mimari tasarım süreci kurallara dayalı bir rasyonel sistem olmayıp; sezgi, beceri ve deneyimle, kişisel ve kültürel değerlerin de incelendiği bir bilim ve sanat dalıdır [Kiviniemi and Fischer, 2009]. Bu anlamda, mimarın görevi sadece yapının tasarımını yapmak değildir. Aynı zamanda, bir yapının tüm yaşam döngüsünde yer alan diğer paydaşlar ile iş birliği yapmak ve doğru iletişimin gerçekleşmesine de yardımcı olmaktır [Deamer&Bernstein, 2011]; [Kiviniemi, 2013]; [Scheer, 2014]. Mimari tasarım ve bina yapımı her zaman yüksek düzeyde farklı beceri ve bilgi türlerini gerektirmiştir. Çapkın (2020) çalışmasında BIM çalışma sisteminin müfredat ile bütünleştirme yöntemlerini ele alırken, tüm müfredatı da sorgulama gerekliliğinden yola çıkarak, BIM çalışma sistemini “21. yy. mimarlık müfredatı” olarak nitelendirmektedir. Çapkın’ın bu çalışmasında; BIM öğretme yöntemleri, nasıl öğretileceği ve derslerin hangi kaynaklar kullanılarak kurgulanacağı, dersteki aktörler (sektörden uzman, akademisyen ve öğrenci) ve görevleri araştırılmış ve bir BIM öğretme senaryosu kurgulanmıştır [Çapkın, 2020].

BIM’in AEC Eğitimindeki konumu ve geleceği ile ilgili anketini içeren bir çalışmada; üç disiplinin eğitim yöntemleri temel olarak ele alınmış ve BIM ‘in bu disiplinlerdeki yeri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda; BIM teknolojisinin her üç disiplin için de çok önemli olduğu tespit edilmiştir. Buna göre; mimarlık eğitiminde parametrik tasarım %95 oranında, BIM çalışma sistemi %88 oranında önemli bulunmuştur [Gerber et al., 2015].

Son olarak, mimarlık eğitiminde BIM çalışma sisteminin tarihsel süreçte gelişimine bakıldığında, özellikle inşaat 4.0 yaklaşımıyla BIM’in mimarlık alanında öneminin arttığı söylenebilir.

3.1.1. Mimarlık Eğitiminin Genel Özellikleri

Mimarlık lisans eğitimi hem estetik hem de teknik gereksinimleri karşılayacak mimari tasarımların gerçekleştirildiği, genellikle proje stüdyolarında geçirilen teorik ve uygulamalı çeşitli derslerin verildiği, kentsel tasarım, planlama, mimarlık tarihi, rölöve, şehircilik gibi konularda bilgi sahibi olmayı hedefleyen bir eğitim programıdır [Aydın et al., 2019]. Dünyada mimar ünvanının kazanılmasında farklı süreçler bulunmakla birlikte, Türkiye’deki mimarlık lisans eğitiminin ardından mezunlar, mimarlık mesleğini icra edebileceği bir imza yetkisine sahip olabilmektedirler.

Mimarlık eğitiminin omurgasında stüdyo dersleri olduğundan, bu derslerde duyulan fiziksel ortam ihtiyaçları da farklılaşmaktadır. ‘Stüdyo’ olarak adlandırılan derslikler, öğrencilerin çizim, tasarım, maket yapma veya fikirler üzerinde entelektüel ve sosyal olarak meşgul olup tartışabildikleri, aktif olarak yer alabildikleri mekânlardır [Dutton, 1987]; [Elinç ve ark, 2021]. Mimarlık eğitiminde, ‘tasarla, yap, üret’ mantığı hâkim olmakta ve yaparak öğrenme süreci yaşanmaktadır. Bu öğrenme sürecinde mimarlık öğrencileri meslek pratiğine hazırlık niteliğinde süreç yaşamakta ve ekip ile hareket ederek, tasarım ve yapım aşasındaki yaşanabilecek zorluklara beraber çözümler üretebilmektedir [Mun ve Arslan Selçuk, 2018]. Mimarlık lisans eğitiminden sonra ise; yapı mühendisliği, yapı fiziği, mimarlık ile yapı yönetimi, mimarlık tarihi, yapım yönetimi, şehircilik gibi alanlarda lisansüstü eğitimler alarak mimarlıkta uzmanlaşma gerçekleşebilir. Türkiye’de Mimarlık bölümündeki lisansüstü çalışmalar çoğunlukla Fen Bilimleri Enstitüsü yönetiminde yürütülmektedir [Şahin Diri and Güzelçoban Mayuk, 2020].

Mimarlık eğitimini diğer bir önemli konu da mimarlık eğitiminin sahip olması gereken özellikleri belirleyici kurum ve kuruluşlardır. Britanya Mimarları Kraliyet Enstitüsü (Royal Institute of British Architects- RIBA), Ulusal Mimarlık Akreditasyon Kurulu (American National Architectural Accrediting Board- NAAB), Avrupa Mimarlar Konseyi (Architects Council of Europe-ACE), ARB (Architects Registration Board), Uluslararası Mimarlar Birliği (Union Internationale des Architectes-UIA) ve Mimarlık Akreditasyon Kurulu (MIAK) gibi uluslararası ve ulusal kuruluşlar, bu konuda çeşitli çalışmalar yürütmektedir [Esin, 2011]; [İbrahimgil, 2019]. Bu kuruluşlardan UIA, mimarlık eğitime evrensel ölçütler getirmeye çalışırken, MIAK ise benzer ölçütleri ulusal düzeyde getirmeyi hedeflemektedir. UIA, 1984 yılında İsveç’te kurulmuş, 1987 yılında ise Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization- UNESCO) ile iş birliği yapmış ve ‘Mimarlık Eğitim Şartı’ adında bir metin yayınlamıştır [İbrahimgil, 2019]. Bu metin her yıl küçük düzenlemeler ile güncellenmektedir. Bu metne göre mimarlık eğitimini tamamlamış olan mimar adaylarının sahip olması gereken ölçütler aşağıda sıralanmıştır [UNESCO/UIA, 2017]:

- Mimarlık eğitimi, duyu, akıl ve sezgi arasındaki gerilimleri dengeleyerek, sosyal ve fiziksel bilimler, teknoloji, insani bilimler, çevre bilimleri ve güzel

sanatlar bilimlerinden yararlanarak, toplumun ve bireyin ihtiyaçlarını gidermek için biçim getirebilmelidir.

- Güzel sanatlar, planlama, tasarımı, proje yönetimi, maliyet kontrolü, proje finansmanı, planlama, sağlık, sürdürülebilirlik, malzeme, strüktür ve ‘yapı bilgisi’ gibi konularda yeterli bilgiye sahip olmalıdır.
- Yapının enerji etkin olabilirmesi ve i konforunu sağlamak için yapıların fiziksel sorunlarının farkında olarak bu sorunlara çözüm üretebilme becerisi geliştirmelidir.
- Proje tasarımı aşamasında başlamadan önce; bilgi toplama, analiz etme, sorunları tanımlama, yaratıcı düşünme ve tasarımı üç boyutlu düşünerek, serbest el, grafik ve maket yapma, tasarımı farklı araçlarla temsil etme becerisi becerileri olmalıdır.
- Mesleki etik ve davranış kuralları bilmeli ve yasal yükümlülüklerine ilişkin bilgi sahibi olmalıdır.
- Farklı meslek gruplarıyla ve diğer mimarlarla ekip içerisinde iş birliği yaparak çalışabilmelidir.

Türkiye’de Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB), Yükseköğretim Kurumu (YK) ve Yükseköğretim Kalite Kurulu (YKK) tarafından tanınırılığa sahip olan Mimarlık Akreditasyon Kurulu (MIAK); 2006 yılında kurulan, gönüllülük esasına dayalı çalışan ve mimarlık eğitiminin akreditasyon koşullarının belirlenmesi ve değerlendirme süreçlerini yöneten ulusal bir kurumdur. 2014 yılında ‘MIAK Akreditasyon Koşulları’ metni yayınlayan bu kurum, mimarlık eğitimi müfredatında olan dersler ve bu derslerin alınması sonucunda kazanılan bilgi ve beceriler konuları üzerine odaklanmıştır [İbrahimgil, 2019].

MIAK, akredistasyon koşulları metninde mimarlık eğitimin hedeflerini;

- Mimarlık – Tasarım / Yaratıcı Düşünme,
- Mimarlık – Tarih / Kuram, Kültür / Sanat,
- Mimarlık – evre / Kent / Toplum,
- Mimarlık – Teknoloji ve
- Meslek Ortamı

olmak üzere 5 temel başlıkta gruplandırmıştır [İbrahimgil, 2019]. Bu başlıklar detaylıca incelendiğinde UIA'nın ölçütleri gibi mezunların sahip olduğu bilgi ve becerileri içerdiği görülmektedir. Türkiye’de MIAK ulusal yeterliliğe sahip mimarlık lisans programları ve akreditasyon süresi Tablo 3.1’de gösterilmiştir [Web 9]

Tablo 3.1: MIAK akreditasyonlu Mimarlık Lisans Programları.

MiAK Akreditasyonlu Mimarlık Lisans Programları			
Kurum Adı	Program Dili	Akreditasyon Türü	Akreditasyon Süresi
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	Türkçe	6 Yıl	28 Haziran 2017 - 28 Haziran 2023
YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ	İngilizce	2 Yıl Gözetimli	13 Nisan 2020 - 13 Nisan 2022
YAKIN DOĞU ÜNİVERSİTESİ	İngilizce	2 Yıl Gözetimli	13 Nisan 2020 - 13 Nisan 2022
ULUSLARARASI KIBRIS ÜNİVERSİTESİ	İngilizce	6 Yıl Koşullu	11 Haziran 2014 - 31 Aralık 2021
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ	Türkçe	6 Yıl	12 Şubat 2014 - 31 Aralık 2021
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ	Türkçe	6 Yıl Koşullu	22 Nisan 2014 - 31 Aralık 2021
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	Türkçe	3 Yıl	9 Temmuz 2018 - 31 Aralık 2021
FATİH SULTAN MEHMET VAKIF ÜNİVERSİTESİ	Türkçe	6 Yıl Koşullu	12 Mart 2020 - 13 Mart 2026 Ara Değerlendirme: 13 Mart 2023
ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	Türkçe	6 Yıl Koşullu	11 Haziran 2014 - 31 Aralık 2021
DOĞU AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ	İngilizce	6 Yıl	9 Temmuz 2018 - 9 Temmuz 2024
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ	İngilizce	3 Yıl	13 Mart 2020 - 13 Mart 2023
ATILIM ÜNİVERSİTESİ	Türkçe	2 Yıl Gözetimli	13 Mart 2020 - 13 Mart 2022

Dünyadaki mimarlık eğitimi, öğretme yöntemleri ve süreleri de ülkeden ülkeye değişmektedir. Tez kapsamında BIM sistemin zorunlu olduğu ülkeledeki mimarlık eğitimleri kısaca aktarılmıştır. Bu anlamda, öncelikle Birleşik Krallık’da mimar unvanı kazanmak için mimar adaylarının İngiltere’nin meslek odası olan ve mimarlık eğitimi üzerinde önemli deneti yetkileri bulunan RIBA (Royal Institute of British Architects/)'nın, Part-1 olarak derecelendirdiği 3 yıllık bir lisans (Undergraduate, Bachelor, BA, BSc) eğitiminin ardından 1 yıllık staj yapması zorunludur. Lisans eğitiminin ardından RIBA’nın Part-2 olarak derecelendirdiği 2 yıl ile 4 yıl arasında yüksek lisans (Graduate, BArch, Diploma, MArch) eğitimi alınmak üzere, 5 ile 7 yıl arasında değişen bir üniversite eğitimi alındıktan sonra; yine 1 yıllık staj yapılması

gerekmektedir. RIBA'nın Part-3 olarak adlandırdığı final yeterlilik sınavında da adaylar yazılı ve sözlü sınav, CV ve staj değerlendirmelerinden geçerek en az 7 yıllık bir üniversite eğitimi ve 2 yıllık stajın ardından, mesleki uygulama yapma hakkı kazanabilmektelerdir [Kara, 2017]. İngiltere'de bir mimar yüksek lisans yapmış olsa bile, belirli bir süre uygulamada çalıştıktan sonra alınan bir sınavın başarılmasıyla mimari meslek uygulama yetkisine sahip olabilmektedir. Tüm mesleki yürütme RIBA kontrolünde gerçekleşmektedir. RIBA kurumunun yanında mesleki uygulamaları denetleyen Birleşik Krallık'taki Mimarlar Kayıt Konseyi (Architects' Registration Council of the United Kingdom- ARCUK) kurumu da yer almaktadır [Nalçakan, 2006].

Amerika Birleşik Devletleri'nde ise eğitimde akreditasyon ve meslek yetkisi verme AIA, NCARB ve NAAB kuruluşları tarafından denetlenir. Mesleki uygulamaların denetlenmesini AIA (The American Institute of Architects-Amerikan Mimarlar Enstitüsü) sağlarken; eğitim, uygulama ve sınavdan oluşan üçlü bir sistemle mesleki uygulama yetkisi NCARB (National Council of Architectural Registration Boards-Ulusal Mimari Kayıt Kurulları Konseyi) tarafından verilmektedir. NAAB (National Architectural Accrediting Board-Ulusal Mimari Akreditasyon Kurulu) ise mimarlık eğitimi denetlemektedir. ABD'deki mimarlık okullarının çoğunda, üç yılı lisans (Bachelor), iki yılı yüksek lisans (Master of Architecture) olmak üzere, beş yılda lisans diploması verilmektedir [Nalçakan ve Polatoğlu, 2008]. Bu eğitimin ardından mimarlık lisansı alınabilmesi için ön şart olarak "Architectural Experience Program"ında (AXP-Mimari Deneyim Programı) belirli bir tecrübe puanı kazanılması gerekmektedir. Bu puanlar çalışılan firmalara ve kazanılan tecrübelerle göre değişiklik göstermektedir. Son olarak adaylar mimarlık bilgisinin ve yeteneklerinin ölçüldüğü Mimarlık Yetki Sınavı adı altında bir sınavı (Architect Registration Examination- ARE) geçerek mimarlık lisansını almaya hak kazanmaktadırlar [Kara, 2017].

3.1.2. Mimarlık Eğitiminin Yapı Bilgisi Alanı

Mimarlık eğitimi müfredatı genel olarak incelendiğinde; bina bilgisi (Tasarım), yapı bilgisi, rölöve ve restorasyon, mimarlık tarihi, sanat tarihi gibi alanlarda zorunlu derslerle, mesleki ve sosyal seçmeli dersler olmak üzere teorik ve uygulamalı çok sayıda ders yer aldığı bir eğitim programıdır. Bu tez kapsamında yapı bilgisi alanının

içerdiği konular ve dersler ele alınmış olup, yapı bilgisi alanında BIM eğitimi dersleri bu kapsamda incelenmektedir.

Bir yapının tasarımı ne kadar önemliyse o tasarımın uygulanması, yaşanabilir ve sürdürülebilir hale nasıl getirileceği ve tüm bu süreçlerin yönetilmesi yapı bilgisi alanındaki konulardır. Yapı bilgisi derslerinin kapsadığı konular araştırıldığında aşağıdaki temel konu başlıklarını içerdiği görülmektedir [Yücel, 2018], [Web 11]; [Web 12]:

- Yapı ve yapım teknolojileri,
- Yapı elemanları ve malzeme teknolojileri,
- Taşıyıcı sistemler, taşıyıcı sistemlerin malzeme davranışları, statik ve mukavemet, sistem hesapları,
- Fiziksel çevre kontrolü, akustik, nem, su ve ısı sorunları ve bu sorunlara üretilen çözümler, mimarlıkta güneş ışığı ve enerji analizleri, enerji performans analizleri gibi konuların anlatıldığı yapı fiziki dersleri,
- Yapım yönetimi ve ekonomisi (Maliyet analizleri ve süre yönetimi),
- Sürdürülebilir Yapı üretimi,
- Deprem Yönetimi.

Bu tez kapsamında yapı bilgisi alanında BIM dersleri incelenirken bu konuları kapsayan derslere odaklanılmış, derslerin içeriği ve amaçları bu kapsamda incelenmiş ve detaylıca yazılmıştır.

3.1.3. Mimarlık ve Yapı Bilgisi Alanı Eğitimlerinin Dönüşümü

Teknoloji tüm alanlara etki ettiği gibi AEC alanlarını da etkilemiştir. Teknolojinin ilerlemesi ve bilgisayar teknolojilerinin inşaat sektörüne katkıları keşfedildikçe, bu konudaki bilgiye sahip teknik personele olan talep de artmaktadır. Dünyada ve Türkiye’de önceki başlıklarda da değinildiği gibi, inşaat sektöründe BIM kullanımı gittikçe artmakta ve bu konuda uzman eksikliği yaşanmaktadır. Bu talep ve eksiklik mimarlık eğitiminde teknolojinin kullanımı ve kullanımının artırılmasının olumlu olumsuz yönleri gibi çeşitli tartışmaları gündeme getirmiştir. Bu anlamda, mimarlık meslek pratiği ve eğitim pedagojisi sorgulanmakta ve teknolojinin mimarlık

eğitimindeki konumu, kullanımı ve teknolojinin mimarlık eğitime katkısı ve olumsuz yönleri gibi konular son yıllarda hem akademide hem de sektörde yer bulmaktadır.

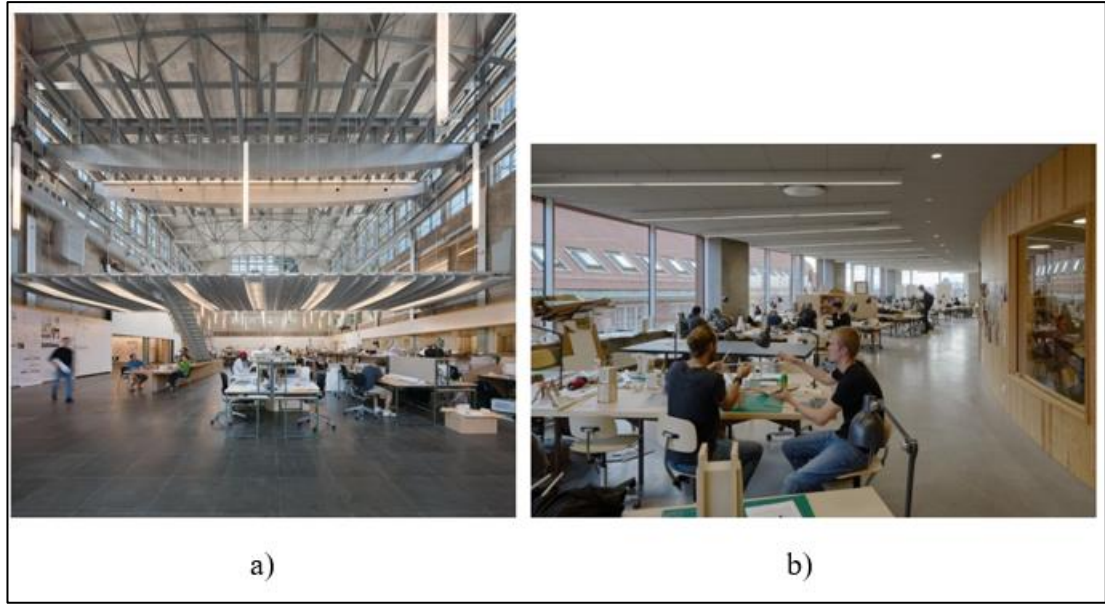
- BIM çalışma sisteminin endüstride sektörde kullanımının artması ile mimarlık eğitiminde BIM konuları sorgulanmaya başlanmıştır. Bu konularkonusunda aşağıdaki başlıklar ve sorular gündeme gelmektedir mi yapılmalı? [Kocaturk & Kiviniemi, 2013]
- BIM'in mimarlık eğitimini nasıl dönüştüreceği ve değiştireceği,
- BIM çalışma sisteminin mimarlık eğitime sağlayabileceği katkılar ya da neden olabileceği olumsuzluklar, için hangi yönden avantajlı hangi yönden dezavantajlı? Tasarım yeteneğine katkısı var mı yoksa yaratıcılığı azaltıyor mu?
- BIM mimarlık eğitimi ile bütünleştirme yöntemlerinin nasıl olabileceği; BIM derslerinin seçmeli ve zorunlu dersler aracılığıyla mı yoksa tüm müfredat ile bütünleştirilerek vemi ya da hibrit bir yöntem ile mi gerçekleştirilebileceği,
- Üniversitenin kendi bünyesinde BIM derslerini verecek yeterlilikte öğretim üyesinin mevcut olup olmaması, eğer yoksa var mı? Üniversitenin kendi kadrosunda BIM derslerini verebilecek öğretim üyesi yoksa endüstride sektörden faydalanılarak akademi-endüstri sektör iş birliğinin sağlanıp sağlanamayacağı.

Teknolojinin mimarlık eğitim müfredatını etkilediği ve dönüştürdüğü gibi, teklonolojinin mimarlık eğitimindeki fiziki mekânlara etkisi de bir başka araştırma konusudur. Yılmaz ve Polat (2020) yaptığı çalışmada, teknolojik yeniliklerin mimarlık eğitim mekânlarının dönüşümünü dünyada ve Türkiye’de seçilen okullar üzerinden değerlendirme yapmaya çalışmıştır. Bu çalışmada; yurtdışındaki teknoloji odaklı yedi mimarlık okulunun ve Türkiye’deki 16 üniversitenin mimarlık eğitim programlarında kullanılan teknolojik yenilikler, mekânsal gereklilikler ve eğitim müfredatları, okulların mimari projeleri üzerinden incelenmiştir. Bahsedilen çalışmada, Türkiye’deki sayısal tasarım alanında araştırmalar yapan 27 öğretim elemanı ile bu konular üzerine görüşmeler yapılmıştır. Buna göre; Mimarlık eğitiminde kullanılan teknolojik yenilikler,

Teknolojinin mimarlık eğitim müfredatını etkilediği ve dönüştürdüğü gibi, teknolojinin mimarlık eğitimindeki fiziki mekânlara etkisi de bir başka araştırma konusudur. Yılmaz ve Polat (2020) yaptığı çalışmada teknolojik yeniliklerin mimarlık eğitim mekânlarının dönüşümünü dünyada ve Türkiye’de seçilen okullar üzerinden değerlendirme yapmaya çalışmıştır. Bu çalışmada; yurtdışındaki teknoloji odaklı yedi mimarlık okulunun ve Türkiye’deki 16 üniversitenin mimarlık eğitim programlarında kullanılan teknolojik yenilikler, mekânsal gereklilikler ve eğitim müfredatları, okulların mimari projeleri üzerinden incelenmiştir. Türkiye’deki sayısal tasarım alanında araştırmalar yapan 27 öğretim elemanı ile bu konular üzerine görüşmeler yapılmıştır. Mimarlık eğitiminde kullanılan teknolojik yenilikler;

- Uzaktan/ çevrim içi eğitim ve konferans,
- Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT),
- Bilgisayar Destekli Üretim (BDÜ),
- Dijital sunum ve sergileme,
- Dijital araştırma ve Sanal Tur,
- Simülasyon/Sanal Gerçeklik (SG) ve Arttırılmış Gerçeklik (AG),
- Sanal Tasarım Stüdyosu (STS) ve sanal jüri ve
- Robotik Kol (RK),

olmak üzere sekiz başlıkta ele alınmıştır [Yılmaz ve Polat, 2020]. Bu teknolojik yeniliklerin fiziksel mekanlara etkisi itici bir güç olmuştur. Çünkü her bir teknolojik yeniliğin ihtiyaç duyduğu mekânın kat yüksekliği, genişliği, dönüştürülebilirliği farklı olduğu gibi, müfredatında bulunan teknolojik derslerin etkisinin okulların mimari projelerine yansımaları da farklıdır (Şekil 3.2) [Web 10]; [Web 11].



Şekil 3.2: a) Georgia Tech Mimarlık Okulu Hinman Araştırma Binası, b) Royal Teknoloji Enstitüsü Mimarlık Okulu stüdyosu.

Bu araştırma sonucunda mimarlık eğitiminde teknolojinin müfredata katılmasının olumlu olabileceği, değişebilen ve dönüşebilen mekânların mimarlık eğitimine işbirlikçi çalışmaya katkısı olduğu, tasarım ve sunum tekniklerini kolaylaştırıcı etkisi olduğu belirlenmiştir [Yılmaz ve Polat, 2020].

Teknoloji ve BIM mimarlık eğitimini dönüştürdüğü ve gelecekte dönüştüreceği öngörülebilirken, 2020 yılının Mart ayında dünyada beklenmeyen küresel bir salgın yaşanması, tüm hayatı değiştirdiği gibi mimarlık eğitimi yöntemini de etkilemiştir. Covid-19 adı verilen bu salgın, dünyada tüm eğitim hizmetini de etkilemiştir. Yüksek Öğretim Kurumu (YÖK)'ün kararıyla 16 Mart 2020'de okullar üç haftalığına tatile girmiş olup, sonrasında, yapılan toplantılar sonucunda salgın yayılımının durmayacağı düşünüldükçe 23 Mart 2020'den itibaren tüm seviyelerde eğitimin tamamen çevrim içi olarak devam edileceğine karar verilmiştir. Salgının ilk dönemlerinde, mimarlık eğitiminde tasarım stüdyosu derslerinin nasıl ilerleyeceği ile ilgili tartışmalar yaşanmış ve eğitimin sürekliliği için birçok mimarlık bölümlerinde stüdyo derslerinin de çevrim içi (uzaktan-online) bir şekilde devam edilmesine karar verilmiştir. Dünyada uzaktan öğrenim (distance learning) metodu çok yaygın olarak kullanılmakta ancak yerel ölçekte Türkiye özelinde bakıldığında acil uzaktan öğretim (emergency remote teaching) yönteminde bir ilk yaşandığı söylenebilir. Covid-19 salgını ile mimarlık eğitiminde öncelikle teorik dersler çevrim içi olarak işlenmeye devam edilmiş, ancak

salgının ne kadar süreceği hakkındaki belirsizlikten dolayı teorik/uygulamalı olmak üzere tüm dersler ve jüriler de sanal ortamda gerçekleştirilmiştir [Us, 2021].

Salgın ve yeni normal süreçlerinde mimarlık eğitimi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır [Bodur,2021], [Şekerci ve ark., 2021]; [Us, 2021]; [Sakarya, 2021]. Bodur (2021) çalışmasında, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, 2020-2021 Eğitim-Öğretim Yılı Güz Döneminde mimarlık bölümünde çevrim içi olarak 3. yarıyıl da verilen Yapı Bilgisi I dersinin uygulama yöntemi ve bu uygulama sonucunda öğrenciler tarafından yapılan anket çalışmasına yer vermiştir. Bodur'un bu çalışmasında öğrencilerin %94 ü derste anlatılan teorik derslerin sonradan dinlenmesinin konuların anlaşılmasında etkili olduğunu, ancak %60'ı uygulama çiziminde zorluk yaşadıklarını savunmuştur. Öğrencilerin %70'i farklı bir deneyim yaşadıklarını söyleselede teorik derslerin çevrim içi olabileceğinden ancak uygulama çizimlerinin yüz yüze olmasını tercih etmiştir. Şekerci ve arkadaşlarının (2021) yaptığı çalışmada mimarlık eğitiminde uzaktan eğitimin uygulamalı derslerde sürdürülebilirliği konusunda öğrenciler ve ders yürütüleri ile anket çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada; uzaktan eğitimin olumlu ve olumsuz yönleri, öğrenci ve ders yürütücülerinin teknolojik olanakları, bilgi ve becerileri, teknik altyapı problemleri, uygulamalı derslerin çevrim içi olarak işlenmesindeki tehdit ve fırsatlar konuları ele alınmaktadır [Şekerci ve ark., 2021]. Anket sonucunda öğrencilerin %80'inden fazlası, öğretim üyelerinin ise %71'i internet kesintisi veya yavaşlaması yaşadığını; öğretim elemanlarının %81'i uygulamalı derslerin, %63'ü tasarım stüdyosu derslerinin çevrim içi olarak düzenlenmesi konusunda bilgi ve becerilerine güvendiğini belirtmiştir. Aynı çalışmada yapılan uzaktan eğitimde odaklanma konusunda da araştırma yapılmış; öğrencilerin %68'i, öğretim üyelerinin ise %63'ü öğrencilerin dikkat sürelerinin yüz yüze eğitime göre azaldığını belirtmiştir [Şekerci ve ark., 2021]. Ayrıca, öğrencilerin %66'sı, öğretim elemanlarının da %42'si derslerin çevrim içi işlenmesinde, derslerin kaydediliyor olması ve öğrencilerin tekrar tekrar dinleyerek dersleri anlamada ve kavramada, olumlu etkisi olduğunu Düşünmektedir. Şekerci ve arkadaşları (2021) uygulamalı derslerin çevrim içi uygulanması konusunda zorluklar yaşanarak ya yüz yüze tercih edilmesini ya da farklı öğretim yöntemleri geliştirilmesi gerektiğini savunmuştur. Sakarya (2021), çalışmasında Çukurova Üniversitesi iç mimarlık bölümündeki teknik resim dersinin uzaktan eğitim ile yürütülmesi ile ilgili araştırma ve anket çalışması yapmıştır. Çalışma kapsamında yapılan anket çalışmasında, diğerlerine benzer sonuçlar çıksa da en ilginç sonuç çok büyük oran farklılığıyla

%86,45'i, gelecekteki mimarlık öğrencilerinin bu dersi uzaktan değil de stüdyoda uygulanmasını istemektedir [Sakarya, 2021]. Gelecekte uygulama dersleri açısından teorik derslerin uzaktan işlenebileceğini ancak uygulama çalışmalarının yüz yüze olabileceği karma öğretim yöntemi önerilmiştir [Sakarya, 2021]. Us (2021) yaptığı çalışmada Ondokuz Mayıs Üniversitesi'nde 2.Sınıf mimarlık öğrencileri tarafından alınan MIM 202 Mimari Tasarım III adlı mimari tasarım stüdyosu dersinin acil uzaktan eğitim yöntemiyle uygulanmasının eğitime etkisi ve katkısını araştırmış ve bu anlamda bir anket çalışması gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada öğrencilerin %64,4'ü acil uzaktan eğitimde proje sunumlarını daha rahat yapabildiklerini, öğrencilerin %67,8'i jürilerde diğer öğrencilerin aldıkları eleştirileri daha iyi anlayabildiklerini ifade etmiştir. Öğrencilerin %60'ın üzerinde bir oranla uzaktan eğitimin sosyal iletişim yönünden zayıf olduğunu ve aynı zamanda sosyalleşme ve yolculuk ile geçen sürenin olmayışından dolayı zamanın daha verimli kullanıldığını düşünmektedir [Us, 2021].

Sonuç olarak, özellikle salgın sonrasında teknolojinin ve acil uzaktan eğitimin mimarlık eğitiminde eğitim yöntemlerinde ve fiziksel mekân gereksinimlerinin dönüşümünde artan bir etkisinin olduğu söylenebilir. Bu anlamda, mimarlık eğitiminde BIM sisteminin bu değişim ve dönüşüm süreci ile birlikte ele alınmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

3.2. Dünyada Mimarlık Eğitiminde BIM Sistemi Öğrenimi

Dünyada mimarlık eğitiminde BIM sistemi öğrenimi konusunda literatür araştırması yapıldığında Barison ve Santos (2010)'un çalışmasının bu anlamda öncü olduğu söylenebilir. Bahsedilen çalışmada, dünyada BIM eğitimi veren üniversiteler, öğreten kişiler, BIM eğitimi verilen fakülteler ve BIM dersleri hakkında detaylı bir araştırma yer almaktadır. Barison ve Santos'un çalışmasında, BIM sistemi ile bütünleşen bir müfredatın planlanmasında üç aşamadan bahsetmektedir. Buna göre ilk aşamada; dijital temsil araçlarından bahsedilebilir, ikinci aşamada tasarım stüdyosu ve yapım teknolojisi derslerinde BIM'e yer verilebilir, üçüncü aşamada ise yapım yönetimi derslerinde de BIM öğretilerek derinlemesine bir BIM çalışma sistemi öğretimi gerçekleştirilebilir [Barison and Santos, 2010]. Ayrıca literatürde, BIM öğrenim seviyesine göre mezun olan öğrencilerin profesyonel hayatında da BIM ile ilgili nasıl bir iş tanımı ile adlandırılacağı konusunda başka bir çalışma ile karşılaşılabilmektedir. Buna göre; BIM öğrenim seviyeleri introductory, intermediary

ve advanced olmak üzere üç başlıkta ele alınabilmektedir (Şekil 3.3) [Barison and Santos, 2011].

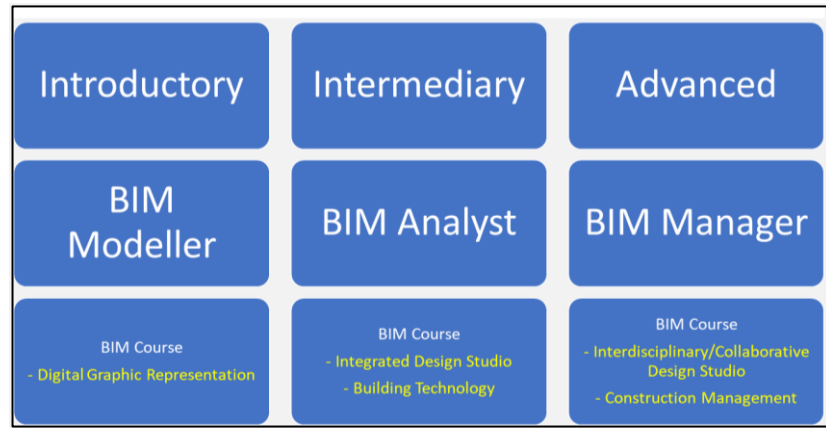
	ÜNİVERSİTE	YAZARLAR	PROGRAM	BIM DERSLERİ
Başlangıç (Introductory)	U. of North Carolina	Nelson	Architecture	BIM
	Montana State University	Berwald	Architecture	Digital Graphics and Design
	U. of Wisconsin-Milwaukee	U. of Wisconsin-Mil	Architecture	Computers in Architecture (Arch 382)
	Israel Institute of Technology	Sacks and Barak	Civil Engineering	Communicating Eng. Information
	Auburn University	Taylor, Liu & Hein	Construction Management (CM)	Constr. Info Tech. Digital Constr. Graphics
	California State University	Kymmell	Construction Management	Building Information Modeling I.II
Orta (Intermediary)	Texas Tech. University	Rex and Park	Architecture	Digital Media II
	USC	Becerik-Gerber	Engineering and CM	Building Information Management
	University of Utah	Scheer	Architecture	BIM, Design Studio
	Queensland U. Of Tech.	Nielsen et al.	Architecture	BIM Unit (Arch. Tech. and Science VI)
	NJ Institute of Technology	NJ School of Arch.	Architecture	Design Studio
	Texas State University	Mulva and Tisdell	Architectural Eng.	Design Studio I and II
	George Mason University	George Mason U.	Civil, Environ., Infrastructure Eng.	BIM (CEIE499/690)
	University of Washington	U. of Washington	Construction Management	Advanced Project Management Concepts
	California State University	Kymmell	Construction Management	BIM III
	Purdue University	Shmelter and Cory	Computer Graphic Tech.	Commercial Constr. BIM Course
İleri (Advanced)	Norwegian U. Of Sc.&Tech.	Hjelseth	Structural Engineering	Design of Bld. and Infrastructure
	Cal Poly	Korman and Simonian	CM and Civil Engineering	MEP Coordination Studio-Laboratory
	Cal Poly	Dong	Architecture, CE and CM	Int. Design Studio and Int. Bld. Envelopes
	Virginia Tech.	Ku	CM, Building Construction, Arch.	Several BIM Courses
	Texas A&M University	Texas A&M U.	Architecture, CM	Integrated Design Studio
	Penn State University	Poerschke et al.	Architecture, Civil Engineering	Integrated Design Studio (ARCH 497A)
	Georgia Tech.	Georgia Tech.	Graduate courses	BIM : Case Studies
	California State University	Kymmell	Construction Management	BIM IV
	University of North Texas	Arnold	Construction Eng. Tech.	Senior Design Class

Şekil 3.3: BIM öğrenme seviyeleri, BIM dersleri ve üniversiteler.

Başlangıç (Introductory) seviyesinde; BIM yazılım araçları tanıtılmakta, Dijital Grafik Temsil (Digital Graphic Representation-DGR) ile ilgili çalışmalar yapılarak modeller geliştirilmektedir. Öğrenciler bu seviyede; projedeki verilerin nasıl kullanılacağı ile ilgili temel bilgileri edinerek önce var olan projedeki verileri yönetmeyi öğrenebilir, daha sonrasında basit modelleme yaparak, BIM yazılım araçları ile yapı bileşenlerini (kapı, pencere, mobilya, duvar, çatı vb) modelleyebilir [Barison and Santos, 2011].

