

**TARİHİ YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (TYBM) YÖNTEMİNİN
TAŞINMAZ KÜLTÜR VARLIKLARINDA BELGELEME AMAÇLI
KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI;
AFYONKARAHİSAR ULU CAMİİ ÖRNEKLEMİ**

Harun Mevlüt TUNAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hicran Hanım HALAÇ

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Eylül 2022

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Harun Mevlüt TUNAY'ın "Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (TYBM) Yönteminin Taşınmaz Kültür Varlıklarında Belgeleme Amaçlı Kullanılabilirliğinin Araştırılması; Afyonkarahisar Ulu Camii Örnekleme" başlıklı tezi 13/09/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Mimarlık Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Unvanı Adı Soyadı

İmza

Üye (Tez Danışmanı)	: Prof. Dr. Hicran Hanım HALAÇ	
Üye	: Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU	
Üye	: Doç. Dr. Fatih US	
Üye	:	
Üye	:	

Prof. Dr. Murat TANIŞLI

.Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans ğrencisi Harun Mevlüt TUNAY, “Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (TYBM) Yönteminin Taşınmaz Kültür Varlıklarında Belgeleme Amaçlı Kullanılabilirliğinin Araştırılması; Afyonkarahisar Ulu Camii rnekleme” başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımda incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Danişmanı

Prof. Dr. Hicran Hanım HALAÇ

ÖZET

TARİHİ YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (TYBM) YÖNTEMİNİN TAŞINMAZ KÜLTÜR VARLIKLARINDA BELGELEME AMAÇLI KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI; AFYONKARAHİSAR ULU CAMİİ ÖRNEKLEMİ

Harun Mevlüt TUNAY

Mimarlık Anabilim Dalı

Mimari Koruma Bilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisanüstü Eğitim Enstitüsü, Eylül 2022

Danışman: Prof. Dr. Hicran Hanım HALAÇ

UNESCO Dünya Mirasları olan kültür varlıklarının gelecek nesillere aktarılabilmesi için koruma ve belgeleme çalışmalarında, disiplinlerarası iş birliğiyle müdahale kararlarının hızlı ve doğru alınması, miras yapısının geçmişten günümüze geçirdiği değişimlerin pratik yöntemlerle güncellenmesi, yapının hassas şekilde ölçülüp analiz edilmesi gerekmektedir. Belgeleme çalışmalarında teknoloji ile gelişen ve tercih edilen modern yöntemler, geleneksel belgeleme yöntemlerine alternatif oluşturmakta ve çalışmalara hız kazandırmakta fakat beklenen faydayı sağlayamamaktadır. Bina yaşam döngüsü boyunca fayda sağlayan Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), inşası gerçekleştirilecek yapıya ait verileri tek bir platformda depolayabilen, disiplinlerarası iş birliğini kolaylaştıran, kesintisiz veri akışı sağlayabilen, otomatik revizyon kapasitesine sahip bir ekosistemdir. Yapı Bilgi Modellemesi'nin kültür varlıklarının koruma ve belgeleme çalışmalarına entegrasyonu Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (TYBM) olarak adlandırılmaktadır. TYBM sayesinde kültür varlıklarına ait eski ve güncel veriler tek bir platformda depolanarak veri kayıplarının önüne geçilmekte, yapılan hassas ölçümlerle kültür varlığının detaylı modeli üretilebilmekte ve YBM ekosisteminin sunduğu bütün potansiyeller UNESCO Dünya Mirası yapılarının belgelenme çalışmalarında kullanılabilmektedir. Çalışmada, geleceğin belgeleme yöntemi olması beklenen TYBM yöntemi, UNESCO Dünya Mirası ve Anadolu'nun Orta Çağ Dönemi Ahşap Direkli ve Kirişli Camilerinden birisi olan Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin modern belgeleme yöntemlerinden lazer tarama ile nokta bulutu verileri üretilip otomatik araçlarla tasarım elemanlarına göre sınıflandırılan kafes modeller YBM yazılımlarında akıllı nesne kütüphanelerine dönüştürülerek oluşan sanal modeli ile bütün diğer verileri tek bir dosyada birleştirilerek uygulanmaktadır. Çalışma, TYBM yönteminin ulusal ve uluslararası kültür varlıklarının belgeleme çalışmalarında kullanımını yaygınlaştırarak, koruma uzmanlarına bir kılavuz niteliği taşıyacaktır.

Anahtar Sözcükler: Afyonkarahisar Ulu Camii, Kültürel Miras, Taşınmaz Kültür Varlığı, Belgeleme, Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi, YBM, TYBM

ABSTRACT

RESEARCH ON THE USE OF HISTORIC BUILDING INFORMATION MODELING (HBIM) TECHNIQUE ON IMMOVABLE CULTURAL HERITAGE AT AFYONKARAHISAR GRAND MOSQUE FOR DOCUMENTATION PURPOSES.

Harun Mevlüt TUNAY

Department of Architecture
Programme in Architectural Conservation
Eskişehir Technical University, Graduate School of Education, September 2022

Supervisor: Prof. Dr. Hicran Hanım HALAÇ

Passing on the cultural assets that are UNESCO World Heritage Sites to future generations necessitates making quick and correct intervention decisions with interdisciplinary collaboration, updating the changes in the heritage structure from past to present with practical methods, and sensitively measuring and analyzing the structure. While modern methods developed with technology and preferred in documentation studies create an alternative to conventional documentation methods and accelerate the work, they fail to deliver the expected benefit. Building Information Modeling (BIM), which provides benefits throughout the building life cycle, is an ecosystem that can store the data of the building to be constructed on a single platform, facilitate interdisciplinary collaboration, provide continuous data flow, and support automatic revision capacity. Historical Building Information Modeling (HBIM) refers to the integration of Building Information Modeling into the conservation and documentation of cultural assets. Data loss is avoided with HBIM by storing old and current data of cultural properties on a single platform; a detailed model of a cultural property with precise measurements can be produced; and all the BIM ecosystem's potential can be used in the documentation of UNESCO World Heritage structures. In the study, the future's expected documentation method, HBIM, is implemented by combining a virtual model of one of the UNESCO World Heritage's and Anatolia's medieval period wooden pillared and beamed Afyonkarahisar Grand Mosque, and all the other data of the mosque into a single file. This virtual model of the mosque was generated by producing the point cloud data of the mosque with laser scanning, a modern documentation method, and converting the lattice models, which are classified according to design elements by automatic tools, into smart object libraries in BIM software. The study will serve as a guide for conservation experts by broadening the usage of the HBIM method in the documentation of national and international cultural assets.

Keywords: Afyon Grand Mosque, Immovable Cultural Heritage, Documentation, Historic Building Information Modelling, BIM, HBIM, H-BIM

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca değerli katkılarıyla her zaman yol gösteren ve desteğini esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Prof. Dr. Hicran Hanım HALAÇ'a; eleştirileri ile tezimin gelişmesine katkıda bulunan jüri üyesi sayın hocalarım Prof. Dr. Salih OFLUOĞLU ve Doç Dr. Fatih US'a;

Afyonkarahisar Ulu Camii belgelerine ulaşmamda yardımlarını esirgemeyen Aslı Apaydın ÖZDEMİR'e, Banu Odabaşı KILINÇ'a ve Odabaşı Mimarlık & Restorasyon'a; Tezde kullandığım yazılımların temin edilmesinde büyük yardımları olan Turgut ALPÖRAL ve Graftek'e; Çalışmam boyunca manevi desteklerini her zaman hissettiğim arkadaşlarım Fikret BADEMCİ ve Şeyda YILMAZ'a;

Son olarak, hayatım boyunca maddi ve manevi hiçbir desteği benden esirgemeyen, tez sürecimde zorluklar içerisinde güzellikler görmemi sağlayıp bu süreci benimle birlikte yaşayan, en kıymetli varlığım, biricik aileme; Fikriye TUNAY, Mehmet TUNAY, Tülay ŞENGÖNÜL, Nilda Tunay YAZGAN ve Hasan TUNAY'a sonsuz teşekkürlerimi ve sevgilerimi sunarım.

Harun Mevlüt TUNAY

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

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

Harun Mevlüt TUNAY

STATEMENT OF COMPLIANCE WITH ETHICAL PRINCIPLES AND RULES

I hereby truthfully declare that this thesis is an original work prepared by me; that I have behaved in accordance with the scientific ethical principles and rules throughout the stages of preparation, data collection, analysis and presentation of my work; that I have cited the sources of all the data and information that could be obtained within the scope of this study, and included these sources in the references section; and that this study has been scanned for plagiarism with “scientific plagiarism detection program” used by Eskişehir Technical University, and that “it does not have any plagiarism” whatsoever. I also declare that, if a case contrary to my declaration is detected in my work at any time, I hereby express my consent to all the ethical and legal consequences that are involved.

Harun Mevlüt TUNAY

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI.....	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
DANIŞMAN ONAYI	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	vii
STATEMENT OF COMPLIANCE WITH ETHICAL PRINCIPLES AND RULES	viii
İÇİNDEKİLER	ix
TABLolar DİZİNİ.....	xii
GÖRSELLER DİZİNİ.....	xiv
KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Yasal Yönetmelik Çerçevesi.....	1
1.2. Çalışmada Kullanılan Belgeleme Yöntemleri ve Teknolojiler	3
1.3. Çalışma Probleminin Tanımlanması	6
1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	8
1.5. Çalışmanın Hipotezi.....	10
1.6. Çalışmanın Yöntemi.....	10
1.7. Çalışmanın Literatür Taraması.....	14
1.8. Çalışma Bölümlerinin Özeti	20
2. ANADOLU’NUN ORTA ÇAĞ DÖNEMİ AHŞAP DİREKLİ VE KİRİŞLİ CAMİLERİ.....	23
2.1. Afyonkarahisar Ulu Camisi	24
2.1.1. Malzeme ve yapı tekniği	27
2.1.2. Mimari süsleme özellikleri.....	27
2.1.3. Plan özellikleri	28
2.1.3.1. Harim.....	28
2.1.3.2. Kadınlar mahfili.....	31
2.1.3.3. Müştemilatlar	32
2.1.4. Kesit ve cephe özellikleri.....	32

2.1.5. Minare	34
2.2. Eskişehir Sivrihisar Ulu Camisi.....	35
2.3. Ankara Ahi Şerafettin (Arslanhane) Camisi	37
2.4. Konya Beyşehir Eşrefoğlu Camisi	38
2.5. Kastamonu Kasabaköyü Mahmut Bey Camisi	40
3. TEKNOLOJİ VE BELGELEME.....	42
3.1. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM).....	42
3.1.1. Tarihsel Gelişim Süreci ve Sunduğu Avantajlar	45
3.1.2. Bina Yaşam Döngüsünde Kullanımı.....	50
3.1.2.1. Tasarım aşamasında kullanımı	50
3.1.2.2. Yapısal ve çevresel analizde kullanımı.....	52
3.1.2.3. Yapım aşamasında kullanımı	52
3.1.2.4. Tesis yönetimi aşamasında kullanımı	54
3.2. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)	55
3.3. Mevcut Belgeleme Yöntemleri	57
3.3.1. Geleneksel belgeleme yöntemleri	57
3.3.2. Modern belgeleme yöntemleri	59
3.3.2.1. Fotogrametri tarama ile belgeleme yöntemleri.....	59
3.3.2.2. Lazer tarama ile belgeleme yöntemleri	62
3.4. Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi	68
3.4.1. TYBM kullanımının yaygınlaşmama nedenleri	70
3.4.2. TYBM kullanım örnekleri	70
3.4.3. TYBM uygulama adımları.....	72
4. AFYONKARAHİSAR ULU CAMİSİ'NİN TARİHİ YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (TYBM) YÖNTEMİYLE BELGELENMESİ	74
4.1. YBM Yazılımlarına Geçiş Hazırlıkları	75
4.1.1. Nokta bulutunun sınıflandırılması.....	77
4.1.2. Kafes (mesh) model elde edilmesi	81
4.2. YBM Yazılımlarına Aktarım	84
4.2.1. Archicad'e aktarım	84
4.2.1.1. Kafes model, nokta bulutu ve tüm belgelerin aktarımı	84
4.2.1.2. Nokta bulutu izdüşümü ile akıllı nesne üretimi.....	88
4.2.1.3. Kot seviyelerinin belirlenmesi.....	89
4.2.1.4. Akıllı nesne niteliklerinin girdisi.....	89
4.2.1.5. Akıllı nesne malzemelerinin tanımlanması.....	90
4.2.2. Revit'e aktarım	92

4.3. Sanal Tur Oluşturulması.....	93
4.3.1. Teknik sanal turların Archicad ve Realworks ile oluşturulması.....	93
4.3.2. Turistik sanal turun 3DVista Virtual Tour ile oluşturulması.....	94
5. DEĞERLENDİRME ve SONUÇ	96
KAYNAKÇA.....	100
ÖZGEÇMİŞ.....	125



TABLÖLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1.1. Afyonkarahisar Ulu Camii künyesi.....	25
Tablo 2.1.2. Girişte bulunan kitabeler/yazıtlar.....	26
Tablo 2.1.3.1.1. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin harim bölümü	29
Tablo 2.1.3.1.2. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin harim bölümü iç mekan öğeleri.....	31
Tablo 2.1.3.2.1. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin kadınlar mahfili planı	31
Tablo 2.1.3.2.2. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin kadınlar mahfili bölümleri.....	32
Tablo 2.1.3.3.1. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin müştemilat bölümleri.....	32
Tablo 2.1.4.1. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin kesit ve cepheleri.....	34
Tablo 2.1.5.1. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin minaresi	35
Tablo 2.2.1. Sivrihisar Ulu Camisi'nin görselleri	36
Tablo 2.3.1. Ankara Ahi Şerafettin (Arslanhane) Camisi'nin görselleri.....	37
Tablo 2.4.1. Konya Beyşehir Eşrefoğlu Camisi'nin görselleri	39
Tablo 2.5.1. Kastamonu Kasabaköyü Mahmut Bey Camisi'nin görselleri.....	40
Tablo 3.1.1. Yapı bilgi modellemesi hakkında literatürdeki kronolojik tanımlamalar ..	44
Tablo 3.1.1.1. Yapı bilgi modellemesinin tarihsel gelişimi	47
Tablo 3.1.1.2. YBM'nin vaka çalışmaları üzerinden incelenip değerlendirilmesiyle ilgili çalışmalar	49
Tablo 3.2.1. CBS Kullanım Alanları	56
Tablo 3.3.1. Taşınmaz kültür varlıklarında mevcutta kullanılan belgeleme yöntemleri	57
Tablo 3.3.2.2.1. Lazer tarama yöntemlerinin kullanım alanlarına göre sınıflandırılması	65
Tablo 3.3.2.2.2. Yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama yöntemlerinin avantajları	66
Tablo 3.3.2.2.3. Yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama yöntemlerinin dezavantajları	67

Tablo 3.4.1. Tarihi yapı bilgi modellemesi (tybm) swot analizi	69
Tablo 3.4.2.1. Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi Tekniğinin Kullanım Örnekleri	71
Tablo 4.1.1.1. Temel nokta bulutu ve otomatik araçlarla nokta bulutu sınıflandırma çalışmaları.....	79
Tablo 4.1.1.2. Auto-Classify Indoor otomatik sınıflandırma aracıyla nokta bulutu sınıflandırma çalışmaları.....	80
Tablo 4.1.2.1. Kafes model oluşturulması öncesinde gerçekleştirilen nokta bulutu optimizasyonları.....	81
Tablo 4.1.2.2. Tasarım elemanlarına göre kafes modellerin oluşturulması ve yapılan düzenlemeler.....	83
Tablo 4.2.1.1.1. Archicad yazılımına IFC formatlı kafes modellerin içe aktarım (import) adımları.....	85
Tablo 4.2.1.1.2. Archicad yazılımına E57 formatlı nokta bulutu dosyalarının içe aktarım (import) adımları.....	86
Tablo 4.2.1.1.3. Archicad yazılımında kafes (mesh) modellerin katmanlaşması (layers)	86
Tablo 4.2.1.1.4. Archicad yazılımında nokta bulutlarının katmanlaşması (layers)	87
Tablo 4.2.1.1.5. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin tüm çizim, fotoğraf ve belgelerinin içe aktarımı	88
Tablo 4.2.1.2.1. Nokta bulutunu izdüşüm olarak kullanıp YBM araçlarıyla akıllı nesne üretimi.....	88
Tablo 4.2.1.4.1. Tasarım elemanlarına dönüştürülen akıllı nesnelerin doğru sınıflandırma ve nitelik bilgilerinin girdisi	89
Tablo 4.2.1.5.1. Archicad yazılımında belgeleme çalışmaları tamamlanmış Afyonkarahisar Ulu Camii.....	91
Tablo 4.2.2.1. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin Revit yazılımına aktarılmasıyla elde edilen görseller	92
Tablo 4.3.1.1. Teknik sanal turlar.....	94
Tablo 4.3.2.1. Turistik sanal turlar	95

GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 1.6.1. Çalışmanın yöntemi, TYBM ile kültür varlıklarında belgeleme için yöntem önerisi.....	13
Görsel 3.1.1.1. Yapı bilgi modellemesinin tarihsel gelişim grafiği.....	45
Görsel 3.3.2.2.1. Lazer taramanın tarihsel gelişim süreci.....	63
Görsel 3.3.2.2.2. Yersel lazer tarama tekniğinde işlem adımları.....	67
Görsel 4.1.1. Realworks yazılımına lazer tarama verilerinin aktarılması.....	77
Görsel 4.1.1.1. Realworks yazılımının otomatik sınıflandırma araçları (auto-classify) ve parametreleri.....	78
Görsel 4.2.1.5.1. Kafes model ile 2d çizim ve orthophotoların karşılaştırılması	90

KISALTMALAR DİZİNİ

AGC	: Associated General Contractors of America
AIA	: American Institute of Architects
AUC	: Afyonkarahisar Ulu Camii
BDT	: Bilgisayar Destekli Tasarım
BDS	: Building Description System
BIM	: Building Information Modelling
Bkz.	: Bakınız
CAD	: Computer Aided Design
CAM	: Computer-Aided Manufacturing
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CIFE	: Center for Integrated Facilities Engineering
cm	: Santimetre
Dn	: Düzenleyen
DOCOMOMO	: DOcumentation and COnservation of Buildings, Sites and Neighborhoods of the MOdern Movement
GIS	: Geographical Information Systems
GSA	: General Services Administration
H.	: Hicri
HBIM	: Historical- Heritage Building Information Modelling

HVAC	: Heating Ventilating and Air Conditioning
IBC	: Institute for BIM in Canada
ICCROM	: International Centre for the Study of the Preservation and Restoration of Cultural Property
ICOMOS	: International Council on Monuments and Sites
IFC	: Industry Foundation Classes
İHA	: İnsansız Hava Araçları
KTVKYK	: Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Yüksek Kurulu
LEED	: Leadership in Energy and Environmental Design
LiDAR	: Light Detection and Ranging
LOA	: Level of Accurate
LOD	: Level of Detail
M.	: Milâdi
m	: Metre
MMİ	: Mimarlık, Mühendislik, İnşaat
NBIMS	: National Building Information Modelling Standarts
PTC	: Parametric Technology Corporation
RGB	: Red, Green and Blue
RUCAPS	: Really Universal Computer-Aided Production System
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SWOT	: Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats

T.C. : Türkiye Cumhuriyeti

TICCIH : The International Committee for the Conservation of the
Industrial Heritage

TÜBA : Türkiye Bilimler Akademisi

TYBM : Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi

UNESCO : United Nations Educational Scientific and Cultural
Organization

v.b. : Ve benzeri

v.d. : Ve diğerleri

Vault DB : Database Vault

VR : Virtual Reality

YBM : Yapı Bilgi Modellemesi

YBS : Yapı Bilgi Sistemi

Y.Y. : Yüzyıl

2D : Two Dimensional

3D : Three Dimensional

4D : Four Dimensional

1. GİRİŞ

Tarihi ve kültürel varlıklar, insanoğlunun bulunduğu coğrafyaya bıraktığı izlerin başında gelmektedir. Doğal ve kültürel miras alanları ve yapıları, tarihin farklı medeniyet ve dönemlerinden ipuçları vermekte ve geçmişteki olayların izlerini taşımaktadır [1].