Orta (Intermediary) seviyede; BIM çalışma sistemi ileri modelleme teknikleri gerekli yazılımlar aracılığıyla öğretilmekte, mimarlar için enerji/performans analizleri, mühendisler için yapısal analiz çalışmaları bu seviyede yapılmaktadır. Modelde çakışma tespiti yapılabilir, farklı disiplinler ile iş birliği yapılmasıyla modeldeki verilerin mesi ve modelden detay çizimlerinin üretilmesi ile maliyet analizi yapılabilir [Barison and Santos, 2010]. Ayrıca bu seviyede öğrenciler LEED gibi sertifikaya sahip olan binaların BIM ortamında modellemesini yapabilir ve gerekli simülasyon yazılımları ile performans analizleri yaparak model ve gerçek proje arasındaki performansı karşılaştırabilir [Barison and Santos, 2011].

İleri (Advanced) seviyede BIM öğrenmenin ön koşulu, öğrencilerin Yapı Teknolojisi/Yapı Bilimi, Mesleki Uygulama, Yapı Malzemeleri, Yapım Yöntemleri hakkında bilgi sahibi olmaları ve ana BIM araçlarının kullanımında deneyimli olmalarıdır [Barison ve Santos, 2010]. Bu seviyede, birlikte çalışabilirlik, BIM yönetimi için kavramlar ve araçlar, BIM uygulaması, vakalar, ekip süreci ve ekip dinamikleri gibi BIM teknikler ve ilgili süreçler hakkında bilgiler edinilmektedir [Barison and Santos, 2011].



Şekil 3.4: BIM Öğrenme Seviyeleri ve BIM dersleri.

Şekil 3.4’te yer alan Barison ve Santos (2011)’un çalışmasında görüldüğü üzere, teknik personelin pozisyonları, aldıkları eğitimlerle ilişkili olarak değişkenlik göstermektedir. Buna göre; ‘Dijital Temsil (Digital Graphic Representation)’ derslerinin yer aldığı BIM öğrenme seviyesi ‘Başlangıç (Introductory)’ olarak adlandırılmakta ve bu dersleri tamamlayanlar BIM Modelcisi (BIM Modeler) olarak sektörde çalışabilmektedir. ‘Bütünleşik Tasarım Stüdyosu (Integrated Design Studio)’ ve ‘Yapı Teknolojisi (Building Technology)’ derslerinin yer aldığı BIM öğrenme

seviyesi ise ‘Orta (Intermediary)’ olarak adlandırılmakta ve bu dersleri tamamlayanlar sektörde ‘BIM Analisti (BIM Analyst)’ olarak görev alabilmektedir. ‘Disiplinler arası / İşbirlikçi Tasarım Stüdyosu (Interdisciplinary/Collaborative Design Studio)’ ve ‘Yapım Yönetimi (Construction Management)’ derslerinin bulunduğu BIM öğrenme seviyesi de ‘İleri (Advanced)’ olarak adlandırılmakta ve bu dersleri tamamlayan teknik personel de sektörde ‘BIM Yöneticisi (BIM Manager)’ olarak çalışabilmektedir [Barison and Santos, 2011].

Bu bilgilerden yola çıkıldığında dünyada Mimarlık Eğitiminde BIM Sistemi Öğreniminin lisans ve lisansüstü düzeylerde mimarlık okullarında oldukça önemli olduğu söylenebilir. Konuyla ilgili bilgilere bu bölüm altındaki başlıklarda yer verilmiştir.

3.2.1. Mimarlık Okullarında BIM Sistemi Öğrenimi

Yapılan bu çalışmada, dünyada mimarlık eğitimi veren okullar araştırılmış ve bu okullardan eğitimlerinde BIM sistemi konusuna odaklanan ve bu alanda önemli akademik çalışmaları bulunan okullar seçilmiştir. Seçilen okullarla ilgili olarak gerekli veriler, makalelerden ve okulların web sayfalarından elde edilmiştir. Buna göre; BIM eğitiminin özellikle Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Birleşik Krallık ülkelerinde çok yaygın olduğu görülmektedir. Yapılan tez çalışmasında da bu ülkelerde yer alan ve BIM eğitime odaklanan aşağıdaki dört okulun ders planları ve BIM sistemi bütünleştirme yöntemleri incelenmiştir:

- Georgia Teknoloji Enstitüsü,
- Salford Üniversitesi,
- Texas A&M Üniversitesi,
- Texas Teknik Üniversitesi.

Tez çalışmasının bu bölümünde; belirlenen okulların lisans ve lisansüstü düzeyde mimarlık müfredatları ele alınmıştır. Öte yandan, mimarlık eğitiminin genel özellikleri başlığı altında detaylı bir şekilde ele alındığı gibi. ABD ve İngiltere’deki mimarlık eğitimi eğitimin süresi ve şekli gibi konularda Türkiye’deki mimarlık eğitiminden farklılık göstermektedir. BIM çalışma sisteminin bütünleştirilme yöntemleri incelenirken, bu tür farklılıklar göz önünde bulundurulmuştur.

3.2.1.1. Georgia Teknoloji Enstitüsü (GATECH)

Georgia Teknoloji Enstitüsü (Gatech); mühendislik ve bilişim bilimleri konusunda Amerika'nın önde gelen üniversitelerindendir. Üniversitenin aynı zamanda, BIM sistemini eğitimiyle ilk bütünleştirenlerden biri olduğu söylenmektedir.

Üniversitenin lisans düzeyinde mimarlık eğitimi araştırıldığında; ders planında BIM ve dijital temsil araçlarının uygulamalı olarak görüldüğü dersler ve derslerin zorunlu ya da seçmeli olma durumları Tablo 3.2'de yer almaktadır [Web 12].

Tablo 3.2: GATECH'de lisans düzeyinde BIM ile ilgili verilen dersler.

Georgia Teknoloji Enstitüsü (Amerika)	Ders Kodu ve Adı	Zorunlu/Seçmeli
	ARCH 4240. Building Simulation in Design Practice	<u>Seçmeli</u>
	ARCH 4503. BIM (Building Information Modeling) Applications	<u>Seçmeli</u>
	ARCH 4505. Geometric Constructs	<u>Seçmeli</u>
	ARCH 4507. Parametric Design	<u>Seçmeli</u>
	ARCH 4508. Shape Grammars	<u>Seçmeli</u>
	ARCH 4515. Collaborative Design Workshop	<u>Seçmeli</u>
	ARCH 4701. Analog-Digital Design Computing	<u>Seçmeli</u>
	ARCH 4702. Design Scripting	<u>Seçmeli</u>

Yapılan araştırmaya göre ve tablodan da görülebileceği gibi üniversitede Mimarlık lisans müfredatında yer alan BIM sistemi ile ilgili derslerin çoğunlukla seçmeli olduğu ve 4. Sınıf seviyesinde programla bütünleştirildiği söylenebilir. Derslerin içeriklerine kısaca değinilirse;

ARCH 4503 BIM (Building Information Modeling) Applications (Yapı Bilgi Modelleme) Uygulamaları) dersinin, BIM temel bilgilerinin verildiği bir ders olduğu görülmektedir. Bu derste; yapı üretiminde uygulanabilecek yeni teknoloji ve proje yönetiminde kullanılabilecek yeni yöntemleri araştırılmaktadır [Web 12].

ARCH 4240 Building Simulation in Design Practice (Tasarım Uygulamasında Bina Simülasyonu) dersinde ise gerekli yazılımlar aracılığıyla performans analizlerinin yapılmasını içermektedir. ARCH 4505. Geometric Constructs (Geometrik Yapılar) dersinde, parametrik modelleme araçları kullanarak, yüzey ve geometri tasarımı yapılırken; ARCH 4507 Parametric Design (Parametrik Tasarım) dersinde

parametrik modelleme kavramına giriş yapılarak uygulaması gerçekleştirilmektedir [Web 12].

Biçim gramerleri, tasarımların üretken bir şekilde tanımlanması, yorumlanması ve değerlendirilmesi için güçlü bir biçimsel sistemdir. ARCH 4508 Shape Grammars (Biçim Gramerleri) dersinde de bu sistem öğretilmektedir. ARCH 4515 Collaborative Design Workshop (İşbirlikçi Tasarım Atölyesi) dersinde, gerçek bir projenin bir parçası olarak tasarım sürecinde işbirlikçi yaklaşımın katkısı uygulamalı olarak incelenmektedir [Web 12].

ARCH 4701 Analog-Digital Design Computing dersinde, hesaplamalı tasarım kavramları ele alınmakta; algoritma ve parametrik araçlar, görsel ve sembolik temsiller üzerine incelemeler yapılmaktadır [Web 12].

ARCH 4702 Design Scripting dersinde mimaride ve form oluşturma sürecinde kodlama kavramları öğretilmekte ve uygulamaları yapılmaktadır [Web 12].

Üniversitedeki Mimarlık eğitiminde BIM sistemi bütünleştirme yöntemlerinin lisansüstü düzeydeki durumu araştırıldığında, Master of Architecture ve Master of Science in Architecture olmak üzere iki programda eğitim verilmektedir. Master of Architecture mimarlık lisansı almak için verilen bir eğitim iken, Master of Science akademik olarak seçilen bir alanda uzmanlaşmak için alınabilecek bir eğitimidir. Bu programların müfredatları incelenmiş ve BIM ile ilişkili derslerle derslerin zorunluluk durumları Tablo 3.3'te gösterilmiştir [Web 13]; [Web 14]; [Web 15].

Tablo 3.3: GATECH'de lisansüstü programlarında BIM ile ilgili dersler.

	Anabilim Dalı	Yüksek Lisans/Doktora Programları	Dersler	SEÇMELİ	ZORUNLU
	MİMARLIK (Master of Architecture)	Mimarlık Yüksek Lisans Programı (3.5 yıllık)	ARCH 6531. Environmental Systems I		X
			ARCH 7102. Integrated Building Systems II		X
			ARCH 7103. Integrated Building Systems III		X
		Mimarlık Yüksek Lisans Programı (2 yıllık)	ARCH 7103. Integrated Building Systems III		X
	MİMARLIK BİLİMİ	Advanced Production	ARCH 6511. Robotic Fabrication		X

Tablo 3.3: Devam

Georgia Teknoloji Enstitüsü (Amerika)	(Master of Science in Architecture)	Yüksek Lisans Programı	ARCH 6506. Construction Materials, Systems, and Fabrications		X
			ARCH 6507. Parametric Modeling and Design		X
			ARCH 6502. Scripting for Architecture and Design		X
			ARCH 6505. Geometric Constructs in Digital Space	X	
			ARCH 6427. Advanced Modeling and Animation in Architecture	X	
			ARCH 8833. Special Topics/Building Systems and Data	X	
			ARCH 6501. Analog and Digital Design Computation	X	
		Building Information Systems Yüksek Lisans Programı	ARCH 6513. Building Systems & Data		X
			ARCH 6503. Building Information Modeling - Concepts and Applications		X
			COA 8676. Design and Engineering Databases		X
			ARCH 6502. Scripting for Architecture and Design		X
			ARCH 6501. Analog and Digital Design Computation		X
			COA 8685. Computational Building Simulation	X	
		Design Computation	ARCH 6508. Shape Grammars		X
			ARCH 6501. Analog and Digital Design Computation		X
			ARCH 6513. Building Systems & Data		X
			ARCH 6502. Scripting for Architecture and Design		X
			ARCH 6509. Computation, Creativity and Design Cognition	X	

Tablo 3.3: Devam

			ARCH 6507. Parametric Modeling and Design	X	
			ARCH 6505. Geometric Constructs in Digital Space	X	
		Building Design Technology (High Performance Building)	ARCH 6242. Building Physics Modeling		X
			ARCH 7103. Integrated Building Systems III		X
			ARCH 6241. Building Simulation in Design Practice		X
			ARCH 6731. Zero Energy House		X

Master of Architecture yüksek lisans programı mimarlık lisans mezunları için iki (2), diğer bölümlerden bu programda eğitim almak isteyen öğrenciler için üç buçuk (3.5) yıl süren bir programdır.

Master of Science in Architecture bölümündeki yüksek lisans programları incelendiğinde;

- Advanced Production,
- Building Information Systems,
- Design Computation,
- Health and Design,
- Building Design Technology programları ile karşılaşılmaktadır [Web 14].

Master of Science in Architecture bölümünde doktora programları incelendiğinde;

- Design Computation,
- Building Design Technology,
- History, Theory, Criticism,
- Architecture, Culture and Behavior,
- Urbanism başlıklı doktora programları bulunmaktadır [Web 15]

Bu programların BIM ile ilişkili dersleri Tablo 3.3'te özetlenmiş olup, programlardan BIM ve mimaride teknoloji konularının programlardaki durumlarına tablodan ulaşılabilmektedir. Ayrıca, üniversitenin lisansüstü seviyedeki BIM

eğitimlerinin çoğunlukla zorunlu derslerle sürdürüldüğü sonucuna tablodan varılabilmektedir.

Aşağıdaki başlıklarda üniversitede yer alan lisanüstü programların BIM içerikleri ve eğitimle bütünleşme yöntemleri kısaca aktarılmaktadır:

Advanced Production programında; deneysel mekansal sistemlerin, malzeme montajlarına ve binaların üretimi iş akışlarına; gelişmiş tasarım, hesaplama ve üretim teknolojilerini entegre etmeye odaklanılmaktadır. Bu programdaki dersler, Robotik ve Otomasyon, Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality-AR) / Sanal Gerçeklik (Virtual Reality-VR), Küçük İnsansız Hava Sistemleri (Small Unmanned Aerial Systems-SuAS; aka "Drones"), Eklemeli Üretim (3d-printing-3 boyutlu baskı), Eksiltici Bilgisayar Sayısal Kontrolü gibi yeni ortaya çıkan tasarım teknolojilerini içermektedir. Ayrıca, CNC (computer numerical control) üretim süreçleri, parametrik modelleme ve üretim lojistiği gibi konuları içeren programda; parametrik ve algoritmik tasarım, mimaride kodlama konularına yer veren dersler bulunmaktadır. Bu programdan mezun olanlar; teknoloji yönünden ileri mimarlık firmalarında, dijital üretim operasyonlarında görev alabilmekte ve ileri teknoloji startup'larına (girişimcilerine) danışmanlık hizmeti verebilmektedir [Web 14].

Building Information Systems programında; hesaplamalı veri bilimlerinin yapı yaşam döngüsü içerisinde; tasarım, inşaat ve işletim evresinde BIM çalışma sisteminin uygulanması konusunda eğitim verilmektedir. Bu program; Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), Tasarım Sistemleri ve inşaat sektörü odaklı tedarik zinciri entegrasyonu konularında endüstri lideri araştırması için belirli bir yol sağlamaktadır. Georgia Teknoloji Enstitüsü, tasarım ve inşaat endüstrisi giderek daha fazla veri ve sistem odaklı hale geldikçe, bu programın mezunları için bu alanların genişlemesinde özel, yüksek talep gören bir kariyer yolu belirlemiştir. Bu programın mezunları, Uzman BIM Danışmanı (Specialist BIM Consultant), BIM Yazılım Geliştirici veya Ürün Yöneticisi (BIM Software Developer / Product Manager) unvanlarında inşaat endüstrisinde görev alabilmektedir. Bu görevlerin yanı sıra yapı sektörü odaklı Veri Mimarı (Data Architect), Sistem Tasarımcısı (System Designer) veya Sistem Bütünleştiricisi (System Integrator) gibi pozisyonlarda yer alabilir [Web 14].

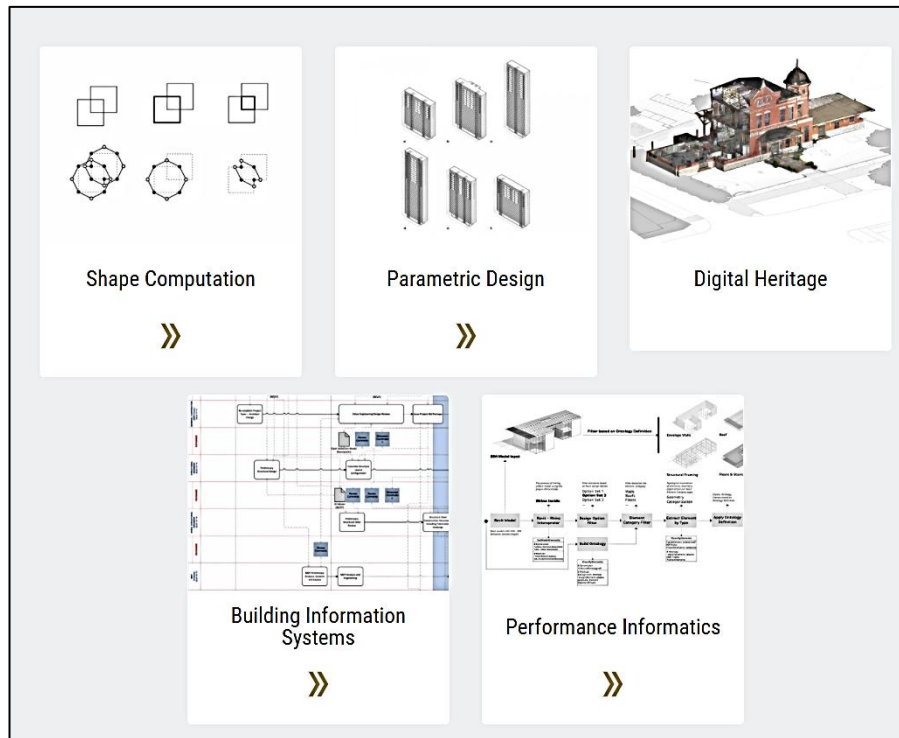
Design Computation programında; programında, mimaride hesaplamalı tasarım konusunun teorik ve pratik temeli araştırılmaktadır. Bu programda tasarım konusu; matematik, mantık, dilbilim ve sibernetik gibi çok çeşitli alanların teorik temelleri aracılığıyla ele alınmaktadır. Mimarlık okulundaki Şekil Hesaplama Laboratuvarı

(The Shape Computation Lab) hesaplamalı tasarım konusunun hem teorik olarak hem de uygulamalı olarak öğretildiği bir ortamdır. Bu programda daha çok parametrik modelleme, mimaride bina modelleri ve verinin kullanılması konuları incelenmektedir [Web 14].

Design Computation programının doktora düzeyindeki eğitimi araştırıldığında;

- Shape Computation,
- Parametric Design,
- Digital Heritage,
- Building Information Systems,
- Performance Informatics;

olmak üzere beş (5) alana odaklanıldığı görülmektedir (Şekil 3.5) [Web 15].



Şekil 3.5: Design Computation doktora düzeyi programları.

Building design technology (Yapı Tasarım Teknolojisi) programının;

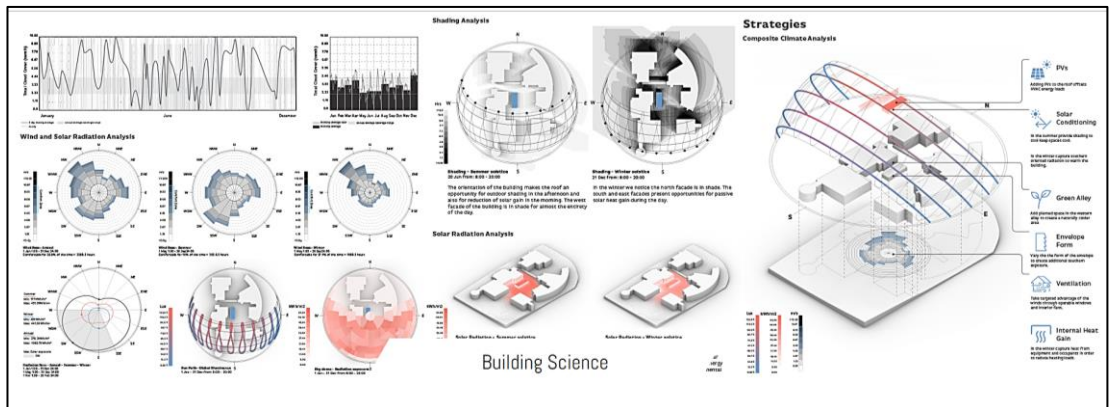
- Building Science,
- Aerial Diagnostics,

- Natural Lighting,
- Living Systems

isimli alt araştırma dallarına ayrıldığı ve programda yapı tasarımı teknolojilerinin hem teorik hem de pratik olarak laboratuvar ortamında anlatıldığı görülmektedir [Web 15].

Bu programda yer alan Building Science High Performance Building (Yapı Bilimleri Yüksek Performanslı Yapı) yüksek lisans programında; sürdürülebilir mimari tasarım için yapı fiziği ve yapı teknolojisinin kullanımına odaklanılmakta ve binaların enerji performansının ve çevresel etkilerinin analizi yapılmaktadır. Program; yapı fiziği, cephe tasarımı, modelleme ve analiz, yaşam döngüsü değerlendirmesi, uygulamalı simülasyon, AEC bütünleştirilmesi ve eleştirel ekolojik düşünceye yönelik ilk ilkeler yaklaşımı üzerine kurulmuştur [Web 15]

Programda yer alan alt dallardan Building Science alanındaki doktora öğrencileri; çevredeki fiziksel olayların disiplinler arası araştırmasına odaklanarak, iklim değişikliğine karşılık enerji tüketiminin az olduğu yapılar yapmak için araştırmalar gerçekleştirmektedir. Bu alt çalışma dalında; fizik tabanlı ve veri odaklı yaklaşımların uygulanmasıyla, bina enerji kullanımı ve bina sakinlerinin konforu hakkında daha fazla bilgi sağlamak amaçlanmaktadır. Bu anlamda, üniversitedeki High Performance Building Lab bu Doktora programında önemli bir yere sahiptir. Laboratuvarıda gerekli yazılımlar aracılığıyla, çevresel etkilerin mimariye etkisi incelenmekte ve performansa dayalı tasarım konularında ileri seviye uygulamalar ve analizler yapılmaktadır (Şekil 3.6) [Web 15].



Şekil 3.6: Yapı Bilimleri doktora programındaki analiz çalışmalarından örnekler.

Üniversitede ayrıca bir laboratuvar kültürünün varlığından söz edilebilir. Mimarlık bölümünde çokça alanda uzmanlaşmış ve birçok alt dallarda derinlemesine bilgilerin hem teorik yönden hem de uygulamalı olarak öğretildiği ve deneyimlendiği araştırma laboratuvarları yer almaktadır. Bu laboratuvarlar aşağıda çeşitli başlıklarda ele alınmaktadır;

High Performance Labaratuvarında; yüksek performanslı bina tasarımı için çalışmalar ve gerekli simülasyon araçları kullanılarak performans analizleri yapılmakta ve uygulamalar ile derinlemesine bir eğitim müfredatı sunulmaktadır [Web 15].

Shape Computation Labaratuvarında; şekil kavramı derinlemesine incelenmektedir. Burada; şeklin görsel doğasının yaratıcı tasarımcılar için yeni fırsatlar yaratması üzerine; şeklin değişip yeniden birleşme yeteneğinin yapılan tasarımlarda görülmesi ve yapılmasına yardımcı olmak üzere, yeni yazılım teknolojileriyle nasıl uygulanabileceği Araştırılmaktadır [Web 15].

Spatial Futures Lab (Uzamsal Vadeli İşlemler Laboratuvarı); Dijital Üretim Laboratuvarı içinde yerleşik olan bu birimde, karma gerçeklik, artırılmış gerçeklik, insansız hava araçları, bilgisayarlı görme ve robotik sistemleri ve yeni çalışma yollarını keşfetmek ve geliştirmek üzere üretim dijital araçlarla bütünleştirilmekte ve çok sistemli tasarım üretiminin yöntemleri araştırılmaktadır [Web 15].

SimTigrate Design Labaratuvarında; bina tasarımı, sağlık bilgi teknolojisi ve sağlık ürünlerini etkileyen araçlar, veri setleri ve kanıtlar geliştirilmektedir. Mimarlar, mühendisler, sağlık personeli ve diğerleri meslek grupları ile birlikte çalışan SimTigrate, gezinmesi daha kolay, kullanıcılar için daha güvenli, hastalar için daha rahat ve daha iş birliğine dayalı alanlar ve ortamlar için fikirler bulmaya yardımcı olur. Burada; Hafif Bilişsel Bozukluk için Tasarım, Enfeksiyon Önleme ve Güvenlik, Sağlık Alanlarında Aydınlatma ve Birinci Basamakta Ekip Çalışması araştırma konularına odaklanılmıştır [Web 15].

Digital Building Labaratuvarı (DBL- Dijital Yapı Labaratuvarı); bina bilgi modelleme (BIM) verilerinin geliştirilmesini ve değişimini destekleyen standartlar geliştiren bir araştırma merkezidir. Bu birim BIM'in hem teorik hem de pratik olarak derinlemesine öğretildiği laboratuvarlardan en önemlisidir. DBL, teknik standartları, tasarım ve inşaa süreci değişikliklerini ve yeni bilgi modelleme ve yönetim paradigmaları aracılığıyla uygulamayı yeniden tanımlamanın ekonomik ve yasal etkilerini tanımlamak için öğrencileri, profesyonel firmaları, teknoloji şirketlerini ve

endüstri geliştirme kuruluşlarını bir araya getirir. Ayrıca, veri bilimi, robotik, 3D görselleştirme ve malzeme bilimi alanlarındaki en son araştırmalarla bu alanda çalışan uygulayıcıları da bir araya getirmektedir [Web 15].

DBL, BIM standartları, veri yönetimi ve birlikte çalışabilirlik konusundaki temel güç, işbirlikçi web sistemleri, büyük veri analitiği ve öğrenimi ve robotik, malzeme araştırması ve nesnelerin interneti dâhil olmak üzere çeşitli araştırma konularında çalışmaların yürütüldüğü bir tasarım laboratuvarıdır. Bu laboratuvarıda;

- Data Standards and Interoperability,
- Design, Fabrication, Construction Automation,
- Project Delivery Systems,
- Smart Building, Infrastructure;

olmak üzere dört dalda araştırma programları bulunmaktadır [Web 15]. Bu başlıkların hepsi BIM ile ilişkili araştırma konularıdır.

Son olarak üniversitedeki BIM eğitimi değerlendirildiğinde; BIM konusunda seçmeli ders olarak verilebilecek bir çalışma sisteminden çok, bütünleşik bir yaklaşımla karşılaşıldığı söylenebilir. Ayrıca meslek tanımlarına bakıldığında, endüstride de BIM konusunda uzman personel talebini karşılayacak şekilde eğitim verilmektedir denilebilir. Sektörün beklentisinin BIM'i giriş seviyesinde bilen teknik personelden çok BIM konusunda yetkin personele ihtiyaç olduğu düşünülmektedir. Bu açıdan, eğitimlerden sonraki pozisyon tanımlarının daha detaylandırılmış olduğu görülmektedir.

Üniversitede mimarlık eğitimi dışında sertifika programları da bulunmaktadır. Bu program hakkındaki detaylı bilgi kurslarda öğrenim başlığı altında incelenmiştir.

3.2.1.2. Salford Üniversitesi

Salford Üniversitesi, İngiltere'nin kuzeyinde Manchester şehir merkezinde yer alan bir üniversitedir. Royal Institute of British Architects (RIBA) ve Architects Registration Board (ARB) tarafından Part-1 Mimar ünvanını kazanılmasına yardımcı olan üç (3) yıllık ve stüdyo tabanlı öğrenme metodunu uygulayan mimarlık eğitime sahiptir gösterilmiştir [Web 16].

Üniversitenin lisans düzeyinde mimarlık eğitimi müfredatı araştırıldığında; BIM ve dijital temsil araçlarının eğitiminin verildiği mimarlık bölümü dersleri ve derslerin zorunluluk durumları ile eğitimde verilme düzeyleri Tablo 3.4'te gösterilmiştir [Web 16].

Tablo 3.4: Salford Üniversitesinde Mimarlık bölümünde lisans düzeyinde BIM ile ilgili verilen dersler.

Salford Üniversitesi (Birleşik Krallık)	Ders Kodu ve Adı	Zorunlu/Seçmeli	Ders Yılı
	Design Representation and Modelling	<u>Zorunlu</u>	1.Sınıf
	Design Studio 2A	<u>Zorunlu</u>	2.Sınıf
	Design Studio 2B: Performance Modelling and Integrated Design	<u>Zorunlu</u>	2.Sınıf
	Design Studio 3A	<u>Zorunlu</u>	3.Sınıf
	Environmental Architectural Technology	<u>Zorunlu</u>	3.Sınıf

Yapılan araştırmaya göre ve tablodan da görülebileceği gibi üniversitede Mimarlık lisans müfredatında yer alan BIM sistemi ile ilgili derslerin çoğunlukla zorunlu olduğu ve üç (3) yıllık eğitim sürecinde tüm seviyelerde bütünleştirildiği söylenebilir.

Üniversitede BIM eğitiminin lisans düzeyinde verildiği diğer bir program da Mimari Tasarım ve Teknoloji programıdır. Bu program Chartered Institute of Architectural Technologists (CIAT) tarafından akredite edilmiştir. Bu programda üst düzey tasarım becerileri geliştirilmekte ve yapı tasarımı aşamasında teknik, operasyonel ve çevresel detaylar dikkate alınarak uygulamalar yapılmaktadır. Programda ayrıca, BIM ve CAD tasarım becerileri geliştirilmekte, öğrenciler gerçek projeler üzerinde çalışarak tasarım bilgilerini yönetmeyi öğrenmektedir. Bu sırada, yapılı çevreyi dönüştürmede tasarımın değeri üzerinde durulmaktadır. Bu programdan mezun olan öğrenciler, firmalarda Mimari Teknolojiler uzmanı olarak görev almaktadır. Lisans düzeyinde eğitim müfredatı araştırıldığında; BIM ve dijital temsil araçlarının uygulamalı olarak eğitimi verildiği dersler ve derslerin zorunluluk durumları ile eğitimde verilme düzeyleri Tablo 3.5'te gösterilmiştir [Web 17].

Tablo 3.5: Salford Üniversitesinde Mimari Tasarım ve Teknoloji bölümünde lisans düzeyinde BIM ile ilgili verilen dersler.

Salford Üniversitesi (Birleşik Krallık)	Ders Kodu ve Adı	Zorunlu/Seçmeli	Ders Yılı
	BIM Design Studio 1	<u>Zorunlu</u>	1.Sınıf
	Discipline Project 1	<u>Zorunlu</u>	1.Sınıf
	Principles of Architectural Structure	<u>Zorunlu</u>	1.Sınıf
	Design Information Management	<u>Zorunlu</u>	2.Sınıf
	Discipline Project 2	<u>Zorunlu</u>	2.Sınıf
	Multidisciplinary Project	<u>Zorunlu</u>	2.Sınıf
	BIM Design Studio 2	<u>Zorunlu</u>	3.Sınıf
	Virtual Environments	<u>Zorunlu</u>	3.Sınıf
	Environmental Architectural Technology	<u>Zorunlu</u>	3.Sınıf

Yapılan araştırmaya göre ve tablodan da görülebileceği gibi üniversitede Mimari Tasarım ve Teknoloji bölümü lisans müfredatında yer alan BIM sistemi ile ilgili derslerin çoğunlukla zorunlu olduğu ve üç (3) yıllık eğitim sürecinde tüm seviyelerde bütünleştirildiği burada yinelenebilir.

Üniversitedeki BIM bütünleştirme yöntemleri lisansüstü düzeyde araştırıldığında ise, Part-2 mimarlık eğitiminin verildiği iki (2) yıllık Mimarlık yüksek lisans (Master of Architecture) ve sadece BIM alanında uzmanlaşmanın sağlandığı BIM ve Dijital Yapılı Çevre (BIM and Digital Built Environments) programları ile karşılaşılmaktadır. Bununla birlikte, üniversitenin Project Management ve Construction Management yüksek lisans programlarında da BIM ile ilgili derslerin yer aldığı belirlenmiş fakat bu program tez kapsamında incelenmemiştir.

Mimarlık yüksek lisans (Master of Architecture) eğitiminde BIM ile ilgili verilen dersler 1. yılda verilen Design Studio 1: Performative Technologies- Material Matters (Tasarım Stüdyosu 1: Performatif Teknolojiler- Materyal Konuları) ve Advanced Digital Design Technologies (İleri Dijital Tasarım Teknolojileri) dersleridir. Bu derslerden ilkinin amacı; Çeşitli teknolojileri ve bu teknolojilerin tasarımdaki gerçek uygulamalarını araştırarak, bina yapmanın hem performatif hem de spekülative modlarına ilişkin sistematik ve kapsamlı bir anlayış oluşturmak ve ilgili tasarım becerilerini geliştirmektir.

Bahsedilen ikinci derste ise; BIM, Blockchain, Nesnelerin İnterneti, parametrik ve üretken tasarım dâhil olmak üzere çeşitli dijital teknolojiler araştırılmakta ve uygulamaları yapılmaktadır. Bu açılardan, tasarımda yeniliği takip etmenin dijital

modlarına dair eleştirel bir anlayış geliştirilmektedir. Bu dersin sonucunda öğrenciler, mimari tasarım ve ileri teknolojilere kavramsal ve eleştirel bir yaklaşım geliştirmek için dijital üretim dâhil olmak üzere bir dizi dijital ve etkileşimli medyayı yaratıcılık ve özgünlükle dağıtma yeteneğini geliştirmektedir [Web 18].

Üniversitenin bir diğer yüksek lisans programı BIM and Digital Built Environments; BIM, Yalın ve entegre tasarım ve proje teslim yaklaşımları alanlarında kapsamlı ve endüstrinin bu alandaki ihtiyacını karşılamaya yönelik BIM ve ilgili konularda derinlemesine bilginin verildiği önemli bir programdır. Bu eğitim programı temelde üç (3) modülden oluşmaktadır. Bu modüller;

- Building Information Modelling Theory and Practice (BIM teorisi ve pratiği)
- Integrated BIM Projects (Entegre BIM Projeleri)
- Lean Integrated Design and Production (Yalın Entegre Tasarım ve Üretim) modülleridir [Web 19].

Building Information Modelling Theory and Practice (BIM teorisi ve pratiği) modülünde; teknoloji kullanımından fayda sağlamak için tasarım sürecinin nasıl değişmesi gerektiğine vurgu Yapılmaktadır. Modül, veri yapılarını ve standartları ele alır ve farklı kullanım durumlarında veri alışverişi ihtiyaçlarını tanımlar. Ayrıca işbirlikçi çok disiplinli tasarım ayarlarını, proje paydaşlarıyla iletişimi, çakışma algılamayı, tasarım entegrasyonunu ve tasarım değişikliklerinin yönetimini açıklar. Bu modül; BIM kavramı, tasarım ve yapım sürecinde BIM kullanımı, tasarımda BIM araçları, birlikte çalışabilirlik, IFC, parametrik modelleme ve BIM, yapı bilgi alışverişi, yönetim süreci ve insan değişimi, veri paylaşımı ve tasarım entegrasyonu, BIM, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik konularını içerir [Web 19].

Integrated BIM Projects modülündeki amaç, bütünleşik BIM tabanlı projelerin yönetimindeki kilit konuları anlamak ve eleştirel olarak değerlendirmektir. Modül ayrıca, süreç ve teknoloji değişikliklerinin, tasarımda daha iyi değer üretimini nasıl destekleyebileceğinin anlaşılmasını sağlar. Bu modül, inşaat sektörü zorlukları ve fırsatları, BIM ve bütünleşik tasarımın iş değeri, işbirlikçi tasarım süreci, yalın tasarım ve inşaat, entegre proje teslimi, yaşam döngüsü yönetimi ve BIM konularını içerir [Web 19].

Lean Integrated Design and Production modülü, Yalın tasarım ve inşaat hakkında bilgi sağlamayı amaçlamaktadır. Özellikle tasarım ve inşaatın

entegrasyonuna ve projelerin başarılı yönetimi için önemine odaklanır. Modül; İnsan, süreç ve teknolojinin entegre edilmesi, yalın inşaat ve üretim, süreç tasarımı ve uygulaması, süreç haritalama analizi, proje yaşam döngülerini entegre etme gibi konuları içerir [Web 19].

Bu temel modüllerin yanında opsiyonel olarak; Sustainable Design Theory and Practice ve Project and Production Management başlıklı iki farklı modül daha bulunmaktadır. Bu modüller BIM ile ilgili değil genel mimarlık meslek pratiği ile ilgilidir.

Salford Üniversitesinde yüksek lisans ve lisans düzeyindeki BIM eğitimlerinin yanı sıra, üniversitenin araştırma merkezinde BIM ile ilgili araştırma grubu da bulunmaktadır. The Digital Built Environment adındaki bu araştırma grubu, Salford Üniversitesinde Profesör Jason Underwood yürütücülüğünde Urban Processes, Resilient Infrastructures & Sustainable (Built) Environments (UPRISE) araştırma merkezinde araştırmalar yapmaktadır. Merkez; dijital inovasyon ve teknolojiler yoluyla yapı çevrenin gelişimini, dönüşümünü ve yönetimini geliştirmeye özel bir odağa sahiptir. Bu araştırma grubu aşağıda verilen dört ana konu alanıyla ilgilidir;

- Yapı Bilgi Modellemesi (BIM),
- Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS),
- İnşaat Bilgi İletişim Teknolojisi (BİT),
- Bina performansı modellemesi [Web 20].

Bu araştırma grubu, bu temel alanları bölgesel, ulusal ve uluslararası düzeylerde yönetmeye dâhil olan, araştırma yaklaşımı çok disiplinli ve disiplinler arası olan akademik personel ekibinden oluşur. Ayrıca grup, bunları bir araya getirmede ve uyumlu bir araştırma kümesinde organize etmede önemli bir rol oynamaktadır.