1983 yılında yayınlanan 2863 Sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu 3. maddesinde “Kültür varlıkları; tarih öncesi ve tarihi devirlere ait bilim, kültür, din ve güzel sanatlarla ilgili bulunan veya tarih öncesi ya da tarihi devirlerde sosyal yaşama konu olmuş bilimsel ve kültürel açıdan özgün değer taşıyan yer üstünde, yer altında veya su altındaki bütün taşınır ve taşınmaz varlıklardır”

Türkiye taşınmaz kültür varlıkları açısından zengin olan dünyada nadir ülkelerdendir. Kültür ve Turizm Bakanlığı’nın 2021 yılı sonu Türkiye Geneli Korunması Gerekli Taşınmaz Kültür Varlığı İstatistiğine göre, tescilli kültürel varlık sayısı 119263 tür.

Kültür varlıkları ve mimari yapıtların birçoğu çeşitli sebeplerle kısmen ya da tamamen tahrip olmuştur. Özellikle doğal afetler (yangın, sel, deprem, çığ vb.); bilinçsiz kullanımlar, savaşlar, iklim değişiklikleri, hava kirlilikleri, asit yağmurları vb. çevresel felaketler mirasımızı tehdit altında bırakmakta ve tahribata sebep olmaktadır. Kültürel varlıklar zaman geçtikçe deforme ve yok olma tehlikesiyle karşı karşıyadır [2].

Tarihe tanıklık ederek hakkında ipuçları veren yapı ya da yapı gruplarının gelecek nesillere aktarılması, korunması ve onarımı gerekmektedir. Koruma ve onarım çalışmalarının ilk adımı belgelemedir. Bu süreçten sonraki adımlar farklı disiplinlerin çalışmalarıyla devam etmektedir. Yapılacak uygulamaların güvenilirliği doğru bir envanter ve belgeleme çalışmasına bağlıdır [3]. Kültür varlıklarının arşivlenmesi, belgelenmesi ve envanteri sonucunda edinilen kazanımlardan biri; mirasın tanıtımıdır. Kültürel miras kent kimliğinin önemli bir parçasını oluşturmakta, belgeleme çalışmalarıyla beraber kentin tarihini yansıtmaya yardımcı olan bir unsura dönüşmektedir [4]. Belgeleme ile kültür varlığının sorunları ve mevcut hali tespit edilerek sorunların çözümü için tüm koruma çalışmalarının kaynak olarak kullanılması, topluma tanıtılması ve gelecek nesillere aktarılması sağlanabilir.

1.1. Çalışmanın Yasal Yönetsel Çerçevesi

Koruma fikrinin oluşumu, belgeleme ve envanter çalışmalarının başlangıcı; Emmanuel Viollet-le-Duc’ün 19. yy. ortasında kültür varlığının fotoğraf ve ayrıntılı

izimlerle belgeleme çalışmasını yaparak, onarım çalışmasının öncesi ve sonrasını karşılaştırmasına dayanmaktadır. Onarımların kültür varlığının özgün yapısını kaybettirdiğine ve varlığın değerini öldürdüğünü ne süren romantik görüştekiler, onarımlara tamamen karşı çıkmaktaydı. Diğer taraftan ortaya çıkan başka mimari görüş akımı ise,tarihi belgeleri temel alarak onarım çalışmalarının sürdürülmesi gerekliliğini savunanlara aittir. Bu akımın savunucuları onarım çalışmalarını nesnel olmayan ve yetersiz belgeler üzerinden yaparak hatalı veya eksik onarım uygulamalarının gerçekleşmesine sebep olmuştur [5]. Tarih boyunca günümüze kadar süregelen tüm onarımlarda belgeleme çalışmalarının önemi görülmekte, eksik veya hatalı belgeleme ve envanter çalışması yapılması durumunda kültür varlığına geri dönülemez zararlar verilmektedir.

Kültür varlıklarının belgelenmesinin, onarım ve restorasyon için öneminin vurgulandığı ağdaş Restorasyon Kuramı, 1883 yılında Camillo Boito tarafından çıkarıldı. Bu kuramın standartları geliştirilerek, 1931’de kültür varlıklarının müdafaa edilmesine yönelik verilen kararlarda, kültür varlığı onarımında ve restorasyonunda belgelemenin sağladığı bütün olanakların verimli şekilde kullanılmasının gerekliliğine onay verilmiştir. 1964’te çıkan Venedik Tüzüğü’nde, bir onarım ve restorasyon çalışmasına başlanmadan, kültürel varlığın arkeolojik araştırmalarının ve tarihinin incelenmesi ile belgeme ve envanter çalışmaları yapılması önerilmektedir. Aynı tüzükte tüm kazı, onarım, koruma çalışmaları ve öncesinde daima fotoğraf ve teknik çizimler ile net, zmc ve eleştirel rapor niteliğinde belgeler hazırlanması gerektiğinden bahsedilmektedir.

Nara zgnlk Belgesi’ne göre, kültür varlığında özgünlük belirlenirken disiplinlerarası çalışabilirliği sağlamak ve bütün ulaşılabilir uzmanlık, ilim ve araştırmalardan verimli şekilde faydalanmanın gerekliliği ifade edilmektedir. Amsterdam Bildirgesi’nde, kültür varlıkları, mimari kompleks ve yapıların envanter, belgeleme çalışmaları ve çizimlerinin yapılması gerekliliğinden bahsedilmektedir [6].

TC. KTVKYK’nın 376 sayılı 1995 yılındaki kararnamesinde; kültür varlıklarının restitüsyon, restorasyon ve rölöve projelerini oluştururken, yapıya ait belgelerin fotoğraf, yazılı kaynak ve çizim olarak yeterli ölçek ve detay seviyesinde olması talep edilmektedir. 660 sayılı 1999 yılındaki kararnamesinde ise; yapı ve kültür varlıklarında yapılacak çalışmalarda istenilen belgeler belirlenmiştir. Aynı zamanda restorasyon çalışmalarında projelerin kaynağı olan rlvenin, içerik ve lğine dair nitelikler

aktarılmaktadır. Bununla beraber aynı kararda rekonstrüksiyon çalışmalarında, yapı ve kültür varlığının fotoğraf, izler, kalıntılar, rölöve, yazılı-sözel-görsel arşiv belgelerinden faydalanılması gerekliliği yer almaktadır.

Kültürel varlıkları envanter ve belgeleme çalışmalarında, süreç içerisinde gelişim gösteren teknolojik ve teknik uygulamalarla beraber uluslararası, ulusal, bölgesel ve yerel organizasyonlar kuruldu. UNESCO ve ICCROM, koruma uygulamalarında modern yöntemlerin uluslararası ortak çalışma ile aktarımı ve geliştirilmesini hedeflemektedir. ICOMOS Dokümantasyon Merkezi, ortak kültürel miras nitelikleri olan ülkelerde çevre, kültür varlığı ve tarihi alanı korumak amacıyla bilimsel, teknik ve teknolojik bilgi aktarımını sağlamaktadır. Bunların haricinde DOCOMOMO, TICCIH gibi organizasyonlar çağdaş mimarlık mirasının muhafaza edilmesiyle alakalı çalışmalar yapmaktadır. Türkiye’de kültür varlığı ve tarihi alanı korumak için envanter ve belgeleme çalışmaları TÜBA, Koruma Bölge Kurulları, Vakıflar, gibi organizasyonlar tarafından yürütülmektedir.

1.2. Çalışmada Kullanılan Belgeleme Yöntemleri ve Teknolojiler

Belgeleme, kültürel mirasın sürekliliğini sağlamak amacıyla yapının fiziki durumunun çeşitli tekniklerle kayıt altına alınmasıdır [4]. Belgeleme çalışmaları, özgünlük analizleri ve ölçümler yardımıyla kültür varlıklarının mevcut yapısal ve malzeme durumlarının (bozulmaların) çizimlerle aktarılmasıdır.

Kuban (2000) belgelemenin amaçlarını şu şekilde açıklamaktadır:

- Koruma çalışmalarına zemin oluşturan rölöve uygulamaları için ihtiyaç duyulan bilgileri toplamak
- Yapının son halini belirlemek, analizini gerçekleştirerek âtıl hâle gelmesini önlemek
- Yapıların tarihi ve değişim süreçleriyle ilgili detaylı bilgiler elde etmek
- Tarihi yapıları ve taşıdığı anlamı gelecek nesillere iletmek
- Yapılardaki bütün problemleri saptamak ve yapılması gereken uygulamayı belirlemek
- Halkın bu konuda bilinçlenmesini ve yorumlarıyla katılımını sağlamak [7].

Kültür varlıklarının envanter ve belgeleme çalışmalarında “geleneksel” ve “modern” yöntemler olarak başlıca iki yöntem uygulanmaktadır [8]. Gelişen teknolojiyle birlikte kültür varlıklarının envanter ve belgelenmesi için yapılan çalışmalarda modern yöntemler tercih edilmekte, verilerin dijital olarak üretimi ve depolanması sağlanmaktadır [9]. Modern yöntemler, çalışmanın zor olduğu alanlarda da detaylı uygulamalar

gerçekleştirebildiğinden dolayı kullanımı hızla yaygınlaşmıştır. Teknolojinin gelişmesiyle beraber geleneksel belgeleme yöntemleri varlığını kaybetmese de, kullanım alanları kapsamında daralma gözlenmektedir [10]. Geleneksel yöntemlerde elde edilen verilerin kayıt altına alınması modern yöntemlere göre daha yavaş ve zahmetli olduğundan veri kayıpları yaşanabilmektedir. Bu nedenle hızlı ve güvenilir veri üretilbildiği için envanter ve belgeleme çalışmalarında modern yöntemlerin kullanımı tercih edilmektedir.

Kültür varlıkları ile ilgili verilerin yer aldığı dijital dokümanlar, 2D-3D bilgisayar destekli tasarım (BDT) çizimleri, fotoğraflar, raporlar, yazılı-sesli kaynaklar ve özgün belgeler elektronik veri tabanlarında farklı dosya formatlarında belirli standart ve kurallar çerçevesinde saklanmaktadır. Farklı dosya formatındaki her belgenin birden çok konumda var olmasından dolayı, koordinasyonu, kalitesi ve eksikliği bilinmeyebilir. [11].

Günümüzde yapı inşa ekosistemleri disiplinlerarası çalışabilirliği sağlamak için ortak veri standartları geliştirerek, yapının tüm dijital belgelerini tek bir dosya formatıyla Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) altyapısında saklayabilmektedir. Kültür varlığının tüm dijital belgelerini içeren tek dosya formatında güvenilir bir belgeleme altyapısında saklandığına rastlanmamaktadır.

Ofluoğlu (2015)'e göre YBM, yapının tasarımıyla ilgili grafiksel (geometrik ve biçimsel) ve alfasayısal (maliyet, malzeme ve analiz) verileri içeren 3D model üzerinde, farklı disiplinlerden katılımcılar tarafından bina yaşam döngüsü süresince ortak kullanım faydası sunan bir çalışma sistemi olarak tanımlanmaktadır [12]. Ofluoğlu (2014) 'na göre YBM, yapının tüm süreçlerinde proje belgelerinin senkronizasyon, revize (güncelleme), tekrarlı üretim ve dönüştürme işlemlerini kolaylaştıran yöntem ve teknoloji olarak tanımlanmaktadır. [13]. Eastman vd. (2008)'e göre YBM, yapıyla ilgili bütün biçimsel, işlevsel ve gerekli diğer tüm verilerin akıllı nesneler sayesinde modele aktarılmasına, proje katılımcılarının sürekli iletişimde kalmasına, iş birliği ve birlikte çalışabilirliğin geliştirilmesine, dijital ortamda bilgi paylaşımına katkı sağlayan, binanın tüm yaşamında kullanılan sanal temsildir. İnşaat sektörü için umut vadeden bu sistem, 3 boyutlu model oluşturma aşamasında, yeni bir düşünce şeklinin uygulanmasıdır [14]. YBM; yapıya ait tüm verilerin depolandığı ve belgelendirildiği bir yaklaşımdır [15].

Ofluoğlu (2009) 'a göre, YBM sisteminin yapının tasarım, yapım ve tesis yönetimi süreçlerine birçok fayda ve katkısı bulunmaktadır. Geleneksel yapı üretim araçlarından

(CAD yazılımları) birçok farkı olan YBM, tasarım sürecinde ortak veri standartlarıyla (IFC formatı) paydaşların birlikte çalışabilirliğini ve devamlı iletişimini sağlamakta, ürettiği ortak model tek bir dosyada yapının ihtiyaç duyduğu tüm belgeleri barındırması ile zaman, maliyet ve verilerin kontrolüne katkı sağlayarak proje yönetimini kolaylaştırmaktadır. Yapım sürecinde YBM, saha güvenliğini ve gerekli donatıların lojistik planlamasını sağlayarak ortaya çıkabilecek aksaklıklara, hatalara, ekstra maliyetlere önlemler alarak projenin planlanan zamanda doğru ilerlemesine yardımcı olmaktadır. Tesis yönetimi sürecinde, yapı için bakım, onarım, yenileme, ekleme ve müdahale işlemleri gerektiği durumlarda YBM sistemi veri tabanında depolanan bilgilerden mimarlık, mühendislik ve inşaat (MMİ) uzmanları faydalanabilmektedir. YBM ile oluşturulmuş 3D model aracılığıyla, elektrik veya mekanik tesisatlar için işlem gerektiğinde, kaplayıcı malzemelerin, taşıyıcıların, elektrik ve mekanik tesisatın yerleri bilindiğinden dolayı hızlı ve daha az maliyetle bakım işlemleri gerçekleştirilmektedir [16].

Kültürel varlıkta kullanılan YBM, yaygın olarak Türkçe literatürde Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (TYBM), İngilizce literatürde ise Historical Building Information Modelling (HBIM / H-BIM) olarak adlandırılmaktadır. TYBM, kültür varlığının mevcut halinin akıllı nesneler kütüphanesi aracılığıyla veya fotogrametri ve lazer tarama çıktıları ile modelinin oluşturularak, bu model ve yapının tüm diğer belgeleriyle beraber (2D-3D BDT çizimleri, fotoğraflar, raporlar, yazılı-sesli kaynaklar, özgün belgeler vb.) tek bir dosyada birleştirilmesinden oluşan yöntem ve teknolojidir.

TYBM yöntemi belgeleme çalışmalarının hızlanması ve güvenilir olarak depolanmasını sağlamaktadır. Ayrıca esnek çalışabilme olanağı sunduğundan farklı disiplinlerden proje paydaşlarının gerektiğinde beraber çalışabilmesini, işbirliğini ve bütün verilere ulaşımını kolaylaştırmaktadır [17]. Tarihi binaların modellenmesi anlamına gelen TYBM, nokta bulutları aracılığıyla YBM geometrisi üreten araçlar olarak ifade edilmektedir [18]. Bu araçlar, fotogrametri ve lazer tarama sonucu elde edilen bilgilerle çalışmaktadır [19]. Kültür varlığının 3D modeli ve ortografik çizimleri TYBM'den otomatik olarak elde edilebilir [20]. Tersine mimarlık-mühendislik ile oluşturulan verilerin tek bir platformda birleştirilmesine olanak tanır.

Özetlenecek olursa, fotogrametri ve lazer tarama tekniklerinden edinilen veriler derlenir ve toplanır. Sonraki aşamada yapıya ait tarihsel detaylar çeşitli kaynaklardan araştırılarak tarihi parametrik nesneler oluşturulur. Bu uygulamaların sonunda proje üretilmektedir. TYBM ile 3D modeller, plan, kesit ve detayları kapsayan projeler ortaya

çıkarmak mümkündür [20]. Bunların dışında, projeye ait parametreler ve paylaşılan parametreler ile nesnelere ve projeye yeni veriler eklenebilmekte ve düzenlenebilmektedir. Bir araya getirilmesi zor olan verilerin tek bir platformda toplanması ve çalışma işleyişini kolaylaştırma gibi faydalarından dolayı tarihi yapıların arşivlenmesinde YBM kullanımı da önem taşımaktadır [21].

1.3. Çalışma Probleminin Tanımlanması

Türkiye’de kültür ve tabiat varlıklarının belgeleme ve envanter çalışmalarının gerekli hızla gerçekleşmemesi ve büyük oranda tamamlanmamış olması bir sorundur. Bu nedenle Kültür ve Turizm Bakanlığı tarafından uygulanıp yürütülen bu çalışmalara sivil toplum örgütleri, üniversiteler ve yerel yönetimler kültür varlıklarının envanter ve belgelerini oluşturmak için kolektif olarak katılmaktadır. Kültür varlığına ait koruma ve yönetim planlamasının başarılı olabilmesi için tespit, envanter ve belgeleme çalışmalarının bütün ve hatasız şekilde yapılması gerekmektedir. Ancak teknolojinin tespit, envanter ve belgelemede az kullanılması nedeniyle çalışmalar gerekli hızda gerçekleşmemekte, kültür varlığının korunamamasına ve yok olmasına sebep olmaktadır. YBM’nin bu çalışmalara entegrasyonu ile zaman tasarrufu sağlanarak kültür varlıklarının yok olmadan korunabilmesine olanak sağlanmaktadır.

Türkiye’de kamusal taşınmaz kültür varlıklarının kullanım ve mülkiyet hakları T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı Vakıflar Genel Müdürlüğü’ne bağlıdır. Bu varlıkların tadilat, onarım, rölöve, restitüsyon, restorasyon, renovasyon ve tüm belgeleme çalışmalarını yapma ve/veya ihaleler aracılığıyla proje müelliflerine (özel firmalara) yaptırma hakkına sahiptir. Taşınmaz kültür varlığı özel mülkiyet olduğu durumlarda ise proje müellifleri kamu kurumlarından izin alarak projenin tadilat, onarım, rölöve, restitüsyon, restorasyon, renovasyon ve tüm belgeleme çalışmalarını yapmaktadır. Taşınmaz kültür varlığının kamusal ve özel mülkiyet olması fark etmeksizin kamu kurumlarına tüm belgeleri teslim edilmediği durumlarda, belgeler kurum ve firmalarda eksik veya tekrarlı olarak yer almaktadır. Genellikle taşınmaz kültür varlığının tüm belgeleri araştırmacı ve proje müellifliğini üstlenen firmada yer alır. Bu firma zamanla tasfiye olabilmekte, kültür varlığıyla ilgili yeni çalışma yapan kişi veya firmalar önceden yapılmış çalışmalara ulaşamadığı için tüm araştırma ve belgeleme çalışmalarını yeniden yapması gerekmektedir. Bunun sonucunda birçok veriye yeniden erişebilmek mümkün olmamakta bazen de özensiz araştırma ile eksik belgelemeler yapılmaktadır. Bahsedilen veri kaybı

ve yeniden araştırma ile oluşan zaman kaybı problemlerine kalıcı bir çözüm için kültürel varlığın tüm belgelerinin kamu kurumu tarafından dijital platformu üzerinde arşivlenmesi gerekmektedir. Bu dijital arşivleme platformu yenilikçi yapı teknolojilerine, ekosistemlerine ve yazılımlarına yani Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) altyapısına entegre edilebilmelidir.