Son olarak üniversitedeki BIM eğitimi değerlendirildiğinde; BIM konusunda lisans düzeyinde zorunlu derslerden oluşan bütünlüklü bir yaklaşımla karşılaşıldığı söylenebilir. Lisansüstü seviyede de tasarım ve yapı alanlarında mimarlık mesleğine katkı sağlayacak eğitimlerin BIM ile bütünleştirildiği görülmektedir. Lisansüstü programında, BIM öğrenme seviyesi advanced seviyede olduğu söylenebilir.

3.2.1.3. Texas A&M Üniversitesi (TAMU)

Texas A&M Üniversitesi, ABD Texas eyaletinde yer alan ve Tarım ve mekanik sanatlarla ilgili ilim dallarını öğretmek amacıyla kurulan ilk yükseköğrenim kamu kurumudur. 2 Temmuz 1962 yılında Birleşik Devletler tarafından onaylanan Morrill Yasası sonucunda, yükseköğrenimi finanse etmek amacıyla devletlere kamu arazilerinin bağışlanmasını sağlamış, bu üniversitenin temeli bu yasa sonucunda atılmıştır [Web 21]. 1906-1945 yılları arasında sadece mimarlık eğitimi verilirken, 1946 yılında inşaat, 1957 yılında ise peyzaj mimarlığı bölümü eklenerek mimarlık eğitimi farklı disiplinlere ayrılmıştır. 1958-69 yılları arasında Mimarlık Fakültesi, 1969 yılında ise Mimarlık ve Çevre Tasarım Koleji kurularak eğitim programları daha da kendini geliştirmiştir. 1970 – 1987 yılları arasında ise lisansüstü programlar eklenerek araştırma odaklı bir üniversite haline gelmiştir [Web 21].

TAMU’da lisans düzeyinde mimarlık eğitimi müfredatı araştırıldığında; BIM ve dijital temsil araçlarının uygulamalı olarak eğitimi verilen dersler ve derslerin zorunluluk durumları Tablo 3.6’da gösterilmiştir. Buna göre; üniversitede Mimarlık lisans müfredatında yer alan BIM sistemi ile ilgili derslerin çoğunlukla seçmeli olduğu söylenebilir [Web 22].

Tablo 3.6: Texas A&M Üniversitesi’nde (TAMU) lisans düzeyinde BIM ile ilgili verilen dersler.

Texas A&M Üniversitesi (Amerika)	Ders Kodu ve Adı	Zorunlu/Seçmeli
	ARCH 216 Computational Methods in Architecture	<u>Seçmeli</u>
	ARCH 317 Digital Fabrication for Architecture	<u>Seçmeli</u>
	ARCH 335 Architectural Systems	<u>Zorunlu</u>
	ARCH 347 Documentation of Historic Buildings and Sites	<u>Seçmeli</u>
	ARCH 360 Topics in Design Build Community Service	<u>Seçmeli</u>

Lisans düzeyinde verilen derslerden ARCH 216 Computational Methods in Architecture (Mimarlıkta Hesaplamalı Yöntemler) dersinde; 3B modelleme, parametrik modelleme ve simülasyon yazılımları öğretilmektedir.

ARCH 317 Digital Fabrication for Architecture (Mimarlık için Dijital Üretim) dersinde, dijital üretim iş akışlarının yönetim stratejileri, yazılım araçlarının kontrolü, modeldeki veriden gerekli bilgilerin elde edilmesi gibi konular ele alınmaktadır. Bu

dersin alınabilmesinde ARCH 216 dersi ön koşulu vardır. ARCH 335 Architectural Systems (Mimari Sistemler) dersinde; Bina enerji kullanımı teori ve uygulamaları, cephe tasarımı, gölgeleme analizi, ısıtma ve soğutma sistemleri, aydınlatma tasarımı; bina sıhhi tesisat ve drenaj sistemleri; elektrik, akustik, yangın ve yıldırımdan korunma; can güvenliği; ulaşım sistemleri ve inşaat malzemeleri; bina tasarımı ile ilgili olarak hesaplamalar, ekipman seçimi ve bileşen boyutlandırma gibi yapı fiziki konuları ele alınmakta, gerekli performans analizleri sonucu uygulamalar yapılmaktadır. Bu dersin alınabilmesinde PHYS 201 Fizik dersi dersin ön koşulu vardır [Web 22].

ARCH 347 Documentation of Historic Buildings and Sites (Tarihi Yapılar ve Sit Alanları Dokümantasyonu) dersinde, tarihi binaları ve sitleri kaydetme teknikleri; Tarihi Amerikan Bina Araştırma Standartlarına göre ölçme ve çizim yapma; fotoğrafçılık, lazer tarama, fotogrametri, el ölçümü, alan notları ve kayıt çizimi hazırlama konuları öğretilmektedir [Web 22].

ARCH 360 Topics in Design Build Community Service (Tasarımda İnşa Etme Topluluk Hizmeti Konuları) dersinde; planlama, tasarım, inşaat öncesi, inşaat ve proje teslimine odaklanan proje tabanlı bir öğrenme modeli aracılığıyla geliştirilen yüksek etkili disiplinler arası öğrenme deneyimleri dahil mimari tasarım-inşaat uygulamalarındaki güncel konular ele alınmaktadır. Bu derste; mimarlık disiplinin dışındaki farklı meslek gruplarıyla iş birlikçi çalışma yöntemi de öğretilmektedir [Web 22].

Lisans düzeyinde Mimarlık bölümü dışında, Yapı Bilimi bölümünde COSC 461 Building Information Modeling System (Yapı bilgi Modelleme) dersi 4. Sınıfta müfredatta seçmeli ders olarak yer almaktadır. Bu derste, inşaat projesi edinimi, planlaması, kontrolü için görünümünün ve bilgilerin dökümanite edilmesi ve analiz edilebilmesi öğretilmekte, var olan bir tesisin veri açısından zengin, nesne tabanlı ve parametrik dijital temsilinin yöntemleri de araştırılmaktadır. Lisans programında, BIM öğrenme seviyesi advanced seviyede olduğu söylenebilir.

TAMU'da lisansüstü düzeyde mimarlık eğitimi müfredatı araştırıldığında ise; Tablo 3.7'de gösterilen BIM ile ilgili derslere ulaşılmıştır [Web 23].

Tablo 3.7: TAMU’da lisansüstü programlarında BIM ile ilgili dersler.

Texas A&M Üniversitesi (Amerika)	Ders Kodu ve Adı
	ARCH 612 Structural and Environmental Technology Concepts
	ARCH 614 Elements of Architectural Structures
	ARCH 615 Elements of Environmental Control Systems
	ARCH 619 Applied Solar Energy
	ARCH 620 Building Performance Measurement
	ARCH 621 Energy Optimization in Building Design
	ARCH 628 Tools for Green Building Design
	ARCH 634 Architectural Lighting
	ARCH 643 Software Analysis for HVAC Systems in Low Energy Buildings
	ARCH 647 Documentation of Historic Buildings and Sites
	ARCH 653 Building Information Modeling in Architecture
	ARCH 655 Parametric Modeling in Design

TAMU’da lisansüstü düzeyde mimarlık eğitimi müfredatındaki BIM dersler incelendiğinde BIM ile ilgili derinlemesi bilginin elde edilebileceği hem teorik hem de uygulamalı birçok ders bulunmaktadır. Lisansüstü mimarlık müfredatındaki BIM ile ilgili verilen dersler, hem bina bilgisi alanından tasarım odaklı dersler olup hem de yapı fiziği, performans alanizleri, enerji optimizasyonu gibi konuların gerekli yazılım araçlarıyla uygulamalı olarak öğretildiği yapı bilgisi alanından derslerdir.

ARCH 612 Yapısal ve Çevresel Teknoloji Kavramları (Structural and Environmental Technology Concepts) dersinde, teknolojik sistemlere aşinalığı hızlı ve geniş bir şekilde geliştirmeyi amaçlayan teorik bilgiler verilmektedir. Bu dersin önkoşulu MATH 142 Matematik ve PHYS 201 Fizik dersidir [Web 23].

ARCH 614 Mimari Yapıların Unsurları (Elements of Architectural Structures) dersinde; mimari mekân ve formun gelişimini etkileyen yapısal faktörlerin incelenmekte, mimari yapıların ahşap ve çelik bileşenlerinin tasarımı yoluyla malzemelerin statüğini ve mukavemetini yöneten fiziksel ilkelerin tanıtılmaktadır. Bu dersin önkoşulu 612 Yapısal ve Çevresel Teknoloji Kavramları dersidir [Web 23].

ARCH 615 Çevre Kontrol Sistemlerinin Unsurları (Elements of Environmental Control Systems) dersinde; bina enerji kullanımı ile ilgili teorik bilgiler verilmekte, cephe tasarımı, ısıtma ve soğutma sistemi, elektrik, akustik, yangın ve yıldırımdan korunma, sıhhi tesisat ve drenaj sistemeleri, tasarım fırsatları, yapı bileşeni

boyutlandırma ve malzeme seçimi gibi konular uygulamalı olarak ele alınmaktadır. Bu dersin önkoşulu da 612 Yapısal ve Çevresel Teknoloji Kavramları dersi [Web 23].

ARCH 619 Uygulamalı Güneş Enerjisi dersinde; güneş radyasyonunun hesaplanması, güneş tasarımı ile ilgili ısı transferi ve aktif sistemler ele alınmaktadır [Web 23].

ARCH 620 Bina Performans Ölçümü dersinde; binalar için performans ölçün stratejilerine değinilmekte, veri toplama ve veri yönetimi, bina enerji simülasyon analizleri yapılmakta, HVAC sistem simülasyonu uygulamalı olarak öğretilmekte ve iç çevre koşullarının ve bina su kullanımının analizi öğretilmektedir [Web 23].

ARCH 621 Bina Tasarımında Enerji Optimizasyonu (Energy Optimization in Building Design) dersinde; ticari binalar için optimum enerji kullanım stratejileri, saatlik enerji simülasyon yöntemleri öğretilmekte, bilgisayar simülasyon teknikleri ile bina kabuğu ve HVAC sistem enerji optimizasyonu; bina enerji sistemlerinin yaşam döngüsü maliyet analizi; ticari bina uygulamalarında vaka çalışmaları yapılmaktadır [Web 23].

ARCH 628 Yeşil Bina Tasarımı İçin Araçlar (Tools for Green Building Design) dersinde; sürdürülebilir tasarımı keşfetmek ve desteklemek için modelleme araçları ve teknikleri öğretilmekte, mimari tasarım ile güneş, rüzgâr ve ışığın çevresel güçleri arasındaki ilişki hakkında daha derin bir anlayış geliştirilmekte, mevcut modelleme araçlarını kullanarak öğrencilerin mimari tasarımları test edilmektedir [Web 23].

ARCH 634 Mimari Aydınlatma (Architectural Lighting) dersinde; aydınlatma ortamının özellikleri, aydınlatma ve enerji sorunları, günışığı mevcudiyeti, günışığı için bina tasarımı, ısı kaybı kontrolü, güneş kırıcı, günışığı modelleri, grafik analitik ve bilgisayar analiz yöntemleri, görsel ve aydınlatma konfor değerlendirmesi, gün ışığı ve elektrik ışığının entegrasyonu, enerji analizi gibi konular çalışılmaktadır [Web 23].

ARCH 643 Düşük Enerjili Binalarda HVAC Sistemleri için Yazılım Analizi (Software Analysis for HVAC Systems in Low Energy Buildings) dersinde; Energy Plus yazılımı kullanılarak düşük enerji kullanımı için stratejiler geliştirilmekte, enerji analizi yapılmakta, düşük enerjili binalarda çeşitli ısıtma ve soğutma sistemlerinin simülasyonu, mekanik ekipmanın (hava işleme sistemleri, soğutucu ve kazanlar dahil), bina kabuğunun, enerji yönetimi kontrol sistemlerinin ve iç hava kalitesinin analizi gibi konular hem teorik hem de uygulamalı olarak öğretilmektedir [Web 23].

ARCH 647 Tarihi Yapılar ve Sit Alanları Dokümantasyonu (Documentation of Historic Buildings and Sites) dersinde; tarihi binaları ve sit alanlarında verileri

toplamak için gelişmiş teknikler öğretilmekte, Tarihi Amerikan Yapı Araştırma Standartlarına göre ölçme ve çizim yapma, fotoğrafçılık, lazer tarama, fotogrametri, el ölçümü, alan notları ve kayıt çizimi hazırlama alanlarında saha eğitimi verilmektedir [Web 23].

ARCH 653 Mimarlıkta Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modeling in Architecture) dersinde; BIM çalışma sistemi teorik olarak öğretilmekte, tasarım süreci odaklı bina yaşam döngüsündeki ilkeler, yöntemler ve uygulamalar yapılmakta, bilgisayar destekli tasarım, parametrik modelleme, veri tabanları, web teknolojileri, tasarım performansı simülasyonu ve görselleştirme konuları çalışılmaktadır [Web 23].

ARCH 655 Tasarımda Parametrik Modelleme (Parametric Modeling in Design) dersinde; çevre tasarımı ve araştırmalarında parametrik modelleme ilkeleri, yöntemleri ve uygulamaları öğretilmekte, temel ve ileri düzeyde mimari geometri, parametrik modeller, görsel programlama yöntemi, komut dosyası yöntemi, kısıtlamalar, kurallar ve algoritmalar, parametrik tasarım öğeleri ve kalıpları, parametrik simülasyon, modelleme araçları konuları ele alınmaktadır [Web 23].

TAMU'da lisansüstü düzeyde BIM hem bina bilgisi alanında hem de yapı bilgisi alanında verilen BIM dersleri ile öğretilmekte ve müfredat ile bütünleştirildiği görülmektedir. Lisansüstü programında, BIM öğrenme seviyesi advanced seviyede olduğu söylenebilir.

3.2.1.4. Texas Teknik Üniversitesi (TTU)

Texas Teknik Üniversitesi 1923 yılında kurulmuş, 1927 yılında ise mimarlık eğitimi mühendislik fakültesi altında vermeye başlanmıştır. 1933'te mimarlık lisansı verilmiş, 1934'te mimarlık eğitimi 4 yıldan 5 yıla çıkarılmıştır. Okulda mimarlık programı 1957'de NAAB tarafından akredite edilmiştir. 1981 yılında mimarlık yüksek lisans eğitimleri vermeye başlanmıştır. Günümüze kadar da yüksek lisans programları farklı uzmanlık alanlarıyla lisansüstü eğitim programları geliştirilmektedir [Web 24]. Lisans düzeyinde mimarlık bölümünde BIM ile ilgili dersler, derslerin zorunluluk ve ön koşul durumları aşağıdaki Tablo 3.8'de gösterilmiştir [Web 25].

Tablo 3.8: Texas Teknik Üniversitesi'nde lisans düzeyinde BIM ile ilgili verilen dersler.

Texas Teknik Üniversite si (Amerika)	Ders Kodu ve Adı	Ders Yılı	Zorunlu /Seçmeli	Önkoşulu	Önkoşul (Prerequisite)/Eşkoşul (Corequisite)
	ARCH 1101- Architectural Representation I	1.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 1301- Architectural Design I	Eşkoşul
	ARCH 1301 - Architectural Design I	1.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 1101- Architectural Representation I	Eşkoşul
	ARCH 1102- Architectural Representation II	1.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 1101 Architectural Representation I	Önkoşul
				ARCH 1302- Architectural Design II	Eşkoşul
	ARCH 1302- Architectural Design II	1.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 1101- Architectural Representation I	Önkoşul
				ARCH 1301- Architectural Design I	Önkoşul
	ARCH 1353- Digital Media I	1.Sınıf (Bahar)	<u>Seçmeli</u>	-	-
	ARCH 2101- Architectural Representation III	2.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 1102- Architectural Representation II	Önkoşul
				ARCH 2503- Architectural Design III	Eşkoşul
	ARCH 2351- Architectural Technology I:Matter	2.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	-	-
	ARCH 2503- Architectural Design III	2.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 1302- Architectural Design II	Önkoşul
				ARCH 1102- Architectural Representation II	Eşkoşul
	ARCH 2102- Architectural Representation IV	2.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 2101- Architectural Representation III	Önkoşul
				ARCH 2504 - Architectural Design IV	Eşkoşul
	ARCH 2355- Architectural Technology II: Gravity	2.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 2351- Architectural Technology I:Matter	Önkoşul
	ARCH 2504- Architectural Design IV	2.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 2503- Architectural Design III	Önkoşul
				ARCH 2102- Architectural Representation IV	Eşkoşul
	ARCH 3350- Architectural Technology III- Gravity	3.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 2355- Architectural Technology II: Gravity	Önkoşul

Tablo 3.8: Devam

	ARCH 3601- Architectural Design V	3.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 2504- Architectural Design IV	Önkoşul
	ARCH 3602- Architectural Design VI	3.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 3601- Architectural Design V	Önkoşul
	ARCH 3352- Building Information Technology	4.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 1102- Architectural Representation II	Önkoşul
				ARCH 1353-Digital Media I	Önkoşul
				ARCH 2355- Architectural Technology II: Gravity	Önkoşul
				ARCH 3350- Architectural Technology III-Gravity	Önkoşul
	ARCH 3355- Architectural Technology IV: Atmosphere	4.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 3350- Architectural Technology III: Gravity	Önkoşul
	ARCH 4601- Architectural Design VII	4.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 3602- Architectural Design VI	Önkoşul
	ARCH 4354- Integrative Building Modeling	4.Sınıf (Güz) - 4.Sınıf (Bahar)	<u>Seçmeli</u>	ARCH 2355- Architectural Technology II: Gravity	Önkoşul
				ARCH 3355- Architectural Technology IV: Atmosphere	Önkoşul
	ARCH 4602- Architectural Design VIII	4.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	ARCH 4601- Architectural Design VII	Önkoşul

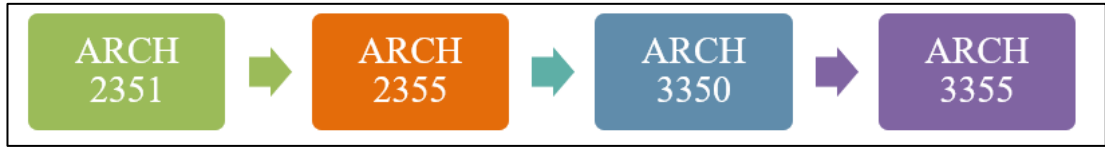
Yapılan araştırmaya göre ve tablodan da görülebileceği gibi üniversitede Mimarlık lisans müfredatında yer alan BIM sistemi ile ilgili derslerin çoğunlukla zorunlu ve ön koşullu olduğu söylenebilir. Ayrıca derler, eğitim sürecinin tüm sınıflarına yayılmış durumdadır.

Derslerin içeriklerine kısaca değinilecek olunursa; Mimarlık lisans müfredatında BIM ile ilgili önemli derslerden biri 4.Sınıf Güz döneminde verilen ve ön koşullu olan ARCH 3352 kodlu Building Information Modelling dersidir. Bu derste, BIM çalışma sistemi kullanılarak yapı tasarımı ve yapım için gerekli belgelerin hazırlanma süreci ele alınmaktadır. Bu dersin alınabilmesi için ARCH 1102 kodlu Architectural Representation II, ARCH 1353 kodlu Digital Media I, ARCH 2355 kodlu Architectural Technology II: Gravity derslerinin ve ARCH 3350 kodlu Architectural Technology III: Gravity dersinin alınmış olması gerekmektedir (Şekil 3.7) [Web 25].



Şekil 3.7: ARCH3352-Yapı Bilgi Modelleme (Building Information Modelling) Önkoşul Dersleri.

Lisans müfredatında BIM ile ilgili olarak yer alan bir diğer önemli ders ise 4.Sınıf güz döneminde zorunlu olarak görünen ve ön koşullu olan ARCH 3355-Architectural Technology IV: Atmosphere dersidir. Bu derste, iklimlendirme, havalandırma, akustik, güneşiği, cephe ve kaplama analizleri yapılarak, çevresel sistemlerin yapıya etkisi performans analizleri uygulamalı olarak öğretilmektedir. Bu dersin alınabilmesi için ARCH 3350-Architectural Technology III: Gravity dersinin alınmış olması gerekmektedir. ARCH 3350 dersinin alınması için ise ARCH 2355-Architectural Technology II: Gravity ve ARCH 2351-Architectural Technology 1: Matter derslerinin alınmış olması gerekmektedir [Web 25]. Bu ön koşullu derslerin ilişkileri Şekil 3.8’de yer almaktadır



Şekil 3.8: ARCH3355-Architectural Technology IV: Atmosphere Önkoşul Dersleri.

ARCH 4354-Integrative Building Modeling dersi 4. Sınıfta hem güz hem de bahar döneminde alınabilen BIM ile ilgili bir başka seçmeli derstir. Bu derste yapısal, mekanik, elektrik, sıhhi tesisat gibi kapsamlı bir model aracılığıyla yapı tasarımı süreçleri ele alınarak, BIM çalışma sistemi teorikden çok uygulama üzerinden öğretilmektedir. Bu dersin alınabilmesi için ARCH 3355-Architectural Technology IV: Atmosphere ve ARCH 2355-Architectural Technology II: Gravity derslerinin alınmış olması gerekmektedir (Şekil 3.9) [Web 25].



Şekil 3.9: ARCH 4354-Integrative Building Modeling Önkoşul Dersleri.

TTU'da lisans programı müfredatı incelenmesi sonucunda BIM öğrenme seviyesinin advanced olduğu düşünülebilir.

Texas Teknik Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalında lisansüstü düzeyde eğitim programları ve programların müfredatlarındaki BIM dersleri ve derslerin zorunluluk durumları aşağıdaki Tablo 3.9'da gösterilmiştir [Web 25].

Tablo 3.9: Texas Teknik Üniversitesinde lisansüstü programlar ve BIM ile ilgili dersler.

	Anabilim Dalı	Yüksek Lisans/Doktora Programları	Dersler	SEÇMELİ	ZORUNLU
Texas Teknik Üniversitesi (Amerika)	MİMARLIK (Master of Architecture)	Mimarlık Yüksek Lisans Programı	ARCH 5354 - Advanced Architectural Technology I (BIM)		X
			ARCH 5501-Advanced Architectural Design Studio		X
			ARCH 5502-Advanced Architectural Design Studio		X
			ARCH 5503-Advanced Architectural Design Studio		X
			ARCH 3355 - Architectural Technology IV: Atmosphere		X
			ARCH 5334 - Advanced Architectural Technology II		X
			ARCH 5506 - Collaboration Studio	X	
			ARCH 5602- Integrative Architectural Design Studio		X
	MİMARLIK BİLİMİ (Master of Science in Architecture)	Design Computation and Fabrication	ARCH 5304 - Advanced Architectural Representation/ARCH 5352 - Computer Applications to Architecture		X
			ARCH 5506 - Collaboration Studio	X	
			ARCH 5501-Advanced Architectural Design Studio		X

Tablo 3.9: Devam

			ARCH 5502-Advanced Architectural Design Studio		X
			ARCH 5503-Advanced Architectural Design Studio		X
		Design and Health	ARCH 5506 - Collaboration Studio	X	
			ARCH 5501-Advanced Architectural Design Studio		X
			ARCH 5502-Advanced Architectural Design Studio		X
		Urban and Community Design Concentration	ARCH 5506-Collaboration Studio	X	
			ARCH 5506-Collaboration Studio	X	
			ARCH 5321- Historic Building Technology and Documentation	X	
		Historical Preservation			

Tablodan görüleceği üzere, Mimarlık lisansüstü programında BIM dersleri hem stüdyo derslerinde hem de yapı teknolojileri dersinde verilmektedir. Mimarlık Bilimi eğitiminde ise yoğunluklu olarak stüdyo derslerinde ve ayrıca Restorasyon alanında BIM eğitiminin yer aldığı görülmektedir. Dersler ile ilgili detaylı bilgi aşağıda özetlenmektedir.

Mimarlık yüksek lisans programı mimarlık lisansı almaya hak kazanmak isteyen kişilerin başvurması gereken bir programdır. Bu açıdan lisans mezuniyeti için bir ön koşul oluşturan bu dereceyi ve gerekli stajı tamamladıktan sonra, öğrenciler mimar olmak için gerekli olan ARE lisans sınavına girmeye hak kazanmış olur. Bu program stüdyo ağırlıklı derslerin verildiği tasarım odaklı bir program olup, programda stüdyo derslerinde BIM çalışma sistemi ile kurgulanarak projeler yürütülmektedir.

Lisansüstü düzeydeki bu programın, BIM ile ilgili müfredatında yer alan önemli derslerinden biri ARCH 5354- Advanced Architectural Technology I (BIM) dersidir. Bu derste mimaride bilgi modelleme aracılığıyla model üretimi, BIM çalışma sisteminin tasarım kararlarına etkisi incelenmektedir [Web 25]. Öte yandan, programdaki diğer ileri düzeyde tasarım stüdyoları derslerinde de benzer uygulamalar yapılmaktadır.

Üniversitenin Master of Science in Architecture lisansüstü eğitiminde yer alan programlar ise mimarlık lisansını alma hakkı vermeyen, araştırmaya dayalı bir

akademik derecedir. Sadece mimarlar değil farklı disiplinlerden öğrenciler de gerekli kredileri sağladıktan sonra başvurup bu programdan mezun olabilmektedir.

Design Computation & Fabrication programı; hesaplamalı tasarım, bilgisayar destekli üretim (CAD/CAM), hızlı prototipleme teknolojilerine odaklanan, gerekli yazılımlar ve teknolojiler aracılığıyla üretim yapılabilen bir tezli yüksek lisans programdır.

TTU'de lisansüstü düzeyde mimarlık eğitimi müfredatı incelenmiş, verilen BIM dersleri içerikleri açıklanmıştır. BIM çalışma sistemi, BIM derslerinde hem teorik olarak öğretilmekte hem de gerekli yazılımlar aracılığıyla projelerin üretilmesiyle uygulamalı çalışmaları içermektedir. BIM dersleri hem bina bilgisi hem de yapı bilgisi alanındadır. Lisansüstü programda yapı teknolojileri ve yazılım odaklı derslerde BIM sistemi öğretildiği için BIM öğrenme seviyesi intermediary seviyesinde olduğu düşünülebilir.

Texas Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümünde Master of Architecture programına kayıtlı ya da MArch veya MScArch yüksek lisans programlarından mezun olan kişilerin uzmanlaşmak istediği alanlara göre yararlanabileceği beş sertifika programı vardır. Bu programlar;

- Tasarım, Hesaplama ve Üretim (Design, Computation and Fabrication)
- Sağlık Tesisleri Tasarımı (Health Care Facilities Design)
- Sağlık ve Sağlıklı Yaşam Merkezi Tasarımı (Health & Wellness Design)
- Batı Amerika'nın Arazi Sanatları (Land Arts of the American West)
- Kent ve Topluluk Tasarımı (Urban & Community Design) programlarıdır [Web 26].

Bu alanlardan Tasarım, Hesaplama ve Üretim sertifika programı (Design, Computation and Fabrication)'nda parametrik tasarım temelli dersler yer alırken BIM ile ilgili dersler görülmemektedir.

TTU'da hesaplamalı tasarım, bilgisayar destekli CAD/CAM üretimi ve hızlı prototipleme teknolojisinin desteklendiği Dijital Üretim Laboratuvarı (Digital Fabrication Lab.) bulunmaktadır. Bu laboratuvar, öğrencilere ve öğretim üyelerine geometriyle ilgili belirli konularda birlikte çalışma ve prototip oluşturma için sayısal olarak kontrol edilen teknolojik ekipmanları kullanma olanağı verir [Web 27].

3.2.2. BIM Öğreniminde Diğer Yöntemler

BIM çalışma sistemi öğreniminde üniversitelerdeki lisans ve lisansüstü müfredatı eğitim yöntemleri bir önceki başlıkta detaylıca açıklanmış ve incelenmiştir. Bu başlık altında ise okul sonrası profesyonel iş ortamında BIM öğrenim yöntemleri; incelenen üniversitelerdeki BIM ile ilgili sertifika programları ve uluslararası geçerliliğe sahip BIM eğitim programları gruplarında aktarılmaktadır.

3.2.2.1. Okul Sonrası Profesyonel İş Ortamında Öğrenim

BIM ile ilgili teknik uzman eksikliğinin karşılanmasında bazı mimarlık programlarının müfredatlarında değişiklik yapılabilmekte, bu anlamda yeniseçmeli derslerin açılması ya da müfredatta var olan derslerin içeriklerinin BIM ile ilişkilendirilmesi ile çözümler üretilmektedir. Buna karşın, okullarda müfredatın değişmesi çok kapsamlı bir çalışma gerektirmekte ve aynı zamanda her okulun böyle bir altyapıya ve akademik kadroya sahip olamaması söz konusudur. Bunlara ek olarak, mevcut koşullarda sektörde aktif olarak çalışan mimarlar bulunmakta ve çoğu mezun olduktan sonra profesyonel iş ortamında BIM çalışma sistemi ile karşılaşabilmektedir. Bu tür nedenlerin etkisinde, gerekli BIM konusunda uzman personel eksikliğinin giderilmesinde, çeşitli özel kurum, sivil toplum kuruluşları sertifikalı ya da sertifikasız, yüz yüze ya da uzaktan eğitimler düzenlemektedir. Özellikle salgın sonrasında, BIM üzerine yapılan bu tür eğitimlerin daha çok çevrim içi gerçekleştirildiği görülmektedir. BIM çalışma sistemine geçen ofislerde, kurum içinde BIM çalışma sistemini bilen teknik personel varsa, eğitim kurum içindeki teknik uzman tarafından sağlanabilmektedir. Ancak kurumda yeni bir çalışma sistemine geçilecekse ve bu anlamda kurumun organizasyonel yapısını değiştirmesi gerekiyorsa, bu noktada genellikle danışmanlık hizmeti alınmaktadır.

Dünyada BIM kullanan birçok kurum bulunmakta olup, bu tür kurumlar sosyal medyada yer alan topluluklar aracılığı ile BIM üzerine sertifikalar verebilmektedir. Bu eğitimler hem yazılım sertifikası olarak sunulmakta (Revit, Shyncro, Navisworks vb) hem de bazı ofisler tarafından verilen BIM Koordinatörü, BIM Manager gibi sertifikalı eğitimleri içermektedir.

Ayrıca profesyonel iş hayatının sosyal medya platformu olarak görülebilecek LinkedIn ortamında da profesyoneller tarafından sunulan paket eğitim programları ile

BIM sertifikalarına sahip olunabilmektedir (Şekil 3.10) [Web 28]; [Web 29]. Bu sertifikalar özellikle uluslararası firmalar için önem taşıyabilmekte, bu anlamda sertifikalara sahip olan uzmanların linkedin profil bilgilerinde sertifikalara yer vermeleri uzman gereksiniminin karşılanmasında çözüm üretebilmektedir.



Şekil 3.10: a) Eğitimler sonucunda alınan sertifika ARCDOX, b) LinkedIn.

3.2.2.2. Kurslarda Öğrenim

Üniversitedeki mimarlık eğitimi müfredatının yanı sıra, üniversiteye bağlı kurslarda içerisinde BIM ile ilgili sertifika programları bulunabilmektedir. Bu bölümde tez kapsamında dünyada incelen üniversitelerin içerisinde sunulan sertifikalı BIM eğitim programları ve ilk çevrim içi olarak BIM eğitiminin verildiği Zigurat BIM sertifikası aktarılmaktadır.

BIM ile ilgili sertifika programları araştırıldığında; GATECH kurumunda, Computational Design ve Construction Management programları bulunmaktadır. Üniversitede, özellikle hesaplamalı tasarım (Computational Design) programında

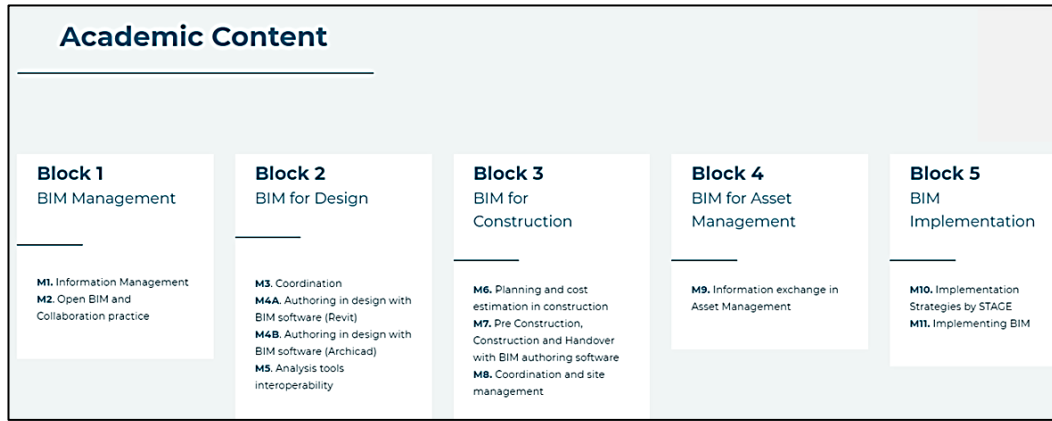
sayısal veya parametrik tasarım olarak da ifade edilebilecek bir eğitim programı yer almaktadır. Bu eğitim programı temel olarak BIM sertifikası olarak görülmesi de BIM eğitimi içeren bir sertifika programı olduğu için bu başlıkta ele alınmıştır. Bu programdaki dersler daha çok sayısal tasarım, parametrik modelleme ile ilgilidir. Programda verilensayısal tasarım ve BIM ile ilgili dersler aşağıda özetlenmiştir:

- ARCH 4505 Geometric Constructs (Geometrik Yapılar),
- ARCH 4507 Parametric Design (Parametrik Tasarım),
- ARCH 4508 Shape Grammars (Biçim Gramerleri),
- ARCH 4833 Special Topics: Architectural Technology-Parametric Modeling with BIM (Özel Konular: Mimari Teknoloji- BIM ile Parametrik Modelleme)
- ARCH 4701 Analog-Digital Design Computing (Analog-Dijital Tasarım Hesaplama)
- ARCH 4702 Design Scripting (Kodlamalı Tasarım) [Web 30].

Tez kapsamında incelenen diğer üniversitelerin bünyesinde Türkiye'deki Sürekli Eğitim Merkezleri gibi sertifikalı BIM eğitimleri verilmemektedir. BIM eğitimleri incelenen okullarda lisans ya da lisansüstü müfredatlarında ve araştırma laboratuvarlarında uygulamalı olarak verilen dersler aracılığıyla BIM'in öğretildiği görülmüştür.

Tez kapsamında incelenen okullar haricinde, ilk defa çevrim içi olarak kapsamlı ve uygulamalı olarak BIM eğitimi verilen Zigurat Global Teknoloji Enstitüsü eğitim programları da araştırılmıştır. Zigurat Global Teknoloji Enstitüsü (Zigurat Global Institute Technology), 2001 yılında kurulan, yüksek lisans programları ve çevrim içi eğitimlerin verildiği bir eğitim platformudur. Enstitü, 2014 yılından itibaren çevrim içi BIM Master programı sunmaya başlamıştır. Enstitü, 2018'de, Barselona IL3 Üniversitesi, NTU, DuocUC, breACADEMY ve CIAT (The Chartered Institute of Architectural Technologists) kuruluşları ile bir anlaşma imzalayarak akademi ile de iş birliği yapmaya başlamıştır. Bu kurumdaki BIM Master eğitimleri 1 yıl sürmekte ve yüksek lisan tezi gibi bir uygulama çalışmasının kabul edilmesiyle, eğitim sonucunda Universitat de Barcelona ile anlaşmalı çift diploma sahibi olunmaktadır. Buradaki kazanılan diploma Barselona Üniversitesi Sürekli Eğitim Enstitüsü'nden kazanılan bir sertifika gibidir.

Zigurat'ta BIM ile ilgili en önemli programlar; 'BIM Yönetimi (BIM Management)' ve 'Altyapı Projeleri için BIM Yönetimi' Yüksek lisans programlarıdır. BIM Yönetimi eğitimi, BIM Yönetimi (BIM Management), Tasarım sürecinde BIM (BIM for Design), Yapım sürecinde BIM (BIM for Construction), BIM ile Varlık Yönetimi (BIM for Asset Management), BIM Uygulanması (BIM Implementation) olmak üzere beş modülden oluşmaktadır. Bu modüller kapsamında, anlatılan konular aşağıdaki Şekil 3.11'de gösterilmiştir [Web 31].



Şekil 3.11: BIM Yönetimi Yüksek Lisans Programı.

Zigurat eğitimleri hakkında daha detaylı bilgi almak üzere tez çalışması kapsamında; bu eğitimi alan ve ilk mezunlarından olan Mimar Barış Canpolat ile çevrim içi bir toplantı Gerçekleştirilmiştir. Bu toplantı sonucunda ilk eğitim modülünün başlıklarının ve içeriğinin de farklılaştığı görülmüştür. Programın ilk sunduğu 'BIM Project Management' eğitim programında; BIM Specialists, BIM Information Management, BIM Implementation, BIM for Sustainability ve Facility Management olmak üzere beş ayrı modülde eğitim verilmektedir. 1,5 yılda verilen bu eğitimde, farklı kültürlerden ve farklı disiplinlerden uzmanların yer aldığı 6'şar kişilik gruplar oluşturulmuş ve bu süreç boyunca bireysel ödevlerin yanı sıra, kurulan bu grup ile 1,5 sene boyunca bir proje üzerinde çalışılmıştır. Üzerinde çalışılan proje, kurgulanan senaryo üzerinden proje yaşam döngüsü boyunca BIM çalışma sistemini kullanarak, uygulamalı olarak çalışılan bir projedir. Bu eğitim sonunda BIM yazılım araçlarından en az iki tanesi ile gerçek bir proje üretilmekte, eğitim başarı ile geçildiğinde bu yazılım araçlarının kullanımında uluslararası sertifika sahibi de olunabilmektedir. 'Bilgi Yönetimi' ve 'BIM Uygulanması' modülünde; Bilgi yönetiminin BIM çalışma sistemi kullanılarak nasıl yönetileceği, BIM uygulama planı

olarak da kullanılabilecek ‘BIM Style Book’ adında BIM kullanmak isteyen ofislere yol gösterici olabilecek bir final çalışması yapılmaktadır. Sürdürülebilirlik Modülünde simülasyon araçları kullanılarak BIM’in sürdürülebilirlik ile olan ilişkisi uygulamalı olarak çalışılmaktadır. Tesis yönetimi modülünde; BIM kullanımı ile ilgili olarak gruplar arasında proje senaryosu kurgulanır ve herkesin bir rolü olur (doktor, işveren, mimar vb.). Bu kurgu üzerinden üretilen projenin gerçek bir tesis yönetimi uygulanmaya çalışılmaktadır.

Enstitü’de BIM ile ilgili verilen diğer önemli eğitim programı; Altyapı Projeleri için BIM Yönetimi’ eğitimidir. Bu eğitim programı; BIM Ecosystem and Fundamentals, Advanced BIM Modelling ve BIM-based Advanced Project Controls olmak üzere üç modülden oluşmaktadır. Modül içerisinde ele alınan konular aşağıda Şekil 3.12’de özetlenmiştir [Web 31].

Block 1 BIM Ecosystem and Fundamentals	Block 2 Advanced BIM Modeling	Block 3 BIM-based Advanced Project Controls
M1. BIM Ecosystem & Key Concepts M2. BIM for Infrastructure M3. Authoring Platform Environment	B2A. ROADS AND HIGHWAYS M0. BIM Authoring M1. Road Fundamentals M2. Earthworks Modeling Calculations M3. Horizontal and Vertical Alignment M4. Roads and Highways Modelling M5. Advanced topics in Highway Modelling B2B. BRIDGES & TUNNELS M0. BIM Authoring M1. Tunnels Fundamentals M2. Earthworks Modeling Calculations M3. Bridges Fundamentals M4. Tunnel BIM Modelling M5. Bridge BIM Modelling B2C. RAIL & METRO LINES M0. BIM Authoring M1. Rail Fundamentals M2. Earthworks Modelling Calculations M3. Horizontal and Vertical Alignment	M4. Cross Section Modelling M5. Rail advanced topics B2D. SUBSURFACE UTILITIES BIM DEVELOPMENT M0. BIM Authoring M1. Subsurface Utilities Engineering, Fundamentals & Authoring Platform Environment M2. Modeling Wet & Dry Utilities M3. Features Definitions M4. Advanced Units in SUE M5. Utility Buildings B2E. BUILDINGS M0. BIM Authoring M1. Buildings Fundamentals M2. Structural M3. Architectural M4. Mechanical Buildings and Services M5. Electrical Buildings Services M1. BIM for Construction – Requirements and Documentation M2. BIM Based Scope Management M3. Quality Control Methodologies M4. Integrated BIM Implementation & Design Coordination M5. Planning & Site Logistics M6. Advanced Project Controls System Fundamentals M7. C3D/Visual Project Controls and Integration PlatformManagement

Şekil 3.12: Altyapı Projeleri için BIM Yönetimi Yüksek Lisans Programı.

3.2.3. Yapı Bilgisi Alanında BIM Eğitimi

Yapı Bilgisi Bilim Dalı genel olarak; yapı elemanları, taşıyıcı sistemler, yapı malzemeleri, yapı fiziği, yapı üretimi gibi çeşitli uzmanlık alanlarını içermektedir. Bu uzmanlık alanları bölümlerin öğretim elemanı kadroları ile ilişkili olarak ayrı ayrı anabilim dallarına ayrılabilirdiği gibi, zaman zaman tek bir yapı anabilim dalı altında toplanabilmektedir.

Bu bölümde dünyada incelenen üniversitelerin hem lisans hem de lisansüstü düzeyde mimarlık eğitim müfredatları incelenmiş, yapı bilgisi alanında verilen BIM

dersleri ve yüzde kaçının yapı bilgisi alanında olduğu irdelenmiştir. Dünya üniversitelerinde restorasyon alanında verilen BIM dersleri de bu başlık altında ele alınmıştır.

GATECH’de lisans düzeyinde BIM ile ilgili sekiz (8) adet ders verildiği tespit edilmiştir. Bu derslerden sadece iki (2) tanesi yapı bilgisi alanına dâhil edilebilir durumdadır. Bu dersler ARCH 4240. Building Simulation in Design Practice ve ARCH 4503. BIM (Building Information Modeling) Applications isimli derslerdir. Buna göre bölümde BIM ile ilgili verilen derslerin %25 i yapı bilgisi alanındadır. Aynı üniversitenin yüksek lisans düzeyinde BIM dersleri araştırıldığında, mimarlık bilimi ve mimarlık bölümü yüksek lisans programlarında BIM ile ilgili toplam 22 ders verilmektedir. Bu derslerden;

- ARCH 6241. Building Simulation in Design Practice
- ARCH 6242. Building Physics Modeling,
- ARCH 6427. Advanced Modeling and Animation in Architecture,
- ARCH 6505. Geometric Constructs in Digital Space
- ARCH 6506. Construction Materials, Systems and Fabrications,
- ARCH 6513. Building Systems & Data,
- ARCH 6531. Environmental Systems I,
- ARCH 6731. Zero Energy House
- ARCH 7102. Integrated Building Systems II,
- ARCH 7103. Integrated Building Systems III,
- ARCH 8833. Special Topics/Building Systems and Data,
- COA 8685. Computational Building Simulation,

dersleri olmak üzere 12 adedi yapı bilgisi alanındaki BIM derslerindendir. Buna göre lisansüstü düzeyde verilen BIM ile ilgili derslerin %55’ i yapı bilgisi alanındadır. Bu üniversitede mimarlık bölümünün farklı alt dallarının müfredatlarında da BIM ile ilgili derslere yer verilmektedir.

Salford Üniversitesi’nde lisans düzeyinde BIM ile ilgili verilen dersler araştırıldığında beş (5) adet ders olduğu görülmektedir. Bu derslerden Design Studio 2B: Performance Modelling and Integrated Design ve Environmental Architectural Technology adlı iki ders yapı bilgisi alanı ile ilgilidir. Buna göre; bölümde BIM ile ilgili verilen derslerin %40’ı yapı bilgisi alanındadır. Bu üniversitede Mimari Tasarım

ve Teknoloji adlı bölümde de BIM ile ilgili dokuz (9) adet ders verildiği görülmektedir. Bu derslerden Design Information Management, Multidisciplinary Project, Virtual Environments ve Environmental Architectural Technology adlı dersler yapı bilgisi alanında verilen BIM dersleridir. Buna göre bölümde BIM ile ilgili verilen derslerin %44'ü yapı bilgisi alanındadır. Salford Üniversitesi'nde mimarlık bölümünün yüksek lisans düzeyinde müfredatı incelendiğinde BIM ile ilgili iki ders verilmekte; bunlardan sadece Design Studio 1: Performative Technologies- Material Matters (Tasarım Stüdyosu 1: Performatif Teknolojiler- Materyal Konuları adında tek ders yapı bilgisi ile ilgili görülmektedir. Buna göre; bölümde BIM ile ilgili verilen derslerin %50'si yapı bilgisi alanındadır. Buna karşın üniversitede BIM'in daha derinlemesine öğretildiği;

- Building Information Modelling Theory and Practice
- Integrated BIM Projects
- Lean Integrated Design and Production başlıklı üç (3) modülün olduğu yüksek lisans düzeyinde bir eğitim programı bulunmaktadır.

Building Information Modelling Theory and Practice modülünde daha çok BIM sistemin tasarım evresinde ne gibi değişikliklere sebep olduğu tartışılmakta olup, ayrıca BIM ve sürdürülebilirlik konuları da bu modül içerisinde çalışılmaktadır. Integrated BIM projects eğitim modülünde, BIM ve bütünleşik proje teslimi, yaşam döngüsü ve yönetiminde BIM kullanımı ele alınmaktadır. Yalın bütünleşik tasarım ve üretim modülünde, proje süreci tasarımı ve uygulanması, süreç haritalama analizleri yapılmaktadır. Bu üç eğitim modülü de yapı bilgisi alanındaki BIM eğitime dâhil edilebilir.

Texas A&M Üniversitesi'nde lisans düzeyinde BIM ile ilgili altı (5) ders verildiği görülmektedir. Bu derslerden; ARCH 335 Architectural Systems, ARCH 347 Documentation of Historic Buildings and Sites, ARCH 360 Topics in Design Build Community Service adlı üç (3) ders yapı bilgisi alanındadır. Buna göre bu derslerin %60 'ının yapı bilgisi alanında BIM ile bütünleştirildiği görülmektedir. TAMU'da yüksek lisans düzeyinde BIM eğitimi incelendiğinde 12 adet dersin programda verildiği görülmektedir. Bu derslerden;

- ARCH 615 Elements of Environmental Control Systems,

- ARCH 619 Applied Solar Energy,
- ARCH 620 Building Performance Measurement,
- ARCH 621 Energy Optimization in Building Design,
- ARCH 628 Tools for Green Building Design,
- ARCH 634 Architectural Lighting,
- ARCH 643 Software Analysis for HVAC Systems in Low Energy Buildings,
- ARCH 647 Documentation of Historic Buildings and Sites

adlı sekiz (8) ders yapı bilgisi alanındadır. BIM ile ilgili verilen derslerin %67 si yapı bilgisi alanındadır.

Texas Teknik Üniversitesi'nde lisans düzeyinde mimarlık eğitimi müfredatı incelendiğinde, BIM ile ilgili 19 ders olduğu görülmektedir. Bu derslerden;

- ARCH 2351-Architectural Technology I: Matter,
- ARCH 2355-Architectural Technology II: Gravity,
- ARCH 3350-Architectural Technology III-Gravity,
- ARCH 3352-Building Information Technology,
- ARCH 3355-Architectural Technology IV: Atmosphere,
- ARCH 4354-Integrative Building Modeling

adlı altı (6) ders yapı bilgisi alanındadır. Buna göre; BIM ile ilgili verilen derslerin %32'si yapı bilgisi alanındadır. Üniversitede yüksek lisans düzeyinde mimarlık eğitimi müfredatı incelendiğinde; BIM ile ilgili 11 ders olduğu görülmektedir. Bu derslerden;

- ARCH 3355- Architectural Technology IV: Atmosphere,
- ARCH 5321- Historic Building Technology and Documentation
- ARCH 5334- Advanced Architectural Technology II,
- ARCH 5354- Advanced Architectural Technology I (BIM),

adlı dört (4) ders yapı bilgisi alanındadır. BIM ile ilgili verilen derslerin %36 sı yapı bilgisi alanındadır.

Aşağıdaki Tablo 3.10'da dünyadaki üniversitelerde BIM ile ilgili verilen ders sayıları ve yapı bilgisi alanında verilen BIM dersleri özetlenmiştir.

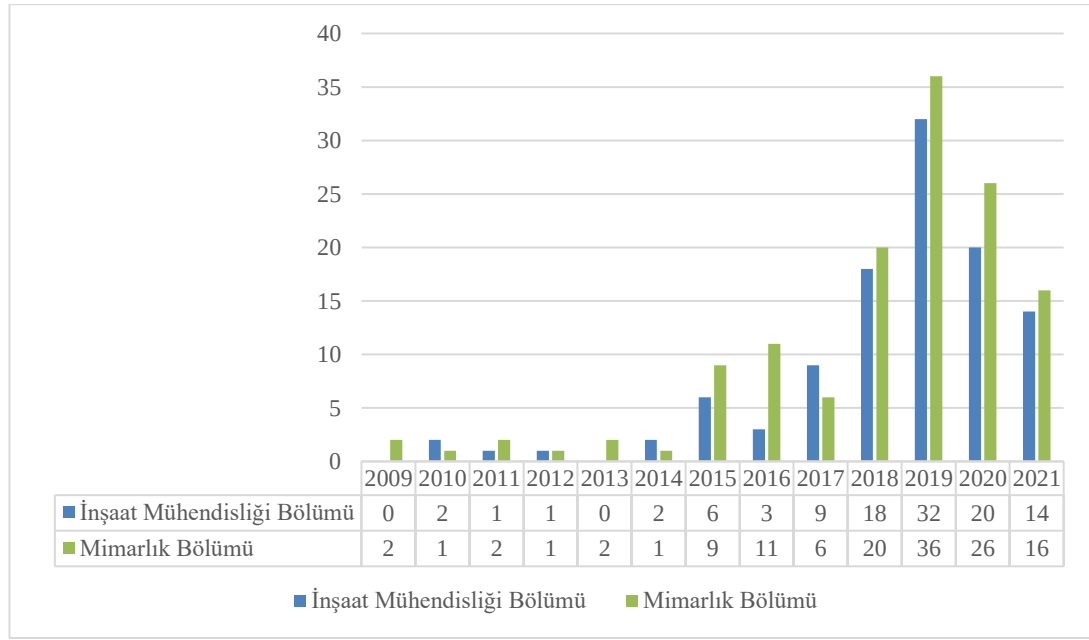
Tablo 3.10: Dünyadaki üniversitelerde verilen BIM dersleri ve yapı bilgisi alanında verilen BIM dersleri sayısı.

Üniversite adı	Eğitim Düzeyi	BIM dersleri sayısı	Yapı Bilgisi Alanındaki BIM Dersleri Sayısı	Yapı Bilgisi BIM Dersleri Oranı (%)
GATECH	Lisans	8	2	25
	Lisansüstü	22	12	55
SALFORD	Lisans	5	2	40
	Lisansüstü	2	1	50
TAMU	Lisans	5	3	60
	Lisansüstü	12	8	67
TEXAS TEKNİK ÜNİ.	Lisans	19	6	32
	Lisansüstü	11	4	36

3.3. Türkiye’de Mimarlık Eğitiminde BIM Sistemi Öğrenimi

Türkiye’de lisans düzeyinde mimarlık eğitiminde BIM’e yer verilmesi ve ders planlarının BIM ile bütünleştirilmesi konuları çoğunlukla üniversitelerin ve bölümlerin kendi inisiyatiflerinde yürütülmektedir. Bununla birlikte, özellikle salgın sonrası dönüşen eğitim yöntemleriyle birlikte gerek dijital dönüşüm gerekse BIM konularında yükseköğretim kurumlarında ve sektörde çeşitli gelişmelerin yaşandığı görülmektedir. Bu gelişmelerin, artan talepleri karşılamak üzere önümüzdeki süreçte devam edeceği tahmin edilmektedir.

Türkiye’de lisansüstü düzeyde mimarlık eğitiminde BIM’e yönelik araştırmalar için Ulusal Tez Merkezine başvurulmuştur. Bu araştırmada, mimarlık ve inşaat mühendisliği fakültelerinde 2009-2021 yılları arasında yayınlanan tezler incelenmiştir. Buna göre, BIM anahtar kelimesini içeren ve mimarlık alanı altında yayınlanmış 138 adet yüksek lisans ve doktora tezi ile karşılaşılmıştır. Buna ek olarak, yapılan araştırma sonucunda, yazılan BIM odaklı mimarlık tezlerinin, inşaat mühendisliği tezlerinden sayıca daha yüksek olduğu ve sayılarının son yıllarda arttığı görülmüştür (Şekil 3.13) [Web 32]. 2020 ve 2021 yılları arasındaki azalışın nedeninin salgın olduğu düşünülmektedir. Önümüzdeki yıllarda eğitim hayatının da normale dönmesiyle BIM konusunda yazılan tezlerin sayıca artacağı öngörülmektedir.



Şekil 3.13: 2009-2021 yılları arasında BIM ile ilgili yayınlanan tezlerin oranı.

Bu bilgilerden yola çıkıldığında Türkiye’de Mimarlık Eğitiminde BIM Sistemi Öğreniminin lisans ve lisansüstü düzeylerde mimarlık okullarında giderek önem kazandığı söylenebilir. Konuyla ilgili bilgilere bu bölüm altındaki başlıklarda yer verilmiştir.

3.3.1. Mimarlık Okullarında BIM Sistemi Öğrenimi

Türkiye’deki mimarlık okullarında BIM sistemi öğreniminin irdelendiği bu bölümde; lisans ve lisansüstü düzeyde BIM eğitimi bulunan, lisans yerleştirme sıralamalarında üst sıralarda yer alan ve ulusal ya da uluslararası mimarlık akreditasyonu bulunan üniversitelerin dokuz (9) adedi seçilmiştir. Altı (6) adedinin devlet, üç (3) adedinin vakıf üniversitesi olarak belirlendiği bu üniversiteler; devlet ve vakıf üniversiteleri ard arda gelecek şekilde ve alfabetik sıralamaya göre ele alınmıştır.

Tablo 3.11’de isimleri yer alan üniversitelerin mimarlık bölümlerindeki BIM eğitimleri araştırılırken, lisans ve lisansüstü düzeylerdeki ders planlarından (müfredatlardan) ve web sayfalarından yararlanılmıştır. Müfredatların incelenmesi sırasında; öncelikle müfredatta BIM ile ilgili derslerin yer alıp almadığına bakılmış, sonrasında bu tür derslerin bulunduğu okullarda, derslerin zorunluluk durumları ve AKTS kredi bilgileri incelenmiştir. Tablo 3.11’de tez kapsamında değerlendirilen

üniversiteler, üniversitelerde BIM içerikli derslerini yer aldığı programlar, bölüm ve program düzeyleri hakkında bilgiler aktarılmaktadır.

Tablo 3.11: Tez kapsamında incelenen üniversiteler, anabilim dalları, bölüm ve program düzeyleri.

Üniversite	Program	Bölüm	Program Düzeyi
İstanbul Teknik Üniversitesi (İstanbul)	Mimarlık	Yapı Bilimleri	Doktora
	Mimarlık	Proje ve Yapım Yönetimi	Yüksek Lisans ve Doktora
	Bilişim	Mimari Tasarımda Bilişim	Yüksek Lisans ve Doktora
	Mimarlık	Mimarlık	Tezsiz Yüksek Lisans
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (İzmir)	Mimarlık	Mimarlık	Lisans
Karadeniz Teknik Üniversitesi (Trabzon)	Mimarlık	Mimarlık	Lisans
Mimar Sinan Üniversitesi (İstanbul)	Mimarlık	Mimarlık	Lisans
	Enformatik	Mimari ve Kentsel Enformatik	Yüksek Lisans
Orta Doğu Teknik Üniversitesi (Ankara)	Mimarlık	Mimarlık	Lisans
	Mimarlık	Mimarlık	Yüksek Lisans
	Mimarlık	Mimarlıkta Hesaplamalı Tasarım ve İmalat Teknolojisi	Yüksek Lisans
	Mimarlık	Yapı Bilimleri	Yüksek Lisans ve Doktora
Yıldız Teknik Üniversitesi (İstanbul)	Mimarlık	Mimarlık	Lisans
	Mimarlık	Bilgisayar Ortamında Mimarlık	Yüksek Lisans ve Doktora
İzmir Ekonomi Üniversitesi (İzmir)	Mimarlık	Mimarlık	Lisans
İstanbul Kültür Üniversitesi (İstanbul)	Mimarlık	Mimarlık	Lisans
İstanbul Medipol Üniversitesi (İstanbul)	Mimarlık	Mimarlık	Lisans

3.3.1.1. İstanbul Teknik Üniversitesi (Devlet)

İTÜ Mimarlık Fakültesi ilk olarak 1884 yılında “Hendese-i Mülkiye Mektebi” ismiyle kurulduktan sonra; 1900’lerin başında fakültede eğitim yol, demiryolu, su işleri ve inşaat-mimarlık şubelerine ayrılmıştır. 1944 yılında ise bu şube, Mimarlık Fakültesi’ne dönüştürülmüştür. Mimarlık Fakültesi, beş (5) bölüm ile lisans

düzeyinde, 11 anabilim dalına bağlı 20 adet lisansüstü program ile yüksek lisans ve doktora düzeylerinde eğitim vermektedir [Web 33].

İTÜ Mimarlık Bölümü MIAK akreditasyonuna sahip değil ancak 2014 yılından itibaren 2021 yılına kadar ABD National Architectural Accrediting Board (NAAB)’dan akreditasyonuna hak kazanmıştır [Web 34]. Bu akreditasyon sayesinde İTÜ lisans ve yüksek lisans düzeyinde Mimarlık eğitimlerinin, ABD’deki mimarlık eğitimi ile eşdeğerliliğe ve uluslararası yeterliliğe sahip olduğu ispat edilmiştir. 2021 yılında tekrar başvurularak “Uluslararası Sertifika” elde ederek akreditasyon hakkı devam etmiştir [Web 34].

İTÜ’de başta mimarlık olmak üzere BIM eğitimi veren bölümlerdeki eğitimler lisans, yüksek lisans ve doktora düzeylerinde yapılan araştırma bulguları tez çalışmasının bu bölümü aktarılmaktadır. Lisans düzeyinde mimarlık bölümünde verilen BIM içerikli derslere yönelik detaylı bilgiler aşağıdaki Tablo 3.12’de yer almaktadır [Web 35].

Tablo 3.12: İTÜ’de lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.

Ders Kodu ve Adı	Ders Yılı	Zorunlu/Seçmeli	Kredi (AKTS)	Önkoşulu	Kredi (AKTS)
MİM 246 Çevre Kontrolü Stüdyosu	2.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	6	Önkoşulu Yok	-
MİM 318 Bilgisayar ve Yapma Çevrede Performans Değerlendirmesi	2.Sınıf (Bahar)-4.Sınıf	<u>Seçmeli</u>	4	MİM 242/242E–MİM 246/246E Çevre kontrolü Stüdyosu (Zorunlu)	7
MİM 344/344E Mimarlıkta Enformasyon Teknolojileri	2.Sınıf (Bahar)-4.Sınıf	<u>Seçmeli</u>	4	MİM 120E Mimaride Hesaplama Tasarım Araçları ve Yöntemlerine Giriş (Zorunlu)	4
				BİL100E Programlamaya Giriş -Python (Zorunlu)	4.5
				BİL101/101E Bilgisayar ve Bilgi Sistemlerine Giriş (Zorunlu)	4.5
MİM 359E Yapım Yönetimi ve Ekonomisi	3.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	5	Önkoşulu Yok	-
MİM 497 Yapı Üretiminde Süre Yönetimi	4.Sınıf (Bahar)	<u>Seçmeli</u>	4	MİM 332/332E–MİM359/359E Yapım Yönetimi ve Ekonomisi (Zorunlu)	6

İTÜ Mimarlık bölümü lisans müfredatı incelendiğinde; BIM içerikli derslerin 2. sınıftan itibaren müfredata dâhil edildiği hem zorunlu hem de seçmeli dersler ile programın desteklendiği görülmektedir. Ayrıca dersler arasında ön koşul getirilerek BIM'in lisans eğitimi ile bütünleştirilmeye çalışıldığı söylenebilir.

Tablo 3.12'de yer alan MİM 318 Bilgisayar ve Yapma Çevrede Performans Değerlendirmesi dersi, 2. sınıf bahar döneminden itibaren alınabilen 4 AKTS kredilik seçmeli derstir. Bu dersin ön koşulu müfredatta zorunlu olarak yer alan Çevre Kontrolü Stüdyosu isimli derstir. MİM 318 kodlu derste; ön koşulu olan Çevre Kontrolü Stüdyosu dersinde alınan temel bilgilerden faydalınarak gerekli yazılımlar aracılığı ile performans analizleri yapılır ve öğrenciler teorik olarak öğrendiği bilgiyi uygulamalı yöntem ile pekiştirmiş olur [Web 35]

MİM 344/344E Mimarlıkta Enformasyon Teknolojileri dersi de 2. sınıf bahar döneminden itibaren alınabilen 4 AKTS kredilik seçmeli ve ön koşullu bir derstir. Bu seçmeli dersi alabilmek için Tablo 5'te gösterilen bilgisayar teknolojisi ile ilgili temel ve teorik bilgilerin verildiği üç dersten birini almak gerekmektedir. MİM 344/344E kodlu bu derste, bilgisayar destekli mimari tasarımda kullanılan modeller ve uygulamaları, üretken sistemler ve yenilikçi tasarım yaklaşımları ve uygulamaları anlatılmaktadır. Performansa dayalı tasarım konusunda uygulamalar yapılmakta, sanal tasarım stüdyosunda iş birliği, birlikte çalışılabilirlik, iletişim gibi konular deneyimlenmekte, sanal gerçeklik/arttırılmış gerçeklik konuları örnekler ile anlatılmaktadır. Mimari tasarım süreçlerinde gerekli yazılımlar kullanılarak form oluşturma uygulamaları yapılarak, mimarlıkta bilişim konuları incelenmektedir. Ön koşulu olan derslerde temel ve teorik bilgiler verilmekte, sonrasında bu derste uygulamalar yapılarak teorik bilgi uygulamalı olarak deneyimlenmektedir [Web 35].

MİM 497 Yapı Üretiminde Süre Yönetimi dersi 4. sınıf bahar döneminde alınabilen 4 AKTS kredilik seçmeli ve ön koşullu bir derstir. Bu dersin ön koşulu müfredatta zorunlu olarak yer alan MİM 359E Yapım Yönetimi ve Ekonomisi dersidir. MİM 497 Yapı Üretiminde Süre Yönetimi dersinde, ön koşulu olan MİM 359E Yapım Yönetimi ve Ekonomisi dersinde öğretilen tasarım yönetimi, maliyet yönetimi ve süre yönetimi konuları ele alınmakta, çeşitli proje yönetim araç ve teknikleri yardımıyla uygulamalar yapılmaktadır. Bu derste ise; ön koşulu derste edinilen bilgilerin bütünlük ve sistematik bir yapıda nasıl kullanılacağına ilişkin süreç bilgisi öğretilmektedir. Süre ve zaman yönetimindeki temel kavramlar olan proje planlaması ve proje programlaması çalışmaları zaman, kaynaklar ve maliyet üçlüsü arasındaki

karşılıklı etkileşimleri dikkate alan bir yaklaşımla, gerekli yazılımlar aracılığıyla proje üretim süreci incelenmektedir [Web 35]

İTÜ Mimarlık bölümü lisans düzeyde BIM öğrenim yöntemleri incelendiğinde; teorik bilginin verildiği ve yapım yönetimi gibi bir derste de BIM araçlarından faydalanılarak uygulamalar yapıldığı görülmüştür. Bu nedenle, bölümdeki BIM öğrenim seviyesi advanced olarak belirlenmiştir.

İTÜ’de lisansüstü düzeyde BIM ile ilgili yapılan çalışmalar araştırıldığında; üniversitede Fen Bilimleri Enstitüsü’ne bağlı Mimarlık Anabilim Dalında dokuz (9) farklı programın yer aldığı görülmektedir. Bu programlar;

- Çevre Kontrolü ve Yapı Teknolojisi Yüksek Lisans Programı,
- Mimari Tasarım Yüksek Lisans ve Doktora Programı,
- Mimarlık Tarihi Yüksek Lisans ve Doktora Programı,
- Proje ve Yapım Yönetimi Yüksek Lisans Programı,
- Restorasyon Yüksek Lisans ve Doktora Programı,
- Yapı Bilimleri Doktora Programı,
- Mimarlık Tezsiz Yüksek Lisans Programı,
- Restorasyon Tezsiz Yüksek Lisans Programı
- Cephe Tasarım ve Teknolojisi II. Öğretim Tezsiz Yüksek Lisans

başlıkları altında yer almaktadır [Web 36].

Bunlardan BIM içerikli derslere yer veren programlar Tablo 3.13’te aktarılmaktadır. Öte yandan, lisansüstü düzeyde önceden Mimarlık Anabilim Dalı altında yer alan ve yakın zamanda Bilişim Anabilim Dalı altında açılmaya başlanan Mimari Tasarımda Bilişim Programı’nda da BIM konusunun yoğun olarak ele alındığı görülmektedir. Bu açıdan Tablo 3.13’te hem mimarlık hem de bilişim altında verilen BIM içerikli dersler ve özellikleri özetlenmektedir [Web 36].

Tablo 3.13: İTÜ’de lisansüstü düzeyde verilen BIM içerikli dersler ve özellikleri.

İstanbul Teknik Üniversitesi (İstanbul)	Anabilim Dalı	Yüksek Lisans/Doktora Programları	Dersler ve AKTS Kredileri	SEÇMELİ	ZORUNLU
	MİMARLIK	Mimarlık Tezsiz Yüksek Lisans Programı	MTZ503E Mimarlıkta Bilgisayar Uygulamaları (7.5 Kredi) MTZ508E Mimarlıkta Özel Konular I (6 Kredi)	X	X

Tablo 3.13: Devam

	BİLİŞİM		MTZ529 Mimarlıkta Dijital Tasarım Yöntemleri (7.5 Kredi)	X		
		Proje ve Yapım Yönetimi Yüksek Lisans Programı	PYY511 Yapımda Enformasyon Teknolojisi Uygulamaları (7.5 Kredi)	X		
			PYY520 Yapımda Maliyet Yönetimi (7.5 Kredi)	X		
			PYY528E Yapım Yönetiminde Bina Enformasyonu Modellemesi (7.5 Kredi)	X		
			Proje ve Yapım Yönetimi Doktora Programı	PYY625E Yapım Projelerinin Yönetiminde Enformasyon Sistemleri (7.5 Kredi)	X	
		Yapı Bilimleri Doktora Programı	YAB611E Yapıda Performans Simülasyon Yöntemleri (7.5 Kredi)	X		
			YAB618E Yapım Projelerinin Yönetiminde Enformasyon Sistemleri (7.5 Kredi)	X		
			Mimari Tasarımda Bilişim Yüksek Lisans Programı	MBL511E Bilgi Tabanlı Mimari Tasarım (7.5 Kredi)		X
				MBL512 Mimari Tasarımda Üretken Sistemler (7.5 Kredi)		X
				MBL513E Dijital Ortamda Mimari Tasarım ve Modelleme (7.5 Kredi)		X
	MBL514E Dijital Mimari Tasarım Stüdyosu (7.5 Kredi)				X	
	MBL515E Mimarlıkta Veritabanı Tasarımı ve Uygulamaları (7.5 Kredi)			X		
	MBL531E Mimarlıkta Bilgisayar Programlama (7.5 Kredi)				X	
	MBL 533E Bigisayar Destekli Mimari Tasarım (7.5 Kredi)			X		
	MBL538 Sanal Mimari Tasarım Stüdyosu (7.5 Kredi)			X		
			MBL553E Tasarımda Hesaplama Dili Kuram ve Uygulamaları (7.5 Kredi)	X		

Tablo 3.13: Devam

		Mimari Tasarımda Bilişim Doktora Programı	MBL606E Mimari Tasarımda Bilgi İşleme Kuram ve Modelleri (7.5 Kredi)	X	
			MBL 607E Bina Bilgi Modelleri (7.5 Kredi)	X	

Tablo 3.13'te görüldüğü üzere; lisanüstü programlarda BIM içerikli dersler hem seçmeli hem de zorunlu olarak yer almaktadır. Bu programdaki BIM öğrenme seviyeleri de farklıdır. Programlardaki BIM içerikli dersleri ve özellikleri aşağıda detaylıca ele alınmaktadır.

MTZ503E kodlu bu derste teorik olarak BIM anlatılmaktadır. MTZ529 derslerinde ise dijital temsil yöntemleri, güncel tasarım süreçleri (parametrik tasarım, performansa dayalı tasarım vb.) aktarılmaktadır [Web 36]. Bu programdaki BIM öğrenme seviyesi incelendiğinde intermediary seviyede olduğu görülmüştür.

Proje ve Yapım Yönetimi Yüksek Lisans Programı'nda BIM dersleri araştırıldığında; Tablo 17'de incelendiği gibi; PYY511, PYY520, PYY528E dersleri yer almaktadır. PYY511 kodlu derste, enformasyon teknolojisi uygulamaları hakkında temel bilgi verilmekte, BIM Uygulamaları, proje yaşam döngüsünde BIM kullanım yöntemleri öğretilmekte, proje ve yapım yönetiminde veri, enformasyon ve bilgi yönetimi kavramları incelenmekte ve uygulamaları tanıtılmaktadır. PYY520 dersinde ise; bilgisayar destekli maliyet tahmini modelleri (BDMT) ve sınıflandırılması yapılmakta, tasarım aşamasında bina maliyetini etkileyen faktörler anlatılmakta, maliyetin önemi hakkında farkındalık kazandırılmaktadır. Tasarım aşamasından yapım aşamasına kadar kullanılan (BDMT) öğretilmektedir. PYY528E dersinde BIM ile ilgili kavramlar öğretilmekte, yapı yaşam döngüsünde BIM kullanımı anlatılmakta, uluslararası BIM standartları tanıtılmakta, BIM ve CAD çalışma sistemleri arasındaki farklar incelenmektedir [Web 36]. Bu programdaki BIM öğrenme seviyesi incelendiğinde, BIM dersleri yapım yönetimi alanında verildiği için advanced seviyede olduğu görülmüştür.

Proje ve Yapım Yönetimi Doktora Programı'nda BIM dersleri araştırıldığında; Tablo 3.13'te incelendiği gibi; programda YAB618E Yapım Projelerinin Yönetiminde Enformasyon Sistemleri dersi bulunmaktadır. Bu derste, enformasyon sistemi temel kavram ve bileşenleri, yapı üretim sürecinde yer alan paydaşlar ve rolleri, iş birlikçi yaklaşımlar ve kullanmaları gereken enformasyon sistemleri ve gereksinimleri

öğretilmektedir [Web 36]. Bu programdaki BIM öğrenme seviyesi intermediary olduğu görülmüştür.

Yapı Bilimleri doktora programının müfredatı incelendiğinde, YAB611E Yapıda Performans Simülasyon Yöntemleri ve YAB618E Yapım Projelerinin Yönetiminde Enformasyon Sistemleri dersleri programda yer almaktadır. YAB611E kodlu derste; performans dayalı mimari tasarım kavramının ve BIM sisteminin de bir parçası olan analiz yazılım araçları öğretilmektedir. YAB618E kodlu derste ise; yapı üretim süreci, paydaşları, rolleri, sorumluluk ve ilişkileri, paydaşların enformasyon gereksinimleri, enformasyon sistemleri ve bileşenleri öğretilmektedir. Ders kapsamında; seminerler, öğrenci sunumları ve tartışmalar ile ders içeriği zenginleştirilmektedir [Web 36]. Bu programdaki BIM öğrenme seviyesi intermediary olduğu görülmüştür.

Bilişim Anabilim Dalı Mimari Tasarımda Bilişim Yüksek Lisans ve Doktora Programı müfredatı incelendiğinde, müfredatta BIM içerikli dersler, seçmeli ders ve genellikle sayısal tasarım araçlarını destekleyen dijital temelli dersler olarak yer aldığı görülmüştür. Bu programda bulunan BIM ve BIM çalışma sistemi ile ilişkili dersler; Tablo 3.13'te incelendiği gibi hem seçmeli hem de zorunlu olarak çok sayıdadır. Programda BIM ile ilgili teorik bilgilerin verildiği, aynı zamanda tasarım stüdyosunda da uygulamalı olarak BIM çalışma sisteminin incelendiği görülmektedir. Programdaki BIM içerikli derslerin stüdyo tabanlı, tasarım odaklı ve mimari temsil odaklı olduğu görülmekte ve BIM öğretim seviyesi intermediary olduğu görülmüştür.

Mimari Tasarımda Bilişim Doktora Programı müfredatında; MBL607E dersi BIM ile ilişkili derslerdendir. Bu ders kapsamında; BIM hakkında teorik bilgiler verilmekte, BIM sistematüğünü kullanan mimarlık firmaları incelenerek vaka çalışması yapılmakta, BIM çalışma sisteminin iş süreçlerinde getirdiği değişiklikler incelenmekte, BIM yazılım araçları kullanımı öğretilmektedir [Web 36]. Bu doktora programındaki BIM öğrenme seviyesi için intermediary olduğu söylenebilir.

Haditza Çapkın (2020) doktora çalışmasında Mimarlık Tezsiz Yüksek Lisans MTZ508E kodlu Mimarlıkta Özel Konular I dersi ile ilgili analiz yapılmakta ve BIM in mimarlık eğitimi ile bütünleştirilme yöntemleri ile ilgili senaryolar kurgulanmıştır. Bu çalışmada; ilgili derste, değişik akademik kurumlardan ve endüstri profesyonellerinden yetkin insanlar misafir edilerek, güncel uygulamalar, öncü tasarımlar ve yaklaşımlar üzerinden tartışmalar yapılmaktadır. Çapkın (2020)

alışmasında da bu ders kapsamında üç farklı senaryo üzerinden BIM öğretim yöntemlerini araştırmış, en uygun BIM öğretim yöntemini tespit etmeye çalışmıştır.