2010'lu yıllardan itibaren Avrupa ve Batı ülkeleri YBM platformu ile üretilmiş projelerin yaygınlaşması için yasal düzenlemeler yapmaktadır. Kurumlar projenin YBM altyapısıyla üretildiği ve dosyalarının tek bir dosya formatında birleştirildiği teslimleri standart hale getirmelidir. Fakat kültür varlığının 3D nokta bulutundan 2D çizimleri üretilerek sadece bu 2D çizimlerin kurumlara teslim edilmesi, iş akışı alışkanlıkları ve kurumların taleplerinin yetersizliği nedeniyle TYBM belgeleme yönteminin anlatım ve dijital yansıtma potansiyellerinden yeteri kadar faydalanılmamaktadır. TYBM ile animasyon, 360° sanal ortam, ortografik-perspektif-2D çizim ve 3D modelin bir arada olması sayesinde kurumların kültür varlığını daha iyi anlamasıyla geri dönülemez hatalı uygulamaların önüne geçilebilir.

Belgeleme çalışmalarında geleneksel yöntemler ile 2D şeklinde oluşturulan veya modern yöntemler ile 3D'den 2D'ye indirgeyerek oluşturulan rölöveler kültür varlığı üzerindeki yıllar içerisinde meydana gelen bozulmaları, malzeme ve dokuların görsel niteliklerini tam yansıtamamaktadır. Bu iki yöntem ile oluşturulan belgelemelerde; kültür varlığı, bünyesinde bulunan bilgiler dar, eksik ve hatalı bir yansıma yoluyla aktarılmaktadır. 2D belgeleme çalışmalarında, plan, kesit ve görünüş düzlemlerinde yansıtılamayan veya eksik aktarılan alanlar kalmaktadır. 2D çizimlerde malzeme ve yapım elemanlarının aralarındaki ilişki ve bütünsel algı yok olmaktadır. Kültür varlığını yalnızca bütünü değil, eş zamanlı onu oluşturan bileşenleri ve alt birim elemanlarının aralarındaki ilişkileri incelemek gereklidir. Farklı çevresel etkilere maruz kalan ve bütünün parçası olan taş, tuğla vb. her bir birim elemanı için analizler ve belgeleme çalışmaları hazırlanması gerekmektedir. Kültürel varlığın belgeleme çalışmalarında 3D verileri bünyesinde barındırabilen TYBM belgeleme araçları ve yazılımlarının kullanımı, kültür varlıklarının özgün ve nitelikli çok yönlü bilgilerini hatasız değerlendirme ve algılama fırsatı sunar.

Geleneksel yöntem ile kültür varlığının saptama ve belgeleme çalışmalarında zaman kayıplarıyla beraber çizimler ve belgelerde, eksiklik ve hatalarla sıklıkla karşılaşılır. Fakat kültür varlığını belgelerken sadece modern belgeleme yöntemi

kullanımı ise yeterli olmamaktadır. İkisinin birlikte uygulandığı örneklerde ise tek bir dosya veya platformda birleşmediği için veri kayıpları oluşmaktadır. Geleneksel yöntemlerle elde edilen rölöve çizimi, analizler-arkeometrik incelemeler, bilgi formlarının/fişlerinin doldurulması, yazılı, görsel, grafik ve sesli kaynakların entegre edildiği; modern belgeme yöntemlerinin fotogrametri tarama ve lazer tarama (LiDAR) gibi teknik ve araçları ile detaylı 2D ve 3D'nin birlikte yer aldığı modeller hazırlamak mümkündür. Tek bir dosya ve/veya dosyalama sistemiyle yapının geçmişten gelen belgelerini güncel belgelere dahil edebilen, plan, kesit ve görünüş düzlemlerinde hazırlanan 2D çizimleri, 3D modelleri birlikte hazırlayan bu araçları, belgeleme çalışmalarında kullanarak kültür varlığına değer katmak ve yok olmasının önüne geçmek gerekmektedir.

1.4. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Kültür ve tabiat varlıklarını koruma anlayışı yıllar içerisinde teknolojinin sundukları ile değişim göstermektedir. TYBM yaygınlaşıp geliştikçe kültür varlıklarını koruma düşüncesi ve felsefesini değişime uğratacağı, MMİ ve koruma uzmanlarının iş akışı alışkanlığı olan “3D’den 2D çizime geçiş” ile harcanan potansiyelin kullanılabilmesi öngörülmektedir. Çalışma, geleceğin yeni belgeleme ve koruma anlayışı potansiyeline sahip olan TYBM’nin özellikle Türkiye’de kullanım alışkanlığı ve yaygınlığını arttırmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada, YBM’nin tarihi yapıların belgeleme çalışmalarına entegrasyonu ile kurum çalışanlarının üretilen eski ve yeni çalışmaları tek bir dosya üzerinde karşılaştırmalı ve detaylı incelemesiyle yıllar içerisinde malzeme ve dokularda meydana gelen bozulmaları algılayarak hatalı koruma kararlarının önüne geçilmesi hedeflenmektedir. TYBM yönteminin zaman tasarrufu sağladığını göstererek çalışmaların hızla tamamlanıp yapı yok olmadan korunabilmesi için bundan sonraki çalışmalara rehber olması beklenmektedir. Kültür varlığıyla alakalı yeni çalışmalar yapılması gerektiğinde önceki çalışmalardan birçok veriye yeniden erişebilmek mümkün olmamakta, yeniden çalışma yapmak; zaman ve veri kaybı demektir. TYBM yöntemiyle Afyonkarahisar Ulu Camisi’nde önceden yapılmış tüm çalışmalar ve araştırmalar tek bir dosyada derlenerek yeni çalışma yapılması gerektiğinde veri ve zaman kaybının önlenmesi amaçlanmaktadır.

Çalışma, YBM inşa ekosisteminin beraberinde getirmiş olduğu faydaları barındıran TYBM tekniğinin taşınmaz kültür varlıklarında belgeleme amaçlı kullanılabilirliğinin bir

model (örneklem) üzerinde araştırılmasını kapsamaktadır. TYBM belgeleme yöntemi UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde bulunan Anadolu'nun Orta Çağ Dönemi Ahşap Direkli ve Kirişli Camilerinden birisi olan Afyonkarahisar Ulu Camisi örnekleminde uygulanmaktadır. Çalışmada sözü geçen camilerden bahsedilip örneklem olan Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin özgün değerleri, mimari süsleme özellikleri, malzeme ve yapım tekniği, plan özellikleri, minaresi ve diğer mimari elemanları detaylı olarak anlatılmaktadır. YBM ekosisteminin anlaşılmasını kolaylaştırmak için kronolojik olarak literatürdeki tanımlar derlenip tarihsel gelişimini anlatan grafik ve tablolara yer verilmektedir. YBM'nin bina yaşam döngüsü süreçlerinde (tasarım, çevre analizi, yapım ve tesis yönetimi) kullanımının sunduğu yararlar Ofluoğlu (2009)'un ele aldığı dört başlık altında incelenmektedir [16]. Teknolojiyle beraber gelişim gösteren Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) kullanım alanları ve kültür varlığında kullanımının sunduğu imkanlardan bahsedilip taşınmaz kültür varlıklarında mevcutta kullanılan geleneksel ve modern belgeleme yöntemleri detaylı olarak anlatılmaktadır. Çalışma, CBS, geleneksel ve modern belgeleme yöntemleri çıktılarının YBM'ye entegrasyonundan oluşan TYBM adında yeni bir belgeleme yöntemi önerisinde bulunmaktadır. Kullanım gerekliliğini belirlemek adına sektörlerin ve disiplinlerin en çok kullandığı swot analizi yöntemiyle değerlendirildikten sonra TYBM yönteminin uygulama adımlarının anlatımına yer verilmektedir. "Afyon Ulu Camisi'nin Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi Yöntemiyle Belgelenmesi" başlığı altında bahsi geçen belgeleme ve teknolojiler kullanılarak taşınmaz kültür varlıklarının yeni bir yöntemle belgelenmesinin örneklemini uygulanmaktadır. Uygulama süreci ve adımları detaylı olarak anlatılmakta kullanılan yazılımların faydaları ve geliştirilmesi gereken yönlerinden bahsedilmektedir. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin geçmişten gelen özgün belgeleri, 2D-3D BDT çizimleri (rölöve, restorasyon, restitüsyon), analizleri, incelemeleri, bilgi formları, raporları, kararnameleri, fotoğrafları ve görsel kaynaklarının tek bir dosyada derlenip nokta bulutundan elde edilen 3D modele entegrasyonundan oluşan bir TYBM uygulaması gerçekleştirilmektedir. Çalışmanın sonucunda taşınmaz kültür varlıklarında TYBM yöntemine duyulan ihtiyaç değerlendirilip yöntemin geliştirilmesi gereken yönlerine vurgu yapılmaktadır. Çalışma yukarıda bahsi geçen teknoloji, altyapı ve belgeleme yöntemlerinin aktif olarak kullanılması, uygulanması, değerlendirilmesi ve yapılan tüm işlemlerin detaylı anlatımını kapsamaktadır.

1.5. Çalışmanın Hipotezi

Yeni ve geleceğin belgeleme yöntemi olması beklenen TYBM'nin kültür varlıklarında kullanımının mümkün olduğu öngörülmektedir. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin geleneksel ve modern belgelemeden elde edilen özgün ve 3D verilerin tek bir dosyada birleştirilmesiyle doku ve malzemelerde oluşan bozulmaları, üretilen eski ve güncel belgeleme çalışmalarını detaylı değerlendirme imkânı sunulacaktır. Caminin mimari elemanlarının YBM'ye akıllı nesneler şeklinde aktararak yeni çalışma yapılması gerektiğinde veri ve zaman kaybının önlenmesi sağlanacaktır. Afyonkarahisar Ulu Camii örneğinde TYBM'nin başarı ile uygulanması sonucunda yöntemin ulusal ve uluslararası belgeleme çalışmalarında kullanılması yaygınlaşarak, MMİ ve koruma uzmanlarına bir kılavuz niteliği taşıyacaktır.

1.6. Çalışmanın Yöntemi

YÖK tez üzerinden gelişmiş tarama ve Google Akademik üzerinden tüm türlerde "Afyonkarahisar Ulu Cami", "Afyon Ulu Cami", "yapı bilgi modellemesi" ve "kültürel miras", "yapı bilgi modellemesi" ve "kültür varlığı", "yapı bilgi modellemesi" ve "belgeleme", "yapı bilgi modellemesi" ve "UNESCO", "ybm" ve "kültürel miras", "ybm" ve "belgeleme", "bim" ve "kültürel miras", "bim" ve "kültür varlığı", "bim" ve "belgeleme", "tarihi yapı bilgi modellemesi" ve "kültürel miras", "tarihi yapı bilgi modellemesi" ve "belgeleme", "tarihi yapı bilgi modellemesi" ve "UNESCO", "tybm" ve "kültürel miras", "tybm" ve "belgeleme", "hbim" ve "kültürel miras", "hbim" ve "kültür varlığı", "hbim" ve "belgeleme", "hbim" ve "UNESCO", "kültürel miras" ve "belgeleme" ve "ybm", "kültürel miras" ve "belgeleme" ve "bim", "kültürel miras" ve "belgeleme" ve "hbim", "kültürel miras" ve "belgeleme" ve "tybm", "kültürel miras" ve "belgeleme" ve "yapı bilgi modellemesi", "kültürel miras" ve "belgeleme" ve "tarihi yapı bilgi modellemesi", "kültürel miras" ve "UNESCO" ve "ybm", "kültürel miras" ve "UNESCO" ve "bim", "kültürel miras" ve "UNESCO" ve "hbim", "kültürel miras" ve "UNESCO" ve "yapı bilgi modellemesi", "kültürel miras" ve "UNESCO" ve "tarihi yapı bilgi modellemesi" kelimeleriyle yapılan aramalar sonucunda 559 adet kaynağa, Google Akademik üzerinden makale türünde ve YÖK tez üzerinden gelişmiş tarama seçenekleriyle "ybm" ve "UNESCO", "bim" ve "UNESCO", "building information modelling" and "cultural heritage", "building information modelling" and "cultural heritage" and "documentation", "historic building information modelling" and "cultural

heritage" and "documentation", "historic building information modelling" and "cultural heritage", "historic building information modelling" and "documentation" kelimeleriyle yapılan aramada 830 adet kaynağa ulaşılmış, toplamda 1389 adet kaynaktan 528 tanesi iki kez arama sonuçlarında çıkmıştır. Bu nedenle birbirinden farklı olan 861 adet kaynak ve Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin rölöve ve restorasyon raporlarının taraması özenle gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın örneklemini olan Afyonkarahisar Ulu Camisi, UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde bulunan Anadolu'nun Orta Çağ Dönemi Ahşap Direkli ve Kirişli Camilerindendir. Geçmişe ait izlerin günümüz ve gelecek nesillere taşınmasını, uluslararası alanda bilinirliği arttırarak kentin kalkınmasını sağlayan bu örneklemin modern belgeleme yöntemleri ve YBM yazılımları kullanılarak sanal sunumunun oluşturulması ve arşivlenmesi \ belgelenmesi hedeflenmektedir. Bu belgeleme ve sanal sunum oluşturma uygulamalarında çeşitli yazılım ve cihazlar kullanılmakta, bu uygulamalar çeşitli süreçleri kapsamaktadır.

Rölöve, restorasyon ve restitüsyon projelerinin üretilmesini üstlenen proje müellifi Odabaşı Mimarlık tarafından nokta bulutu ve projenin bazı diğer verileri temin edilmiştir. Bu edinilen nokta bulutu verileri, veri formatları ve raporlar incelendiğinde lazer tarama çalışmalarında FARO Focus3D Laser Scanner cihazı, Autodesk Recap ve Faro Scene yazılımları kullanılarak nokta bulutu verileri elde edilmiştir. Afyon Ulu Camisi'nin TYBM yöntemiyle belgelenmesinde; nokta bulutu elde etmek amacıyla yersel lazer tarama, nokta bulutunun işlenmesi için YBM'ye geçiş hazırlıklarında Realworks yazılımı kullanıldı.

Bazı durumlarda nokta bulutu verilerini doğrudan YBM yazılımlarına aktarmak mümkündür. 3D lazer tarama, dijital fotogrametri ve İHA (İnsansız Hava Araçları) ile oluşturulan nokta bulutlarını parametrik şekilde modellemek (scan to BIM) amacıyla 2 teknik kullanılabilir. 1. teknik, basit geometriler ve düz yüzeyler için mümkün olan seçili yazılım eklentileri ve algoritmalar ile nokta bulutlarından otomatik olarak parametrik nesnelerin oluşturulmasıdır. 2. teknik ise, manuel veya otomatik şekilde sınıflandırılmış nokta bulutlarının ve oluşturulan kafes modellerin YBM sistemine entegrasyonu ile gerçekleşmektedir. Genellikle özgün nitelikteki yapıların tekrarlı ve düz olmayan nesne gruplarında 1. teknik kullanımı başarısız sonuçlar oluşturduğu için 2. teknik tercih edilmektedir.

Literatürdeki bazı çalışmaların ve firmaların kullandığı 1. teknik genellikle yeni üretilmiş yapıların taramalarının gerçekleştirilip YBM yazılımlarına aktarımını kapsamaktadır. Bu aktarımı kolaylaştırmak için YBM yazılımlarının birçok eklentisi mevcuttur. Fakat bu eklentilerin geneli nokta bulutunu izdüşüm olarak kullanmaktan ve iki boyutlu veri üretmekten fazlasını yapamamaktadır. Nokta bulutundan yapay zeka ile otomatik nesne ürettiğini iddia eden 1. teknikte yer alan YBM yazılım eklentilerinin her biri test edilerek iş akışı oluşturma çalışmaları gerçekleştirildi. Bu eklentilerin vaat ettiklerini sağlamakla beraber genellikle yeni üretilmiş yapıların rölöveleri alınarak YBM'ye aktarımına imkân tanımaktadırlar. Eklentilerin YBM'de akıllı nesne üretimi otomatik olarak aldığı başarılı sonuçlar yeni üretilmiş yapıların duvarları dokusuz - düz, pencere ve kapı boyutları tekrarlı ve aynı ölçüde olduğunda mümkündür.

Afyonkarahisar Ulu Camii nokta bulutu verileriyle 1. teknik denendiği zaman caminin duvarının, pencerelerinin, kapılarının ve diğer mimari elemanlarının tekrarsız, dokulu, özgün olması sebebiyle başarısız sonuçlar ortaya çıktı. Duvarların akıllı nesnelere dönüşüm denemelerinde düz, sabit kalınlıkta ve dokusuz duvarlar elde edildi. Afyonkarahisar Ulu Camisi'ni YBM altyapısına başarılı şekilde aktarabilmek ve nokta bulutu verilerinden otomatik akıllı nesneler üretebilmek için 2. teknikten faydalananarak aktarım gerçekleşmeden önce bazı ön hazırlık ve düzenlemelere ihtiyaç duyulmaktadır.

Literatürdeki çalışmalar 2. teknik ile ilgili net bilgiler barındırmamakta, 1. teknikte olduğu gibi nokta bulutunu izdüşüm verisi olarak kullanıp akıllı nesneleri manuel olarak oluşturmak üzerinedir. Otomatik akıllı nesne üretimiyle ilgili literatürde herhangi bir çalışma bulunmadığı için YBM'ye geçiş hazırlığında onlarca yazılım test edilerek çalışma yöntemi oluşturma denemelerine devam edildi. Çalışmada YBM'ye geçiş hazırlığında bahsedilen yazılımlar ve kullanılan yöntem çalışma öncesi araştırmanın ve denemelerin sadece küçük bir bölümünü kapsamakta ve sonuç niteliğindedir. Sonuç yöntem önerisinde minimum seviyede yazılım kullanarak maksimum fayda alınabilen bir yöntem ve çalışma akışı oluşturuldu (Bkz. Görsel 1.6.1.). Afyonkarahisar Ulu Camii örneğinde uygulanan bu yeni çalışma yöntemi ile TYBM'nin başarılı şekilde uygulanması sonucunda yöntemin ulusal ve uluslararası belgeleme çalışmalarında kullanılması yaygınlaşarak, MMİ ve koruma uzmanlarına bir kılavuz niteliği taşıyacaktır.



Görsel 1.6.1. Çalışmanın yöntemi, TYBM ile kültür varlıklarında belgeleme için yöntem önerisi

2. teknik ile Ulu Camisi'ni belgelemek amacıyla YBM' ye geçiş hazırlıklarında Trimble Realworks yazılımı kullanıldı. Realworks'te ilk olarak nokta bulutları mimari tasarım elemanlarına (duvar, kapı, pencere, sütun, giriş, zemin, çatı vb.) göre otomatik olarak ve gereken durumlarda manuel müdahaleler ile farklı katmanlara ayrılarak sınıflandırıldı. Temiz bir model oluşturabilmek için nokta bulutu üzerinde segmentation ve sampling araçları kullanılarak noise point temizliği sağlandı. Temizlenmiş ve sınıflandırılmış nokta bulutları create meshing aracıyla farklı parametreler kullanılarak kafes modeller (mesh) elde edildi. Fakat elde edilen kafes modellerin bazıları istenilen kalitede olmadığı için meshing edit aracında bulunan reduce, fill holes, create triangles

vd. komutlar kullanılarak manuel müdahaleler ile kalite arttırımı gerçekleştirildi. Bu işlemlerin sonucunda YBM yazılımlarına aktarılmayı bekleyen mimari tasarım elemanlarına göre sınıflandırılmış, temizlenmiş ve kalite aktarımı gerçekleştirilmiş kafes modeller (mesh) oluşturuldu.

Akıllı nesnelere dönüştürmek için ve YBM yazılımlarının tamamında kullanabilmek adına ortak dosya formatı olan IFC uzantısı ile tüm kafes modellerin ayrı dosyalar şeklinde dışa aktarımı (export) gerçekleştirildi. Aynı zamanda YBM dosyasında nokta bulutu verilerini de barındırabilmek adına RCP ve E57 uzantılarıyla temizlenmiş ve sınıflandırılmış nokta bulutlarının dışa aktarım (export) işlemi sağlandı. En sık kullanılan YBM yazılımlarından Revit ve Archicad'e IFC, RCP, E57 uzantılı dosyalar içe aktarımı (import) sağlandı. Tasarım elemanlarına dönüştürülen akıllı nesnelerin bilgilerinin girdisi, malzeme atamaları ve kot seviyelerinin belirlenmesi işlemleri yapıldı.