3.3.1.2. İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü (Devlet)

1995'te kurulan İYTE Mimarlık Fakóltesi, Mimarlık, Şehir ve Bölge Planlama, Mimari Restorasyon, Endüstriyel Tasarım bölümleri olmak üzere 4 bölümde eğitim vermektedir. Şehir ve bölge planlama, kentsel tasarım, mimari restorasyon, endüstri ürünleri tasarımı gibi farklı alanlarda yüksek lisans ve doktora düzeylerinde programları mevcuttur. Mimarlık fakóltesinde; Dijital tasarım ve GIS temelli araştırmalardan sürdürülebilir mimarlığa, tarihsel yapı malzemeleri analizinden yapı ve deprem, akustik, tasarım, kuram ve tarihi konularında uzmanlaşma ve araştırma olanağı sunmaktadır. Fakóltenin dört bölümü arasında yakın iş birliği mevcuttur [Web 37].

İYTE Mimarlık Bölümü, MIAK akreditasyonuna sahip değildir. MIAK'ın kendi internet sitesinde akreditasyon sürecinde olan programlar araştırıldığında; İYTE'nin değerlendirme sürecinde olduğu görölmüştür [Web 9].

İYTE Mimarlık eğitimi lisans, yüksek lisans ve doktora düzeylerinde incelenmiştir. Lisans düzeyinde mimarlık bölümünde yer alan BIM içerikli dersler ve özellikleri aşağıda Tablo 3.14'te gösterilmiştir [Web 38].

Tablo 3.14: İYTE'de lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.

Ders Kodu ve Adı	Ders Yılı	Zorunlu/Seçmeli	Kredi (AKTS)
AR 164 Tasarımcılar için Bilgisayar Uygulamaları	1.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	3
AR482 Sürdürülebilir Tasarım için Bina Başarım (Performans) Benzetimi (Simölasyonu)	4.Sınıf	<u>Seçmeli</u>	4

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nün Mimarlık Bölümü Lisans düzeyinin müfredatı incelendiğinde; zorunlu olarak AR164 Tasarımcılar için Bilgisayar Uygulamaları ve seçmeli olarak AR482 Sürdürülebilir Tasarım için Bina Başarım (Performans) Benzetimi (Simölasyonu) derslerinin yer aldığı görölmektedir. Bu derslerden Tasarımcılar için Bilgisayar Uygulamaları dersinin ilk yarısında; bilgisayarlardan mesleki olarak faydalanılabilmesi için gereken alt yapı kazandırılarak

profesyonel çizim programları tanıtılmaktadır; ikinci yarısında ise mimari modelleme konusu işlenir ve Yapı Bilgi Modelleme tabanlı sistemlerin temel kullanımı gösterilmektedir [Web 38].

AR482 Sürdürülebilir Tasarım için Bina Başarım (Performans) Benzetimi (Simülasyonu) dersinde; simülasyon yazılım araçları kullanılarak farklı tasarım çözümleri üretilmekte, modeller arasında performans açısından karşılaştırmalar yapılmakta ve yapı fiziği bilgilerinin simülasyon yazılım araçları ile mimari tasarıma katkısı öğretilmektedir [Web 38]. İYTE’de lisans düzeyinde verilen BIM dersleri, dijital temsil araçları aracılığıyla tasarım odaklı olduğundan dolayı BIM öğrenme seviyesi introductory seviyesinde olduğu düşünülebilir.

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü’nün Mimarlık Bölümü lisansüstü düzeyinin müfredatı incelendiğinde hem yüksek lisans hem de doktora programlarında BIM üzerine çalışıldığı görülmektedir. BIM içerikli dersler ve özellikleri Tablo 3.15’teki gibi belirlenmektedir [Web 39].

Tablo 3.15: İYTE’de lisansüstü düzeyde verilen BIM içerikli dersler ve özellikleri

Ders Kodu ve Adı	Zorunlu	Seçmeli	Kredi (AKTS)
AR584 Bina Enerji Simülasyonuna Giriş		X	7
AR590 Bütünleşik Tasarım ve Yapı Bilgi Modelleme (Integrated Design and Building Information Modeling)		X	7
AR592 Hesaplamalı Mimarlıkta Pratik ve Kuramlar		X	7
AR594 Sayısal Tasarım için temel Programlama		X	7

Tablo 3.15’te görüldüğü üzere mimarlık lisansüstü programında BIM içerikli dersler, seçmeli dersler olarak müfredatta yer almaktadır. Açılan lisansüstü derslerle ilgili detaylar aşağıda yer almaktadır.

AR584 Bina Enerji Simülasyonuna Giriş dersinde, enerji etkin tasarım yaklaşımının temelleri öğretilmekte, yapı fiziği alanında öğrenilen bilgilerin uygulamaları yapılmakta, binaların enerji performanslarının tahmin ve analizi için bilgisayar destekli tasarım araçları kullanılmaktadır [Web 39].

AR590 Bütünleşik Tasarım ve Yapı Bilgi Modelleme dersinde, parametrik modelleme araçları tanıtılmakta, bu araçlar aracılığıyla binanın strüktür, enerji, aydınlatma ve akustik analizleri yapılmakta, maliyet tahmini ve zaman yönetimi

yapılarak, modeller üretilmekte ve diğer disiplinlerin analiz yazılımlarına aktarımı öğretilmektedir. 2020-2021 bahar döneminde bu dersi ilk defa inşaat mühendisliği ve mimarlık öğrencileri almış olup, derste ekip çalışması yöntemiyle farklı disiplinlerden öğrencilerin bir arada uygulamalı olarak bir proje üzerinde çalışmalarına olanak sağlanmıştır. Bu yolla, disiplinlerarası iş birliği gerçekleştirilmiştir [Web 39].

AR594 Sayısal Tasarım için Temel Programlama dersinde; bilgisayar ortamındaki tasarım/analiz araçlarının temeli olan nesne yönelimli programlama ilkeleri öğretilmekte ve temel programlama kuralları anlatılarak uygulamalı çalışmalar yürütülmektedir [Web 39].

İYTE lisansüstü düzeyde BIM öğrenme seviyesi incelendiğinde intermediary seviyede olduğu söylenebilir.

3.3.1.3. Karadeniz Teknik Üniversitesi (Devlet)

Karadeniz Teknik Üniversitesi'nde Mimarlık bölümü 5 yıllık lisans eğitimi olarak, İnşaat- Mimarlık Fakültesi çatısı altında 19 Eylül 1963'te eğitim ve öğretime başlamıştır. 1977-1978 yıllarından itibaren mimarlık lisans eğitimi 4 yıl olarak değiştirilmiştir. Mimarlık Bölümü eğitimleri ilerleyen yıllarda bağlı bulunduğu fakülte değişmiş, 1982 yılında kurulan Mühendislik- Mimarlık Fakültesi içerisinde yer almıştır. 2005 yılında çıkan kanunla, mimarlık eğitimi Mimarlık Fakültesine bağlı olarak verilmektedir [Web 40].

KTÜ Mimarlık Bölümü, MIAK akreditasyonuna sahip değildir. MIAK'ın kendi internet sitesinde akreditasyon sürecinde olan programlar araştırıldığında; KTÜ'nün değerlendirme sürecinde olduğu görülmüştür [Web 41].

KTÜ Mimarlık Bölümü lisans programı müfredatı incelendiğinde, 4. sınıf bahar döneminde seçmeli olarak yer alan MIM4026 kodlu Yapım Projelerinde Yapı Bilgi Modellemesi dersi BIM ile ilgili bir ders olarak bulunmuştur. Bu ders kapsamında; BIM ile ilgili temel bilgiler, BIM çalışma sisteminin olumlu ve olumsuz yönleri öğretilmekte, yazılımlar aracılığıyla BIM çalışma sistemi kullanılarak çeşitli uygulamalar yapılmaktadır [Web 41].

Mimarlık müfredatında ayrıca, Mimaride Sayısal Modelleme-II (2. yıl Bahar) ve Mimaride Sayısal Modelleme-III (3.yıl Güz) adlı seçmeli derslerin, mimaride sayısal modelleme ile ilgili dersler olarak yer aldığı görülmektedir. Bu derslerde; Grasshopper

programı öğretilmekte ve bu yazılım aracı ile tasarlanan modellerin fiziksel üretime uygun olup olmadığı test edilmektedir [Web 41].

Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı yüksek lisans programı müfredatı incelendiğinde; MIML8630 Dijital Teknolojinin Tasarım Eğitime Katkısı ve MIML7620 Binalarda Enerji Simülasyon Yöntemleri adlı seçmeli derslerle karşılaşılmaktadır. Dijital Teknolojinin Tasarım Eğitime Katkısı dersinde, mimari tasarımda kullanılan dijital teknolojilerin tasarım eğitime katkısı araştırılmakta, tasarımda kullanılan yazılımlar ve biçim üretiminde dijital teknolojilerin kullanımı incelenmektedir [Web 42].

Binalarda Enerji Simülasyon Yöntemleri dersinde ise; binaların enerji performanslarının analizinde kullanılan enerji simülasyon yazılımları ile ilgili teorik bilgiler verilmekte, uygulamalar yapılmakta ve simülasyon araçları karşılaştırılarak sonuçların güvenilirliği analiz edilmekte ve hesaplama yöntemleri tartışılmaktadır. Binalarda Enerji Simülasyon analizlerinde BIM yazılım araçları kullanılmaktadır [Web 42].

Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı doktora programı müfredatı incelendiğinde ise; programda hesaplamalı tasarım alanında BIM içerikli derslerin yer aldığı gözlenmiştir. Sayısal temsil araçlarını destekleyen ve parametrik tasarım ile temel bilgi edinmeyi amaçlayan; MIMI7361 Parametric Design and Applications ve MIML9430 Mimaride Genetik Algoritma ve Parametrik Modelleme dersleri seçmeli olarak programda verilmektedir [Web 43].

Karadeniz Teknik Üniversitesi Mimarlık lisans ve lisansüstü programlarında BIM ile ilgili ders bulunsa da derslerin detayları incelendiğinde bu derslerde BIM hakkında teorik bilgilerin verilmekte ve BIM yazılım araçları öğretilmekte olduğu belirlenmiştir. Bu açıdan KTÜ Mimarlık eğitimi için, kapsamlı bir BIM eğitimi müfredatının gözlenmediği buna karşın, sayısal tasarım araçlarını destekleyici seçmeli derslere müfredatında yer verdiği söylenebilir. Dolayısıyla, bölümdeki BIM öğrenme seviyesi introductory olduğu söylenebilir.

3.3.1.4. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi (Devlet)

MSGSÜ Mimarlık bölümü Türkiye'nin en eski mimarlık okullarından biridir. Tarihçesine bakıldığında bölüm; Osmanlı'dan Cumhuriyet dönemine ve günümüze kadar birçok farklı isim değişikliği geçirmiştir. Osmanlı İmparatorluğu döneminde 1882 yılında Mekteb-i Sanayi-i Nefise-i Şahane (İmparatorluk Güzel Sanatlar Okulu) olarak anılan üniversite; Cumhuriyetin ilk yıllarında ise Sanayi-i Nefise Mekteb-i Alisi ismini almıştır. 1928 yılında okulun ismi dört yıllık eğitimin verildiği “Güzel Sanatlar Akademisi” olarak değiştirilmiştir. Eğitim süresi, 1934 yılındaki yönetmelikle beş yıla çıkarılmıştır. 1964 yılında ismi “Devlet Güzel Sanatlar Akademisi”; 1969 yılında “İstanbul Devlet Güzel Sanatlar Akademisi” olarak eğitimine devam etmiştir. 1982’de okulun adı Mimar Sinan Üniversitesi olarak, 2004 yılında ise Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi olarak yeni bir değişiklik yaşamıştır [Web 44].

MSGSÜ Mimarlık Bölümü, 2014 yılında MIAK tarafından akreditasyona hak kazanmış ve 31 Aralık 2021 yılına kadar bu akreditasyon devam edecektir [Web 9]. Mimarlık Bölümü eğitiminin uluslararası alanda eşdeğerliği ve tanınırlığı kapsamında ise, RIBA (Birleşik Krallık Mimarlar Enstitüsü) destekli UNESCO-UIA Geçerlilik Onaylama Sistemi'ne Ekim 2016 tarihinde başvurulmuş, Kasım 2017 yılından itibaren 5 yıl süreyle uluslararası geçerliliği onaylanmıştır.

Bu bölümde Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi mimarlık eğitimi; lisans, yüksek lisans ve doktora düzeylerinde incelenmiştir. Buna göre; lisans düzeyinde mimarlık bölümünde BIM içerikli dersler ve özellikleri Tablo 3.16’da gösterilmiştir [Web 44].

Tablo 3.16: MSGSÜ’de lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri

Ders Kodu ve Adı	Ders Yılı	Zorunlu/Seçmeli	Kredi (AKTS)
MİM 239 Bilgisayar Destekli Modelleme	2.Sınıf (Güz)	<u>Seçmeli</u>	3
MİM 232 Bilgisayar Destekli Çizim ve Tasarım	2.Sınıf (Bahar)	<u>Seçmeli</u>	3
MİM 351 Parametrik Tasarıma Giriş	3.Sınıf (Güz)	<u>Seçmeli</u>	3
MİM 357 Yapı Bilgi Modelleme	3.Sınıf (Güz)	<u>Seçmeli</u>	3

Tablodan da yola çıkılırsa; bölümde yer alan ve BIM çalışma sisteminin hedef alınarak anlatıldığı lisans düzeyindeki ders özellikle MİM 357 kodlu Yapı Bilgi Modelleme dersidir. MİM 357 kodlu bu ders kapsamında; BIM konusunda yapının tasarım ve uygulama süreçlerini anlamaya yönelik temel ilkeler aktarılmakta, gerekli yazılımlar aracılığı ile iki ve üç boyutlu tasarım prensipleri ele alınarak yapının tanıtımı, konumlandırılması ve sunumu yapılmaktadır [Web 44].

Bölümde bulunan diğer dersler çoğunlukla, BIM ile ilgili bilgisayar teknolojilerini anlamaya ve BIM eğitiminin temelini oluşturmaya yönelik olarak verildiği derslerdir denilebilir. Bölümde, BIM'in zorunlu derslerle değil seçmelilerle bütünleştirildiği görülmektedir. Ayrıca, derslerde BIM yazılım araçlarından biri olan Autodesk Revit yazılımının incelendiği ve bu yazılımla BIM projesi üretilmeye çalışıldığı belirlenmiştir. Bölümdeki mimarlık eğitimi ile ilgili olarak, yapı bilgisi alanı ile bütünleştirilmediği söylenebilir. MSGSÜ Mimarlık lisans programı BIM öğrenme seviyesi bu nedenlerle, introductory olarak tanımlanabilir.

MSGSÜ Mimarlık Anabilim Dalında lisansüstü düzeyde eğitim veren programlara bakıldığında;

- Bina Bilgisi Yüksek Lisans ve Doktora Programları,
- Mimarlık Tarihi,
- Mimari Tasarım Sorunları Yüksek Lisans ve Doktora Programları,
- Koruma ve Restorasyon Yüksek Lisans ve Doktora Programları,
- Yapı Bilgisi Yüksek Lisans ve Doktora Programları,
- Yapı Fiziği ve Malzemesi Yüksek Lisans ve Doktora Programlarının

bulunduğu görülmektedir. Programlardan BIM içerikli dersler bulunanlar ve derslerin özellikleri Tablo 3.17'de özetlenmektedir [Web 45].

Tablo 3.17: MSGSÜ'de lisansüstü düzeyde verilen BIM içerikli dersler ve özellikleri

	Anabilim Dalı	Lisansüstü Programları	Dersler ve AKTS Kredileri	SEÇMELİ	ZORUNLU
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi (İstanbul)	MİMARLIK	Mimari Tasarım Sorunları Yüksek Lisans Programı	MTS 598 Mimaride Parametrik Tasarım ve Modelleme Uygulamaları (5 Kredi)	X	
	YAPI MÜHENDİSLİĞİ	Yapım Proje Yönetimi Yüksek Lisans/Doktora	CME 506 Construction Site Management (7 Kredi)	X	

Tablo 3.17: Devam

		Programı (İngilizce)	CME 508 Cost Management in Construction (7 Kredi)	X	
			CME 510 Time Management in Construction (7 Kredi)	X	
			CME 519 Building Information Modeling and Integrated Project Production (7 Kredi)	X	
	ENFORMATİK	Mimari ve Kentsel Enformatik Bölümü	MİM 505 Yapı Bilgi Modellemesi (8 kredi)	X	
			MKE542 Tümüleşik Proje Yönetimi (4 kredi)	X	
			MKE580 Tesis Yönetimi ve Sürdürülebilirlik (4 kredi)	X	

Tablo 3.17’den yola çıkılırsa; Mimarlık Anabilim Dalı Mimari Tasarım Sorunları Yüksek Lisans programı müfredatında MTS 598 Mimaride Parametrik Tasarım ve Modelleme Uygulamaları adlı 5 AKTS kredili seçmeli dersin BIM ile ilgili olduğu görülmektedir. Buna karşın, bu dersin sayısal tasarım araçlarından parametrik tasarım ile ilgili olduğu belirlenmiştir [Web 45]. Bu açıdan, BIM ile doğrudan bir ilişkisi bulunmamaktadır. Buna ek olarak; Mimarlık Anabilim Dalında yer alan diğer yüksek lisans ve doktora programlarında BIM alanında çalışmalara rastlanmamaktadır.

Yapı mühendisliğinde proje yönetimi alanında detaylı dersler verildiği görülse de bu derslerin BIM ile ilişkili olup olmadığı konusunda net bir bilgiye ulaşılamamıştır. Bununla birlikte, programda BIM ile ilişkili bir seçmeli dersin olduğu görülmüştür. Bu ders 7 AKTS kredisine sahip CME 519 Yapı Bilgi Modelleme (Building Information Modeling) and Entegre Proje Üretim (Integrated Project Production) dersidir. Bu derste; BIM ile ilgili temel teorik bilgilerin yanı sıra, özellikle proje planlaması ve yönetimini kolaylaştıran, proje paydaşları arasındaki iletişime katkısı incelenmektedir [Web 45].

MSGSÜ’de Enformatik Anabilim Dalında lisansüstü düzeyde BIM eğitimleri ile karşılaşılmaktadır. Mimari ve Kentsel Enformatik programında, BIM ile ilgili kapsamlı bir müfredat düzenlendiği görülmektedir. Buna göre; MKE505 kodlu Bina

Bilgi Modelleme Enformatik dersi, Mimari ve Kentsel Enformatik Bölümü yüksek lisans düzeyinde 8 AKTS kredili bir derstir. Bu derstr, bina tasarımı, uygulaması ve hatta işletiminde yeni olanaklar sağlayan BIM'in temel bileşenleri, çalışma prensipleri ve desteklediği teknolojiler incelenmekte, haftalık seminerler düzenlenmektedir. Bu seminerlerde okumalar ele alınmakta, BIM çalışma sistemini kullanan ofislerin incelendiği vaka analizleri yapılmakta, öğrenci sunumları ve sınıf tartışmaları yapılmaktadır. Böylece, hem BIM hakkında teorik bilgi edinilirken hem de BIM çalışma sistemini kullanan ofislerin incelenmesiyle BIM çalışma sistematığı detaylı öğretilmektedir [Web 46].

MKE 542 Bina Bilgi Modelleri ile Tümleşik Proje Yönetimi dersi, 4 AKTS kredili teorikbr derstir. Bu derste; proje yönetimi sürecinde farklı meslekler arasındaki iş birliği ele alınmakta, veri detay seviyesi (LOD), BIM uygulama planı standartları gösterilmekte; farklı meslek gruplarından katılımcıların dâhil olabileceği tümleşik proje teslimi (IPD) stüdyoları ve Bina Bilgi Modelleme iş birliği ortamları kuramsal ve uygulamalı örneklerle anlatılmaktadır [Web 46].

MKE 580 Bina Bilgi Modelleme ile Tesis Yönetimi ve Sürdürülebilirlik ise 4 AKTS kredili teorik bir derstir. Bu derste; performans analizleri yapılmakta, yapı performansı ve tasarım arasındaki ilişkinin simülasyon ortamında test edilmesiyle uygulamalı olarak BIM ve Sürdürülebilirlik ilişkisi incelenmektedir. Tesis yönetimi konusunda ise; BIM yazılımları kullanılarak tesis yönetiminin nasıl yapıldığı, Cobie standardı kullanılarak varlık yönetiminin gerçekleştirilmesi, sahadaki tesis yönetimi teknolojileri gibi konular öğretilmektedir [Web 46].

MSGSÜ Mimarlık lisans ve lisansüstü programlarında BIM öğrenim seviyelerinin introductory seviyesinde olduğu söylenebilir.

3.3.1.5. Ortadoğu Teknik Üniversitesi (Devlet)

1956 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ)'de kurulan ilk bölüm olan Mimarlık, lisans ve lisansüstü düzeylerde eğitim vermektedir. Bölümde verilen lisans eğitiminin odak noktası; öğrencilerin araştırma yönlerini, yaratıcı kişiliklerini ve düşüncelerini özgürce geliştirmeyi amaçlayan mimari tasarım stüdyolarıdır. Öğrenciler, lisans eğitimleri sırasında işletme, yapı teknolojisi ve yapısı ve endüstriyel tasarım gibi farklı alanlarda yan dal programları izleme fırsatına sahiptir. Mimarlık

lisans bölümünün yanı sıra; Mimari Tasarım ve Teorisi, Yapı Bilimleri ve Teknolojileri, Kültürel Mirasın Restorasyonu ve Korunması, Mimarlık Tarihi ve Hesaplamalı Tasarım ve İmalat Teknolojileri alanlarında araştırma odaklı yüksek lisans programları sunmaktadır [Web 47].

ODTÜ Mimarlık Bölümü, MIAK akreditasyonuna sahip değildir. MIAK'ın kendi internet sitesinde akreditasyon sürecinde olan programlar araştırıldığında; ODTÜ'nün 2019 yılında başvuru yaptığı ve akreditasyon süreci bilgisinde ziyaret onayı verildi bilgisi görülmüştür [Web 9]. Bu anlamda okulun akreditasyon sürecinde olduğu söylenebilir.

ODTÜ Mimarlık eğitimi müfredatının lisans, yüksek lisans ve doktora düzeylerinde incelendiği bu bölümde; programdaki BIM içerikli lisans dersleri ve derslerin özellikleri Tablo 3.18'de özetlenmektedir [Web 48].

Tablo 3.18: ODTÜ'de lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.

Ders Kodu ve Adı	Ders Yılı	Zorunlu/Seçmeli	Kredi (AKTS)
ARCH251 Yapı Malzemeleri Teknolojileri	2.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	4
ARCH252 Yapı İnşaat Teknolojileri	2.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	4
ARCH351 Bina Detay Modelleme	3.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	4
ARCH103 Grafik İletişim	1.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	5
ARCH104 Grafik İletişim	1.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	5
ARCH203 Mimarlıkta Dijital Medya I	2.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	4
ARCH204 Mimarlıkta Dijital Medya II	2.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	4
ARCH450 Mimarlıkta Jeneratif Tasarım	3.Sınıf (Bahar)- 4.Sınıf (Güz/Bahar)	<u>Seçmeli</u>	4
ARCH470 Dijital Tasarım Stüdyosu	3.Sınıf (Bahar)- 4.Sınıf (Bahar)	<u>Seçmeli</u>	8
ARCH475 İleri Dijital Tasarım Stüdyosu	3.Sınıf (Bahar)- 4.Sınıf (Bahar)	<u>Seçmeli</u>	8

Tabloya bakıldığında, ODTÜ Mimarlık Bölümünde verilen BIM derslerinin zorunlu dersler olarak ve mimarlık eğitiminin tüm süreçlerine yayılarak müfredat ile bütünleştirilmiş olduğu söylenebilir.

Bölümde yer alan ve BIM içeren önemli derslerden biri ARCH 351 Bina Detay Modelleme (Building Detail Modelling) adlı derstir. ARCH 252 Yapı İnşaat Teknolojileri (Building Construction Technologies) adlı ders müfredatta bu dersin ön

koşulu olarak görülmektedir. Buna ek olarak, ARCH 251 Yapı Malzemeleri Teknolojileri (Building Materials Technologies) dersi de müfredatta ARCH 252 kodlu dersin ön koşulu olarak yer almaktadır (Şekil 3.14) [Web 48].



Şekil 3.14: ARCH351 Bina Detay Modelleme Önkoşul Dersleri.

Programdaki ARCH 351 Bina Detay Modelleme dersinde; mimari detaylandırma ve BIM çalışma sisteminin temelleri atılarak, mimari detaylandırma için teorik ve pratik çalışmalar yapılarak, mimari temsil bilgisi farklı yaklaşımlar ve bu yaklaşımların olumlu ve olumsuz yönleri öğretilmektedir. Önkoşullu dersler ise Bina Detay Modelleme dersine hazırlık niteliğinde yapı eleman ve bileşenleri (temeller, döşemeler, duvarlar, kapılar, pencereler, çatılar gibi) ve yapı malzemesi hakkında temel bilgilerin öğretildiği derslerdir [Web 48].

BIM içerikli derslerden diğerleri; ARCH 203 Mimarlıkta Dijital Medya I ve ARCH 204 Mimarlıkta Dijital Medya II dersleridir. Bu dersler de birbirini destekleyen ve ön koşullu derslerdir. ARCH 203 dersini almadan önce, temel çizim bilgilerinin aktarıldığı ARCH 104 nolu Grafik İletişim dersini almış olmak zorundadır. Bununla birlikte; ARCH 104 dersinin ön koşulu ise temel grafik anlatım becerilerinin kazandırıldığı, ARCH 103 Grafik iletişim dersidir. Bu açılarından bakıldığında, öğrenciler BIM ile ilgili dersi almadan önce ön koşullu diğer dersleri başarı ile tamamlayarak adım adım BIM sistemine ulaşmaktadır (Şekil 3.15) [Web 48].



Şekil 3.15: ARCH204 Mimarlıkta Dijital Medya II Önkoşul Dersleri.

ARCH 203 Mimarlıkta Dijital Medya I dersinde, dijital ortam ve araçlar kullanılarak iki boyutlu çizim ya da üç boyutlu modelleme yapılmaktadır. Bu derste, yüzey modelleme yapılarak, mimari temsil ve iletişim yöntemi ve BIM kavramları

öğretilmektedir. Dersin amacı, mimari tasarımın dijital ortam kullanılarak temsili ve iletişimi için gerekli bilgi ve becerileri kazandırmaktır [Web 48].

ARCH 204 Mimarlıkta Dijital Medya II dersinin amacı ise BIM kavramlarını tanıtmaktır. Bu dersin sonunda öğrencilerden, yapım için bilgi modelleme teorisi, tekniklerini, yöntemlerini ve araçlarını kazanmaları beklenmektedir. Derste odaklanılan konular; modelleme araçları, binaların analizi, inşaatın planlanması ve iki ve üç boyutlu tasarım temsillerinin geliştirilmesidir [Web 48].

Mimarlık lisans müfredatında BIM ile ilgili zorunlu derslerin yanı sıra Tablo 9.da görüldüğü gibi seçmeli dersler de yer almaktadır. ARCH450 Mimarlıkta Jeneratif Tasarım dersinde BIM teknolojilerine dâhil edilen jeneratif/üretken tasarım (generative design) konusunda temel bilgiler edinilebilmekte, gerekli hesaplama bilgi ve becerileri geliştirilerek, üretken tasarım yöntemini tasarım projelerinde algoritmik yöntemler ve araçlar aracılığıyla uygulama yöntemleri öğretilmektedir.

ARCH470 Dijital Tasarım Stüdyosu dersinde, hesaplamalı tasarım yöntemleri ile çalışılarak parametrik tasarım modelleri geliştirilmekte, üretim teknolojileri öğretilmekte ve dijital medya temsil aracı olmaktan çok bir tasarım aracı olarak sorgulanmaktadır [Web 48].

ARCH475 İleri Dijital Tasarım Stüdyosu dersi ARCH 470’te atılan temel bilgilerin üzerine, dijital ortamın ileri temaları ve konuları için bilincin geliştirildiği, gelişmiş bir tasarım araştırma stüdyosu olarak belirtilmektedir. Bu derste yer alan konular her dönem teknolojinin gelişimi ile birlikte farklılık göstermekte ve dijital çevre ile mimari düşünce ve mekân, bir tasarım projesi aracılığıyla detaylandırılarak tartışılmaktadır [Web 48].

ODTÜ’de lisans düzeyinde verilen BIM içerikli dersler hem temsil hem de yapı teknoloji alanlarını kapsadığı için BIM öğrenme seviyesi intermediary olduğu düşünülebilir.

ODTÜ’de BIM içerikli lisansüstü dersler araştırıldığında; üniversitede Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı Mimarlık Anabilim Dalında beş farklı programın bulunduğu görülmektedir:

- Mimarlık Yüksek Lisans ve Doktora Programları,
- Yapı Bilimleri Yüksek Lisans ve Doktora Programları,
- Mimarlık Tarihi Yüksek Lisans ve Doktora Programları,

- Mimarlıkta Hesaplamalı Tasarım ve İmalat Teknolojisi Yüksek Lisans Programı,
- Kültürel Mirasın Korunması Yüksek Lisans ve Doktora Programları [Web 49].

İsimli bu programlarda verilen BIM içerikli dersler ve özellikleri Tablo 3.19’da verilmektedir [Web 49].

Tablo 3.19: ODTÜ’de lisansüstü düzeyde verilen BIM içerikli dersler ve özellikleri

	Anabilim Dalı	Yüksek Lisans/Doktora Programları	Dersler ve AKTS Kredileri	SEÇMELİ	ZORUNLU
Orta Doğu Teknik Üniversitesi (Ankara)	MİMARLIK	Mimarlık Bölümü Yüksek Lisans Programı	ARCH585 Hesaplamalı Tasarım Araştırma Laboratuvarı (10 Kredi)	X	
			ARCH750 Performatif Mimari Laboratuvarı (8 Kredi)	X	
			ARCD501 Hesaplamalı Tasarım Stüdyosu (14 Kredi)	X	
		Yapı Bilimleri Yüksek Lisans ve Doktora Programı	BS509 İnşaat Yönetimine Giriş (8Kredi)	X	
			BS562 Yapı Enformatiği (4 Kredi)	X	
			BS581 Binaların Enerji Analizi (8 Kredi)	X	
			BS583 Yeşil Bina Tasarımı ve Teslimi İlkeleri (4 Kredi)	X	
			BS717 Yapı Bilgi Modellemesi Teorisi ve Uygulaması (10 kredi)	X	
			BS718 Yüksek Performanslı Binalar için Yapı Bilgi Modellemesi (6 kredi)	X	
			BS724 Mimarlıkta Doğa Bilgisi	X	

Tablo 3.19: Devam

			Bilgisayarlı Tasarım (8 kredi)		
			BS770 Mimaride Dijital Üretim Teknikleri (4 Kredi)	X	

Tablo 3.19 incelendiğinde, BIM içerikli derslerin lisanüstü düzeyde seçmeli ders olarak müfredatta yer aldığı söylenebilir. Bu derslerin içeriği ve amaçları ile ilgili detaylı bilgi aşağıda özetlenmiştir.

Mimarlık yüksek lisans programındaki müfredat incelendiğinde; ARCH585 Hesaplamalı Tasarım Araştırma Laboratuvarı dersinde hesaplamalı tasarım konuları ile ilgili deneysel çalışmaların yapılmakta olduğu; ARCH750 Performatif Mimari Laboratuvarı dersinde ise performansa dayalı tasarım ve gerekli simülasyon yazılımları ile uygulamaların ve form bulma yöntemlerinin araştırıldığı görülmektedir [Web 49].

Mimarlıkta Hesaplamalı Tasarım ve İmalat Teknolojisi Yüksek Lisans Programı müfredatı incelendiğinde; ARCD501 Hesaplamalı Tasarım Stüdyosu dersinde sayısal tasarım paradigması, hesaplamalı tasarım düşüncesi, mimaride bilgisayar destekli tasarım, mimaride bilgisayar destekli imalat / üretim, tasarım ve kodlamada üretici sistemler gibi kavramların tartışıldığı belirlenmiştir [Web 49].

Yapı Bilimler Yüksek Lisans ve Doktora Programlarında ise BIM ile ilgili seçmeli olarak çok sayıda ders bulunmaktadır. BS509 İnşaat Yönetimine Giriş dersinde inşaat yönetiminin temel konuları hakkında bilgi, inşaat yönetimi için gerekli teknikler, yöntemler ve araçlar öğretilmekte, inşaat yönetiminde farklı yaklaşımlar ve bu yaklaşımların olumlu ve olumsuz yönleri gibi inşaat yönetiminde hem temel konuların teorik bilgileri anlatılmakta hem de uygulamalı çalışmalar yapılmaktadır [Web 49].

BS562 Yapı Enformatiği dersinde, dijital tasarım-üretim gibi kavramlar anlatılmakta, iş birliğine dayalı proje teslim yöntemleri, 3D, 4D, 5D gibi çok boyutlu modelleme, CAD Standartları konuları öğretilmektedir [Web 49].

BS581 Binaların Enerji Analizi dersinde, termal yük analizi; gerekli ekipman ve sistem analizi, işletme maliyet analizi, binanın ısıtma ve soğutma ile ilgili enerji hesabı yapılmaktadır [Web 49].

BS583 Yeşil Bina Tasarımı ve Teslimi İlkeleri dersinde, yeşil bina değerlendirme sistemleri hakkında bilgi verilmekte, yaşam döngüsü enerji ve

binalardaki su tüketimi analizleri yapılmakta, yeşil tasarım ve sürdürülebilir tasarım kavramları arasındaki farklar tartışılmaktadır [Web 49].

BS717 Yapı Bilgi Modellemesi Teorisi ve Uygulaması dersinde BIM ile ilgili temel kavramlar ve gerekli BIM yazılım araçları aracılığıyla uygulama yapılmakta; BS718 Yüksek Performanslı Binalar için Yapı Bilgi Modellemesi dersinde ise gerekli simülasyon araçları ile performans analizleri yapılarak BIM çalışma sisteminin katkısı tartışılmaktadır [Web 49].

BS724 Mimarlıkta Doğa Bilgili Bilgisayarlı Tasarım dersinde; doğa bilgisine dayalı hesaplamalı tasarım hakkındaki temel bilgiler verilmekte, uygulamalı bir proje yürütülerek öğrenciler tarafından araştırma ödevi sunulmakta, öğrencilere vaka çalışması sonucunda bu kavramlara eleştirel bakış açısı kazandırılmaktadır [Web 49].

BS770 Mimaride Dijital Üretim Teknikleri dersinde; Mimari tasarım sürecinde hesaplamalı modellerin ileri düzeyde kullanımı, yeni formları, yapıları, malzemeleri keşfetmede CAD/CAM kullanımı, tasarım sürecini dönüştüren yeni araçlar öğretilmekte, katı modellerin karmaşıklığı ve kesinliği ile başa çıkma becerisi geliştirilmekte, karmaşık formlar oluşturma sürecinde denemeler ve uygulamalar yapılmaktadır. Dersin sonucunda öğrencilerden; tasarımları için uygun üretim teknolojisini ve ilgili CAM teknolojisine uygun malzeme seçebilme, Kesme, baskı ve kalıplama teknolojilerinde deneyimli olmaları beklenmektedir [Web 49].

ODTÜ’de lisansüstü düzeyde verilen BIM içerikli dersler incelendiğinde, BIM öğrenme seviyesinin intermediary olduğu düşünülebilir.

3.3.1.6. Yıldız Teknik Üniversitesi (Devlet)

Yıldız Teknik Üniversitesi (YTÜ) Mimarlık Bölümü 1942’de dört yıllık lisans eğitimi vermek üzere kurulmuştur. Fen Bilimleri Enstitüsünde Mimarlık Anabilim Dalına bağlı sekiz lisansüstü program (Mimari Tasarım, Bina Araştırma ve Planlama, Bilgisayar Ortamında Tasarım, Mimarlık Tarihi ve Kuramı, Rölöve-Restorasyon, Yapı, Konut Üretimi ve Yapım Yönetimi, Yapı Fiziği-Tezli ve Tezsiz) yer almaktadır. Bu programlara ek olarak doktora programları da bulunmaktadır [Web 50].

YTÜ Mimarlık Bölümü, 2017 yılında MIAK tarafından akreditasyona hak kazanmış ve 2023 yılına kadar da bu akreditasyon devam edecektir [Web 51]. YTÜ, 2013 yılında Amerikan Ulusal Mimarlık Akreditasyon Kurulu (NAAB)’na başvurmuş

ve kurum tarafından yapılan ziyaretler sonucunda; 2019'da 6 yıl boyunca geçerli olmak üzere 'Uluslararası Sertifika' kazanmıştır [Web 52].

YTÜ Mimarlık lisans eğitim müfredatı incelendiğinde hem zorunlu derslerde hem de seçmeli derslerde BIM ve dijital temsil yöntemini destekleyici derslerin bulunduğu görülmektedir (Tablo 3.20) [Web 53].

Tablo 3.20: YTÜ'de lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.