Archicad'de IFC formatıyla veriler “ modelleme uygulamaları içe aktarımı “ ön ayarı ile içeri aktarıldıktan sonra “morph” tasarım elemanı türünde; Revit'te ise IFC olarak içe aktarılan modeller sistem ailesi türü olan “generic model” şeklinde akıllı nesnelere dönüştürüldü.

Afyonkarahisar Ulu Camii nokta bulutları, rölöve, restorasyon, restitüsyon projeleri, görselleri, resmi belgeleri ve ulaşılabilen diğer tüm verileri Revit ile Archicad'de oluşturulan YBM proje dosyalarına entegre edildi. Böylece Ulu Camii verileri tek bir dosyada belgelenerek amaçlanan hedefe ulaşıldı.

Kültür varlıklarının koruma ve belgeleme çalışmalarındaki görevli paydaşların teknik ve yazılım bilgilerinin genellikle yetersiz olması nedeniyle caminin bütün verilerine erişimi kolaylaştırmak için YBM'nin tek bir dosyada derleme özelliğinden esinlenilerek yapının bütün dosyaları teknik bilgi gerekmeksizin paydaşların kullanımına açma hedefiyle 3DVista Virtual Tour kullanılarak yeniden Revit ve Archicad projeleri de dahil olmak üzere tek bir dosyada tüm veriler birleştirildi.

1.7. Çalışmanın Literatür Taraması

Yapılan araştırmalarda UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde bulunan Anadolu'nun Orta Çağ Dönemi Ahşap Direkli ve Kirişli Camileri, Afyonkarahisar Ulu Camii, Yapı Bilgi Modellemesi, Coğrafi Bilgi Sistemleri, kültür varlıklarında kullanılan mevcut belgeleme yöntemleri ve TYBM'nin literatür taramaları yapılmıştır. Yapılan uygulamada yersel lazer tarama tekniği ile Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin nokta bulutu verileri elde

edilmektedir. Bu nedenle yersel lazer tarama kullanılarak TYBM yönteminin uygulandığı çalışmalara bu bölümde yer verilmektedir.

Banfi vd.(2019) tarafından yazılan makalede; Milano’da bulunan büyük anıtsal yapı niteliğindeki Sant'Ambrogio Bazilikası’nın tarihine ışık tutulması, yapıya ait tarihsel verilerin derlenerek kamuya sunulması amaçlanmaktadır. TYBM metodolojisinin benimsendiği bu çalışmada süreç; bazilika üzerinde 3D etüt çalışmalarından başlanarak, tarihsel verilerin toplanması, YBM entegrasyonu ve Sanal Gerçeklik (VR) deneyiminin üretimine kadar geliştirilen iş akışının gösterilmesi şeklinde devam etmektedir [22].

Farklı bir araştırmada Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (TYBM), tarihi yapılar ve çevresinin modellenmesinde yeni bir sistem olarak önerilmektedir. TYBM sürecinin özetlendiği bu çalışmada, dijital kameralara entegre edilmiş lazer tarayıcı ile uygulama verileri elde edilmekte, yazılımlar aracılığıyla tarama verileri ve yapıya ait ortografik görüntüler birleştirilmektedir. Sonraki aşamalarda mimari desen kitaplarından tarihi detaylar belirlenerek tarihi parametrik nesneler oluşturulmakta, bu nesneler tarama verileriyle birlikte haritalanıp çizim ve belgeleri üretilmektedir [20].

İtalya Lecco’da orta çağ dönemine ait Azzone Visconti Köprüsü’nün yeniden sanal inşasında TYBM yöntemi uygulanmıştır. 3D dijital etüt çalışmaları, parametrik veriler, nokta bulutu ve yapısal sağlık inceleme/analiz (structural health monitoring) verilerinin görselleştirilmesi ve arşivlenmesinde kullanılan TYBM sistemiyle üretim sürecinde maliyet ve zaman tasarrufunun sağlandığı ancak değişim formatları ve parametrik yazılımların beraberinde getirdiği zorlukların da ortaya çıktığı görülmektedir [23].

Avrupa kültürel mirasına erişim kolaylığı, güçlendirme ve kamuyu bilgilendirmeyi hedefleyen “INCEPTION-3D Semantik Modelleme ile Avrupa’da Kapsayıcı Kültürel Miras” projesinde iş akışının ilk adımı; TYBM modeli için MMİ uzmanları ve diğer kullanıcıların ihtiyaçlarının tespit edilmesidir. Proje kapsamında TYBM ortamında miras yapısının grafiksel ve alfasayısal verilerinin tanımlanarak hiyerarşik şekilde bir araya getirilmesi, verilerin 3D modele işlenerek bilgi kataloğu oluşturulması hedeflenmektedir [24].

Sardinya’daki (İtalya) Antas Vadisi’nde yer alan bir tapınağın sütunlarının onarımı için yapılacak çalışmada TYBM sisteminin geometrik modelleme süreci ele alınmaktadır. Veri toplamayla başlanan süreçte, toplanan veriler modele aktarılarak tespit edilen geometriler için nesne kütüphanesi oluşturulmakta, geometrilerin izlenebilirliğinin

zorlaştığı durumlarda yerel modele alternatif olarak algoritmik model oluşturulmaktadır. Çalışmada TYBM'nin miras yapılarındaki çalışmaların potansiyelini geliştirdiği açıklanmakta, arkeolojik verilerin karmaşıklığı nedeniyle özel nesne kütüphanelerinin oluşturulması gerektiğine vurgu yapılmaktadır [25].

2019 yılında yapılan başka bir araştırmada Kanada'nın tarihi bölgesi Parlamento Tepesi'nde yer alan üç önemli miras yapısının (Batı Bloğu, Merkez Bloğu ve Parlamento Kütüphanesi) TYBM yöntemiyle üretilen modelleri üzerinde detaylı bir analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmada; her bir modeli hedefi, kapsamı, zaman çizelgesi, Detay Seviyesi (LOD) ve Doğruluk Seviyesi (LOA) bazında sınıflandırmak, iş akışlarını geliştirilmek, model performansını belirli toleranslarla test etmek ve çalışmanın zorluklarını paylaşmak amaçlanmaktadır. Yapılan çalışmalar kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında, basit geometrik şekiller ve karmaşık tarihi unsurların modellenmesi deneyimlerinin karşılaştırılmasına neden olarak yenilikçi yöntemler ortaya çıkardığını göstermektedir [26].

TYBM ve sanal gerçeklik (VR) etkileşiminin ele alındığı bir uygulama olan Bahreyn'deki tarihi Shaikh Isa Bin Ali Evi'nin sanal müzeye dönüştürülmesinde, ilk adım veri toplama ve anket çalışmalarıdır. Oluşturulan TYBM modeli ile kültür varlığının gelecek nesillere aktarılabilme potansiyeli değerlendirilmiş, yapının sanal gösterimi oluşturulmuştur [27].

2017 yılında gerçekleştirilen bir vaka inceleme çalışmasında kültür varlığının korunması ve belgelenmesinde önemli bir araç niteliğine sahip TYBM yönteminin potansiyelleri değerlendirilmekte ve raporlanmaktadır. İncelenen örnek Lord Girmthorpe tarafından son dinlenme yeri olarak inşa edilen, Villa Cimbrone'daki bahçenin içinde bulunan Bacco Tapınağı'dır. Yapılan yüzey incelemesinde alanın özel konfigürasyonu ve silindirik yapısı nedeniyle tarama noktalarının teğetliği açısından problem oluşturduğu saptanmıştır. Tarama sonucu elde edilen veriler YBM sistemine aktararak hatalı tarama sonucu oluşabilecek modelleme sorunları detaylı analizlerle çözülüp, yapı için oluşturulacak nesneler düzenlenmiştir [28].

1334'te inşa edilen Carthusian Manastırı'nın orijinal merkezi Certosa di Bologna anıtsal kompleksi için gerçekleşen çalışmada kültürel mirasın korunması amacıyla TYBM yöntemi uygulanmıştır. Çalışmanın amacı; tarihi yapıya ait mimari bileşenlerin

modellenmesi, yapının görselleştirilmesi, restorasyon ve onarım işlemleri için veri seti kurulmasına dayanmaktadır [29].

Brumana vd. (2019) tarafından yapılan bir araştırmada kültürel mirasın belgelenmesinde yapının ve mimari bileşenlerinin modellenmesinin giderek yaygınlaştığı açıklanmaktadır. Oluşturulan model genellikle restorasyon ve koruma sürecine yönelik araştırma ve analiz aşamalarında üretilmektedir. Ancak araştırmalar tamamlandıktan sonra belgelerin çoğu bilgisayar hafızalarında terkedilmektedir. Bu modellerden sadece birkaçı restorasyon süresince bir sunucuda veya bulutta kaydedilmekte fakat miras yapısının bakım sürecinde gereken verilerinden bağımsızdır. Bu nedenle yaşanan veri kayıpları; geçmiş, günümüz ve gelecek arasındaki etkileşimin azalma tehlikesini ortaya çıkarmaktadır. Yapılan araştırmalar Prag'da incelenen 3 vaka çalışmasıyla zenginleştirilerek, tonozlu sistemlerin modellenmesinde veri yönetim metodolojisi analiz edilmektedir. Çalışmada tespit edilen veri kayıplarını önlemek amacıyla TYBM sistemiyle elde edilen verilerin güvenli şekilde depolanmasını sağlayacağı öngörülen Vault DB (Database Vault) sistemi önerilmektedir [30].

Kültür varlığının belgelenmesi ve korunmasında multidisipliner araştırma ve çalışma gereksinimlerini karşılayan TYBM yaklaşımı artan bir gereklilik hâline gelmektedir. Disiplinlerarası yapısal analizin gerçekleştirilmesi ve dijital model üretimini sağlayan bu yaklaşım, belgeleme ve koruma çalışmaları için verimli bir araçtır. 2012'de şiddetli bir depremde hasar gören tarihi San Felice sul Panora Kalesi için yapılan çalışmada nokta bulutundan veriler üretilerek 3D modele işlenmiş ve yapı için gerekli sismik analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda TYBM yaklaşımının etkin kullanımının olumlu sonuçlar ortaya çıkardığı tespit edilmiştir [31].

Donato vd. (2017)'e göre TYBM sisteminin bazı ülkeler tarafından kamu sözleşmelerinde kullanımının zorunlu hâle getirilmesiyle, popülerliğinin arttığı görülmektedir. Bu sistem karar verme süreci ve veri yönetimine yön veren en uygun yaklaşım olsa da yapının verilerinin parametrik verilere dönüştürülme süreci özel bir çaba gerektirmektedir. Ayrıca disiplinlerin “geometrik sadeleştirme düzeyine” karar verme sürecinin uzamasıyla veri kayıpları yaşanmaktadır. Bu nedenle yalın bir TYBM elde etmek için optimize bir iş akış prosedürü oluşturmak amaçlanmaktadır. Çalışmada iki durum incelenmiştir. İlki, yapıya ait görüntüler ve lazer tarama sonucu elde edilen iki farklı nokta bulutundan üretilen modelin doğruluk düzeyi hakkında iken, ikinci durum ise

bu verilerin parametrik nesnelere dönüştürülmesidir. Yapılan vaka çalışması, Castiglione della Pescaia'daki Giorgini Köprüsü'dür. Çalışma sonucunda TYBM modelinin geliştirilmesi ve tam bir nokta bulutu elde edilebilmesi için, bütün çalışma verilerinin entegre edilmesi gerektiği görülmektedir [32].

Birçok MMİ ve koruma uzmanı özgün mimari özelliklere sahip miras yapılarının belgelenmesi, yapı bileşenleri ve tasarımsal özelliklerinin analizinde sadece geleneksel yöntemlerin yeterli olmadığını, bu yöntemler ile kültürel mirasa ait mimari öğelerin büyük çoğunluğunun dijital kütüphanelerde belgelenmesinin zor olduğunu açıklamaktadır. YBM teknolojisinin, miras yapılarının detaylı analizine katkı sağlayan verimli bir çözüm olduğu ifade edilmektedir. Yapıların taranması sonucu elde edilen veriler nokta bulutuna dönüştürülerek, farklı disiplinlerin üzerinde çalışabileceği model elde edilmektedir. Bu vaka çalışmasında; son 10 yıldır koruma, restorasyon ve belgeleme çalışmalarında uzun çaba gerektiren geleneksel yöntemlerin kullanıldığı Suudi Arabistan'ın değerli miras yapılarını içeren Tarihi Cidde şehrinde mevcut olan miras yapısının TYBM ile modellenmesi ve simülasyonu gerçekleştirilerek değerlendirilmiştir. Sonuç olarak TYBM metodolojisinin çok sayıda geleneksel belgeyi tutarlı tek bir modele dönüştürerek tüm belgeleme sürecini büyük ölçüde geliştirebildiği, iş akışı, 3 boyutlu sanal modelleme, dokümantasyon, yönetim ve analiz için yeni araç ve yöntemler sunduğu görülmektedir [33].

Nieto vd. (2016) 'nın yaptıkları çalışmada; kültürel mirasın korunması alanında çok az çalışmanın mevcut olduğu bu nedenle tarihi yapıların karmaşık mimari öğelerinin modellenmesinde gelişmiş ve yenilikçi bir metodoloji ihtiyacı vurgusu yapılmaktadır. Çalışma için Sevilla'da (İspanya) bulunan Charles V Pavyonu'nun TYBM yöntemiyle müdahale projesini oluşturmak; buna bağlı olarak koruma ve restorasyon uygulamalarında farklı disiplinlerin bir arada tek bir model üzerinde çalışabilmesinin avantajlarını değerlendirmek hedeflenmiştir [34].

Bianconi vd. (2019) yaptıkları çalışmada küçük tarihi yerleşimlerin incelenmesinde YBM modeli kullanarak, karmaşık verilerin yönetimi için uygun bir çalışma sistemi bulmayı amaçlamaktadır. Kültürel mirasın korunması için seçilen vaka çalışması; sismik olaylardan olumsuz şekilde etkilenen, Campello sul Clitunno (Umbria) kasabasında yer alan tarihi Lizori mezrasıdır. TYBM yaklaşımı ile alanın yeniden yapılandırma stratejilerinin belirleneceği deneysel bir model oluşturulmuştur [35].

Yapılan başka bir incelemede, İtalya Ancona'daki Palazzo Ferretti ve Arjantin'de bulunan Manzana Histórica de la Universidad National del Litoral'ın restorasyonu için oluşturulan TYBM modellerinin karşılaştırılarak, her bir modelin doğru ve güvenilir veriler içerdiği, veri üretimini kolaylaştıran bir iş akışını sağladığı görülmektedir [36].

Oreni vd. (2017) 'nin makalesine konu olan; Filarete tarafından 15. yüzyılda tasarlanan, dönemin olumsuz şartları ve savaşlarda tahrip olup sonrasında çeşitli onarımlar gören farklı işlevler verilen Ice House hastanesinin; 2015-2016 yıllarında belgeleme çalışmasının gerçekleştirildiği, lazer tarama ve fotogrametri yöntemlerinden nokta bulutu veri seti elde edildiği, bu verilerin iki farklı yazılıma aktararak geometrik ve parametrik modellemesinin üretildiği açıklanmaktadır. İki yazılımın karşılaştırıldığı çalışmada TYBM sistemiyle miras yapısının mevcut fiziksel durumunu belgeleyen kapsamlı bir model oluşturduğu görülmektedir [37].

Baik vd. (2015) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, YBM ve CBS yaklaşımlarının entegrasyonu hedeflenerek, Tarihi Cidde Kenti'nin modellenmesi gerçekleştirilmiştir. TYBM yöntemi modelleme süresini kısaltarak, yüksek detay seviyesini (LOD) destekleyen Hicaz Mimari Objeler Kütüphanesi'nin oluşturulmasını sağlamıştır. Kütüphane objeleri yerel mimarinin anlatıldığı kitaplar incelenerek modellenmiş fakat YBM platformunun standart olmayan nesnelerin modellenmesinde getirdiği sınırlamalardan dolayı, TYBM ve CBS yaklaşımlarının entegrasyonu önerilmiştir. Tarama yöntemleri, yazılımlar ve 3D GIS teknolojilerinin birlikte kullanıldığı bu çalışma, TYBM yöntemindeki sınırlamaların farklı teknolojilerin entegrasyonu ile genişletilebileceğini göstermektedir [38].

18.yüzyıla ait tarihi Caserta Kraliyet Su Kemerinin bir parçası olan Carlo III köprüsünün belgelenmesinde TYBM metodolojisi kullanılmıştır. Köprü; fotogrametri, lazer tarama yöntemleriyle ve bütünleşik bir anlayışla analiz edilerek edinilen bilgilerle restorasyon ve onarım projelerinde kullanılabilecek sayısal ve alfasayısal verilerle tamamlanarak, güvenilir verilerden oluşan TYBM modeli oluşturulmuştur. Buradan yola çıkarak TYBM yönteminin kültürel mirası koruma uygulamalarında verilerin toplanması ve paylaşımı dışında mirasın tasarım aracı görevinde kullanılabileceği de anlaşılmıştır [39].

İtalya Palermo'daki Maradolce Kalesi'nin tarihi yapı bilgi modelinin (TYBM) oluşturulmasıdır. Uygulamanın sonucunda; karmaşık tarihi binaların belgelenmesinde

TYBM sistemi kullanmanın, verileri ortak bir dijital platformda toplamanın, ilerleyen zamanlarda verilerin güncellenip belgelenmesini ve yapının işletilmesini sağlamada en uygun yöntem olduğu sonucuna varılmıştır [40].

TYBM yöntemi tarihi yapıların dışında arkeolojik alanlarda da kullanılmaktadır. Bunun bir örneği olan İspanya Panoria'daki (Granada) megalitik nekropolünün yapısal ve mimari özelliklerinin analiz edilmesinde TYBM kullanılmıştır. Buradan yola çıkarak TYBM yönteminin miras alanındaki çalışmanın planlanması, yönetimi, paydaşlar arasında verilerin kolaylıkla paylaşımını kolaylaştırdığı görülmektedir. Ayrıca TYBM ve VR teknolojilerinin birlikte kullanıldığında gelecek kuşaklara dijital olarak aktarılabilmesini göstermektedir [41].

İncelenen literatür çalışmalarında TYBM yönteminin uluslararası örnekler üzerinde incelenip değerlendirildiği, ulusal alanda yapılan çalışmaların sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Uluslararası gerçekleştirilen çalışmalarda tarihi yapıların dijital olarak belgelenmesi ve nesne kütüphaneleri oluşturulmasının önemi üzerinde durulmuş, yapıya ait bütün belgelerin tek bir dosyada toplanması gerekliliği vurgulanmamaktadır. Bunun yanı sıra nesne kütüphaneleri oluşturulurken nokta bulutunu izdüşüm olarak kullanıp ve bazen geleneksel yöntemden gelen verilerle manuel modelleme tekniğiyle üretildiği örnekler mevcuttur. Fakat bu önerilen yöntemler ile çok uzun süren ve çoğu zamanda hatalı belgeleme çalışmaları ortaya çıkarmakta, YBM'nin maliyet ve zaman tasarrufu avantajını ortadan kaldırmaktadır. Nokta bulutu verilerinin daha verimli kullanılması ve otomatik sınıflandırma ile nokta bulutlarının kafes modele sonrasında akıllı nesnelere dönüştürülerek daha az hatalı ve zamandan tasarruf edilen bir TYBM yöntemi daha verimli bir iş akışı sunmaktadır. Bu çalışmanın literatürdeki bu eksiklikleri kapatması beklenmektedir.