Ders Kodu ve Adı	Ders Yılı	Zorunlu/Seçmeli	Kredi (AKTS)
MIM2081 Bilgisayar Ortamında Mimarlık	2.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	3
MIM4111 Yapı Bilgi Modelleme	3.Sınıf (Güz)- 4.Sınıf	Seçmeli	4
MIM4121 Hesaplamalı Tasarım	3.Sınıf (Güz)- 4.Sınıf	<u>Seçmeli</u>	4
MIM4510 Bina Bilgi Modellemede Bütünleşik Tasarım	3.Sınıf (Güz)- 4.Sınıf	<u>Seçmeli</u>	4

Tablodan da görülebileceği üzere, YTÜ'de mimarlık lisans eğitiminde BIM içerikli dersler eğitime 2. sınıftan başlayarak eklenmiş durumdadır. Bu düzeyde zorunlu olan bu tür dersler, 3 ve 4. sınıflarda seçmeli olarak devam etmektedir.

Programda, 2. sınıf güz yarıyılında 3 kredili ve zorunlu olarak yer alan MIM2081 Bilgisayar Ortamında Mimarlık dersi içeriğinde, Bilgisayar destekli tasarımın (CAD) temel ilkeleri, CAD, BIM ve 3B modelleme yazılımları ve sayısal ortamda mimari temsil yöntemleri anlatılmaktadır. Dersin BIM çalışma sistematığını giriş seviyesinde içerdiği söylenebilir [Web 53].

MIM4111 Yapı Bilgi Modelleme dersi, 3. Sınıf güz döneminden itibaren alınabilen 4 AKTS kredili ve seçmeli bir derstir. Bu derste; BIM yazılımlarının çalışma ilkeleri incelenmekte ve seçilen bir BIM yazılımı ile mimari proje tasarlanarak sunulmaktadır. Bu dersin amacı BIM ile ilgili teorik bilgilendirme yapmak ve temel bilgileri aktarmaktır [Web 53].

MIM4121 Hesaplamalı Tasarım dersi, 3. sınıf güz döneminden itibaren alınabilen 4 AKTS kredili ve seçmeli bir derstir. Bu derste; mimarlıkta bilişim teknolojileri, sayısal ortamda mimari proje üretim süreci, üç boyutlu geometrik modelleme, CAD ve BIM yazılımlarında modelleme süreçlerinde teorik bilgiler verilmekte ve parametrik tasarım gibi hesaplamalı tasarım hakkında temel bilgiler vaktarılmaktadır [Web 53].

MIM4510 Bina Bilgi Modellemede Bütünleşik Tasarım dersi, 3. sınıf güz döneminden itibaren alınabilen 4 AKTS kredili ve seçmeli bir derstir. Bu dersin içeriğine ulaşılamamıştır.

Mimarlık Lisans Programında BIM ile ilgili dersler bulunmasına karşın, derslerde BIM hakkında teorik bilgilerin verildiği ya da BIM yazılım araçlarının öğretildiği görülmüştür. Bu açıdan, YTÜ Lisans müfredatının kapsamlı bir BIM eğitimi içermediği söylenebilir. Bu durum, YTÜ’de lisans düzeyinde BIM öğrenme seviyesinin introductory kabul edilebileceğini göstermektedir.

Üniversitede Mimarlık Anabilim Dalı lisansüstü düzeyindeki müfredat incelendiğinde;

- Mimarlık Tarihi ve Kuramı Yüksek Lisans ve Doktora Programları,
- Mimari Tasarım Yüksek Lisans ve Doktora Programları,
- Bina Araştırma ve Planlama Yüksek Lisans ve Doktora Programları,
- Rölöve-Restorasyon Yüksek Lisans ve Doktora Programları,
- Yapı Fiziği Yüksek Lisans ve Doktora Programları,
- Bilgisayar Ortamında Mimarlık Yüksek Lisans ve Doktora Programları,
- Yapı Yüksek Lisans ve Doktora Programları,
- Konut Üretimi ve Yapım Yönetimi Yüksek Lisans Programı,
- Yapı Fiziği Tezsiz) Yüksek Lisans Programları

olarak sınıflanmaktadır [Web 54]. Bu programlardan sadece Bilgisayar Ortamında Mimarlık Yüksek Lisans ve Doktora Programlarında BIM içerikli derslere rastlanmaktadır (Tablo 3.21) [Web 54]. Tabloya bakıldığında, lisansüstü derslerin çoğunlukla seçmeli olduğu görülmektedir.

Tablo 3.21: YTÜ’de lisansüstü düzeyde verilen BIM içerikli dersler ve özellikleri.

	Anabilim Dalı	Yüksek Lisans/Doktora Programları	Dersler ve AKTS Kredileri	SEÇMELİ	ZORUNLU
		Bilgisayar Ortamında Mimarlık Yüksek Lisans Programı	MIM5109 Grafik Amaçlı Bilgisayar Programlama (7.5 Kredi)	X	
			MIM5115 Hesaplamalı Tasarım	X	

Tablo 3.21: Devam

Yıldız Teknik Üniversitesi (İstanbul)	MİMARLIK		Kuramı (7.5 Kredi)		
			MIM 5116 Hesaplamalı Tasarım Temel Kuramları (7.5 Kredi)		X
			MIM5132 Hesaplamalı Tasarım Teknolojileri (7.5 Kredi)	X	
		Bilgisayar Ortamında Mimarlık Doktora Programı	MIM6106 Yapım Yönetiminde Bilgisayar Uygulaması (7.5 Kredi)	X	

Tabloya bakıldığında lisansüstü düzeyde verilen BIM içerikli derslerin çoğunlukla seçmeli olarak müfredatta yer aldığı söylenebilir. Derslerin içeriği ve amacı ile ilgili detaylı bilgiler aşağıda özetlenmiştir.

YTÜ’de açılan MIM5109 Grafik Amaçlı Bilgisayar Programlama dersi 3 kredili ve seçmeli bir derstir. Bu derste; Mimarlıkta Hesaplamalı Tasarım (Computational Design) kuramının mantıksal ve teknik altyapısının oluşumunu destekleyen, kural tabanlı tasarım, parametrik tasarım ve bilgisayar destekli üretim konuları incelenmekte, programlama (scripting) dili öğretilmekte ve uygulama yapılmaktadır [Web 54].

MIM5115 Hesaplamalı Tasarım Kuramı dersi de 3 kredili ve seçmeli bir derstir. Bu derste; işlemsel tasarım (Computational Design) kuramı tanımı yapılmakta, geçmişten günümüze tasarımda işlemsel tasarlama ve üretim sistemleri yöntemleri sorgulanmakta ve BIM sistemleri ile bütünleştirilmiş tasarım konuları tartışılmaktadır [Web 54].

MIM5116 Hesaplamalı Tasarım Temel Kavramları dersi Bilgisayar Ortamında Mimarlık Yüksek Lisans programında 7.5 AKTS kredili ve zorunlu bir derstir. Bu derste; hesaplamalı tasarım anlayışının tarihsel gelişimi hakkında bilgi verilmekte, parametrik ve algoritmik tasarım gibi hesaplamalı tasarım ve üretim süreçleri hakkında bilgiler verilerek öğrencilerin sayısal ortamda tasarım yapabilmeleri için zihinsel hazırlık yapılmaktadır [Web 54].

MIM5132 Hesaplamalı Tasarım Teknolojileri dersi diğer seçmeli dersler gibi 7.5 AKTS kredili olan seçmeli bir derstir. Bu derste; sayısal ortamda parametrik tasarım ve modelleme gereçleri öğretilmekte ve mimari projelerden örnekler verilerek

CAD/CAM (Computational design and manufacturing/ bilgisayar destekli tasarım ve bilgisayar destekli imalat) ilişkisi sorgulanmaktadır [Web 54].

YTÜ Bilgisayar Ortamında Mimarlık doktora programı müfredatı incelendiğinde ise yüksek lisans programı gibi parametrik ve algoritmik sayısal tasarım araçları ile ilgili derslerin ağırlıklı verildiği görülmektedir. Programda yer alan MIM6106 Yapım Yönetiminde Bilgisayar Uygulaması dersininse BIM sistemi içeren bir ders olduğugörülmektedir. MIM6106 kodlu derste; BIM ile ilgili temel bilgiler yer almakta, yapım yönetimi süreçlerinde BIM çalışma sistemi incelenmekte ve gerçek bir mimari proje üzerinden BIM'in işleyişi hakkında araştırmalar yapılmaktadır [Web 54].

Yıldız Teknik Üniversitesinin mimarlık eğitiminde BIM öğretim düzeyi introductory olarak tanımlanabilir. Bu durum, Mimarlık Ortamında Bilgisayar Uygulamaları Yüksek Lisans ve Doktora Programlarında, eğitimin müfredatla bütünleştirilmesi ve derinlemesine verilmesinden çok üst ölçekte BIM, sayısal tasarım araçları ve programlama dilinin öğretiliyor olmasıyla ilişkilendirilebilir. Ayrıca, YTÜ mimarlık müfredatında yer alan BIM ilişkili lisans ve lisansüstü derslerin çoğunlukla seçmeli derslerde yer aldığı ve müfredat ile tamamen bütünleştirilmediği gözlenmektedir.

3.3.1.7. İstanbul Kültür Üniversitesi (Vakıf)

İstanbul Kültür Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, 23 Ağustos 2011 tarihinde kurulmuştur. 2008 yılında Mimarlık Akreditasyon Kurulu MIAK'a başvurulmuş ve mimarlık programı 2010 yılında 3 yıllık akreditasyona sahip olmuştur. 2014 yılında tekrar MIAK'a başvurularak 3 yıl daha akreditasyon istenmiş ve 2018 yılında MIAK'ın kararıyla Mimarlık Türkçe programı ulusal yeterliliğe sahip eğitiminin olduğu yetkili kurumca onaylanmıştır [Web 9].

İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) Mimarlık lisans programının eğitim müfredatı araştırıldığında zorunlu derslerde BIM ile ilgili derslerin bulunmadığı belirlenmiştir. Buna karşın, BIM içerikli seçmeli dersler ve özellikleri aşağıdaki Tablo 3.22'de gösterilmiştir [Web 55].

Tablo 3.22: İKÜ’de lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.

Ders Kodu ve Adı	Ders Yılı	Zorunlu/Seçmeli	Kredi (AKTS)
MIM0501 Mimarlıkta Sanal Gerçeklik	2.Sınıf (Güz) - 4.Sınıf	<u>Seçmeli</u>	4
MIM0503 İleri Modelleme Teknikleri	2.Sınıf (Güz) - 4.Sınıf	<u>Seçmeli</u>	5
MIM0504 Yapı Bilgi Modelleme	2.Sınıf (Güz) - 4.Sınıf	<u>Seçmeli</u>	5
MIM0505 Algoritma Tasarımı	2.Sınıf (Güz) - 4.Sınıf	<u>Seçmeli</u>	4

Tabloya bakıldığında lisans düzeyinde BIM içerikli derslerin seçmeli olarak müfredatta yer aldığı söylenebilir. Bu derslerden MIM0501 Mimarlıkta Sanal Gerçeklik dersi ön koşullu bir ders olup, öğrencilerin bu dersi alabilmesi için MIM0503 İleri Modelleme Teknikleri dersini almış olmaları gerekmektedir. MIM0501 dersi kapsamında; sanal gerçeklik kavramı tartışılmakta, mimaride sanal gerçeklik uygulamaları ve yazılımları tanıtılarak öğrencilere sanal gerçeklik uygulamaları yaptırılmaktadır [Web 55].

MIM0504 Yapı Bilgi Modelleme dersinde; BIM yazılımlarının temel özellikleri ve teorik bilgileri öğretilmekte, seçilen bir BIM yazılımı aracılığı ile mimari projelendirme süreçleri uygulamalı olarak ele alınmaktadır [Web 55].

MIM0505 Algoritma Tasarımı dersinde; dijital tasarım ve üretim yöntem ve araçları ile tanıtılmakta, basit ve orta seviyede tasarım algoritmaları geliştirilmekte ve öğrenciler tarafından tasarım algoritmaları uygulamaları yapılmaktadır. Bu ders kapsamında öğrencilere çağdaş teknolojik altyapının mimarlık disipliniyle etkileşimi ve dönüşümü üzerine deneyim kazandırılmaktadır [Web 55].

İKÜ’de BIM öğrenme seviyesi lisans düzeyinde introductory olduğu söylenebilir.

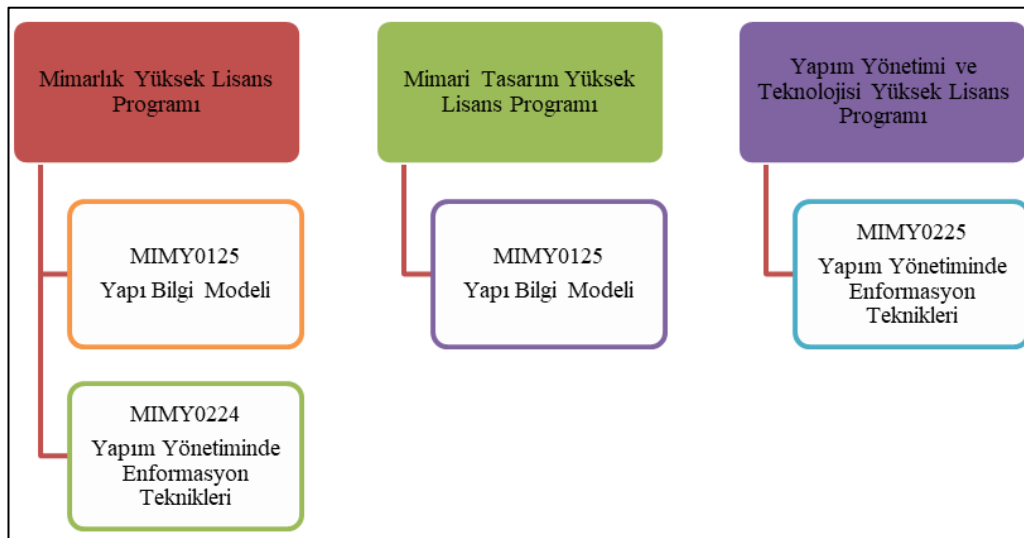
İstanbul Kültür Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalına bağlı yedi adet lisansüstü programı bulunmaktadır. Bunlar;

- Mimarlık Tezli Yüksek Lisans Programı,
- Mimari Tasarım Tezli- Tezsiz Yüksek Lisans Programları,
- Çevre Tasarımı Tezli Yüksek Lisans Programı,
- Mimari Mühendislik Tezli- Tezsiz Yüksek Lisans Programları,
- Mimarlık Tarihi ve Restorasyon Tezli Yüksek Lisans Programı,

- Yapım Yönetimi ve Teknolojisi Tezli Yüksek Lisans Programı,
- Şehircilik Yüksek Lisans Programıdır [Web 56].

Mimari Tasarım (Tezli-Tezsiz) ve Mimarlık Tezli Yüksek Lisans programlarında yer alan BIM içerikli dersler araştırıldığında; seçmeli olarak MIMY0125 Yapı Bilgi Modeli dersinin bulunduğu görülmektedir. Bu ders kapsamında; IFC (Industry Foundation Classes) standardının temel yapısı incelenmekte, mimarlıkta kullanım alanları öğretilmekte, IFC uyumlu mimari yazılımlar hakkında bilgi verilerek, dönem sonunda bu yazılımlar aracılığıyla bir alan çalışması yapılmaktadır [Web 56].

Mimarlık Yüksek Lisans programında bu MIMY0125 kodlu derse ek olarak, MIMY0224 Yapım Yönetiminde Enformasyon Teknikleri dersi bulunmaktadır. Yapım Yönetimi ve Teknolojisi yüksek lisans programında da MIMY0225 Yapım Yönetiminde Enformasyon Teknikleri dersi yer almaktadır. Bahsedilen iki dersin programları ve dersi veren öğretim üyeleri aynıdır. Bu ders kapsamında; bilgi teknolojisi ve sistemlerinin tarihsel gelişimi incelenmekte, bütünleşik bilgi sistemlerinin mimaride ve yapım yönetiminde kullanımı tartışılmaktadır. Bina planlama, programlama ve rapor hazırlama yazılımlarından olan MS Project, Primavera, SureTrack programları derslerde incelenmekte, iş birliği yazılımları aracılığıyla küçük ölçekli bir uygulama çalışması gerçekleştirilmektedir (Şekil 3.16) [Web 56].



Şekil 3.16: İstanbul Kültür Üniversitesi'nde lisansüstü düzeyde verilen BIM içerikli dersler ve özellikleri.

İKÜ Mimarlık Doktora programında BIM içerikli ders bulunmamaktadır. Ancak, inşaat mühendisliği proje yönetimi programında İMPY2036 İnşaat Bilişim Teknolojilerine Giriş adlı derste BIM kavramları anlatılmaktadır. Bu ders kapsamında bilişim sistemleri temel kavramları aktarılmakta, bilgi sistemleri ele alınarak ERP ve inşaat sektörü ilişkisi incelenmekte, IFC ve Bina Bilgi Modelleri öğretilmekte ve inşaat ve kent bilgi sistemleri modelleri araştırılmaktadır [Web 57].

İstanbul Kültür Üniversitesi Mimarlık lisans programında BIM eğitim yöntemi ele alındığında seçmeli ders niteliğinde ve yazılım öğretme biçimi olarak yürütüldüğü görülmektedir. Bu anlamda, dersler ile BIM bilgisi derinleştirilmemektedir. Lisansüstü programında ise BIM hakkında uygulamaların yapıldığı ve aynı zamanda teorik bilgilerin daha detaylı bir şekilde ele alındığı görülmektedir. İKÜ’de BIM öğrenme seviyesi lisansüstü düzeyde daha çok teorik olarak öğretildiği için introductory seviyede olduğu düşünülebilir.

3.3.1.8. İstanbul Medipol Üniversitesi (Vakıf)

İstanbul Medipol Üniversitesi’nde Mimarlık Bölümü, Güzel Sanatlar ve Tasarım fakültesinde eğitim vermektedir. Medipol üniversitesi disiplinlerarası çalışma ve birlikte çalışılabilirliği desteklemek için lisans ve lisansüstü eğitim programlarını bütünleştirilmesini desteklemektedir. Türkiye’de ilk defa uygulanan bu çalışmada lisans programları iki lisansüstü program ile bütünleşmektedir. Bu programlar aşağıdaki gibidir;

- İnşaat Yönetimi ve Hukuku Tezli/Tezsiz Yüksek Lisans ve Doktora programları,
- Yapılı Çevre ve Sağlık Tezsiz Yüksek Lisans Programıdır [Web 58].

İstanbul Medipol Üniversitesi Mimarlık lisans müfredatı incelendiğinde hem BIM hem de sayısal tasarım araçları ve dijital temsil yöntemlerini destekleyecek derslerin müfredatta zorunlu ve seçmeli olarak yer aldığı görülmektedir (Tablo 3.23) [Web 59].

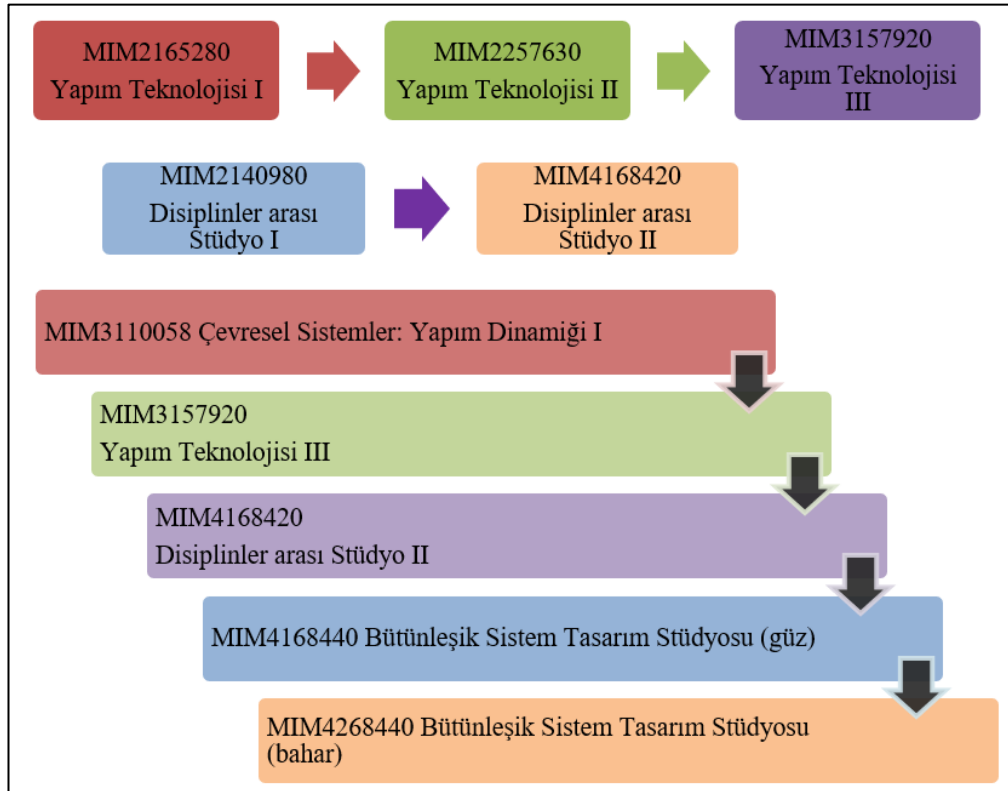
Tablo 3.23: İstanbul Medipol Üniversitesi’nde lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.

Ders Kodu ve Adı	Ders Yılı	Zorunlu/Seçmeli	Kredi (AKTS)
MIM2110317 Dijital Tasarım Araçları I	2.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	2
MIM2110319 Dijital Tasarım Araçları Uygulama I	2.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	2
MIM2140980 Disiplinler arası Stüdyo I	2.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	4
MIM2165280 Yapım Teknolojisi I	2.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	4
MIM2210318 Dijital Tasarım Araçları	2.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	2
MIM2210321 Dijital Tasarım Araçları Uygulama II	2.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	2
MIM2257630 Yapım Teknolojisi II	2.Sınıf (Bahar)	<u>Zorunlu</u>	4
MIM3110058 Çevresel Sistemler: Yapım Dinamiği I	3.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	3
MIM3157890 BIM ile Mimari Modelleme	3.Sınıf (Güz)	<u>Seçmeli</u>	3
MIM3157920 Yapım Teknolojisi III	3.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	4
MIM4111484 BIM, Algoritma ve Üretken Tasarım	4.Sınıf (Güz)	<u>Seçmeli</u>	3
MIM4168420 Disiplinler arası Stüdyo II	4.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	4
MIM4168440 Bütünleşik Sistem Tasarım Stüdyosu	4.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	7
MIM4268440 Bütünleşik Sistem Tasarım Stüdyosu	4.Sınıf (Güz)	<u>Zorunlu</u>	7

Tablodan da görüleceği üzere BIM içerikli dersler hem zorunlu hem de seçmeli olarak müfredat ile bütünleştirilmeye çalışılmaktadır. Bu derslerden ikisi programa bağlı seçmeli olarak verilmektedir. Bunlar; 3.Sınıf Güz döneminde programa bağlı seçmeli olarak müfredatta yer alan MIM3157890 BIM ile Mimari Modelleme adlı ders ve 4. Sınıf Güz dönemi programa bağlı seçmeli ders olarak yer alan MIM4111484 BIM, Algoritma ve Üretken Tasarım dersleridir. MIM4111484 kodlu dersi alabilmenin ön koşulu MIM3157890 kodlu dersi almış olmaktır. BIM ile Mimari Modelleme dersinde; BIM ile ilgili temel teorik bilgiler verilmekte, BIM yazılım araçlarından biri seçilerek BIM modeli üretilmekte ve maliyet tahmini ve zaman planlaması yapılmaktadır. BIM, Algoritma ve Üretken Tasarım dersinde ise; BIM teknolojisinin amacı ve olanakları, BIM’in dünyadaki kullanımı ve ön koşulu olan

derste BIM hakkında öğrenilen teorik bilgiler daha detaylı bir şekilde incelenmektedir. Bu derste Revit ve Dynamo yazılımları üzerinden mimari proje üretilerek algoritmik ve parametrik tasarım konuları incelen, BIM yazılımları aracılığıyla yapılan analizler ile BIM teknolojisi sayesinde büyük verinin nasıl yönetildiği öğretilmektedir [Web 59].

Lisans programında seçmeli derslerin yanı sıra zorunlu derslerin ve bu derslerin bazılarının ön koşullu olduğu görülmüştür. Bu yolla müfredatta yer alan birçok ders birbirine bağlanmıştır. Tüm derslerdeki bilgiler BIM sistemini öğretmeyi hedefleyecek şekilde öğrencilerin zihinsel olarak hazır olmasını desteklemektedir. Örneğin; 4. Sınıfta zorunlu olan MIM4168440 ve MIM4268440 Bütünleşik Sistem Tasarım Stüdyosu derslerini alabilmek için; MIM4168420 Disiplinler arası Stüdyo II, MIM3157920 Yapım Teknolojisi III ve MIM3110058 Çevresel Sistemler: Yapım Dinamiği I derslerinin alınmış olması gerekmektedir. Ancak MIM4168420 Disiplinler arası Stüdyo II dersinin alınması için MIM2140980 Disiplinler arası Stüdyo I dersinin; MIM3157920 kodlu Yapım Teknolojisi III dersinin alınması için ise MIM2165280 Yapım Teknolojisi I ve MIM2257630 Yapım Teknolojisi II dersinin alınmış olması gerekmektedir (Şekil 3:17) [Web 59].



Şekil 3.17: Bütünleşik Tasarım Stüdyosu dersinin önkoşullu dersleri.

Bütünleşik Sistem Tasarım Stüdyosu dersi lisans müfredatında 4. sınıfta zorunlu olarak yer alan hem güz hem de bahar döneminde alınması gereken bir derstir. Bu derste; Disiplinler arası Stüdyo 2 dersi kapsamında geliştirilen projeler incelenir ve daha sonra BIM ortamında gerekli yazılımlar aracılığı ile geliştirilerek gerçek bir BIM projesi üretilir. Bu aşamadan sonra, uygulama projesi aşamasına kadar BIM çalışma ortamı kullanılır. Bu ders, 4.sınıfa kadar öğretilen ve BIM'i destekleyen tüm eğitimlerin pekiştirildiği ve disiplinler arası çalışmanın olduğu zorunlu bir derstir. Bu derse ek olarak, 3. sınıf güz döneminde programa bağlı seçmeli bir ders olan MIM3111803 Akıllı Kentler ve Büyük Veri ve 4. sınıf güz döneminde seçmeli ders olarak yer alan MIM4110054 Dijital Fabrikasyon Düşüncesi dersleri bulunmaktadır [Web 59].

Medipol Üniversitesi'ndeki Mimarlık Lisans eğitimi incelendiğinde; BIM ve sayısal tasarım araçlarının müfredat ile bütünleştirilmesi yönünde bir yaklaşımın bulunduğu söylenebilir. Öğrenciler seçmeli derslerde BIM içerikli dersleri seçmese dahi müfredattaki zorunlu dersler aracılığı ile BIM teknolojisini öğrenme ve uygulama fırsatı bulmaktadır. Ayrıca, BIM yazılım araçları ile Mimari Proje elde edilerek hem zaman yönetimini hem de maliyet tahminini yaparak uygulama aşamasına kadar öğrenebilmektedirler. Okuldaki hem seçmeli hem de zorunlu derslerde parametrik ve algoritmik tasarım araçları ve programlama dili öğretilmektedir. Bu okuldaki BIM öğrenme seviyesinin advanced olduğu söylenebilir.

Medipol Üniversitesi'nde lisansüstü düzeyde mimarlık programları bulunmamaktadır.

3.3.1.9. İzmir Ekonomi Üniversitesi (Vakıf)

Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi'ne bağlı mimarlık bölümü 2005 yılında kurulmuştur. Teknolojik, pratik ve teorik eğilimle şekillenen Mimarlık Bölümü eğitim programının odak noktası stüdyo dersleri olmakla birlikte, bilgisayar destekli teknik dersler, tarih dersleri, teorik ve uygulamalı derslerle de mimarlık eğitimi desteklenmektedir. Mimarlık bölümü, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi'ndeki diğer bölümlerle etkileşim halinde olup ortak etkinlikler düzenlemektedir [Web 60].

İzmir Ekonomi Üniversitesi'nde Mimarlık eğitimi lisans, yüksek lisans ve doktora düzeylerinde araştırılmıştır. Mimarlık lisans eğitimi müfredatı incelendiğinde;

dijital temsil araçları ve BIM teknolojilerinin öğretildiği zorunlu ve seçmeli derslerinin müfredatta yer aldığı görülmektedir. Bu programdaki BIM içerikli lisans dersleri ve derslerin özellikleri Tablo 3.24’te özetlenmektedir [Web 61].

Tablo 3.24: İzmir Ekonomi Üniversitesi’nde lisans düzeyinde BIM içerikli dersler ve özellikleri.

Ders Kodu ve Adı	Ders Yılı	Zorunlu/Seçmeli	Kredi (AKTS)
FF104 Bilgisayar Destekli Teknik Çizim	1.Sınıf Bahar	<u>Zorunlu</u>	3
ARCH362 Mimari Zekâ: Mimarlıkta Yapay Zekâ	3.Sınıf (Güz) - 4.Sınıf	<u>Seçmeli</u>	4
ARCH420 Dijital Temelli Tasarım	3.Sınıf (Güz) - 4.Sınıf	<u>Seçmeli</u>	4
ARCH430 Yapı Bilgi Modelleme	3.Sınıf (Güz) - 4.Sınıf	<u>Seçmeli</u>	4

Tablodan da görüldüğü üzere lisans düzeyinde BIM eğitimi 3.Sınıftan itibaren alınabilen seçmeli ders aracılığıyla müfredatta yer almaktadır.

Programda; FFD 104 Bilgisayar Destekli Teknik Çizim dersi zorunlu olarak 1. Sınıf bahar döneminde verilmektedir. Derste; farklı sayısal tasarım araçları ve bilgisayar desteğiyle tasarım yapıldığı, yine elle 2B ve 3B çalışmaların yürütüldüğü görülmektedir. Bu yollarla, parametrik modelleme ve BIM teknolojilerine zihinsel hazırlık yapılarak, stüdyo çalışma alışkanlıkları geliştirilmektedir [Web 61].

ARCH362 Mimari Zekâ: Mimarlıkta Yapay Zekâ dersinde; yapay zekâ kavramları, makine öğrenmesi ve derin öğrenme modelleri ve mimaride yapay zekâ için gereksinim duyulan en az bir temel yazılım öğretilerek uygulama yapılmaktadır. Ayrıca ders kapsamında yapay zekâ yönünde BIM alanındaki gelişmeler araştırılarak, BIM ve yapay zekâ arasındaki ilişki incelenmekte ve öğrenci katılımlı tartışmalar yapılmaktadır [Web 61].

ARCH420 Dijital Temelli Tasarım dersinde; dijital tasarım yöntemleri incelenmekte, dijital yazılım platformlarını öğrenmek için zihinsel altyapı oluşturulmakta, "Görsel" scripting yazılım (Grasshopper for Rhino) araçları ve başlangıç seviyesinde kodlama öğretilmekte, parametrik tasarım ve bilgisayar destekli üretim yöntemleri de tartışılmaktadır [Web 61].

ARCH430 Yapı Bilgi Modelleme dersinde ise; BIM hakkında temel teorik bilgiler verilmekte, BIM uygulamaları üzerine öğrenciler tarafından dönem boyunca

bir araştırma yürütülmektedir. Ders kapsamında ayrıca sunumlar ve seminerler yapılmaktadır. Dersin seminerlerinde çeşitli BIM yazılım araçları ve BIM uygulamaları keşfedilmektedir. Bu derste; BIM yazılım araçlarının yanı sıra mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC/Architecture, Engineering and Construction) sektöründe BIM'in işbirlikçi, bağıntılı ve ölçeklendirilebilir yönleri keşfedilerek BIM hakkında daha derin bilgiler elde edilmektedir [Web 61].

İzmir Ekonomi Üniversitesi Mimarlık lisans programında BIM ile ilgili verilen eğitim incelendiğinde; BIM hakkında teorik bilginin yanı sıra uygulanmış gerçek BIM projeleri üzerinde derinlemesine bilgi edinilmesinin amaçlandığı söylenebilir. Müfredatta sayısal tasarım ile ilgili derslere de yer verilerek, dijital temsil yöntemleri ve bilgisayar destekli üretim öğretilmekte ve yapay zekâ, derin öğrenme, biyomimikri gibi mimaride güncel konularda seçmeli derslerle müfredata bütünleştirilmeye çalışılmaktadır. Mimarlık eğitimi lisans düzeyinde müfredatı incelendiğinde BIM öğrenme seviyesi introductory olduğu söylenebilir.

İzmir Ekonomi Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı yüksek lisans programlarında;

- Tasarım Çalışmaları Yüksek Lisans ve Doktora Programları,
- Mimarlık Yüksek Lisans ve Doktora Programları yer almaktadır [Web 62].

Bu programların müfredatları incelendiğinde BIM içerikli derslerin bulunmadığı ancak algoritmik tasarım ve bilgisayar destekli üretim gibi teknoloji ve tasarım içerikli derslerin yer aldığı gözlenmektedir.

3.3.2. BIM Öğreniminde Diğer Yöntemler

BIM çalışma sistemi öğreniminde üniversitelerdeki lisans ve lisansüstü müfredatı dışında da eğitim yöntemleri bulunmaktadır. Bu kapsamda üniversitelerin kendi bünyesindeki sürekli eğitim merkezlerinin yanı sıra, inşaat endüstrisi ortamında da hem uluslararası sertifikalı hem de sertifikasız bireysel eğitimler sunulmaktadır. Aşağıdaki başlıklarda bu eğitim yöntemleri detaylı bir şekilde aktarılmaktadır.

3.3.2.1. Okul Sonrası Profesyonel İş Ortamında Öğrenim

BIM çalışma sisteminin üniversitelerde öğrenimi araştırıldığında birçok üniversitede müfredat ile bütünleştirilmediği, bu sistemin müfredatta seçmeli ders olarak yer aldığı görülmektedir.

Türkiye, BIM ile çalışma sistemi konusunda geçiş evresi yaşamaktadır. Özellikle son sekiz yıldır Türkiye’de BIM çalışma sistemi kullanılarak projelerin üretilmeye başlandığı görülmektedir (Ramazan Sarı, kaynak ver tezleri). Bu sebeple bu süreçte mezun olmuş profesyonellerin BIM sistemi ile üniversiteden sonraki iş ortamlarında karşılaştıkları söylenebilir. Bu açıdan, bu süreçte öğrenim devam etmektedir.

BIM çalışma sistemine geçen ofisler, bu tür eğitim gereksinimlerini ya kuruma danışmanlık aldığı firmadan eğitim alarak ya da kurum içerisinde BIM çalışma sistemini bilen yetkin bir teknik personelden bu eğitimi sağlayarak karşılayabilmektedir. Buna ek olarak, BIM kullanımının yaygınlaştığı bir mimarlık ortamında, kişinin kendisi de bireysel olarak ilgili firmalardan bu tür eğitimler alabilmektedir.

Son yıllarda BIM ile çalışan ofislerin yanı sıra özellikle yazılım dağıtımçıları (AUTODESK, ALLPLAN vb.), Autodesk yetkili eğitim merkezleri olarak lisansa sahip ofislerde (UKHOTECH, PROTA, NİKA, Saina Engineering vb.) ücretli ya da ücretsiz olarak eğitimler verebilmekte, çevrim içi platformlarda ya da yüz yüze BIM eğitimleri ve sertifika programları talebe göre sunabilmektedir (Şekil 3:18). Ayrıca TMMOB, buildingSMART gibi kuruluşlar tarafından da BIM eğitimi ve modelleme eğitimleri verilmektedir.



Şekil 3.18: BIM Eğitimlerinden bazıları.

3.3.2.2. Kurslarda Öğrenim

Üniversitelerin bünyesinde yer alan ve çeşitli konularda eğitimler veren Sürekli Eğitim Merkezleri (SEM) bulunmaktadır. Bu merkezlerde verilen eğitimler, genellikle ücretli olmaktadır. Verilen eğitimlerin sonucunda ya sadece üniversiteye ait katılım sertifikaları ya da uluslararası sertifikalar verilebilmektedir. Türkiye'deki Sürekli Eğitim Merkezlerinde BIM eğitimi veren üniversiteler şunlardır:

- İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜSEM),

- Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜSEM),
- Boğaziçi Üniversitesi Yaşamboyu Eğitim Merkezi (BUYEM),
- Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi (MSGSÜSEM),
- Antalya Bilim Üniversitesi (ANTALYASEM) ve
- Eskişehir Osmangazi Üniversitesi (ESOGÜSEM).

İTÜSEM; Türkiye’de BIM eğitiminin verildiği ilk SEM’lerden biridir. İTÜSEM’de 2015 yılından beri ‘BIM Uzmanı Sertifika Programı’ eğitimi verilmektedir. Bu program ‘BIM (Yapı Bilgi Modellemesi) Süreçleri Eğitim Programı’, ‘BIM (Yapı Bilgi Modellemesi) Uygulama Eğitim Programı’ ve ‘BIM Uzmanı Sertifika Programı’ olmak üzere üç modülden oluşan ücretli bir eğitimidir. İlk modülde 21 saatlik BIM kavramları ve süreçleri hakkında temel bilgiler verilirken, 28 saatlik ikinci modülde ise BIM yazılım araçları aracılığıyla uygulamalar ve analizler yapılmaktadır. Son modülde, 21 saatlik bir sınav yapılmaktadır. Bu üç programı da tamamlayan katılımcılara; rektör tarafından imzalı, uluslararası geçerliliği olan ‘İTÜ BIM Uzmanı Sertifikası’ verilmektedir. Sertifika almaya hak kazanmak için tüm derslere devam edilmesi ve yapılacak olan BIM uygulamasının başarılı olarak tamamlanması gerekmektedir. Bu şartları sağlayamayan katılımcılara yalnızca ‘İTÜ BIM Uzmanı Eğitimi Katılım Belgesi’ verilmektedir. 70 saatlik bu eğitim salgından sonra online bir şekilde düzenlenmektedir [Web 63].

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yüksek Fen Kurulu Başkanlığının kordinasyonunda, 23 Mart-16 Nisan 2021 tarihleri arasında İTÜSEM tarafından düzenlenen BIM Süreçleri Eğitimi, bu konuda kamuda yapılan ilk uzaktan ve eşzamanlı eğitimidir. Bu eğitime, Bakanlık merkez teşkilatına bağlı dokuz birim ile TOKİ ve İller Bankası A.Ş. den toplam 112 yönetici ve teknik personel katılmıştır.

ODTÜSEM de 2020 yılından itibaren BIM eğitimi vermeye başlamıştır. ODTÜSEM tarafından verilen Yapı Bilgi Modellemesi Sertifika programı her modülü 16 saatlik eğitimden oluşan beş modülü içermektedir. Bu modüller;

- Modül 1 – Yapı Bilgi Modellemesi- Kavramlar
- Modül 2 – Yapı Bilgi Modellemesi- Mimari ve Mühendislik Modelleme
- Modül 3 – Yapı Bilgi Modellemesi- Analiz
- Modül 4 – Yapı Bilgi Modellemesi- Uygulama
- Modül 5 – Yapı Bilgi Modellemesi- Yalın Yönetim eğitimleridir [Web 65].

Bu programda BIM kavramları, BIM Uygulama araçları, bu araçlar aracılığı ile analizler, mimar ve mühendislik modellemeler yapılmakta; aynı zamanda standartlar eşliğinde BIM uygulama süreçleri hakkında da bilgi verilmektedir. İTÜSEM’den farklı olarak burada BIM ve Yalın İnşaat süreçleri arasında ilişkiler incelenmektedir. Programın son haftasında ödev ve sınavlar yapılmakta; ödev - sınav notu %70 üzerindekiilere 'Sertifika', bu oranın altında kalanlara devam koşulunu sağlamaları durumunda 'Katılım Belgesi' verilmektedir. 80 saatlik bu eğitim salgından sonra online bir şekilde düzenlenmektedir [Web 64].

BUYEM’de ise ‘Uygulamalı Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Sertifika Programı’ başlıklı BIM eğitimi verilmektedir. Bu eğitimde ‘BIM Kuramı’ 12 Saat, ‘BIM Standartları Yazılımları ve Uygulama Planı’ 6 saat, ‘BIM 3D (Modelleme)’ 21 Saat, ‘BIM 4D (Zaman Yönetimi)’ 9 saat, ‘BIM 5D (Maliyet Yönetimi)’ 6 saat, ‘BIM 6D Sürdürülebilirlik’ 3 saat ve son olarak 12 saat eğitimi kapsayan, gerçek proje dokümanları üzerinde modelleme çalışması yapılarak toplam 72 saatlik bir eğitimi verilmektedir. Bu programdaki konu başlıkları detaylı bir şekilde incelenmekte, BIM çalışma sistemi modellemeden (3D) tesis yönetimine (7D) kadar uygulamalar ve analizler yapılarak, gerçek bir proje üzerinde BIM çalışma sistemi uygulanarak, detaylı bir BIM eğitimi verilmektedir. Bu eğitim de salgından sonra çevrim içi interaktif bir şekilde verilmektedir [Web 65].

İTÜSEM, ODTÜSEM ve BUYEM (Boğaziçi Yaşam boyu Öğrenim Merkezi) ‘de verilen BIM Eğitimleri incelendiğinde BIM uygulamaları ile ilgili temel bilgilerin yanı sıra, maliyet tahmini, zaman yönetimi, çakışma analizleri, sürdürülebilirlik analizleri yapılmakta, BIM hakkında daha detaylı bilgilerin verilmekte, endüstri ve akademi iş birliği yapılarak uygulamalı bir eğitim verilmektedir. Bu eğitimler hem üniversitenin kendi bünyesindeki öğretim üyeleri hem de uygulamalı olarak MMİ sektöründe BIM çalışma sistemini deneyimleyen teknik konuda yetkin insanlar ile iş birliği yapılarak uygulandığı gözlenmiştir.

MSGSÜSEM’de BIM Operatörü Sertifika programının 2020’de duyuruları yapılmış, toplam 60 saat ve 7 hafta sürecek ve 19 Ekim 2021 tarihinde verilmeye başlanan, sektörden DOME+Partners mimarlık ofisi ile MSGSÜ’nün iş birliği yaptığı bir programdır. Bu tür işbirlikçi eğitim programlarında; sektörde BIM’i aktif olarak ileri düzeyde kullanan teknik uzman isimler ile akademideki BIM uzmanları iş birliği yaparak sektöre yönelik bir eğitim sunulmaktadır [Web 66].

AntalyaSEM’de, ‘YBM (BIM) Modelleme Uzmanı Eğitimi’ başlıklı 8 hafta süren toplam 60 saatlik bir eğitim ve ‘BIM Koordinasyon Eğitimi’ başlıklı 16 hafta süren 120 saatlik eğitim verilmektedir. YBM (BIM) Modelleme Uzmanı Eğitiminde; BIM uygulama araçları tanıtılarak seçilen yazılımlar ile BIM çalışma sistemi iş akışı anlatılmakta, BIM kavramları ve BIM’de proje teslim sistemleri incelenmektedir. Bu eğitimin sonunda yapılacak olan 3 saatlik sınavı başarı ile tamamlayan katılımcılara ‘BIM Modelleme Uzmanlığı Sertifikası’ verilmektedir. BIM Koordinasyon Eğitimi’nde ise ilk aşama olan BIM uzmanı eğitimini başarıyla tamamlamış kişiler bu eğitimden yararlanarak, BIM çalışması sistemini ve yazılım araçlarını kullanarak gerçek proje üretilmekte, diğer disiplinlerin projeleri ile mimari projelerin karşılaştırılmasıyla analiz çalışmaları yapıldığı görülmektedir [Web 67].

ESOGÜSEM’de de ‘BIM Uzmanı Sertifikası’ eğitimi verilmektedir. Bu eğitimde ‘BIM’e Giriş’ 8 saat, ‘3D Modelleme’ 8 saat, ‘3D – Modelleme ve Çakışma Analizi’ 8 Saat, ‘Veri analizi- Koordinasyon & 4D – Planlama’ 8 saat, ‘BIM Nesnesi Modelleme ve Family Yapısı’ 8 Saat ve son olarak ‘ESOGU BIM Uzmanı Sertifikası’ Sınavı yapılarak toplam 40 saat uygulamalı eğitim verilmektedir. Bu eğitimin ardından 18 saat de sınav yapılarak ‘ESOGU BIM Uzmanı Sertifikası’ verilmektedir. Sertifika alınması için tüm derslere devam edilmesi zorunlu olmakta ve katılımcıların sınavda başarılı olmaları gerekmektedir. Bu şartları sağlamayanlara sadece ‘ESOGU BIM Uzmanı Eğitimi Katılım Belgesi’ verilmektedir. Bu eğitimde katılımcılara, BIM ve kavramları, BIM çalışma sistemi iş akışları öğretilmekte, mimari, yapısal modelleme ve analiz çalışmaları yapılmakta; uygulamalı olarak gerçek bir proje üzerinden BIM uygulama süreçleri öğretilmektedir [Web 68].

3.3.3. Türkiye’de İncelenen Üniversitelerdeki İnsan Kaynakları

Bu bölümde tez kapsamında incelenen Türkiye’deki dokuz (9) üniversitenin mimarlık bölümlerindeki akademik kadroda yer alan insan kaynaklarının unvan bilgisi Tablo 3.25’te gösterilmektedir. Bu tablodaki verilerde, Yükseköğretim Kurumu (YÖK) tarafından hazırlanan yökatlas adlı siteden elde edilen 2021 verileri özetlenmektedir [Web 69]. MSGSÜ hakkındaki araştırma görevlisi ve öğretim görevlisi bilgisi yökatlasda bulunamadığı için, sadece bu bölümdeki bilgiler üniversitenin kendi sitesinden elde edilmiştir [Web 44].

Tablo 3.25: Türkiye'deki üniversitelerin Mimarlık bölümündeki akademik kadro unvan dağılımı.

Üniversite adı	MİMARLIK ADAKEMİK KADRO UNVANLARI					TOPLAM
	Profesör	Doçent	Öğretim Görevlisi	Araştırma Görevlisi	Doktor Öğretim Üyesi	
İTÜ	26	12	11	47	29	125
İYTE	8	6	4	10	4	32
KTÜ	9	8	1	8	12	38
MSGSÜ	17	13	18	25	31	104
ODTÜ	14	7	7	26	7	61
YTÜ	14	22	5	19	21	81
İKÜ	6	2	2	8	7	25
İstanbul Medipol Üniversitesi	3	1	1	3	7	15
İzmir Ekonomi Üniversitesi	-	2	5	2	5	14

Tablodan da görüleceği üzere; tez kapsamında incelenen üniversitelerdeki dağılımlara göre en yüksek insan kaynağına sahip okul İTÜ'dür. İTÜ'nün ardından MSGSÜ, YTÜ ve ODTÜ gelmektedir. Üniversitelerdeki insan kaynakları sayısının, üniversitelerin eğitim müfredatlarını ve müfredatta yer alan ders sayılarını da etkilediği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra kadroda yer alan akademisyenlerin uzmanlık alanları da eğitim müfredatını etkileyebilmektedir. BIM derslerini veren insan kaynakları araştırıldığında ise; üniversitenin kadrosunda uzmanlık alanı sayısal tasarım, BIM, Mimarlıkta Bilgi teknolojileri gibi konular olan akademisyen var ise BIM ile ilgili verilen dersler kurum içi kadrodaki insan kaynaklarından sağlanmaktadır. Üniversitenin kadrosunda uzmanlık alanı BIM olan akademisyen yok ise dersler, genellikle sektörde BIM ile ilgili çalışan mimarlar ile iş birliği yapılarak öğretim görevlileri kadroları ile yürütülmektedir.

3.3.4. Yapı Bilgisi Alanında BIM Eğitimi

Türkiye'de dokuz (9) üniversitenin hem lisans hem de lisansüstü düzeyde mimarlık eğitim müfredatları incelenmiştir. Bu bölümde de 3.2.3 başlığı altında ele alındığı gibi bu üniversitelerdeki BIM eğitimlerinin yapı bilgisi alanındaki bütünleşme durumları değerlendirilmiştir. Bu anlamda, üniversitelerde verilen BIM dersleri ve yüzde kaçının yapı bilgisi alanında olduğu belirlenmeye çalışılmıştır.

İTÜ'de lisans düzeyinde mimarlık bölümünde BIM içerikli 5 dersin verildiği tespit edilmiştir. Bu derslerden;

- MİM 246 Çevre Kontrolü Stüdyosu,
- MİM 318 Bilgisayar ve Yapma Çevrede Performans Değerlendirmesi,
- MİM 359E Yapım Yönetimi ve Ekonomisi,
- MİM 497 Yapı Üretiminde Süre Yönetimi

derslerinin yapı bilgisi alanında verilen BIM içerikli derslerden olduğu belirlenmiştir. Buna göre; okulda verilen BIM içerikli derslerin %80'inin yapı bilgisi alanında olduğu görülmektedir.

İTÜ'de lisansüstü düzeyde mimarlık eğitimi müfredatı incelendiğinde BIM içerikli 20 ders verildiği görülmüştür. Bu derslerden;

- PYY511 Yapımda Enformasyon Teknolojisi Uygulamaları,
- PYY520 Yapımda Maliyet Yönetimi,
- PYY528E Yapım Yönetiminde Bina Enformasyonu Modellemesi,
- PYY625E Yapım Projelerinin Yönetiminde Enformasyon Sistemleri,
- YAB611E Yapıda Performans Simülasyon Yöntemleri,
- YAB618E Yapım Projelerinin Yönetiminde Enformasyon Sistemleri,

derslerinin yapı bilgisi alanında verilen BIM içerikli dersler olduğu belirlenmiştir. Buna göre; okulda BIM içerikli lisansüstü derslerin %30 u yapı bilgisi alanında olduğu görülmektedir.

İYTE'de mimarlık bölümü müfredatında BIM içerikli iki dersin yer aldığı tespit edilmiştir. Bu derslerden sadece AR482 Sürdürülebilir Tasarım için Bina Başarım (Performans) Benzetimi (Simülasyonu) adlı dersin yapı bilgisi alanında verilen BIM derslerinden olduğu ve buna göre okulda. BIM içerikli derslerin %50'sinin yapı bilgisi alanında olduğu görülmektedir.

İYTE'de lisansüstü düzeyde mimarlık eğitimi müfredatı incelendiğinde; BIM içerikli dört dersin yer aldığı belirlenmiştir. Bu derslerden; AR584 Bina Enerji Simülasyonuna Giriş ve AR590 Bütünleşik Tasarım ve Yapı Bilgi Modelleme (Integrated Design and Building Information Modeling) dersleri olmak üzere ikisinin yapı bilgisi alanında verilen BIM içerikli derslerden olduğu belirlenmiştir. Buna göre okulun lisansüstü düzeyde BIM içerikli derslerden %50'si yapı bilgisi alanındadır.

KTÜ mimarlık bölümünde BIM içerikli tek bir dersin verildiği tespit edilmiştir. Bu derste yapı bilgisi alanındadır. Okulun lisansüstü düzeyde mimarlık eğitimi müfredatı incelendiğinde ise; BIM içerikli dört dersin müfredatta yer aldığı ve bu derslerden; Binalarda Enerji Simülasyon Yöntemleri adlı dersin yapı bilgisi alanında BIM içerikli ders olduğu görülmektedir. Buna göre okulun lisansüstü düzeyde BIM içerikli derslerden %25'i yapı bilgisi alanındadır.

MSGSÜ mimarlık bölümü müfredatında BIM içerikli dört dersin yer aldığı görülmektedir. Bu derslerin tamamı tasarım odaklı olup bina bilgisi alanındadır. Lisansüstü düzeyde ise; BIM içerikli sekiz dersin müfredatta yer aldığı görülmektedir. Bu derslerden;

- CME 506 Construction Site Management,
- CME 508 Cost Management in Construction,
- CME 510 Time Management in Construction,
- CME 519 Building Information Modeling and Integrated Project Production,
- MKE542 Tümüleşik Proje Yönetimi,
- MKE580 Tesis Yönetimi ve Sürdürülebilirlik,

adlı altı ders yapı bilgisi alanında verilen BIM içerikli derslerdendir. Buna göre; lisansüstü düzeyde BIM içerikli derslerin %75'i yapı bilgisi alanındadır. Buna karşın bu dersler doğrudan mimarlık anabiiim dalı altında açılmamaktadır.

ODTÜ mimarlık bölümünde BIM içerikli on dersin yer aldığı görülmektedir. Bu derslerden;

- ARCH204 Mimarlıkta Dijital Medya II,
- ARCH251 Yapı Malzemeleri Teknolojileri,
- ARCH252 Yapı İnşaat Teknolojileri,
- ARCH450 Mimarlıkta Jeneratif Tasarım,

adlı dört ders yapı bilgisi alanında verilen BIM içerikli derslerdendir. BIM içerikli verilen derslerin %40'ı yapı bilgisi alanında olduğu görülmektedir. Lisansüstü düzeyde mimarlık eğitim müfredatı incelendiğinde BIM içerikli 11 dersin müfredatta yer aldığı görülmektedir. Bu derslerden;

- ARCH750 Performatif Mimari Laboratuvarı,

- BS509 İnşaat Yönetimine Giriş,
- BS562 Yapı Enformatiği,
- BS581 Binaların Enerji Analizi,
- BS583 Yeşil Bina Tasarımı ve Teslimi İlkeleri,
- BS717 Yapı Bilgi Modellemesi Teorisi ve Uygulaması,
- BS718 Yüksek Performanslı Binalar için Yapı Bilgi Modellemesi,
- BS724 Mimarlıkta Doğa Bilgili Bilgisayarlı Tasarım,
- BS770 Mimaride Dijital Üretim Teknikleri,

adlı dokuz ders yapı bilgisi alanında BIM ile ilgilidir. Buna göre derslerin %82'sinin yapı bilgisi alanında olduğu görülmektedir.

YTÜ mimarlık lisans programında, müfredatta BIM içerikli dört dersin yer aldığı, buna karşın derslerin daha çok tasarım odaklı olduğu görülmektedir. Lisansüstü düzeyde mimarlık eğitimi programları incelendiğinde; sadece Bilgisayar Ortamında Mimarlık programında BIM ile ilgili eğitime yer verildiği belirlenmiştir. Bu eğitimler de lisans düzeyinde olduğu gibi çoğunlukla tasarım odaklıdır. Bilgisayar Ortamında Mimarlık doktora programında yapı bilgisi alanında sadece MIM6106 Yapım Yönetiminde Bilgisayar Uygulaması adlı ders in BIM ile ilişkili olduğu görülmektedir.

İKÜ mimarlık lisans müfredatı incelendiğinde; BIM içerikli dört dersin müfredatta yer aldığı görülmüştür. Bu derslerden sadece MIM0504 Yapı Bilgi Modelleme adlı dersin ve BIM içerikli derslerin %25'inin yapı bilgisi alanında olduğu görülmektedir. Aynı üniversitede lisansüstü düzeyde mimarlık eğitimi araştırıldığında; BIM içerikli iki dersin yer aldığı görülmektedir. Bu derslerden sadece MIMY0224/ MIMY0225 Yapım Yönetiminde Enformasyon Teknikleri adlı dersin ve BIM içerikli derslerin %50'sinin yapı bilgisi alanında olduğu görülmektedir.

İstanbul Medipol Üniversitesi mimarlık lisans eğitimi incelendiğinde müfredatta BIM içerikli 14 dersin yer aldığı görülmektedir. Bu derslerden;

- MIM2140980 Disiplinler arası Stüdyo I,
- MIM4168420 Disiplinler arası Stüdyo II,
- MIM4168440 Bütünleşik Sistem Tasarım Stüdyosu,
- MIM4268440 Bütünleşik Sistem Tasarım Stüdyosu,
- MIM2165280 Yapım Teknolojisi I
- MIM2257630 Yapım Teknolojisi II

- MIM3110058 Çevresel Sistemler: Yapım Dinamiği I
- MIM3157920 Yapım Teknolojisi III

adlı 8 ders yapı bilgisi alanındadır. Buna göre BIM içerikli derslerin %57'sinin yapı bilgisi alanında olduğu görülmektedir. Medipol Üniversitesi'nde lisansüstü düzeyde mimarlık eğitimi görülmemektedir.

İzmir Ekonomi Üniversitesi mimarlık lisans eğitimi müfredatı incelendiğinde, seçmeli olarak BIM içerikli dört dersin bulunduğu görülmüştür. Bu derslerden sadece ARCH430 Yapı Bilgi Modelleme dersi yapı bilgisi alanında verilen BIM içerikli derslerden sayılabilir. Buna göre BIM içerikli derslerin %25'i yapı bilgisi alanındadır. İzmir Ekonomi Üniversitesi'nde lisansüstü düzeyde yapı bilgisi alanında verilen BIM dersi yoktur.

Aşağıdaki Tablo 3.26'da Türkiye'de incelenen üniversitelerde BIM içerikli ders sayıları ve yapı bilgisi alanında verilen BIM içerikli dersler özetlenmiştir.

Tablo 3.26: Türkiye'de incelenen üniversitelerde verilen BIM içerikli dersler ve yapı bilgisi alanında verilen BIM içerikli derslerin sayısı.

Üniversite adı	Eğitim Düzeyi	BIM İçerikli Derslerin Sayısı	Yapı Bilgisi Alanındaki BIM İçerikli Derslerin Sayısı	Yapı Bilgisi BIM İçerikli Dersleri Oranı (%)
İTÜ	Lisans	5	4	80
	Lisansüstü	20	6	30
İYTE	Lisans	2	1	50
	Lisansüstü	4	2	50
KTÜ	Lisans	1	1	100
	Lisansüstü	4	1	25
MSGSÜ	Lisans	4	0	-
	Lisansüstü	8	6	75
ODTÜ	Lisans	10	4	40
	Lisansüstü	11	9	82
YTÜ	Lisans	4	0	-
	Lisansüstü	5	1	20
İKÜ	Lisans	4	1	25
	Lisansüstü	2	1	50
İstanbul Medipol Üniversitesi	Lisans	14	8	57
	Lisansüstü	-	-	-
İzmir Ekonomi Üniversitesi	Lisans	4	1	25
	Lisansüstü	-	-	-

Tablodan da görüleceği üzere BIM içerikli derslerin sayısı lisansüstü eğitim düzeyinde müfredatta daha çok yer almaktadır. Lisan düzeyinde en çok BIM içerikli

ders veren ilk üç üniversite; ODTÜ, İstanbul Medipol Üniversitesi ve İTÜ'dür. Lisansüstü düzeyde ise en çok BIM içerikli ders veren ilk üç üniversite; İTÜ, ODTÜ ve MSGSÜ'dür. Bu üniversitelerdeki derslerin sayısı 3.3.3 başlığı altında incelenen üniversitelerdeki insan kaynakları ile de ilişkili olduğu düşünülmektedir.

4. DEĞERLENDİRME, SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu tez kapsamında edinilen bilgiler bu bölümde yer verilen tablolar aracılığı ile değerlendirilmektedir. Buna göre öncelikle Tablo 4.1’de dünyada ve Türkiye’de incelenen mimarlık okullarındaki BIM Eğitim Düzeyleri özetlenmektedir. Bu seviyeler okulların ders planlarında yer alan BIM içerikli derslerle ilişkili olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.1: Tez Kapsamında İncelenen Mimarlık Okullarındaki BIM Eğitim Düzeyleri.

Üniversiteler ve Akreditasyon Durumları		Eğitim Seviyesi	BIM Eğitim Düzeyi		
			INTRODUCTORY	INTERMEDIARY	ADVANCED
DÜNYA	GATECH (NAAB)	Lisans		x	
		Lisansüstü			x
	Salford (RIBA ve ARB)	Lisans		x	
		Lisansüstü			x
	TAMU (NAAB)	Lisans			x
		Lisansüstü			x
	Texas Teknik Üniversitesi (NAAB)	Lisans			x
		Lisansüstü		x	
TÜRKİYE	İTÜ (NAAB)	Lisans			x
		Lisansüstü			x
	İYTE (MIAK ADAYI)	Lisans	x		
		Lisansüstü		x	
	KTÜ (MIAK ADAYI)	Lisans	x		
		Lisansüstü	x		
	MSGSÜ (RIBAVE MIAK)	Lisans	x		
		Lisansüstü			
	ODTÜ (AKREDİTASYON SÜRECİNDE)	Lisans		x	
		Lisansüstü		x	
	YTÜ (NAAB VE MIAK)	Lisans	x		
		Lisansüstü	x		
	İKÜ (MIAK)	Lisans	x		
		Lisansüstü	x		
	İstanbul Medipol Üniversitesi (-)	Lisans			x
		Lisansüstü	-	-	-
İzmir Ekonomi Üniversitesi (-)	Lisans	x			
	Lisansüstü	-	-	-	
Not: Üniversitelerin akreditasyon durumları lisans programlarına göre verilmiştir.					

Tabloya bakıldığında, yurt dışından seçilen okullarda BIM eğitim düzeylerinin çoğunlukla lisansüstü seviyede ve ileri (advanced) düzeyde olduğu görülmektedir.

Türkiye’den seçilen okullarda ise bu seviyeler, çoğunlukla başlangıç (introductory) düzeyinde olup lisans ya da lisansüstü seviyelerde BIM sisteminin eğitime bütünleştirilmesi için çalışmalar yürütülmektedir. Bu açıdan, Türkiye’de BIM sisteminin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde bu tür uygulamaların detaylı incelenmesi yol gösterici olabilir.

Tabloya göre ayrıca, Türkiye’deki devlet üniversitelerinden İTÜ’de lisans ve lisansüstü seviyelerde ileri düzeyde, ODTÜ’de lisans ve lisansüstü seviyelerde orta (intermediary) düzeyde BIM eğitimi verilmektedir. Vakıf üniversitelerinden İstanbul Medipol Üniversitesi’nde lisans seviyesinde ileri düzeyde BIM eğitimi ile karşılaşmıştır. Bu sonuçlara göre ve yine Bölüm 3.3.3’te yer verilen Türkiye’de incelenen üniversitelerin mimarlık bölümlerindeki akademik unvan dağılımları tablosu (Tablo 3.25) ile de ilişkili olarak, üniversitelerdeki BIM eğitim düzeylerinin bölümlerde bulunan öğretim elemanları sayıları ile önemi ölçüde ilgili olduğu söylenebilir. Ayrıca, bölümlerde gerek öğretim elemanı gerekse idari düzeyde BIM konusunda uzmanlaşmış eleman sayısının çokluğu, BIM eğitim düzeylerinin artmasında etkili olmaktadır. Bu anlamda, mimarlık okullarında BIM eğitim seviyesinin artırılmasında öncelikle BIM eğitimi konusunda yetişmiş eleman sayısının artırılması yönünde adımlar atılması önem taşımaktadır.

Tablodan görüldüğü üzere, BIM eğitimi verilen mimarlık okulları, ulusal ya da uluslararası akreditasyon belgelerine sahiptir. Bu anlamda sistematik bir eğitim anlayışını benimseyen bu tür mimarlık okullarının, gerek BIM ile bütünleşme gerekse eğitimini gereksinimler doğrultusunda güncellemesi daha kolaydır. Bu nedenle, bu tür akreditasyon ya da kaliteyi onaylayıcı kurum ve kuruluşlarla iş birliği içerisinde çalışmalar yürütülmesi, hem mimarlık eğitimi ile BIM’in bütünleştirilmesi hem de eğitimde kalitenin yükseltilebilmesi açılarından olumlu katkılar sunabilir.

Yapılan araştırmanın diğer sonuçlarından biri, BIM eğitimlerinin akademinin yanı sıra, mezuniyet sonrası profesyonel iş hayatında gerek kurslar gerekse çalışan firmalarda gerçekleştirilebildiğidir. Gerek BIM alanında uzmanlaşmak isteyen akademisyenler, gerekse sektörde BIM sistemi kullanmak durumunda olan profesyoneller bu tür eğitimlere katılabilirler. Bu yolla, hem sektördeki hem de akademideki uzman çalışan gereksinimi karşılanabilir. Buna karşın, bu tür eğitimlerin ücretli olması, BIM’in yaygınlaşmasında bir engel olarak görülebilmektedir. Bu açıdan, özellikle mimarlık okullarında sektör ve akademinin iş birliği içerisinde çalışması bu tür problemlerin aşılmasında önem taşımaktadır. Yapılan tez

alışmasında da bahsedildiği üzere, Türkiye’de son yıllarda bu yöndeki girişimlerin arttığı görölmektedir. Bu artış, mimarlık okulları ve BIM’in geleceği açılardan umut vericidir.

Yapılan araştırma sonucunda, BIM sistemin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde dünyada ve Türkiye’de çeşitli uygulamalarla karşılaşlmıştır. Bu anlamda en temel çözüm, lisans ya da lisansüstü hangi seviyede olursa olsun, müfredat değişikliğidir. Buna karşın, bu değişiklik özellikle Türkiye’deki devlet okullarında sanıldığı kadar kolay olmamakla birlikte, bu denli köklü bir değişiklik okullar açısından doğru bir çözüm de olmayabilir. Bu anlamda, mimarlık okullarında uygulanan yaygın çözüm, BIM eğitimlerinin seçmeli derslerle karşılanması yönündedir. BIM’in mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde, müfredatlara BIM içerikli seçmeli ya da zorunlu derslerin eklenmesi bir çözüm olabilir fakat bu tür derslerin tekil kalmaması, birden fazla mimarlık eğitimi seviyesinde bütünleşik olarak ve mimarlık eğitiminin temel omurgası olan stüdyolara hizmet edecek şekilde kurgulanması önem arz etmektedir. Aynı zamanda, derslerin sözel içerikten çok uygulamalı olması, yer yer sektörle iş birliği yapılabilecek şekilde kurgulanması faydalı olabilir.

BIM’in mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde, daha çok uygulama alanı içeren ‘Yapı Bilgisi’ bilim dalının uygun olduğu yapılan araştırma sonucunda belirlenmiştir. İncelenen mimarlık okullarından ve BIM eğitimi veren diğer birimlerden özellikle yurt dışında yer alanlarında, Yapı Bilgisi’ne konu olan içerilere sahip eğitimlerle ve derslerle karşılaşlmıştır. Bu anlamda; BIM’in simülasyon, bilgisayar destekli üretim, proje yönetimi, yapım yönetimi, tesis yönetimi gibi çeşitli başlıklarla ilişkileri görölmüştür. Lisansüstü seviyelerde Yapı Bilgisi alanında benzer konularda yapılacak çalışmalarda BIM’in kullanılması bütünleştirmenin ilk adımlarından olabilir. Bütünleştirme sırasında, geleneksel yönlerin terk edilmemesi, BIM içeren yöntemlerle gerektiği kadar güncellenmesi önemlidir. Son olarak; Tablo 4.2’de dünyada ve Türkiye’de BIM ve Tablo 4.3’de dünyada ve Türkiye’de BIM’in durumu ve BIM’in mimarlık eğitiminde bütünleştirilmesine yönelik uygulamalar özetlenmiştir.

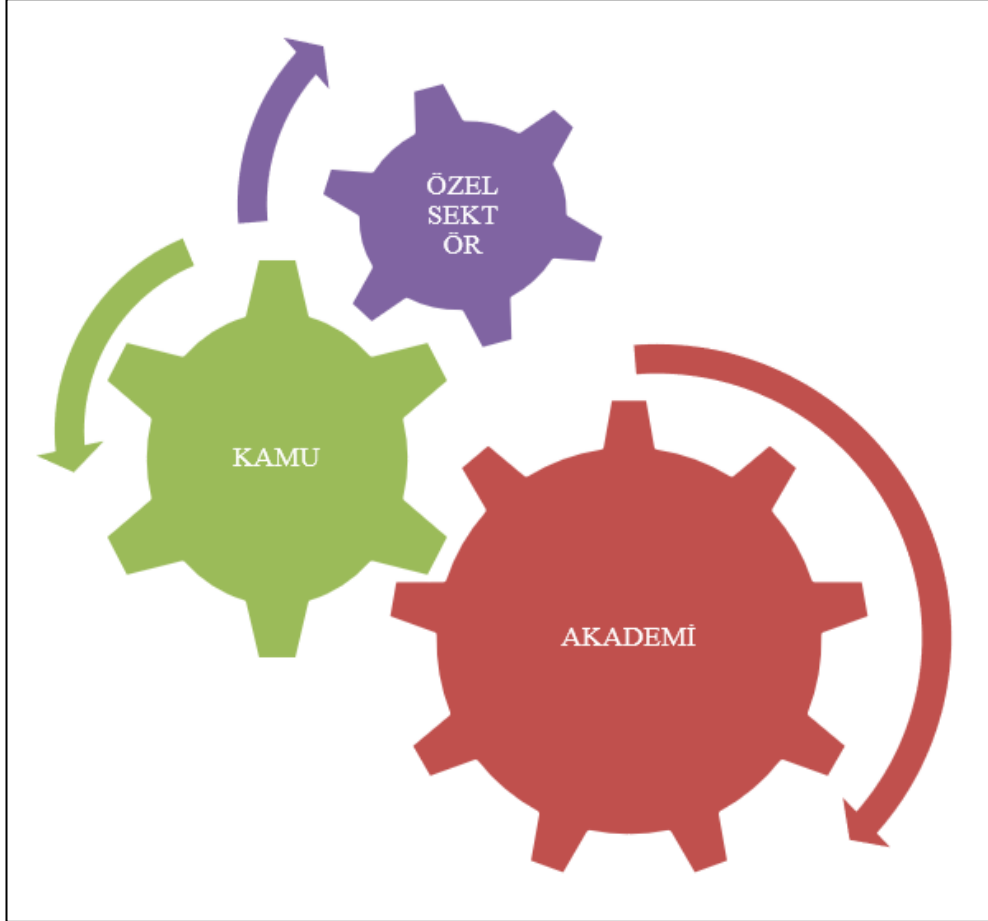
Tablo 4.2: Dünyada ve Türkiye’de BIM

Dünya	Avustralya, Kanada, Çin, Finlandiya, Hollanda, Singapur, Japonya, Çek Cumhuriyeti, Hong Kong, Yeni Zelanda, Norveç, Güney Afrika, İsveç, İngiltere ve ABD çeşitli üniversitelerinde BIM eğitimi veren ülkeler olarak görülmektedir.	Bütünleştirilme, özellikle İnşaat Mühendisliği, Mimarlık, Mimarlık Mühendisliği, İnşaat Mühendisliği ve İnşaat Yönetimi programlarında görülmektedir.	Kurumlar arası iş birliği vardır (akademi ve özel sektör arasında).	ABD, İrlanda ve İngiltere, BIM’in yükseköğretim ile bütünleştirilmesine hazır görünmektedir. Bunun için düzenlemeleri vardır.	İngiltere’de BIM Akademik Forumu (BAF) adında bir forum var.	Kurumlarda BIM kurslarının kayıt ücretlerine ilişkin herhangi bir bulguya rastlanmamıştır.
Türkiye	Türkiye, çeşitli üniversitelerde BIM eğitimi veren ülkelerden biridir.	Tez kapsamında Mimarlık eğitim müfredatı incelenmiştir. Bu kapsamda bazı okullarda bütünleştirilme olduğu görülmüştür.	Akademi ve özel sektör arasında iş birliği vardır ancak yaygın değildir.	BIM’in yükseköğretimde bütünleştirilmesi için herhangi bir düzenleme yoktur. BIM, Türkiye için yeni bir konudur.	Türkiye’de bazı gönüllü gruplar (BIM4Turkey, BIMfili, BIMgenius) var ama BAF kadar büyük değil.	Kurumlardaki BIM kurslarının bir miktar kayıt ücreti vardır.

Tablo 4.3: Dünyada ve Türkiye’de BIM’in Bütünleştirilmesine Yönelik Uygulamalar

Dünya	Seçilen okullarda bütünleştirilme seviyesi genellikle ileri seviyededir	Eğitimden sonra BIM meslekleri BIM modelcisi, BIM Analisti ve BIM Yöneticisi olarak sınıflandırılır.	BIM eğitimi daha çok yükseköğretimde başlar, daha sonra özel kurslar veya mesleki yaşamdaki eğitimlerle gelişir.	Bütünleştirilme sadece bir ders veya müfredatın tamamı ile görülebilir.	Bütünleştirilme sadece bir ders veya müfredatın tamamı ile görülebilir.	Dünyadaki incelenen üniversitelerde BIM hem bina bilgisi hem de yapı bilgisi derslerinde görülmektedir.
Türkiye	Seçilen okullarda bütünleştirilme seviyesi genellikle başlangıç seviyesindedir.	Sürekli eğitim merkezler ve bazı özel kuruluşların sertifikalı kurslarından sonra böyle bir tanımlama yapılmıştır. Ancak özel bir sınıflandırma yoktur.	BIM eğitimi bazı üniversitelerde yükseköğretimde başlasa da genel olarak özel kurslar veya mesleki yaşamda verilen eğitimlerle başlamakta ve gelişmektedir	Bütünleştirilme, genel olarak tüm müfredatla değildir. BIM dersleri, genellikle seçmeli derslerde görülebilir.	Bütünleştirilme, genel olarak tüm müfredatla değildir. BIM dersleri, genellikle seçmeli derslerde görülebilir.	Lisansüstü programlarda yapı bilgisi alanında BIM dersleri yoğunluktadır.