1.8. Çalışma Bölümlerinin Özeti

Tezin birinci bölümünde, kültürel mirasın belgelenmesi ve korunmasının öneminden, belgelemenin tanımı, tarihçesi ve kurumların belgeleme çalışmalarında üstlendiği görevlerden, belgelemenin faydalarından bahsedilmektedir. Günümüz yapılarına ait tüm dijital belgelerin tek dosya formatında güvenilir bir belgeleme altyapısında saklanabileceği platform olan Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) 'nin tanımı yapılmakta ve kültürel yapılarda kullanımı ile ortaya çıkan Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (TYBM) yöntemi anlatılmaktadır. Kültür varlığının belgeleme ve envanter

çalışmalarında teknolojinin az kullanılmasının çalışmaları yavaşlatması, kültürel yapıya ait dosyaların tek bir platformda arşivlenmediği için kaybolma tehlikesi barındırması, dosya kaybolması durumunda uygulamaların tekrarlanması ve yaşanan zaman kaybı, kurumların mevcut iş akışı alışkanlığını bozmamak için TYBM yönteminin yaygınlaşmaması problem olarak belirtilmektedir. TYBM'nin ulusal alanda kullanımını yaygınlaştırmak, kültür varlığına ait belgelerin tek bir platformda birleştirilerek veri ve zaman kayıplarının önüne geçmek çalışmanın amacı olarak açıklanmaktadır. TYBM tekniğinin taşınmaz kültür varlıklarında belgeleme amaçlı kullanılabilirliğinin UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde bulunan Anadolu'nun Orta Çağ Dönemi Ahşap Direkli ve Kirişli Camilerinden birisi olan Afyonkarahisar Ulu Camisi örnekleminde araştırılmasını kapsamaktadır. Çalışmanın yönteminin anlatıldığı bölümde, yapılan araştırma ve veri toplama yöntemleri, Afyonkarahisar Ulu Camisi örnekleminin seçilme nedeni, uygulamanın yöntemi, uygulamadaki sorunlar ve sınırlılıklar anlatılmaktadır. İncelenen literatürlerin genel özeti ve literatürdeki konuyla ilgili eksiklikler anlatılmakta ve çalışmanın literatüre katkısı ve amaçları ifade edilmektedir.

Tezin ikinci bölümünde, Anadolu'nun Orta çağ dönemi ahşap direkli ve kirişli camilerinden olan Eskişehir Sivrihisar Ulu Camisi, Ankara Ahi Şerafettin (Arslanhane) Camisi, Konya Beyşehir Eşrefoğlu Camisi, Kastamonu Kasabaköyü Mahmut Bey Camisi'nin kısaca tarihçesi, genel mimari özellikleri, çalışmanın örneklemi olan Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin özgün değerleri, mimari süsleme özellikleri, malzeme ve yapım tekniği, plan özellikleri, minaresi ve diğer mimari elemanları detaylı olarak anlatılmaktadır.

Tezin üçüncü bölümünde YBM ekosisteminin daha iyi anlaşılması amacıyla literatürdeki tanımlar ve bu ekosistemin tarihsel gelişim süreci kronolojik olarak derlenerek tablo ve grafiklerle gösterilmektedir. YBM'nin bina yaşam döngüsü süreçlerinde (tasarım, çevre analizi, yapım ve tesis yönetimi) kullanılmasının sağladığı yararlar açıklanmaktadır. Coğrafi Bilgi Sisteminin (CBS) tanımı, kullanım alanları, kültür varlığında kullanılmasının faydaları anlatılmakta, devamında mevcut belgeleme yöntemleri olan geleneksel ve modern belgeleme yöntemleri açıklanmakta, modern belgeleme yöntemlerinden fotogrametri ve lazer tarama yöntemlerinin detaylı açıklaması ve karşılaştırılması yapılmaktadır. Çalışmada önerilen CBS, geleneksel ve modern belgeleme yöntemleri çıktılarının YBM'ye entegrasyonundan oluşan TYBM yöntemi tanımlanmakta, kullanım gerekliliğini belirlemek amacıyla SWOT analizi yöntemiyle

değerlendirilmektedir. TYBM yönteminin işlem adımları açıklanarak, kullanımının yaygınlaşmama nedenlerine yer verilmekte, uluslararası alanda uygulama örnekleri detaylı şekilde değerlendirilip tablo hâline getirilmektedir.

Tezin dördüncü bölümünde “Afyon Ulu Camisi’nin Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi Yöntemiyle Belgelenmesi” başlığı altında bahsi geçen belgeleme ve teknolojiler kullanılarak taşınmaz kültür varlıklarının yeni bir yöntemle belgelenmesinin örneklemini uygulanmaktadır. Kullanılan teknolojiler ve iş akışı, yersel lazer tarama uygulanması işlem adımları, TYBM yönteminin uygulanması, YBM’ye geçiş hazırlıkları, Nokta bulutunun tasarım elemanlarına göre sınıflandırılması, sınıflandırılmış nokta bulutlarından kafes model (mesh model) elde edilmesi, uygulamanın YBM ‘ye geçiş süreci olan kotların ve kat seviyelerinin belirlenmesi, IFC formatlı kafes modelin (mesh model) Revit’e aktarımı, mimari bileşenlerin kütüphane verilerine ve tasarım elemanlarına dönüştürülmesi, yapının tüm belgelerinin Revit’e aktarımı, yapıya ait bilgi ve belgelerin tek dosyada birleştirilmesi, 3DVista Virtual Tour ile caminin turistik, Realworks ile teknik sanal turunun oluşturulma süreci ve adımları detaylı olarak anlatılmaktadır.

Sonuç bölümünde, kullanılan yazılımların faydaları ve geliştirilmesi gereken yönlerinden bahsedilmekte, taşınmaz kültür varlıklarında TYBM yöntemine duyulan ihtiyaç değerlendirilip yöntemin geliştirilmesi gereken yönlerine vurgu yapılmaktadır.

2. ANADOLU’NUN ORTA ÇAĞ DÖNEMİ AHŞAP DİREKLİ VE KİRİŞLİ CAMİLERİ

Ahşap malzemenin Türkler tarafından mimarlık ve sanat yapıtlarında en eski dönemlerden itibaren kullanıldığı bilinmektedir. Çoğunlukla minber, mihrap, sanduka, kapı vb. mimari öğelerde tercih edilen ahşabın kullanımı oldukça önemlidir. Aynı zamanda kirişler, tavan konsolları, sütun ve sütun başlıkları gibi taşıyıcı sistemde ahşap kullanımına rastlanmaktadır [42].

Orta Asya, Arap Yarımadası ve İran’da ahşap taşıyıcıya sahip camilerin ilk örnekleri görülmektedir. Bu geleneğin Anadolu’da ilk kez görülmeye başlandığı dönem 13. yüzyıldır. Ahşap taşıyıcılı camiler, Anadolu’ya Türkler tarafından getirilmiştir. Aynı zamanda Horasan ve Orta Asya mimarisinin sahip olduğu özellikleri gösteren bu yapılar, 13-14 yy.’larda genellikle Anadolu’nun batısı ve iç kısımlarında inşa edilmiştir. Anadolu’da farklı gelişme alanları gösteren bu cami tipi, özgün mimariye bir örnek oluşturmaktadır [43] [44].

Anadolu-Türk mimarisinde genel olarak kesme taş malzemenin kullanımına rastlanmaktadır. Özel yapı grubu niteliği taşıyan ahşap taşıyıcılı desteklerden oluşan ahşap tavanlı camilerin bütün duvarları kesme taştan oluşmaktadır. Ahşap taşıyıcılı camilerin örtü sistemi ve plan şeması, taş konstrüksiyonla taşınan camilere benzeyebilmektedir. Fark oluşturan en önemli özelliği, ahşap çatı ve çatıya ait ahşap taşıyıcı sütunlardır. Ahşap dikey taşıyıcı ve başlıkları harim kısmındaki nefleri bölmek amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca bu camilerin genel olarak plan şeması dikdörtgendir. Yastıklar ahşap hatılları taşımaktadır. Bu ahşap hatıllar mihraba dik şekilde uzanmakta ve sahnaları bölmektedir. Ahşap hatıllar, mihraba paralel şekilde konumlanan ahşap kirişleri (aralarında baklavalı oluşturan çakılı çıtalar mevcut) taşımaktadır. Arslan (2017), Dışarıdan bakıldığında sade görünüme sahip bu camiler, içindeki “kalem işi” denilen süslemelerle bezeli ahşap yüzeylerle birlikte renkli ve canlı bir iç mekân oluşturmaktadır [44]

Selçuklular başta olmak üzere, Anadolu’da 20. yy. başlarına kadar ilerleme süreci geçiren ahşap taşıyıcılı camilerin günümüze kadar ulaşan örneklerinden bazıları UNESCO Dünya Mirası Listesi’nde yer almaktadır. Bu listede bulunan Anadolu’nun Orta çağ Dönemi Ahşap Direkli ve Kirişli Camileri; Afyonkarahisar Ulu Camisi (1272-1277), Eskişehir Sivrihisar Ulu Camisi (1274-1275), Ankara Ahi Şerafettin (Arslanhane)

Camisi (1289-1290), Konya Beyşehir Eşrefoğlu Camisi (1296-1299) ve Kastamonu Kasabaköyü Mahmut Bey Camisi (1366-1367)'dir.

2.1. Afyonkarahisar Ulu Camisi

Tarih öncesi dönemlerde yaşam olduğuna dair kalıntılar bulunan Afyonkarahisar, tarih boyunca Hititler, Lidyalılar, Persler, Roma, Bizans ve birçok devlet için önemli bir yerleşim yeri olmuştur. 1071 yılında gerçekleşen Malazgirt zaferi sonrası Anadolu'nun kapılarının Selçuklulara açılmasıyla Anadolu'da ilk beylikler kurulmuştur. Anadolu'da kurulan ilk beyliklerden birisi Sahipata Fahrettin Ali tarafından kurulan Sahipata Oğullarıdır. 1428 yılında Afyonkarahisar vasiyet yolu ile Osmanlı Devleti hakimiyeti altına girmiştir. Osmanlı devleti hakimiyetinde birçok camii, kale, kervansaray, han, türbe, medrese vb. anıtsal yapılar inşa edilmiştir. Bu yapılara örnek 40 ahşap direkli Ulu Camii, Sahipata Kervansarayı ve Taş Külliyesidir [45].

14. yüzyıldan sonra Hıdırlık yamacı yönünde gelişme gösteren Afyonkarahisar kentinde tarih boyunca meydana gelen yangınlar, özellikle 1826, 1874 ve 1890 yıllarındaki yangınlar sonrası kent dokusunun büyük bölümü yok olmuştur [46].

Afyonkarahisar, coğrafi olarak K 38° 45' 25'' D 30° 32' 19'' koordinatlarında ve Türkiye'nin Ege Bölgesi'nde yer alır (Bkz. Tablo 2.1.1.). Kuzeyinde Eskişehir; batısında Kütahya, Uşak, Denizli; güneyinde Isparta, doğusunda Konya illeri ile çevrilidir. Afyonkarahisar'ın İç Anadolu'yu Ege Bölgesi'ne ve Akdeniz Bölgesine bağlayan bir kavşak noktasında olması Afyonkarahisar'ı önemli bir yerleşim yeri haline getirmiştir. 1896 ve 1897 yıllarında yapılan İzmir Demiryolu hattının Afyonkarahisar'dan geçmesi ilin önemini arttırmıştır. 19. yüzyıl sonrası kent kuzeydoğu yönünde gelişim göstermiştir. 20. yüzyıl sonrasında ise kale çevresinde bulunan mezarlıklar kaldırılarak yeni yerleşim yerleri oluşturulmuştur. Tarih boyunca kral, kervan ve hac yolları Afyonkarahisar'dan geçmektedir [47].

Afyon Ulu Camii, Afyonkarahisar'ın en büyük camilerinden birisidir. Hıdırlık Tepesi ile Afyonkarahisar Kalesi arasındaki vadiye inşa edilen Afyon Ulu Camii, Anadolu Selçuklu döneminden günümüze ulaşan eserlerden biridir. XIX. yüzyıla kadar daha çok Hoca Bey Cami olarak adlandırılırken XVIII ve XIX. yüzyıldan itibaren Camii Kebir (Ulu Camii) ismi daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. XX. yüzyılda ise Afyon Ulu Camii olarak anılmaktadır [48] (Bkz. Tablo 2.1.1.).

UNESCO Dünya Mirası Listesi'nde bulunan ve Anadolu'nun Orta çağ Dönemi Ahşap Direkli ve Kirişli Camilerinden biri olan Afyonkarahisar Ulu Camii bir avlu içinde, doğu batı yönünde uzun trapezoid planlı, kible yönüne dik dokuz adet nefli ve 40 ağaç direkli olarak inşa edilmiştir. Ulu Camii inşa edilmeden önce caminin bulunduğu alanda 1272 yılı öncesinde 40 esnafın bulunduğu bir arastanın ve yanında “Hoca Bey” diye adlandırılan bir mescidin varlığından söz edilmektedir. Mescitte çıkan yangının arastaya da sıçradığını ve yangın sonrası esnafın dükkanlarını cami yapılması için bağışladığından yanan arastadaki 40 esnafı temsil etmesi amacıyla Ulu Camii Nusreddin Hasan tarafından 40 direkli olarak inşa ettirdiği bahsedilmektedir. [49].

Tablo 2.1.1. *Afyonkarahisar Ulu Camii künyesi*

Afyonkarahisar Ulu Camii (Hoca Bey Camii, Vakf-ı Kebir Camii)	
Envanter No	03-00-0/1.0
Bulunduğu Yer	Camii Kebir Mahallesi, Camii Kebir Caddesi No:25,11 ve 2 Merkez/Afyonkarahisar
Koordinatları	38°45'17.9"N 30°31'46.1"E
Mimarı	Emir Hacı Bey
Yaptıran	Nusreddin Hasan
Pafta/Ada/ Parsel	54/502/5
Yapının Tarihi	671 H., 1272-1273 M. yılı
Yapım Dönemi	Selçuklu
Kitabe	3 adet
Koruma Durumu	Anıtsal, Dini Yapı




Afyon Ulu Camisi'nin kuzey girişinde bulunan çevresi çini işlemeli kitabede “Ulu Camii Sahipata Fahreddin oğlu Nusreddin Hasan tarafından Hicri 671- Miladi 1273 yılında Mimar Emir Hacı Bey'e inşa ettirildi.” yazmaktadır (Bkz. Tablo 2.1.2.). Bununla beraber Türkiye Ulu Camileri adlı kitapta 1272 yılında yapıldığı ifade edilmektedir [50]. Ulu Cami'nin doğu cephesinde bulunan kitabede, “İnnemâ ya'muru mesâcida'llâhi men âmene bi'llâhi ve'l-yevmi'l-âhiri Vuffika bi-imâreti hâze'l-mescidi'l-câmi el-abdü'l-muhtâcu İlâ rahmeti'llâhi Te'âlâ Muğisü'd-dîn Emir Îsâ İbnü'l-merhûm Muzafferü'd-dîn rahmetu'llâhi fi eyyâmi'd-devleti'l-Müvellâ'l-mu'azzam sülâletü'l-vüzerâi'l-ızâm Nusratü'd-devleti ve'd-dîn Ahmed e'azze'llâhu ensârah'u fi târihi Muharrem fi seneti

isnâ ve erbâ'în ve seb'ami'e" yazmaktadır [48] (Bkz. Tablo 2.1.2.). Ulu Cami'nin tahta minber kapısında yazılı olan kitabede "Amele Emir Hac Bey en-Neccâr fî gurreti Rebîü'l-evvel sene ihdâ sû sitte mi'e" Türkçe karşılığıyla "Marangoz Emir Hacı Bey yaptı. Hicri gurre-i Rebiülevvel 671- Miladi 1 Eylül 1272" ifadesi bulunmaktadır [48]. Afyonkarahisar Ulu Camii Yönetim Planı'nda 1272 ve 1277 yılları arasında inşa edildiğinden bahsedilmektedir [42] Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin temel kitabe taşı ve bazı diğer kitabelerinin 1341 yılında gerçekleşen onarımda kaybolduğu düşünülmektedir. Bu nedenle inşa süreci başlangıç ve bitiş tarihleriyle ilgili bilgiler kesinlik göstermemekle birlikte tüm bu bilgilerin ışığında Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin iç bölümleri ve bazı diğer bölümlerinin 1272 yılında, inşasının büyük bir bölümü ise 1273 yılında tamamlandığı, 1277 yılına kadarsa inşa sürecinin sürdüğü tahmin edilmektedir.

Tablo 2.1.2. Girişte bulunan kitabeler / yazıtlar [51]

	
a.) Ana girişinde bulunan kitabe / yazıt	b.) Doğu cephesi girişinde bulunan kitabe / yazıt

Kitabede Hicri Muharrem 742 / Miladi Haziran 1341 tarihinde Muzaffereddîn Beyin oğlu Emir İsa Bey tarafından onarıldığı yazmaktadır. Caminin ilk büyük onarımının bu tarihte olduğu düşünülmektedir. Türkiye Ulu Camileri adlı kitapta 1765, 1851, 1947 ve 1984 senelerinde bazı onarımlar gördüğü yazmaktadır [50]. Anadolu'da Selçuklu Çağı Cami ve Mescit Mimarisi adlı doktora tezinde 1765, 1851, 1947, 1950, 1969, 1978, 1984 yıllarında onarım geçirdiği ve kare planlı kaidenin Selçuklular döneminde inşa edilip minare gövdesinin ise Osmanlılar döneminde yeniden yapıldığı yazmaktadır [44]. Afyonkarahisar Vakıf Eserleri Cilt-1 adlı kitapta ise, Ulu Cami'nin 1765 ve 1851 yıllarında da tamir edildiği, minaresinin XIV. asırda Yıldırım Bayezid (Saltanat:1389-61.1403) devrinde yapıldığına dair bilgi aktarılmıştır. Buna rağmen yine aynı kitapta bu bilgi aktarımına dair destekleyici bir kaynak tespit edemediklerinden bahsedilmektedir. [48].

1950 yılında gerçekleştirilen onarımda düz toprak damlı çatının üstü kırma çatı ile kaplanmıştır. Bu onarım sırasında mevcutta var olan aydınlık fenerinin de üstü kapatılmıştır. 1978 ve 1983 yıllarında çatı tekrar yenilenmiştir. 2006 yılında Vakıflar Genel Müdürlüğü tarafından basit onarım çalışmaları yapılmıştır [44]. Günümüzde ise çatısı piramidal formda muhdes örtülüdür. 1969 yılında cami derneği ve halk desteği ile caminin kuzey-batısındaki ev kamulaştırılıp yıkılarak yerine su deposu yapılmıştır. 1995-2000 yılları arasında caminin doğu cephesinde bulunan tarihi ev haricindeki diğer yapılar istimlak edilerek yıkılıp cami çevresi yapılardan arındırılmıştır [48].

2.1.1. Malzeme ve yapım tekniği

Ulu Cami'nin beden duvarları yığma kaba yonu taşı ile inşa edilmiştir. Beden duvarlarının köşelerinde ve kapı pencere açıklıklarının kenarlarında kesme taş malzeme kullanılmıştır. Toprak damlı olarak inşa edilen yapı yapılan tadilatlar sonrasında muhdes çatı örtüsü ile değiştirilip saçak altlarına 24 adet çörten yerleştirilmiştir.

Afyonkarahisar Ulu Camii minaresinin kaidesi ve külah bölümü (çatıya kadar olan bölüm) tek sıra kesme taş, üç sıra tuğla şeklinde inşa edilmiştir. Minarenin gövdesi yeşil sırlı tuğla ve kesme taş kullanılarak baklava desenli almaşık örgü sistemi ile yapılmıştır.

Ulu Cami'nin iç mekânında zemin kaplaması, taşıyıcı sütunlar, tavan kaplaması, kadınlar mahfili, vaaz kürsüsü ve minber ahşap malzeme kullanılarak mihrap ise beyaz kireç taşından inşa edilmiştir.

2.1.2. Mimari süsleme özellikleri

Ulu Cami'nin içerisinde ahşap sütunların başlıklarında sarkıt ve baklava desenli süslemeler bulunmaktadır. Afyonkarahisar Vakıf Eserleri Cilt-1 adlı kitapta sütunların bazılarının 1950-1962 yıllarında değiştirildiği ve yirmi iki tanesinin orijinal olduğu yazmaktadır [48]. Ahşap sütunların ve kirişlerin üzerlerinde kalem işi süslemeler bulunmaktadır. Kalem işi süslemelerin birçoğu zaman içinde harap olmuştur. 1947 yılında gerçekleşen onarımda ahşap sütunlar ve kirişlerdeki is kaplı yüzeyler temizlenerek is altında kalan kalem işleri ortaya çıkarılmıştır [44]. Kalem işi süslemeler kırmızı, mavi, lacivert ve yeşil renkler kullanılarak çiçek motifleri ve geometrik desenlerde yapılmıştır.

Güney duvarında bulunan dikdörtgen formlu taş mihrabın altı sıra şeklinde mukarnaslı nişi bulunmaktadır. Nişin kenarlığında bitkisel bezemeler ve Ayet-el Kürsi yazılı kuşak yer almaktadır. Ulu Cami'nin güney duvarı mihrabın batısında bulunan ahşap

minberin yan aynalıkları ve korkuluklarında yalnızca geometrik desenler, giriş kapısı üzerinde ise yazı ve geometrik desenler bulunmaktadır.

Minarenin gövdesi ise mor ve turkuaz renklerinde kesme taş ve sırlı tuğlalar kullanılarak baklava dilimli desenler şeklinde inşa edilmiştir. Üç sıra tuğla, bir sıra kesme taş ve almaşık örgüden oluşmakta, taş silmeye kadar bir kürsü de bulunmaktadır.

2.1.3. Plan özellikleri

Hıdırlık Tepesi ile Afyon Kalesi arasında bulunan Afyonkarahisar Ulu Camii, doğu-batı doğrultusunda gelişim göstermiştir. Caminin plan şeması küfe tipi kabul edilse de sütunların üzerinde bulunan kuzey-güney aksındaki ana girişlerden ve orta sahının yüksekliğinden dolayı bazilikal düzenden bahsedilebilir [52]. Ulu Cami'nin kuzey duvarı 35,43 m, doğu duvarı 22,18 m, güney duvarı 37,61 m, batı duvarı 28,03 m uzunluklara sahiptir (Bkz. Tablo 2.1.3.1.1.). Caminin kuzey, doğu ve batı yönlerinde üç adet girişi bulunmaktadır. Son cemaat mekânı bulunmayan caminin çatısı piramidal formda bakır kaplamadır. Kuzey duvarına bitişik kare kaide üzerinde minare bulunmaktadır. Caminin kuzey batı köşesinde ve batısında müezzin odası, abdest alma yeri, tuvalet ve gashane bulunmaktadır. Batı cephesindeki çift kanatlı ahşap kapının, iki ahşap sütunun ortasında bulunan Bey Mahfili 'ne açıldığı tahmin edilmektedir [53].

2.1.3.1. Harim

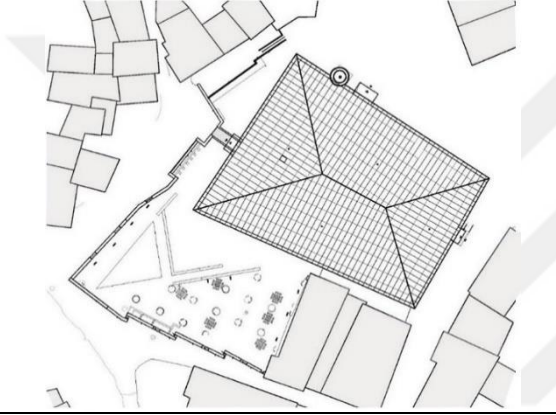
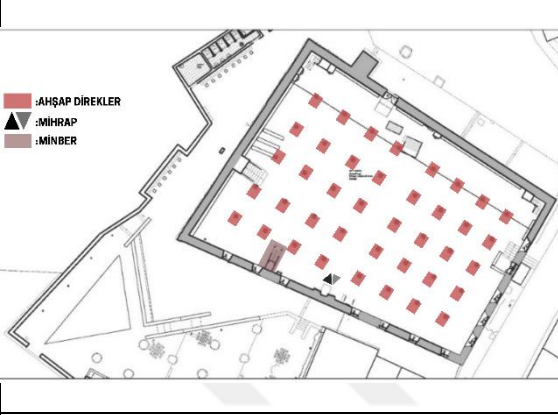
Harim bölümüne doğu, batı ve kuzey yönlerinde bulunan kapılardan giriş yapılmaktadır. Harime ulaşmak için doğu girişinden yedi basamak çıkmak, batı girişinden on iki basamak inmek gerekmektedir. Günümüzde harimde aktif olarak kullanılan giriş kapısı kuzey yönüne açılmaktadır. Ulu Cami'nin beden iç duvarları sıvalı ve boyalıdır. Zemini ahşap kaplama olan cami içerisinde kırk adet ağaç direk bulunmaktadır. Girişleri kible duvarına dik her sütun dizisinin beş sütundan oluştuğu sekiz sütun dizisi ile bölünmüş kuzey-güney doğrultusunda uzanan dokuz nef bulunmaktadır. Orta nef mihrabın olduğu nefe karşılık gelmektedir. Diğer neflere göre daha geniş ve tavanı daha yüksektir.

Sütunlar; yaklaşık 60 cm x 60 cm ölçülerinde kare tabanlı, yukarıya doğru daralan sekizgen taş kaideler üzerine oturmaktadır. Bu sütunlar yaklaşık 40 cm çapa sahip dairesel kesitlidir. Sütunların her biri ahşap yapıda ve farklı mukarnaslı başlıklara sahiptir. Mukarnaslı başlıklarının üzerinde dikdörtgen kesite sahip kuzey güney yönünde

uzanan ve onun üzerinde dairesel kesitli ters yönde uzanan ahşap kirişler bulunmaktadır. Bunların üzerinde dairesel ahşap kirişlere sabitlenen çıtalı ahşap kaplamalar tavanı kapatmaktadır.

Afyonkarahisar Ulu Cami'nin harim bölümünde (Bkz. Tablo 2.1.3.1.1.) bulunan açıklıkları ve iç mekân öğelerini 4 farklı yöne göre konumlandırarak detaylı incelemek gerekirse; kuzey duvarında kapı açıklığı yer almaktadır. Kuzey duvarında bulunan kapı harim kotuna göre 16 cm aşağıdadır. Taş söve ile çevrelenmiş olan kapı ahşap yapıda ve çift kanatlıdır.

Tablo 2.1.3.1.1. *Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin harim bölümü* [50] [51]. [Dn: Harun Mevlüt Tunay]

	
a.) Vaziyet planı	b.) Harim planı
	
c.) Kuzey duvarı	d.) Güney duvarı
	
e.) Batı duvarı	f.) Doğu duvarı

Güney duvarında mihrabın doğusu ve batısında dörder adet olmak üzere toplam sekiz pencere açıklığı bulunmaktadır. Güney duvarındaki pencereler 96 cm x 228 cm ölçülerinde yarım daire kemerli dikdörtgen formda ahşap yapıdadır. Bir adet dikdörtgen formda ahşap pencere mihrabın üst kısmında yer almaktadır. Pencere altlarında boyalı taş denizlikler bulunmaktadır. Güney duvarının ortasında orta nefe karşılık gelen bölümde taştan yapılmış bir mihrap yer almaktadır. Mihrabın çerçevesi ve alınlığında yaldızlı bir yazı bulunup mukarnaslı bir kavsaraya sahiptir.

Batı duvarında beş pencere ve bir kapı açıklığı bulunmaktadır. Kapının kuzey tarafında bulunan dört pencere 98 cm x 207 cm ölçülerinde, kapının güney tarafında bulunan pencere ise 96 cm x 157 cm ölçülerinde ahşap yapıda ve dikdörtgen formdadır. Pencere altlarında boyalı taş denizlikler bulunmaktadır. Batı duvarında bulunan kapı harim bölümünden 260 cm yukarıda yer almaktadır. Betonarme merdiven ile ulaşılan kapı ahşap ve çift kanatlıdır.

Yapının doğu duvarında ise dört pencere ve bir kapı açıklığı yer almaktadır. Doğu duvarındaki kapı ve pencereler 135 cm x 288 cm ölçülerinde ve ahşap yapıdadır. Pencere altlarında boyalı taş denizlikler bulunmaktadır. Kapı ise çift kapılı ve ahşap yapılı olup harim kotundan 117 cm aşağıda yer almaktadır. Kapının açıldığı taş sahanlıktan harim bölümüne yedi taş basamakla ulaşılmaktadır.

Ulu Cami'nin harim bölümünde bulunan iç mekân mimari öğelerine değinmek gerekirse; güney duvarının ortasında orta nefe karşılık gelen bölümde taştan çerçevesi ve alınlığında yaldızlı yazı bulunan mukarnaslı kavsaraya sahip bir mihrap bulunmaktadır. Mihrabın batısında güney duvarına dayalı ahşap minber bulunup korkuluklarında geometrik desenler ve kapısı üzerinde oyma süslemeler yer almaktadır. Minberdeki kare formlu ahşap köşkün külahında Türk üçgenleri kullanılarak kare plandan sekizgen külaha geçiş yapılmıştır. Mihrabın doğusunda ise 120 cm x 120 cm ölçülerinde yapıya sonradan eklenmiş ahşap bir vaaz kürsüsü bulunmaktadır (Bkz. Tablo 2.1.3.1.2). Caminin batısında 260 cm yükselen merdiven yer almaktadır. Yapının kuzeyindeki kadınlar mahfilinin altında kalan kısımda 105 cm x 197 cm ölçülerinde ahşap korkuluklarla çevrilmiş bir mezar bulunmaktadır. Bu mezarın Müftü Çil Hafız Ali Rıza Efendi adında birine ait olduğu bilinmektedir. Mezarın doğusunda döşemesi harim döşemesinden 50 cm yükseltilmiş müezzin mahfili yer almaktadır (Bkz. Tablo 2.1.3.2.2.).

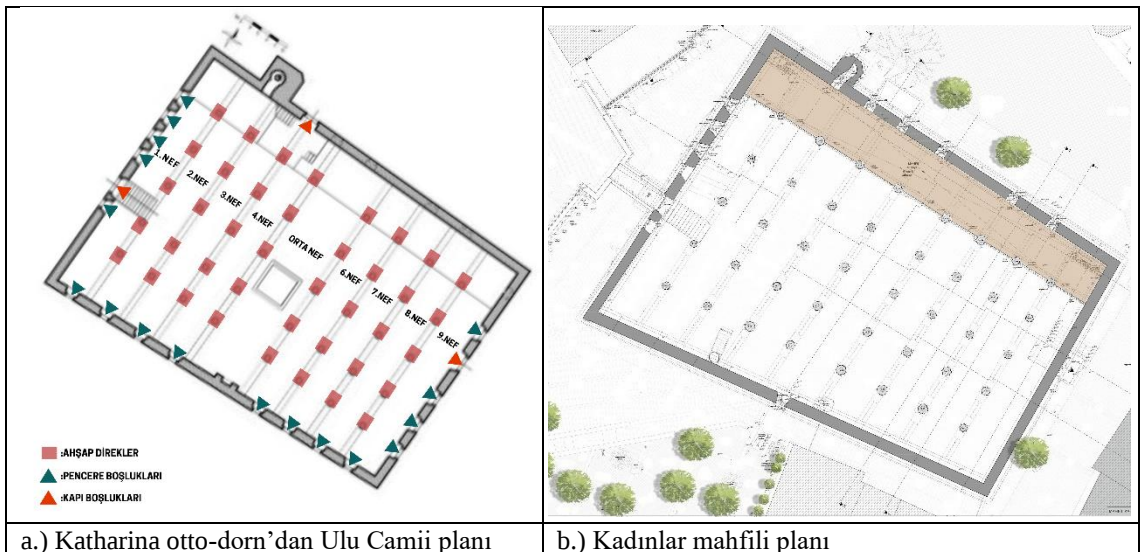
Tablo 2.1.3.1.2 Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin harim bölümü iç mekan öğeleri [51].



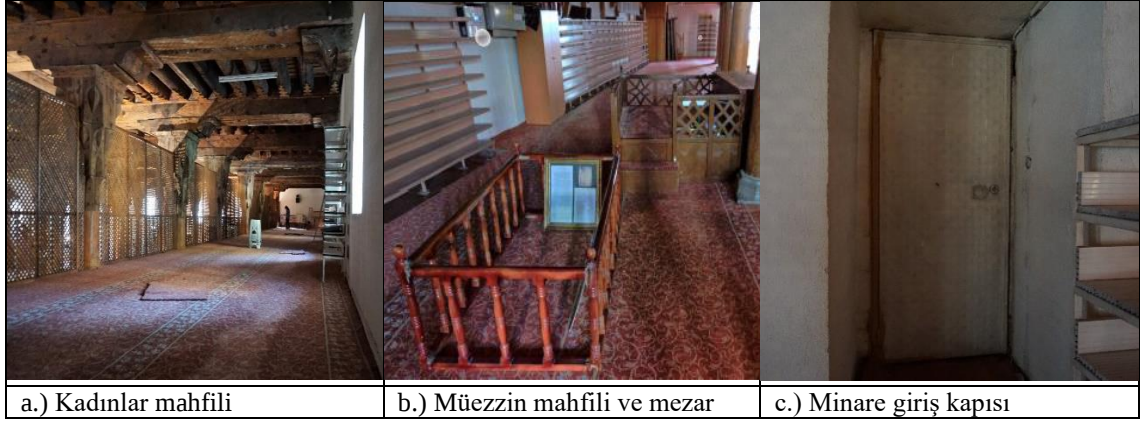
2.1.3.2. Kadınlar mahfili

Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin kuzey tarafında, harim mekânının döşemesinin yaklaşık 250 cm kadar üstünde kadınlar mahfili döşemesi bulunmaktadır. Harimin kuzey doğu ve kuzey batı köşelerinde bulunan altı kapatılarak depo haline getirilen ahşap merdivenlerle kadınlar mahfili bölümüne ulaşılmaktadır. Kadınlar mahfilinin genişliği kuzey duvarına en yakın olan birinci sütun dizisine kadar olup 470 cm genişliğindedir. Kadınlar mahfilinin harime bakan bölümünde ahşap korkuluklar ve muhdes ahşap kafesler yer almaktadır (Bkz. Tablo 2.1.3.2.1). Kadınlar mahfilinin kuzey duvarında beşi pencere açıklığı olan altı adet açıklık bulunmaktadır. Pencereleer 88 cm x 135 cm ölçülerinde ahşap yapıda ve düşey dikdörtgen formdadır. Kadınlar mahfilinin kuzey duvarındaki pencerelerin batısında bulunan açıklık ise minare girişidir. Minare girişi 86 cm x 175 cm boyutlarında olup metal bir kapı yer almaktadır.

Tablo 2.1.3.2.1. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin kadınlar mahfili planı [51] [44][Dn: Harun Mevlüt Tunay]



Tablo 2.1.3.2. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin kadınlar mahfili bölümleri [51].



2.1.3.3. Müştemilatlar

Ulu Cami'nin güneybatısında dört adet mekân yer almaktadır. Merdivenin batısında bulunan kapıdan girilen Z02 mekânı kadınlar tuvaleti, Z03 mekânı erkekler tuvaleti ve Z05 mekânı gasilhane olarak kullanılmaktadır. Bu mekânların zemin ve duvarları seramik kaplı tavanı boyalıdır. Merdivenin altında bulunan Z04 mekânı depo işlevinde olup duvarları ile tavanı sıvalı ve boyalıdır.

Tablo 2.1.3.3.1. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin müştemilat bölümleri [51] [Dn: Harun Mevlüt Tunay]



2.1.4. Kesit ve cephe özellikleri

Afyonkarahisar Ulu Cami'nin cepheleri (Bkz. Tablo 2.1.4.1.) Selçuklu dönemi mimari cephe kimliğini korumaktadır. Kesme taş bloklar ve moloz taşlar kullanılmıştır. Yapının cephelerinde sıva bulunmamaktadır. Cephelerde 23 adet belirli bir düzende olmayan dikdörtgen, sivri kemerli veya yuvarlak kemerli pencereler ve harim mekanına bağlanan 3 adet kapı bulunmaktadır.

Kuzey cephesinde alt köşe taşları blok kesme taşlardan oluşurken; cephenin geri kalan kısmı sıvama derzli kaba yonu taştır. Cephede beş pencere ve bir ahşap çift kanatlı kapı bulunmaktadır. Kapı +0.05m ile +2.25m kotları arasında yer alan kesme taş ve bir söve ile çevrilidir. Kapı üzerinde muhdes seramik çini kaplamalar ve metal saçak yer almaktadır. Cephede bulunan pencereler saçak altında olup etrafı kesme taş bloklarla çevrilidir. Pencereler, demir korkuluklu denizlikleri taştan, +3.59m/+3.69m ile +4.96m/+5.02m kotları arasında bulunan ahşap ve düşey dikdörtgen formdadır. Cephede minare, giriş kapısının hemen batısında ana bina kütesinin önünde yer almaktadır. Biri minarenin batısında, diğerleri doğusunda olmak üzere sekiz taş çörten vardır.

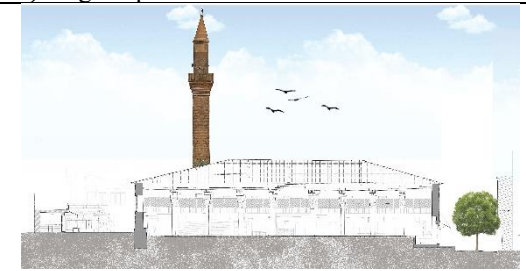
Yapının güney cephesindeki köşelerde büyük taş bloklar dışında kalan kısımların tamamı sıvama derzli kaba yonu taştan oluşmaktadır. Cephenin ortasında mihrap üzerinde ve üst kotta düz lentolu bir pencere bulunmaktadır. Ortadaki pencerenin doğusunda ve batısında dörder adet pencere açıklığı mevcuttur. Cephedeki tüm pencereler kesme taş bloklardan oluşmaktadır. Ortadaki pencere dışındaki diğer pencerelerin üzerlerinde yarım daire formunda tuğla dolgu kemerler bulunmaktadır. En batıdaki pencere +2.27m ile +3.77m, onun doğusundaki üçü +1.93m/+1.97m ile +3.63m/+3.69m, ortadaki pencere +4.36m ile +5.70m, ortadaki pencerenin doğusundaki dört pencere ise +1.51m/+1.60m/+3.26m/+3.35m kotları arasında yer alır. Pencereler ahşap ve sivri kemer alınlıklı olup hepsinde demir korkuluk vardır. Cephede sekiz adet taş çörten mevcuttur.

Yapının batı cephesi güney tarafında alt kotlarda çok büyük kesme taşlardan oluşurken, cephenin kesme taş olan köşe taşları haricinde kalan kısımda sıvalı kaba yonu taş örgü bulunmaktadır. Yapının batı cephesinde çift kanatlı bir ahşap kapı ve beş adet pencere yer almaktadır. Cephede bulunan kapı ahşaptan yapılmış olup etrafında kesme taş bir sövesi vardır. Kapı +2.98m eşik kotuna sahiptir. Kapının önünde yoldan cepheye uzanan beton bir köprü yer almaktadır. Bu köprü altında bir beton ayak mevcuttur. Kapının üstünde metal bir saçak bulunmaktadır. Cephelerde bulunan pencerelerden biri kapının güneyinde, dördü kuzeyinde yer almaktadır. Güneyde bulunan pencere +3.68m ile +5.17m, diğerleri ise +3.11m/+3.14m ile +5.14m/5.15m kotları arasında yer almaktadır. Pencereler dikdörtgen formda, ahşap ve hepsinde demir korkuluklar bulunmaktadır. Cephede dört taş çörten vardır.