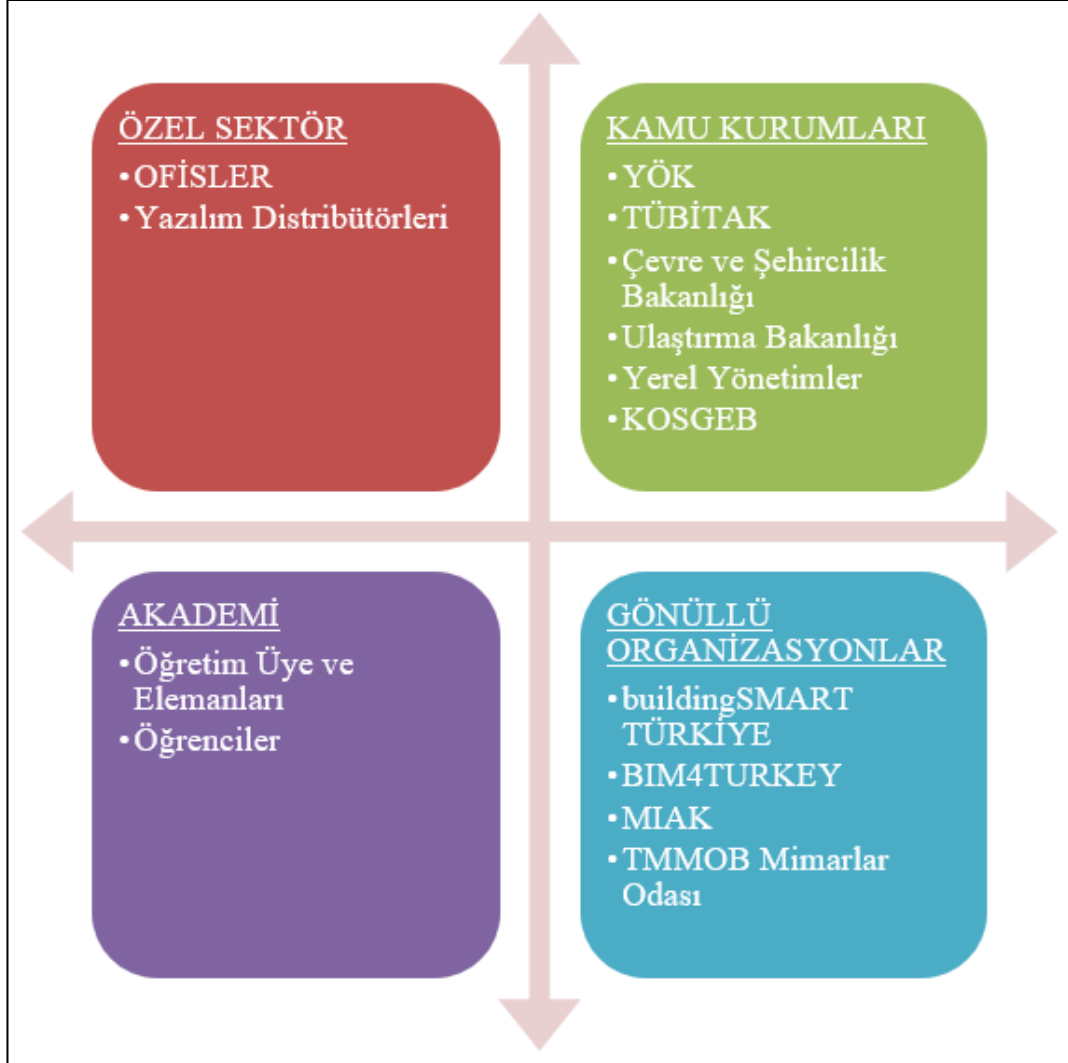
Çalışmanın bu bölümünde; tezden edinilen sonuçlardan yola çıkılarak oluşturulmuş BIM sisteminin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde atılabilecek adımlara dair çeşitli önerilere yer verilmektedir. Bu tür adımların atılmasında, kamu ve özel sektör ile akademinin temel paydaşlar olduğu görülmüş olup, bu paydaşların iş birliği içerisinde sürdüreceği çalışmaların süreci hızlandırmada etkili olabileceği düşünülmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: BIM sisteminin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde iş birliği yapabilecek paydaşlar.

Şekilde bir çarkın dişlilerine benzetilen bu paydaşlardan özel sektör; çarkın en küçük ve en hızlı dönen dişlisi olarak akademi ise çarkın en büyük ve en yavaş hareket edeni olarak temsil edilmiştir. Bu anlamda akademinin, sektörün farkında olan ve BIM çalışma sistemine kolay uyum sağlayabilen mezunlar verebilecek şekilde dönüşümünde öncelikle çarkın en hızlısı özel sektörün, sonrasında kamu kurumlarının hızı ve desteği önem taşımaktadır. Bu paydaşlara ek olarak, Türkiye’de özellikle son yıllarda BIM sistemin yaygınlaştırılmasında yoğun çaba gösteren gönüllü kuruluşların

desteği de oldukça önemlidir. Bahsedilen paydaşların içerdiği alt kurum, kuruluş ve kişiler şekil 4.2’de grafik olarak özetlenmektedir. Sonrasında, BIM sisteminin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde yer alabilecek paydaşlarla yapılabilecek iş birlikleri ve paydaşların üstlenebilecekleri sorumluluklara dair önerilere yer verilmektedir:



şekil 4.2: BIM sisteminin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde yer alabilecek paydaşların içerdiği alt kurum, kuruluş ve kişiler.

Kamu kurumları:

YK, TÜBİTAK, evre ve şehircilik Bakanlığı, Ulaştırma Bakanlığı ve yerel yönetimler, BIM sisteminin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde yer alabilecek kurumlar olarak ele alınmıştır. Her bir alt paydaşla yapılabilecek iş birlikleri maddeler halinde sıralanmıştır.

YÖK:

- Mimarlık okullarında BIM eğitiminin daha çok yer verilmesinde zorunluluk isteyebilir. Nitekim son zamanlarda bu tür çalışmaların, YÖK tarafından gerçekleştirildiği bilinmektedir.
- BIM sistem ve bu sistemle çalışma yöntemlerini öncelikli alan olarak belirleyebilir.
- Mimarlık okullarında BIM konusunda uzmanlık koşulunu sağlayan yeni akademik kadroların açılmasını gerçekleştirebilir.
- İlgi alanı BIM ve araçları olan mevcut akademisyenlerin bu alanda uzmanlaşmasına yönelik olarak, yurt içi ve / ya da yurt dışı öğretim üyesi yetiştirme programları açabilir; teşvik ve burslar verebilir.
- Özel sektör ve kamu kurumlarında BIM eğitimleri verebilecek uzman kişilere ulaşılmasında destek verebilir. Aynı zamanda, bu tür eğitimlerin gerçekleştirilmesine olanak sağlayabilir.
- BIM kullanan ofislerle ortak uygulama ve araştırma projeleri üretilebilir ve ofislere akademik açıdan çeşitli alanlarda danışmanlıklar verilebilir. Bu tür projeler ve danışmanlıklar, akademik yükseltmelerde ya da teşviklerde kullanılır hale getirilebilir.

TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu):

- BIM üzerine kendini geliştirmek ve uzmanlaşmak isteyen kişilere çeşitli destekler verebilir. Bu anlamda; Burslar, iş birliği programları, yurt içi ve yurt dışı destek programları ile destek olabilir.
- Bilimsel araştırma projeleri kapsamında BIM konusunda proje yapmak isteyen üniversitelere teşvikler verebilir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve Ulaştırma Bakanlığı:

- BIM konusunda mevzuatlar ve kanunlar yayımlayabilir.
- Metro projelerinde BIM kullanımı zorunlu olduğu gibi diğer büyük ölçekli projelerde de bakanlıklarca BIM zorunlu kılınabilir.

- Artan zorunluluklar sonucunda uzman teknik personel talebi de artacaktır. Bu talebi karşılamak için; bakanlıklarla akademi arasında çeşitli iş birliği protokolleri imzalanabilir.

Yerel yönetimler:

- Belediyelerde kabul edilecek büyük ölçekli konut, hastane, iş merkezleri gibi projelerin ruhsat projelerinde BIM sisteminin kullanılması zorunlu hale getirilebilir.
- Yerel yönetimlerdeki yönetmelikler konusunda, BIM çalışma sisteminin farkında olarak düzenlemeler yapılabilir.
- Akademi ile iş birliği yaparak kendi personelinin eğitilmesinde üniversitelerden destek alabilir ya da destek verebilir.

KOSGEB:

- BIM konusunda teknik personel eksikliklerinin karşılanmasında, bünyesinde mevcut bulunan bu alanda uzman personel ile destek verebilir.
- Ayrıca, BIM konusunda firma kurmak isteyen mimar ve mühendislerle destek ve teşvikler verebilir.

Özel Sektör:

BIM alanında uzman teknik personel eksikliğinde, özel sektörde BIM sistemi ile çalışan ofisler ve yazılım distribütörleri yer almaktadır. BIM sisteminin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde yer alabilecek bu alt paydaşlarla yapılabilecek iş birlikleri maddeler halinde sıralanmıştır.

Ofisler:

- BIM sistemini kullanan ofislerde, öncelikle mimarlık lisansüstü eğitimi gören mimarların çalışması sağlanabilir. Sonrasında, lisans düzeyindeki öğrencilerin staj olanakları artırılabilir.
- Mimarlık okullarındaki akademik kadroların BIM alanında genişletilmesinde, bu tür ofislerde çalışan ya da kendini BIM alanında bireysel olarak geliştirmiş olan çalışanlardan ders verme yönünde destekler alınabilir. Bu desteklerin alınmasında, ofislerin BIM uzmanı çalışanlarının çalışma saatlerini

düzenlemelerine olanak sağlayabilir. Onları, ders ya da akademisyenlere eğitim vermeleri yönünde destekleyebilir. Bu tür hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için, üniversite ve sektördeki firmalar arasında protokoller imzalanabilir.

- Mimarlık okullarında bu tür uzmanların ders açabilmelerine olanak sağlanabilir.
- BIM kullanan ofislerle ortak uygulama ve araştırma projeleri üretilebilir ve ofislere akademik açıdan çeşitli alanlarda danışmanlıklar verilebilir. Bu tür projeler ve danışmanlıklar, akademik yükseltmelerde ya da teşviklerde kullanılır hale getirilebilir.

Yazılım distribütörleri:

- Mimarlık okulları ile daha sıkı iş birlikleri gerçekleştirebilir. Bu anlamda mimarlık okullarında bulunan mevcut akademisyenlerden BIM konusunda ilgisi olanlardan bir ya da birkaçına yazılımlarla ilgili eğitim olanakları sunabilir.
- Mimarlık okullarında BIM ve yazılımları konularında düzenlenen etkinliklerin sayısı artırılabilir; BIM sistemi kullanan ofis çalışanları ile akademinin daha çok bir araya getirilmesi desteklenebilir.

Gönüllü organizasyonlar:

Çeşitli vakıflar, dernekler ve sivil toplum kuruluşları; BIM sistemin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde yer alabilecek alt paydaşlar olarak ele alınabilir. Bu paydaşlar çoğunlukla BIM sistemindeki gelişmelerden en üst düzeyde haberdar kişilerden oluşmaktadır. BuildingSMART TÜRKİYE, BIM4TURKEY gibi BIM ile ilgili kuruluşlar ile MİAK, TMMOB Mimarlar Odası gibi mimarlık eğitimi ve mimarlık uygulamaları ile iç içe olan kuruluşlar bu tür organizasyonlara örnek verilebilir. Gönüllü organizasyonlar, BIM sistemin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde;

- Mimarlık okullarında (özellikle devlet) çeşitli etkinliklerin, seminerlerin, atölyelerin gerçekleştirilmesinde uzman sağlayabilir, sponsor olabilir. Bu yolla akademiye konuyla ilgili farkındalığın artmasına katkı sağlayabilir.

- MIAK gibi mimarlık okullarının eğitim kalitesinde ve eğitim sürecinde etkili kuruluşlar, akreditasyon koşullarındaki başlıklar altında BIM'e yer verebilir.
- MIAK, MOBBIG, MIDEKON gibi çok sayıda mimarlık alanında uzman akademisyenlerden oluşan kuruluşlar, bütünleştirme hedefi doğrultusunda bütüncül bakış açıları üretecek çalışma grupları oluşturulmasını teşvik edebilir ve bu grupların dönüşüm için çeşitli yol haritaları geliştirmesine danışmanlık edebilir.
- MIAK, MOBBIG, MIDEKON gibi toplantılarında BIM ile bütünleşme yöntemleri konusu daha sık gündeme getirilebilir.

Akademi:

BIM sistemin mimarlık eğitimi ile bütünleştirilmesinde yer alabilecek akademik paydaşlar, öğretim üye ve elemanları ile öğrenciler olarak ele alınmıştır. Bunlara ek olarak mimarlık okullarında yönetici kadrolarda görevli akademik personel de bu tür alt paydaşlar kapsamında ele alınabilir. Bütünleştirme sırasında;

- Bu alt paydaşların AEC sektöründe BIM sistemin kullanımı ve gelişimini farketmeleri ve takip etmeleri sağlanabilir. Bu amaçla, kamu ve özel sektör ile iş birliği yapılarak çeşitli etkinlikler düzenlenebilir.
- Benzer şekilde, mevcut akademik kadronun bu konuda gelişimi için uzman kişiler ya da kurumlarla iş birliklerinin sağlanması (eğitim, etkinlik, proje vb), protokollerin imzalanması için girişimlerde bulunulması sağlanabilir.
- Mevcut akademik kadronun yanı sıra bu konuda uzmanlaşmak isteyen araştırmacıların (lisansüstü öğrenciler vb), oluşturulacak ekiplere dahil edilmesi, yurt içi ve yurt dışı eğitimlerle desteklenmesi sağlanabilir.
- BIM konusunda uzmanlaşmış akademisyenlerin mimarlık okulları kadrolarında yer alabilmeleri ya da dışarıdan ders verebilmeleri sağlanabilir.
- Salgın döneminde artan çevrim içi olanaklardan, BIM sistemin bütünleştirilmesi aşamasında da yararlanılabilir.
- BIM konusunda önde gelen mimarlık okulları ile etkileşimler ve iş birlikleri artırılabilir.
- Benzer şekilde, bölümler arasında (mimarlık-mühendislik) konuyla ilgili etkileşimler ve iş birlikleri artırılabilir.

- Farklı disiplinlerle çalışmak BIM çalışma sistemindeki önemli konulardan biridir. Bu anlamda gerek bölümlerin ders planlarında gerek derslerinde minör değişikliklere gidilebilir. Bu destek, yaz okulları ya da atölye çalışmaları ile gerçekleştirilebilir.
- Ayrıca özel sektörde BIM çalışma sistemi bilen uzmanlar üniversitede müfredatta yer alan derslerde öğrencilere farkındalık kazandırmak amacıyla derslere misafir olarak katılabilir.
- Öğrencilerin de bu konudaki isteği BIM'in mimarlık eğitiminde bütünleştirilmesine katkı sağlayabilir. Bu anlamda, aynı ya da farklı disiplinlerden öğrencilerin gerek dersler kapsamında gerekse yapılacak atölye ve yarışmalar kapsamında birarada çalışabilecekleri ortamların artırılması bütünleştirmede etkili olabilir.
- Ayrıca, lisans ya da lisansüstü düzeylerde verilen derslerde, öğrencilerden BIM konusunda rapor hazırlamaları istenebilir.

Son olarak, özellikle akademi ayağında önerilen tüm bu önerilerin gerçekleştirilebilmesinde, mimarlık okullarında çalışan akademisyenlerin fiziksel ortamlarının ve çalışma koşullarının iyileştirilmesi önem arz etmektedir. Bu anlamda, akademisyenlerin, araştırma ve geliştirmeye vakit ayırmasına olanak sağlayacak koşulların sağlanabilmesi, yapılacak dönüşümün en önemli adımını oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

Ademci M., (2018). Türk Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat Endüstrisinde Yapı Bilgi Modellemesi'nin Benimsenmesine Yönelik Bir Analiz, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: MSGÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Akkaya D., (2012). İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi Hakkında İnceleme, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Akkoyunlu T., (2015). Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi, Doktora Tezi, İTÜ, Mimarlık Anabilim Dalı Proje ve Yapı Bilimleri Programı, İstanbul.

Alliance for Construction Excellence, (2008). Alliance for Construction Excellence", 2008.

Alkawi G., (2016). Mimarlık Eğitiminde BIM Tabanlı Disiplinler arası İş birliği Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Azhar S., (2011). Building Information Modelling (BIM): trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry, Leadership and management in engineering 11 (3), 241-252.

Bahadır Ü., (2018). Yenileme Projelerinin Yönetim Süreçlerinde Yapı Bilgi Modellemesinin Kullanımı: Vaka Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, KATÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Barison M. B., Santos E. T. (2010). Review and analysis of current strategies for planning a BIM curriculum. In Proceedings of the CIB W78 2010: 27th International Conference (pp. 16-18). Blacksburg Virginia: Cairo. Virginia Tech.

Barison M. B., Santos E. T. (2011). BIM teaching: current international trends. Gestão e Tecnologia de Projetos, 6(2), 67-80.

Başyazıcı İ., (2018). Türkiye BIM Raporu, BIMgenius.org.

Başyazıcı İ., (2020). Türkiye BIM Raporu, BIMgenius.org.

Becerik-Gerber B., Rice S. (2010). The perceived value of building information modeling in the US building industry. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), 15(15), 185-201.

BIMForum, Level of Development Specification Part 1-2. <http://BIMforum.org/lod/> 10 Nisan 2021.

Bodur A., Koşan N. S., Acil Durum Uzaktan Öğretimin Öğrenciler Üzerindeki Etkisi: Bir Mimarlık Bölümü Dersi Örneği. (2021). Tasarım Mimarlık ve Mühendislik Dergisi, 1(3), 233-246.

BSI. (2018). BSI 19650-1:2019 Organization and digitization of information about buildings and çivil engineering works, including building information modelling (BIM)- Information management using building information modelling, Part 1: Concepts and principles. 1–46.

BuildingSMART. (2010). <http://www.buildingsmart-tech.org/>.

Bütünleşik Bina Tasarımı Yaklaşımı ile Proje Geliştirme Süreci Uygulama Kılavuzu, Mayıs 2016

Deamer P., Bernstein P. (2011). BIM in Academia, Yale School of Architecture, CT.

Dutton T.A., (1987). Design and studio pedagogy. Journal of architectural education, 41(1): 16-25.

Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K., (2008). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Building Information Modeling, 2011, / A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors", New Jersey: John Wiley and Sons Inc.

Elinç ve ark., (2021). ‘Uzaktan Eğitimin Uygulamalı Derslerde Sürdürülebilirliği: Mimarlık Bölümleri Örneği’, The Journal of Graduate School of Natural and Applied Sciences of Mehmet Akif Ersoy University 12(1): 54-68.

Elsafadi H., (2016). BIM 3d Or How To Communicate The Design Intent<https://www.linkedin.com/pulse/BIM-3d-7d-implementation-hani-elsafadi>.

ENR. (2018). 12 20, 2019 tarihinde <https://www.enr.com/toplists/2018-Top-250-International-Contractors-2> adresinden alındı

ENR. (2018). 12 20, 2019 tarihinde <https://www.enr.com/toplists/2018-Top-250-International-Contractors-3> adresinden alındı

ENR. (2018). ENR. 12 20, 2019 tarihinde <https://www.enr.com/toplists/2018-Top-250-International-Contractors-1> adresinden alındı

Esin N. (2011, Eylül). Sürdürülebilir Tasarım ve Mimarlık Eğitimi. Mimarist (41), 36-39.

Eyigün S., ERP Sisteminin BIM Veri Akışına Dahil Edilmesi ve Üretimsel Süreçlerle Entegrasyonu. Yapı Bilgi Modelleme, 3(1), 23-34.

Özperçin G.D., (2016). “Bütünleşik proje teslim metodunun, yapı bilgi modellemesi ile birlikte sürdürülebilir mimari ve uygulamalarına katkısı,” Yüksek Lisans Tezi, Konut Üretimi ve İnşaat Yönetimi Mimarlık Bölümü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Gerber D. J., Khashe S., Smith I. F. (2015). Surveying the evolution of computing in architecture, engineering, and construction education. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 29(5), 04014060.

Hamzakadi A., & TURKDOGAN, İ. (2019). Integrated study of building information modeling (BIM) with green buildings for a sustainable environment. *Environmental Research and Technology*, 2(1), 46-54.

Holland R., Messner J., Parfitt K., Poerschke U., Pihlak M., Solnosky R. (2010). Integrated design courses using BIM as the technology platform. *Integrated design courses using BIM as the technology platform*.

Holmström J. (2015). Transferring best practices enabled by Building information modeling (BIM) in Architecture, Engineering and Construction (AEC) to shipbuilding industry: An explorative study.

Hooper M., (2012). *Building Information Modeling Anatomy-An Investigation Into Implementation Prerequisites*", Design Methodology, Department of Construction Sciences.

Isanovic H. (2018). *Developing a Methodology for Learning BIM through Education-Practice Collaboration*.

ISO, B. (2018). 19650-1: 2018. BSI Standards Publication Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM)-Information management using building information modelling.

İbrahimgil S., (2019). *Sürdürülebilirlik İlkelerinin Mimarlık Eğitimine Entegrasyonu Üzerine bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara*.

Kamardeen I., (2010). 8D BIM modelling tool for accident prevention through design. In 26th Annual ARCOM Conference, Leeds, Association of Researchers in Construction Management, 1, 281-289.

Kara B. (2017). *Türkiye'deki Mimarlık Okullarında Mimari Proje Eğitiminin Karşılaştırmalı Analizi, Yüksek Lisans Tezi, KATÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon*.

Khemlani L., (2012). *Around the World with Building Information Modeling "*, Architecture Engineering Constructbytes.

Kia S. (2013). Review of Building Information Modeling (BIM) Software Packages Based on Assets Management. *Introduction to Building Information Modeling (BIM)*, 101-139.

Kiviniemi A., Fischer M. (2009). Potential obstacles to using BIM in architectural design. *Collaborative construction information management*, 36-54.

Kocaturk T., Kiviniemi A., (2013). Challenges of integrating BIM in architectural education. Scheer, D. R. (2014). The death of drawing: architecture in the age of simulation. Routledge.

Kopuz B., (2015). İnşaat Projelerinde Etkin bir BIM Uygulaması için Katılımcılar Arasındaki BIM Protokollerinin İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Krygiel E., Nies B., (2008). Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modeling. USA: John Wiley & Sons.

Kymmell W., (2008). Building Information Modelling–Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations, McGraw Hill Construction.

Marta A., Stefano B., Carlo B., Filippo M. (2019). 7d BIM for sustainability assessment in design processes: a case study of design of alternatives in severe climate and heavy use conditions. Architecture and Engineering, 4(2), 3-12.

McAuley B., Hore A., West R., (2017). BICP Global BIM Study-Lessons for Ireland's BIM Programme. Costruction IT Alliance (CitA) Limited.

McGraw-Hill Construction, (2012). The Business Value of BIM in North America Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007-2012). North America.

McGraw-Hill Construction, (2014). SmartMarket Report, The business value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling, McGraw-Hill.

Nalçakan H., (2006). Küresellen Dünyada Mimarlık Eğitimi ve Türkiye, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Nalçakan H., Polatoğlu Ç. (2008). Education Of Architectural In World And Turkey With Comparison Analyses And The Effect Of The Globalisation To The Architectural Education//Türkiye'deki ve Dünyadaki Mimarlık Eğitiminin Karşılaştırmalı Analizi ile Küreselleşmenin Mimarlık Eğitimine Etkisinin İrdelenmesi. Megaron, 3(1), 79.

NATSPEC, BIM education- global – (2017). Update report. (2017). NATSPEC Construction Information.

NBS. (2018). National BIM Report 2019. İngiltere: RIBA Enterprises Ltd.)

NBS. (2020). National BIM Report 2020. İngiltere: RIBA Enterprises Ltd.)

NBS. (2019). Common Data Environments| NBS. <https://www.thenbs.com/knowledge/common-dataenvironments>

Ofluoğlu S., (2016). BIM ve sürdürülebilirlik, in XVIII. Akademik Bilişim Konferansı, 1183–1187.

Ozorhon B., Karahan U., (2017). Critical success factors of building information modeling implementation. *Journal of management in engineering*, 33(3), 04016054.

Ozorhon B., (2018). *Building Information Modelling*. Istanbul: Ezgi, pp.0-130.

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.

Sakarya K., (2021). Pandemi Sürecinde Uzaktan Eğitim ile Yürütülen Teknik Resim Dersine Dair Bir Değerlendirme: Çukurova Üniversitesi İç Mimarlık Bölümü Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25), 282-290.

Samuel E. I., Joseph-Akwara E., Richard A., (2017). Assesment of energy utilization and leakagesin buildings with building information model energy. *Frontiers of Architectural Research*, 6, 29-41.

Smith, P. (2014). BIM implementation- global strategies. *Procedia Engineering*, 85 (Creative Construction Conference 2014), 11. Prague, Czech Republic

Smith D. K., and Tardif M., (2012). *Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers*. John Wiley & Sons. Staub-French, S., Forgues, D., Iordanova, I., Kassaian, A., Abdulaal, B., Samilski, M., C

Succar B., (2009). Building information modeling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, *Automation in Construction*, 18, 357–375.

Sun C., Jiang S., Skibniewski M. J., Man Q., Shen L., (2017). A literature review of the factors limiting the application of BIM in the construction industry. *Technological and Economic Development of Economy*, 23(5), 764-779.

Şekerci Y., Danacı H. M., & Elinç Z. K., (2021). Uzaktan eğitimin uygulamalı derslerde sürdürülebilirliği: mimarlık bölümleri örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 12(1), 54-68.

Teicholz P., (2004). *Labor Productivity Declines in the Construction Industry: Causes and Remedies*. AECbytes 4.

Teymur N., (2007). Vitruvius in the Studio- What is Missing? In A. M. Salama & N. Wilkinson (Eds.), *Design studio pedagogy: Horizons for the future* (pp. 91-110). UK The Urban International Press.

Us F., (2021). Mimarlıkta uzaktan eğitim: mimari tasarım stüdyosunda acil durum uzaktan eğitimi ve bir örnek üzerinden değerlendirilmesi. *The Turkish Online Journal of Design Art and Communication*, 11 (3), 886-897.

Yılmaz F., (2020). *Mimarlık Lisans Eğitimine BIM Entegrasyonu Yaklaşımı: İTÜ Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yılmaz D. R., Polat S., (2020). Teknolojik Yenilikler Doğrultusunda Mimarlık Eğitim Mekanlarının Dönüşümü: Yurtdışındaki ve Türkiye’deki Mimarlık Okulları Üzerine Bir Araştırma. Mimarlık ve Yaşam, 5(2), 441-460.

Yücel V., (2018). VRiC: Mimarlıkta Yapı Bilgisi Öğreniminde Kullanılabilecek Bir Sanal Ortam Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Web 1, (2021) <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/imagining-constructions-digital-future> (Erişim tarihi: 16/02/2021)

Web 2, (2021) <http://sayisalmimar.com/en/category/egitim/> (Erişim tarihi: 16/03/2021)

Web 3, (2021) <https://www.smartvid.io/> (Erişim tarihi: 16/03/2021)

Web 4, (2021) <http://buildingsmartturkiye.org/index.php/paylasimlar/videolar/item/200-bstr-nin-ilk-uygulama-calisma-videosu-yayinda> (Erişim tarihi: 16/02/2021)

Web 5, (2021) <https://www.youtube.com/watch?v=HUtn6e4WoY4> (Erişim tarihi: 16/02/2021)

Web 6, (2021) <http://buildingsmartturkiye.org/index.php/paylasimlar/videolar/item/200-bstr-nin-ilk-uygulama-calisma-videosu-yayinda> (Erişim tarihi: 20/03/2021)

Web 7, (2021) <http://www.ulastirma.com.tr/istanbul-metrosuna-uluslararası-mukemmellik-odulu-109971h.htm> (Erişim tarihi: 17/04/2021)

Web 8, (2021) <https://sgb.uab.gov.tr/uploads/pages/dijital-yonetim/BIM-teknik-sartnamesi-rev-no-01.pdf> (Erişim tarihi: 25/05/2021)

Web 9, (2021) http://www.miak.org/?p=sayfalar&sayfa_id=70 (Erişim tarihi: 25/05/2021)

Web 10, (2021) <https://inhabitat.com/georgia-techs-hinman-research-building-is-a-beautifully-renovated-leed-gold-architecture-studio/> (Erişim tarihi: 25/05/2021)

Web 11, (2021) <https://www.floornature.com/tham-videgard-design-new-stockholm-school-architecture-11463/> (Erişim tarihi: 25/05/2021)

Web 12, (2021) <https://catalog.gatech.edu/courses-undergrad/arch/> (Erişim tarihi: 20/06/2021)

Web 13, (2021) <https://catalog.gatech.edu/programs/march/#requirementstext> (Erişim tarihi: 23/06/2021)

Web 14, (2021) <https://catalog.gatech.edu/programs/architecture-ms/> (Erişim tarihi: 27/06/2021)

Web 15, (2021) <https://catalog.gatech.edu/programs/architecture-phd/> (Erişim tarihi: 27/06/2021)

Web 16, (2021) <https://www.salford.ac.uk/courses/undergraduate/architecture> (Erişim tarihi: 02/07/2021)

Web 17, (2021) <https://www.salford.ac.uk/courses/undergraduate/architectural-design-and-technology> (Erişim tarihi: 02/07/2021)

Web 18, (2021) <https://www.salford.ac.uk/courses/postgraduate/architecture> (Erişim tarihi: 02/07/2021)

Web 19, (2021) <https://www.salford.ac.uk/courses/postgraduate/BIM-and-digital-built-environments> (Erişim tarihi: 02/07/2021)

Web 20, (2021) <https://hub.salford.ac.uk/uprise-digital-built-environment/> (Erişim tarihi: 02/07/2021)

Web 21, (2021) <https://catalog.tamu.edu/undergraduate/general-information/history-development/> (Erişim tarihi: 05/07/2021)

Web 22, (2021) <https://catalog.tamu.edu/undergraduate/architecture/architecture/#coursestext> (Erişim tarihi: 05/07/2021)

Web 23, (2021) <https://catalog.tamu.edu/graduate/course-descriptions/arch/> (Erişim tarihi: 05/07/2021)

Web 24, (2021) <https://www.depts.ttu.edu/architecture/about/the-coa/history.php> (Erişim tarihi: 05/07/2021)

Web 25, (2021) https://catalog.ttu.edu/content.php?catoid=13&catoid=13&navoid=1366&filter%5Bit%5D=3&filter%5Bonly_active%5D=1&filter%5B3%5D=1&filter%5Bcpag%5D=5#acalog_template_course_filter (Erişim tarihi: 05/07/2021)

Web 26, (2021) <https://www.depts.ttu.edu/architecture/acad-admissions/certificates.php> (Erişim tarihi: 05/07/2021)

Web 27, (2021) <https://www.depts.ttu.edu/architecture/about/facilities/dcflab.php> (Erişim tarihi: 05/07/2021)

Web 28, (2021) <https://www.linkedin.com/learning/creating-a-BIM-execution-plan> (Erişim tarihi: 12/07/2021)

Web 29, (2021) <https://www.arcdox.com/pinnacle-series> (Erişim tarihi: 12/07/2021)

Web 30, (2021) <https://catalog.gatech.edu/programs/#certificatestext> (Erişim tarihi: 12/07/2021)

Web 31, (2021) <https://www.e-zigurat.com/en/our-masters/> (Erişim tarihi: 12/07/2021)

Web 32, (2021) <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/> (Erişim tarihi: 17/07/2021)

Web 33, (2021) <https://mim.itu.edu.tr/genel-bilgi/> (Erişim tarihi: 17/07/2021)

Web 34, (2021) <https://darch.itu.edu.tr/naab/> (Erişim tarihi: 17/07/2021)

Web 35, (2021) <https://darch.itu.edu.tr/ders-planlari/> (Erişim tarihi: 17/07/2021)

Web 36, (2021) <https://mim.itu.edu.tr/lisansustu-egitim/> (Erişim tarihi: 21/07/2021)

Web 37, (2021) <https://architecture.iyte.edu.tr/tarihce/> (Erişim tarihi: 21/07/2021)

Web 38, (2021) <https://architecture.iyte.edu.tr/lisans/> (Erişim tarihi: 21/07/2021)

Web 39, (2021) <https://architecture.iyte.edu.tr/yuksek-lisans/> (Erişim tarihi: 21/07/2021)

Web 40, (2021) <https://www.ktu.edu.tr/mimarlik-genelbilgiler> (Erişim tarihi: 25/07/2021)

Web 41, (2021) <http://www.katalog.ktu.edu.tr/DersBilgiPaketi/generalinfo.aspx?pid=586&lang=1> (Erişim tarihi: 25/07/2021)

Web 42, (2021) <http://www.katalog.ktu.edu.tr/DersBilgiPaketi/generalinfo.aspx?pid=262&lang=1> (Erişim tarihi: 25/07/2021)

Web 43, (2021) <http://www.katalog.ktu.edu.tr/DersBilgiPaketi/generalinfo.aspx?pid=263&lang=1> (Erişim tarihi: 25/07/2021)

Web 44, (2021) <https://www.msgsu.edu.tr/faculties/mimarlik-fakultesi/mimarlik-bolumu> (Erişim tarihi: 29/07/2021)

Web 45, (2021) <https://www.msgsu.edu.tr/faculties/fen-bilimleri-enstitusu> (Erişim tarihi: 29/07/2021)

Web 46, (2021) <https://www.msgsu.edu.tr/faculties/enformatik-bolumu> (Erişim tarihi: 29/07/2021)

Web 47, (2021) <https://arch.metu.edu.tr/general-information> (Erişim tarihi: 29/07/2021)

Web 48, (2021) <http://archweb.metu.edu.tr/en/bachelor-architecture> (Erişim tarihi: 29/07/2021)

Web 49, (2021) <http://archweb.metu.edu.tr/en/ma-architecture> (Erişim tarihi: 29/07/2021)

Web 50, (2021) <http://www.mim.yildiz.edu.tr/mim/1/Tarih%C3%A7e/16> (Erişim tarihi: 03/08/2021)

Web 51, (2021) <http://www.mim.yildiz.edu.tr/mim/1/M%C4%B0AK-S%C3%BCreci/227> (Erişim tarihi: 03/08/2021)

Web 52, (2021) <http://www.mim.yildiz.edu.tr/mim/1/NAAB-S%C3%BCreci/221> (Erişim tarihi: 03/08/2021)

Web 53, 2021 <http://www.mim.yildiz.edu.tr/mim/4/E%C4%9Fitim-Planlar%C4%B1/158> (Erişim tarihi: 03/08/2021)

Web 54, 2021 <http://www.mim.yildiz.edu.tr/mim/4/Lisans%C3%BCst%C3%BC/27> (Erişim tarihi: 03/08/2021)

Web 55, 2021 https://akademikpaket.iku.edu.tr/TR/ects_bolum.php?m=1&p=15&f=11&r=0&ects=ders (Erişim tarihi: 03/08/2021)

Web 56, 2021 <https://akademikpaket.iku.edu.tr/TR/ects.php?p=2&r=0> (Erişim tarihi: 03/08/2021)

Web 57, 2021 https://akademikpaket.iku.edu.tr/TR/ects_bolum.php?m=2&f=8&p=36&r=0&ects=main (Erişim tarihi: 03/08/2021)

Web 58, 2021 <https://www.medipol.edu.tr/akademik/fakulteler/guzel-sanatlar-fakultesi> (Erişim tarihi: 15/08/2021)

Web 59, 2021 <https://www.medipol.edu.tr/akademik/fakulteler/guzel-sanatlar-fakultesi/bolumler/mimarlik/ders-programi> (Erişim tarihi: 15/08/2021)

Web 60, 2021 <https://mmr.ieu.edu.tr/tr> (Erişim tarihi: 15/08/2021)

Web 61, 2021 <https://mmr.ieu.edu.tr/tr/curr> (Erişim tarihi: 15/08/2021)

Web 62, 2021 <https://lisansustu.ieu.edu.tr/tr/mimarlik-lisansustu-programlari> (Erişim tarihi: 15/08/2021)

Web 63, 2021 <https://itusem.itu.edu.tr/egitimler-ve-programlar/insaat-fakulltesi-sertifika-programlari> (Erişim tarihi: 20/08/2021)

Web 64, 2021 <https://sem.metu.edu.tr/egitim/BIM.html> (Erişim tarihi: 20/08/2021)

Web 65, 2021 <https://buyem.boun.edu.tr/egitim/insaat-projelerinde-uygulamali-BIM-surecleri.html> (Erişim tarihi: 20/08/2021)

Web 66, 2021 <https://sem.msgsu.edu.tr/kurslar/BIM-operator> (Erişim tarihi: 20/08/2021)

Web 67, 2021 <https://sem.antalya.edu.tr/tr/etkinlikler/BIM-modelleme-uzmanligi-sertifika-programi> (Erişim tarihi: 20/08/2021)

Web 68, 2021 <https://esogusem.ogu.edu.tr/web/?q=tr/course/BIM-uzmanligi-egitimi> (Erişim tarihi: 20/08/2021)

Web 69, 2021 <https://yokatlas.yok.gov.tr/lisans-anasayfa.php> (Erişim tarihi: 20/08/2021)

Wu, W., & Issa, R. R. (2015). Yeşil bina projelerinde BIM uygulama planlaması: Kullanım senaryosu olarak LEED, 31(1), A4014007.

ÖZGEÇMİŞ

Selda Toklu 2009 yılında başladığı Gebze Teknik Üniversitesi Mimarlık Bölümünü 2014 yılında başarıyla tamamladı. 2016-2018 yıllarında ERYAP Mimarlık Mühendislik firmasının kuruculuğunu yaptı. 2019 yılında yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalına başladı. 2020 yılından beri uluslararası bir firmada hastane projesinin ekibinde mimar olarak çalışmaktadır.

EKLER

Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

Toklu S., Güzelçoban Mayuk S., (2020). “A Research for the Integration of BIM with the Architecture Education in Turkey”, ATI International Symposium Architecture, Technology Innovation 2020 “Smart Buildings, Smart Cities”, Tam Metin Bildiri Kitabı, 341-351, İzmir/Türkiye, Online, 26-28 Ağustos.