Yapının doğu cephesinde çift kanatlı bir ahşap kapı ve dört adet pencere bulunmaktadır. Cephede bulunan kapıya dört basamaklı podyumdan ulaşım

sağlanmaktadır. Kapı sivri kemerli ve taştan bir sövesi bulunmaktadır. Kapının üzerinde saç yağımluluk, onun üzerinde +1.97m ile +3.71m kotları arasında sivri kemerli bir niş içinde dikdörtgen formlu mermer bir kitabe yer almaktadır. Kapının kuzeyinde bir, güneyinde ise üç pencere bulunmaktadır. Pencereleer 0.84m/+0.85m ile +3.79m/+3.82m kotları arasındadır. Pencereleer kesme taş bloklardan oluşmakta, sivri kemerli, ahşap ve hepsinde demir korkuluklar bulunmaktadır. Cephede dört taş çörten vardır.

Tablo 2.1.4.1. *Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin kesit ve cepheleri* [51] [Dn: Harun Mevlüt Tunay]

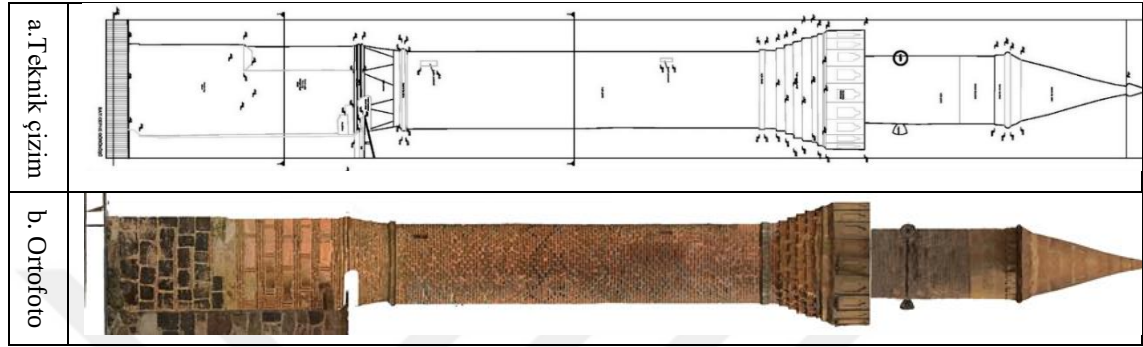
	
a.) Kuzey cephesi	b.) Güney cephesi
	
c.) Batı cephesi	d.) Doğu cephesi
	
e.) A-A Kesiti	f.) B-B Kesiti

2.1.5. Minare

Minare, Afyonkarahisar Ulu Cami'nin (Bkz. Tablo 2.1.5.1.) kuzey cephesinde batı köşesine yakın bir konumda yapıya bitişik ama yapının dışında bulunmaktadır.

Minare +3.57m kotuna kadar kesme taştan kare kaideli ve silindirik yapıda tek şerefeli olarak inşa edilmiştir. Gövdesinde 4 aydınlık penceresi bulunmaktadır. Girişi kadınlar mahfili katından olup 81 adet merdiven basamağı bulunmaktadır. Minarenin yetmiş altıncı basamağı taştan oluşan şerefe döşemesi ve korkuluklara denk gelmektedir.

Tablo 2.1.5.1. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin minaresi [51]



Minarenin +3.57m kotundan +6.54m kotuna kadar üç sıra tuğla, bir sıra kesme taştan almaşık örgüden oluşan ve taş silmeye (taş bilezik) kadar devam eden bir kürsüsü vardır. Silme üzerinde +6.80m ile +7.80m kotları arasında tuğla bir pabuç, onun üzerinde ise kesme taştan başka bir silme yer almaktadır. Bilezikten sonra renkli sırlı tuğlalardan oluşan baklava dilim desenli gövde yapısı bulunmaktadır. Şerefe dört sıra kirpilerle oluşturulmuş şerefe altlığı üzerine oturmaktadır. Yuvarlak plan yapısına sahip şerefe o kesme taştan yapılmıştır. Minarenin petek bölümü +23,07 m kotuna kadar tuğla, bu kottan yukarısı kesme taştan inşa edilmiştir. +24,42 m kotunda silme ile petek sonlanmaktadır. +24,42 m ile +27,60 m kotları arasında ise kesme taştan yapılmış külah bulunmaktadır. Son olarak en üstte hilalli bir alem bulunmaktadır [47].

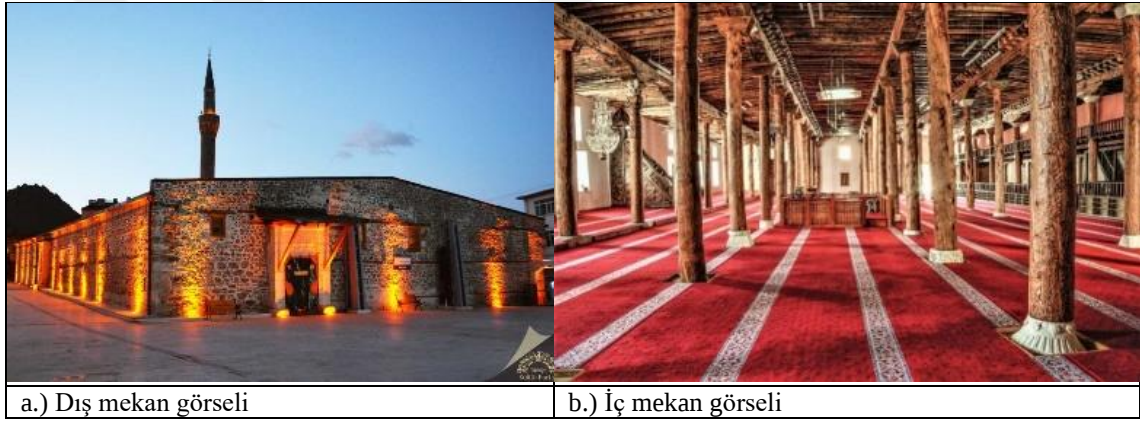
2.2. Eskişehir Sivrihisar Ulu Camisi

Sivrihisar Ulu Camii, Eskişehir'in Sivrihisar İlçesi, Camii Kebir Mahallesi'nde konumlanmaktadır. Yapıda yer alan kitabelerde Emir Cemâleddin Ali Bey'in M. 1232 (H.629) tarihinde inşa ettirdiği, Emînüddin Mikail Bey'in M. 1274-75 (H. 673) tarihinde yaptığı müdahalelerle son hâlini aldığı belirtilmektedir. M.1409-10 (H.812)'de camiye bir adet minare eklenmiştir [54].

Camii, avlu içinde konumlanmakta, kuzeyinde farklı döneme ait Alemşah Türbesi yer almaktadır. Doğu köşesinde bulunan Sölpük Mescidi yapıya bitişiktir. Batı cephesinde küçük bir avlu mevcuttur. Yapının batı cephesini kısmen kaplayan batı köşesinden başlayarak, kuzey cephesinin ortasına kadar uzanan betonarme dükkanların

onarım esnasında kaldırıldığı söylenmektedir. Yapım tekniği yığma taş ve doğu-batı aksında plan tipi dikdörtgen olan yapının ölçüleri 26.60m ile 50.90m'dir. Denkinalbant (2012)' a göre yapı doğu, batı ve kuzey yönleri olmak üzere 3 giriş kapısına sahiptir. Güneydoğu köşesinde, kaidesi kesme taş, gövdesi tuğla malzemeden olan minare konumlanmaktadır [54]. Ulu Cami'de batı ve kuzey cepheleri boyunca devam eden L şeklinde çıkma katlı kadınlar mahfili bulunurken, bey mahfili ve son cemaat mekânı mevcut değildir. Yapının çatısının özgün hâli düz toprak damdan oluşurken, günümüzde eğimli ahşap kırma çatıdan oluşmaktadır. Çatı kaplama malzemesi bakırdır. Harim mekânı ardıç ve sarı çam cinsinde 63 ahşap sütunla taşınırken; sütun kaidesi mermerden, başlığı ahşaptandır [55].

Tablo 2.2.1. Sivrihisar Ulu Camisi'nin görselleri [56]



Kuzey cephesi sağır olan Sivrihisar Ulu Camisi'nin güney cephesinde iki sıra, batı cephesinde ise tek sıra halinde dikdörtgen şeklinde düz lentolu pencereler yer almaktadır. Doğu cephesinde aynı özelliklerde iki kapı arasında tek bir pencere, üst kısımda ise tek sıra hâlinde pencereler sıralanmaktadır. Yapı içindeki doğramalar da düz lentolu olup dikdörtgen şeklindedir. Caminin batı cephesinin orta kısmında içinde çift kanatlı ahşap kapı bulunan giriş portali yer almaktadır. Doğu cephesinde dikdörtgen formlu, mermer söveli, sade ve çift kanatlı ahşap kapı bulunurken, kuzey cephesi basık kemerli ve düz bezekli bir kapıdan oluşmaktadır [57].

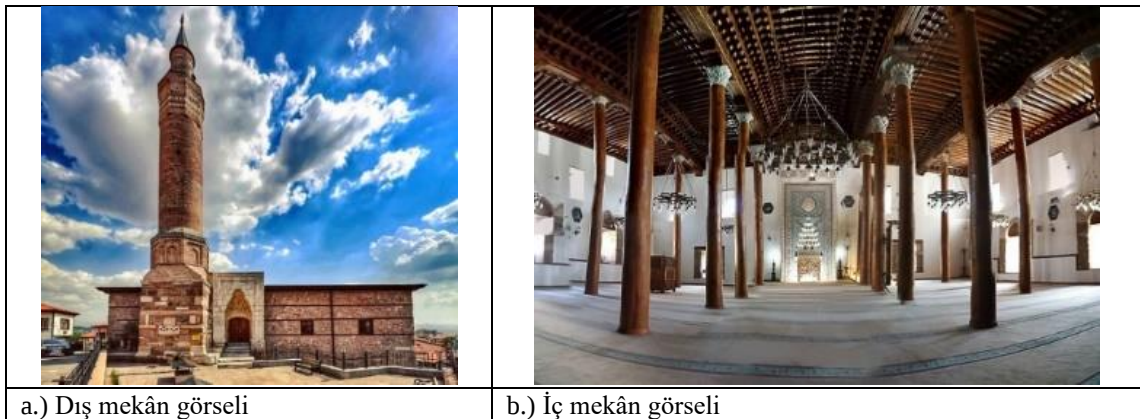
Sivrihisar Ulu Camii alçı mihrabı kalıplama tekniğiyle, mihrap nişinin kavsara kısmı altı sıra halinde mukarnas dolgudan inşa edilmiştir. Bu nişin sağ ve sol yanında balık sırtı motifi bulunan sütunceler mevcuttur. Mihrap, üç tarafından bitkisel ve geometrik motifler ve ayetlerle süslü bordür ile çevrelenmektedir [57]. Yapının minberi künde-kârî tekniğiyle ceviz ağacından üretilmiş, iki yanında bulunan korkuluklarda ajur

teknikleriyle üretilen ve ortadan birer şeritle ayrılan iç içe geçmiş altıgen bezemeler bulunmaktadır. Korkuluk şeritlerinde dört adet sekizgenden oluşan yıldız motifi; sekizgenlerin iç kısmında Rumilerden meydana gelen bir bezeme ve dört adet palmet, taht bölümünün iki tarafında üst üste duran iki adet kare panonun içinde geometrik geçmeler yer almaktadır [58]. Cami’deki ahşap sütunlarda görülen halat, zikzak, palmet ve baklava motifleri kazıma tekniğinde oluşturulmuş, mihrap önünde yer alan bazı sütun sıraları da (kırmızı, siyah ve yeşil) kalem işiyle süslenmiştir [54].

2.3. Ankara Ahi Şerafettin (Arslanhane) Camisi

Ankara Arslanhane Camii, Ankara’nın Altındağ İlçesi’nde, Kılıçarslan Mahallesi’nde eğimli bir arazide konumlanmaktadır. İnşa tarihi net olarak bilinmemekle birlikte, yapının batı cephesinde yer alan giriş kapısının sağ duvarındaki kitabenin yazı stilinden yola çıkılarak 13. yy. olarak kabul edilmektedir. Minber kitabesinde ise M. 1289-90 tarihlerinde onarım geçirdiği ya da yenilendiği kabul edilmektedir [59]. Arslanhane Cami’nin kuzeybatısında Arslanhane Zaviyesi, hemen yanında Ahi Şerafeddin Türbesi bulunmakta; türbe, hazireyle birlikte külliye oluşturmaktadır. Yapım tekniği yığma taş olan Arslanhane Camii, dikdörtgen plan şemasına sahip olup, dış ölçüleri 27.5m ile 24.7 m’dir. Kuzey, doğu ve batı yönlerinde üç adet girişe sahiptir. Doğu ve batı cephelerindeki iki adet kapıdan harime girilebilmektedir. Kuzey cephesinde bulunan mermer taç kapısı portal niteliğindedir. Bu kapı Arslanhane Cami’nin kuzey cephe duvarı boyunca uzanan, kadınlar mahfiline açılmaktadır. Yapıda son cemaat mekânı yer almamaktadır [55].

Tablo 2.3.1. *Ankara Ahi Şerafettin (Arslanhane) Camisi’nin görselleri* [60] [61]



Cami, kible duvarına dik şekilde konumlanan dört adet ahşap sütun aracılığıyla beş sahına bölünmektedir. Ahşap tavana sahip cami, yirmi dört ahşap sütunla taşınmaktadır. Sütun başlıklarının malzemesi dor ve korint tipli mermerdir. Bu başlıkların üst kısmında profilli ahşap yastıklar, yastıkların üzerinde mihraba dik uzanan ahşap hatıllar, bunların üzerinde de mihraba paralel konumlanan tavan kirişleri yer almaktadır. En dış sahnelerde tek, yan sahnelerde iki, orta sahinde ise üç katlı olarak bulunan profilli konsollar kirişleri taşımaktadır [62]. Cami minaresi kuzeydoğu cephe duvarına bitişik, tek şerefeli, tuğla gövdeli ve devşirme taş kaidelidir. Minarede yedi sekiz adı verilen üçgen yüzeyler ile kaideden gövde kısmına geçilebilmektedir [63].

Arslanhane Cami'nin eğimli arazi üzerinde konumlandığı için kuzey cephesi tek kat şeklinde algılanmaktadır. Fakat minare ve mermer taç kapısıyla en fazla dikkat çeken cephedir [62]. Kadınlar mahfiline geçişi sağlayan ahşap kapının oldukça sade kanatları ve basık kemerli açıklığı bulunmaktadır. Batı cephesinde bulunan söveleri taştan, iç içe geçmiş iki adet sade nişten meydana gelen kapının diğer bölümleri tuğladandır. İçteki niş kemeri basık, dıştaki sivri kemerdir. Doğu cephesi ve harime açılan kapılar sade ahşap kanatlara sahiptir. Yapının güney, doğu ve batı cephesinde bulunan pencere açıklıkları üst ve alt kotta ikişerli olarak sıralanırken, eğimli araziden dolayı kuzey cephesinde yalnızca üst kotta pencere mevcuttur. Dikdörtgen formu ve düz lentolu olan bu pencereler üst kotta demir korkuluklu, alt kotta kemer alınlıklıdır.

Arslanhane Camisi'nin çini ve mozaikli mihrabı, Anadolu'da bulunan camilerle kıyaslandığında özgün yapısıyla dikkat çekmektedir [64]. Alçı ve çini malzemelerinin beraber kullanımına örnek niteliğindedir. Üstü alçı malzemeden tepelikle biten mihrap; altı sıra şeklinde mukarnas kavsara ve dikdörtgen nişlere sahiptir [65]. Mihrap nişinin iki tarafında bulunan sütunce alçı malzemesi ve ajur tekniği işçiliğiyle üretilerek önemli bir örnek oluşturmaktadır. Cami minberi, kündekâri tekniği ile ceviz ağacından yapılmış olup, dikkat çeken bir diğer unsuru da aynalığında bulunan geometrik şekillerle çerçevelenen bitkisel motiflerdir [66].

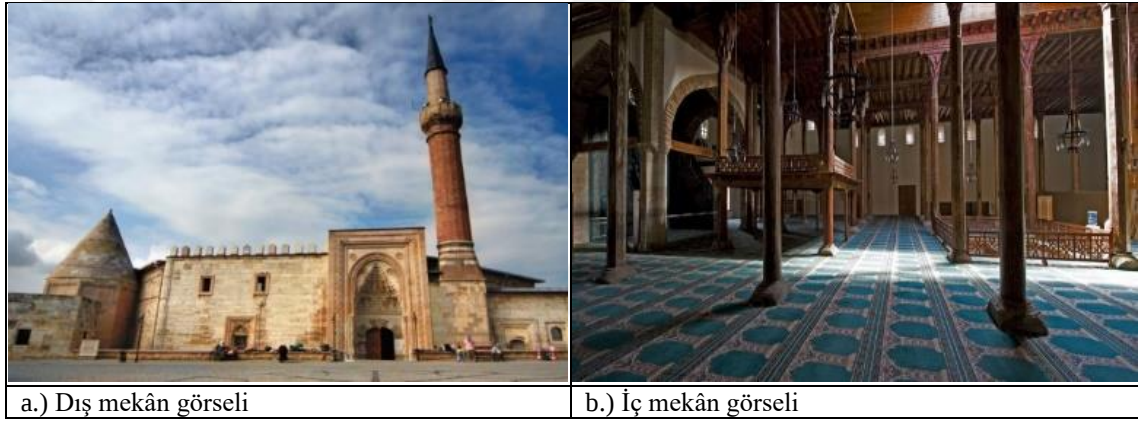
2.4. Konya Beyşehir Eşrefoğlu Camisi

Konya'nın Beyşehir İlçesi, İçeri Şehir Mahallesi'nde konumlanan Eşrefoğlu Camisi; M.1297-99 senelerinde Eşrefoğlu Süleyman Bey tarafından inşa edilmiş, Anadolu'daki ahşap sütuna sahip camiler arasında en büyüğüdür [67]. Cami, dükkânlar, han, türbe [68] ve hamam [69] ile bir külliye meydana getirmektedir. Yapının doğusunda

konik kümbet; doğu köşesinde mevcut olan esas portalin sol tarafında sebil [70], sağ tarafında ise minare bulunmaktadır [58].

Yapım tekniği yığma taş olan yapı beşgen plan tipine ve güney-batı aksında 31.80m ile 46,60 m dış olęlere sahiptir. Doğu, batı ve kuzey yönlerinde üç girişı bulunan yapının kuzeydoğu ve kuzey cephesinin keşiştiği alanın üstünde ana giriş portalı, batı cephesinde bey mahfiline açılan bir giriş mevcuttur [68]. Mihraba dik konumlanan yedi adet neften oluşmakta, orta nef diğerlerine oranla daha yüksek ve geniştir [71] [58]. Son cemaat mekânının üst kısmında kadınlar mahfili, harimin güneybatısında bey mahfili yer almaktadır. Cami minaresi sade ve tek şerefeli olup kuzeydoğudadır

Tablo 2.4.1. *Konya Beyşehir Eşrefoğlu Camisi'nin görselleri* [72] [73]



zgn çatı örtüsünün toprak dam olduğu belirlenen ahşap tavanlı cami, mukarnas başlıklı, taş kaidelere oturan ve tek parça ahşaptan üretilmiş 41 ahşap stnla taşınmaktadır [71]. Bu stnlar daire kesitli (ap: 40- 45cm) elemanlar olup, cami uzun kenarı doğrultusunda çift olacak şekilde uygulanmış tavan kirişlerini, bu kirişler de mihraba paralel olan çatı kirişlemesini taşımaktadır [74].

Yapının kuzeydoğuda çarpık cephede bulunan ana giriş kapısı kabartma tekniğinde ceviz ağacından inşa edilmiştir. Son cemaat mekânına açılan kapıdan sonra, harime açılan sivri kemerli ve mozaik inili bir geçit yer almaktadır. Batı cephesinde bulunan çift kanatlı ahşap kapı bey mahfiline açılmakta, iki sıra halinde taş bordürden oluşmaktadır. Doğu cephesindeki çift kanatlı giriş kapısında basık taş kemeri mevcuttur. Cami pencerelerinde bu döneme ait yapılarda yaygın kullanımı olmayan revzen pencere ve dışlık kullanımı görülmektedir. Kuzey cephesi sağır olan yapıda, güney cephesinde dikdörtgen formlu, korkuluklu, sivri kemerden oluşan iki dışlık ve üst kısımda sekiz dikdörtgen dışlıklı pencereler yer almaktadır. Batı cephesinde bir adet dikdörtgen formlu

demir korkuluklu ve dışlıklı pencere; türbenin bulunduğu doğu cephesinde dikdörtgen forma sahip dışlıklar bulunmaktadır [55].

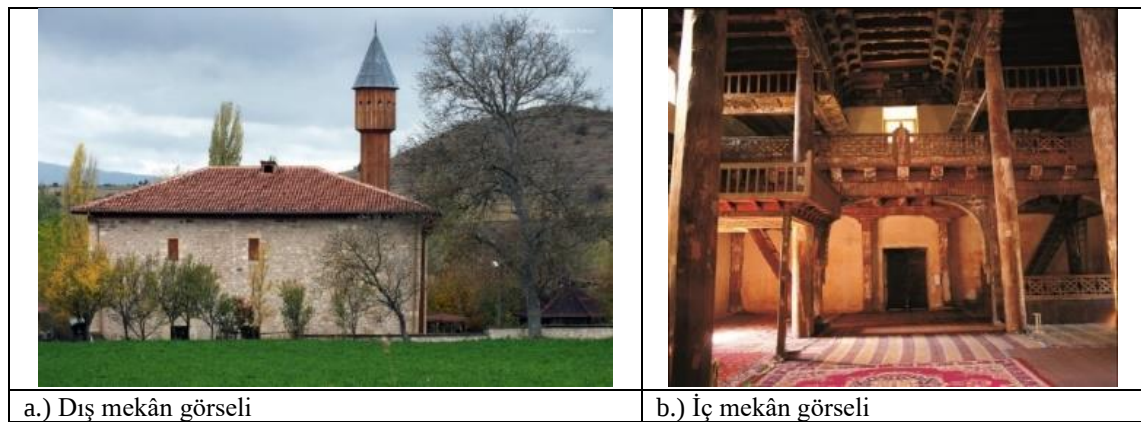
Kündekâri tekniğiyle ceviz ağacından yapılmış olan cami minberi, rumi motifler ve süslü iki adet düz söveye sahiptir. Minberin çift kanatlı ahşap kapısında yer alan motifler, baklava dilimi, üçgenler ve beşgenlerden oluşmakla beraber ajur tekniğiyle üretilmiş taş kısmı görülmektedir [68]. Panolarında palmetler, rumiler ve geometrik motifler bulunan aynalıklarda eğri kesim, kakma ve ajur tekniği kullanılmıştır. Küçük bir külahla sonlanan minberin sol ve sağ tarafında iki tane kitabe bulunmaktadır. Mihrap önü kubbesinde rengi patlıcan moru olan çiniler ve sırlı tuğlalar kullanılmakla beraber altı kollu yıldızlı ok uçları ve baklavalara meydana getirilmiştir.

2.5. Kastamonu Kasabaköyü Mahmut Bey Camisi

Kasabaköyü Mahmut Bey Camisi, Kastamonu Kasaba Köyü'nde konumlanmakta, yapıda bulunan kitabede M. 1366 senesinde Candaroğlu Mahmut Bey'in inşa ettirdiği açıklanmaktadır. Geniş bir bahçe içindeki cami çevresinde konuk evi, şadırvan ve tuvalet; güneyinde yaklaşık 300 metre uzaklıkta bir hamam bulunmaktadır.

Bindirme tekniğiyle, çivi kullanılmadan inşa edilen cami dikdörtgen plan şemasına, ibadet ve son cemaat mekânına, kuzey-güney aksında 17,90 m x 11,55 m dış ölçülere sahiptir. Cami girişi, son cemaat mekânının da bulunduğu kuzey cephesindedir. Özgün minaresi tek şerefeli ve kesme taştan olan caminin 2006 senesinde geçirdiği restorasyon çalışması sonrası ahşap bir minare inşa edildiği bilinmektedir [75].

Tablo 2.5.1. *Kastamonu Kasabaköyü Mahmut Bey Camisi'nin görselleri* [76] [77]



Cami inşasında kullanılan temel malzemelerin taş ve ahşap olduğu bilinmektedir. İç mekânda çoğu elemanlar (tavan kaplaması ve kirişlemesi, taşıyıcı sütunlar, kürsü, minber) ahşap malzemeden; dış duvarlar ise kesme taştan yapılmıştır.

Doğu-batı aksındaki aşıklar, son cemaat mekânının tek parça şeklindeki oturtma çatısını dört adet ahşap sütunun desteğiyle taşımakta, ahşap sütunlar taş ayaklara oturmaktadır. İç mekânda iki tanesi dairesel kesitli, diğer ikisi onikigen olan dört adet sütun ana taşıyıcı görevindedir. Harimi üç sahına bölen sütunlar çam ağacından üretilmiş, kuzey-güney aksında ahşap kirişlerle bir araya getirilmiştir. Kirişlerin birleştirilmesiyle tavan; iki adet yan ve orta tavan olmak üzere üçe bölünmüştür. Yan ve orta tavanlarda ahşap malzemeler aracılığıyla bindirmeler oluşturulmuş, tavan kirişlemesine ahşap tavan kaplaması uygulanmıştır.

Yapı kuzey cephesinde bulunan son cemaat mekânından güney harimine açılan dikdörtgen formlu kapı söveli ve lentoludur. Kapının üzerinde bir adet dikdörtgen pencere ve sivri kemerli alınlık bulunmaktadır [75]. Ayrıca son cemaat mekânının sağ tarafında minare girişi vardır. Güney cephesinde zemine yakın alanda dikdörtgen formlu, söveli, lentolu ve demir korkuluklu iki adet; üst seviyede ahşap kafesli bir adet pencere yer almaktadır. Batı cephesinde dört adet, doğu cephesinde ikisi ahşap kafesli diğer ikisi demir parmaklıklı dikdörtgen formlu dört adet pencere bulunmaktadır.

Caminin kuzeyinde bulunan kakma tekniği uygulandığı çift kanatlı ahşap giriş kapısında yıldızvari, bitkisel ve simetrik motifler görülmektedir. Harim kısmının güneyinde onikigen biçimindeki ahşap sütunların üst bölümünde, kırmızı zemin üzerinde beyaz renkli bezemeler görülmektedir. Sütunların alt kısmında ise kırmızı zemin üzerine beyaz renkli ok ucu şeklinde bezeme yer almaktadır. Dikme başlıkları mavi, kırmızı ve yeşil renkte mukarnalıdır. Cami ahşap minberi çam ağacından üretilmiş olup, sekiz basamakla çıkılabilmektedir. Günümüze kadar ulaşabilen köşk kısmı dört ayak üzerinde taşınmaktadır. Korkuluk ve köşk kısımlarında ajur tekniğiyle oluşturulan çitakari süslemeler bulunmaktadır.

3. TEKNOLOJİ VE BELGELEME

Teknolojideki gelişmeler kültürel mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılması için birçok yeni yöntemi beraberinde getirmektedir. 1960’larda başlayan gelişmeler korumanın ve teknolojik belgelemenin altyapısını oluşturdu. Günümüzde belgeleme yöntemleri geleneksel ve modern olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. 2000’li yıllara gelindiğinde kültürel mirasın belgelenme çalışmalarında modern yöntemler kullanıldığı fakat teknolojinin gelişimiyle aynı yıllarda ortaya çıkan teknolojik altyapılar ve inşa ekosistemlerinin verimli bir şekilde kullanılmadığı gözlenmektedir. Günümüzde bu durum halen devam etmektedir. Bu çalışmada modern belgeleme yöntemleriyle beraber kullanılan teknolojik altyapılar ve inşa ekosistemleri Yapı Bilgi Modellemesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleridir. İngilizce Building Information Modelling (BIM) olarak tanımlanan bu teknolojik altyapı teriminin Türkçe literatürde en yaygın kullanımı yapı bilgi modellemesidir. Bununla beraber literatürde bina enformasyon modeli/modellemesi/sistemi, bina bilgi modeli/modellemesi/sistemi, yapı enformasyon modeli/modellemesi/sistemi, yapı bilgi sistemi (ybs), yapı bilgi modeli (ybm) ve yapı bilgi modellemesi (ybm) olmak üzere çeşitli isimlendirmelere sahiptir.

Bu çalışmada teknolojiyle beraber gelişim gösteren modern belgeleme yöntemleri detaylı olarak anlatılmaktadır. Çalışma tarama ve modern belgeleme yöntemlerinde coğrafi bilgi sistemlerinin aktif olarak kullanılıp yapı bilgi modellemesine adapte edilerek yeni bir belgeleme yöntemi önerisinde bulunmaktadır. İngilizce historic / historical / heritage building information modelling (h-bim / hbim) olarak tanımlanan bu yeni yöntemin Türkçe literatürde en yaygın kullanımı tarihi yapı bilgi modellemesidir.

3.1. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM)

Yapı bilgi modellemesi (YBM) parametrik dijital model sayesinde farklı disiplinlerden proje paydaşlarının birlikte çalışabilirliğini sağlayan, farklı yazılımları içinde barındıran bir ekosistem olmasıyla yapı ve disiplin ihtiyacına göre çeşitli analizler yaparak zaman ve maliyet tasarrufu imkânı sunan tarihi, mevcut ve yeni yapıların hepsinde bina yaşam döngüsünün her aşamasında çeşitli faydalar sağlayarak aktif kullanılabilen teknolojik belgeleme yöntemidir.

Kompleks yapıli projelerdeki verilerin artması farklı disiplinlerin koordinasyon ve entegrasyon sağlamasının önemini arttırdı. YBM ’de güncellenen verilerin entegrasyonu sayesinde projenin bütün süreçlerinde disiplinlerarası tek bir model üzerinde paydaşların

koordine ve ortak çalışabilmeleri desteklenmektedir. Böylece güncel veriler istenilen her zaman ilgili kişiler tarafından kullanılabilir.

Çalışmanın devamında detaylı anlatılacak olan belgeleme yöntemlerinin kültür varlıklarını belgeleme çalışmalarında ki yetersizlikleri nedeniyle YBM ekosisteminin belgeleme özelliklerine ihtiyaç duyulmaktadır. YBM altyapıları yapıya ait nokta bulutu, kafes (mesh) model, yazılı ve görsel tüm kaynaklarının bir arada tek dosyada saklanabilmesine ve gelecekte düzenlenebilir bir şekilde korunabilmesine olanak tanımaktadır.

YBM haricindeki dijital belgeleme yöntemleri sadece grafiksel veya grafiksel olmayan bilgiyi barındırabilmektedirler. YBM ekosistemleri grafiksel ve alfasayısal (grafiksel olmayan) bilginin beraber tek dosya içerisinde depolanabilmesine olanak tanımaktadır. Nokta bulutu verileri noktaların koordinatlarının bilgisini de beraberinde saklar. Kafes (mesh) modeller grafiksel veri olmakla beraber o grafiğin gerçek düzlemdeki sanal yansıması olduğundan gerçek düzlemdeki alfasayısal bilgileri kafes modele eklenebilmelidir. Bu sayede gerçek düzlemde yer alan bilginin dijital ortamda tüm verileriyle sanal ikizi oluşturulabilir. Grafiksel verilerin içerisine alfasayısal nitelikleri adapte edebildiğimiz tek sistem YBM ekosistemleridir.

YBM kavramının ilk olarak 1992 yılında ortaya çıktığı, CAD sisteminden YBM sistemine 1994 yılında geçilmeye başlandığı bilinmekte, MMİ sektörü gelişen teknolojiyle birlikte proje üretiminde dijitalleşmeye geçtiği görülmektedir. Çoğu ülke proje üretim aşamalarında YBM kullanımını arttırmakta, bazı ülkeler ise YBM sistemini anlamaya ve bu sisteme adapte olmaya çalışmaktadır.

Literatürde YBM hakkında ilk bahsedildiği 1992 yılından günümüze kadar teknolojiyle değişen ve gelişen birçok tanım yapıldı. Bu tanımlar genellikle YBM'nin faydaları, özellikleri ve yapısı üzerinden kapsamının bir bölümünü içeren yapıdadır. Yapı bilgi modellemesi hakkında literatürdeki tanımlamaları kronolojik (Bkz. Tablo.3.1.1.) olarak incelemek YBM ekosistemini anlamak için en doğru yollardan biridir.

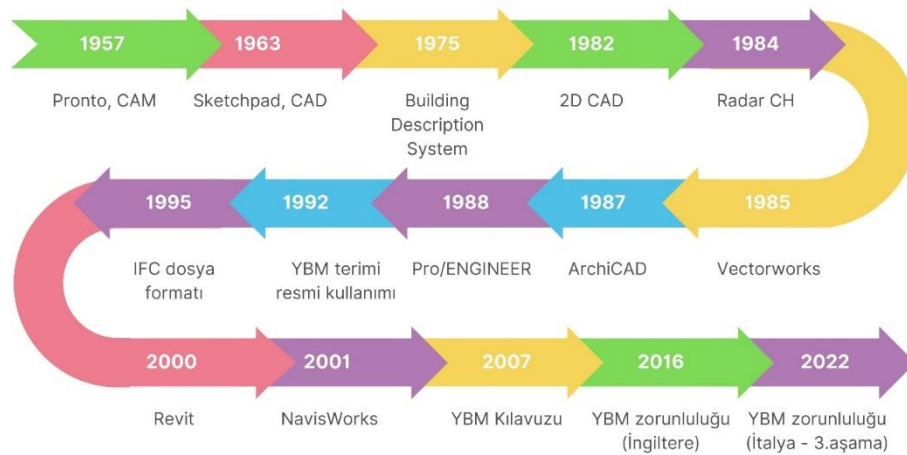
Tablo 3.1.1. *Yapı bilgi modellemesi hakkında literatürdeki kronolojik tanımlamalar*

1999	YBM, bina yapımının bütün süreçlerinde, ortak çalışmayı ve bilgi alışverişini kolaylaştıran, projenin 3 boyutlu elektronik temsidir [78].
2005	YBM; tasarımın başlangıcından itibaren bütün süreçlerde kullanılmak üzere oluşturulan proje verilerinin depolandığı ve tanımlı nesneler içeren model üzerinde çalışılabilen dijital bir sistemdir [79].
2006	YBM; yapıya ait biçimsel ve fonksiyonel verilerin üretim süreci olarak tanımlanır. Bu süreç sonunda yapının bütün özelliklerini içeren, bu özelliklerin diğer bütün aşamalar için de entegre edilebildiği sanal bir model ortaya çıkar [80].
2007	NBIMS (2007) 'e göre YBM, bina yaşam döngüsü süresince yapısal ve işlevsel özelliklerin dijital bir platformda gösterimine yardımcı olan, ayrıca proje yapım sürecinde çalışan paydaşlar için verileri ortak kullanıma açan bir sistem olmakla birlikte proje sürecinin verimini ve kalitesini yükselten, yapıya ait 3D model ve verilerin düzenli yapılanmasına katkı sağlayan bir süreçtir [81].
2008	Eastman vd. (2008) 'e göre YBM, bina yaşam döngüsü süreçlerinde yapının bütün bilgilerinden oluşan nesne tabanlı 3D model üreten, disiplinlerin koordine çalışması, iletişimin güçlenmesini ve sektördeki üretkenliği sağlayan teknoloji ve yaklaşımdır [14].
2008	YBM yapıyı sadece modelleyen bir yöntem olmamakla beraber, yapıyla ilgili bütün analiz ve verileri doğru şekilde işleyen, katılımcıların ortak çalışmasına katkı sağlayan süreçtir [82].
2009	CAD yazılımlarından birçok farkı olan, ortak veri standartlarıyla katılımcıların birlikte çalışabilirliğine, verilerin kontrolüne katkı sağlayan YBM sisteminin temel hedefi, yapının tasarım ve yapım aşamalarına dahil olan paydaşlar arasında devamlı bir iletişim sağlamaktır [16].
2009	Zuppa vd. (2009)'a göre YBM, proje hata payını en az seviyeye düşüren, tasarım aşamasından önceki süreçlere dahi olumlu etki eden teknoloji olarak tanımlanır [83].
2010	Farklı kullanıcıların YBM' ye bakış açısı da farklılık göstermektedir. Projenin tasarım aşamasında çalışanlar daha çok CAD ile ilişkilendirirken, yapım aşamasında çalışanlar projenin maliyet, kâr, malzeme gibi analizlerin dokümanını oluşturan sistem olarak görmektedir [84].
2010	Bilgi depolama işlevi dışında, tasarım elemanlarının modele işlenmesini ve birbiriyle etkileşimini de gerçekleştirir [85].
2011	YBM, bina bilgilerini tasarım, kullanım ve geri dönüşüm süreçleri boyunca dijital olarak depolayıp, proje ortakları için tüm aşamalarda kullanılabilecek bilgi deposu oluşturan, projede yapılan değişimlerin kontrolünü sağlayıp platformdaki tüm belgelere otomatik olarak yansıtarak tasarımı şekillendiren bir yöntemdir [86].
2012	Azhar vd. (2012)'e göre YBM; geleneksel yöntemlere göre hatasız ve ortaklaşa çalışarak yapıya ait tüm özelliklerin işlendiği bir model ortaya çıkaran yaklaşımdır [87].
2013	YBM, yapıya ait verilerle oluşturulan ve bu verilerin yaşam döngüsü boyunca ortak kullanımına, sentezlenmesine, değişimine olanak sağlayan ekip işi olarak tanımlanır [88].
2014	YBM; yapıyla ilgili verilerin hatasız, düzeltilmesine gerek duyulmadan sonraki kullanımlar için doğru şekilde depolanmasını sağlayan bunun yanında yapının analizini gerçekleştiren ve bu verileri birleştirebilen dijital bir yöntemdir [89].
2015	Geleneksel CAD uygulamalarından ayırıcı özelliği; tasarımın 3D modelini oluştururken, modele ait bütün önemli verileri saklayabilmesidir [90].
2017	YBM; yapı sektörünün çok disiplinli yapısının getirdiği parçalı veri kullanım zorluğunu, bütün verileri tek bir modelde toplayarak çözen teknolojidir. Geleneksel yöntemlerden farklı olarak modelle ilgili üçüncü boyutun yanında, maliyet, çeşitli analizler ve işletim gibi özellikleri dört, beş ve hatta altıncı boyutla destekleyen yaklaşımdır [91].
2018	Özorhon (2018); YBM'yi proje sürecine yenilik kazandıran yazılım olmanın ötesinde yapı sektöründeki bütün üyelerin ortak çalışmasını destekleyen yaklaşım olarak tanımlar [92].
2019	Atabay ve Öztürk (2019) ' e göre YBM, bütün verileri bir modelde toplayan, proje üzerinde yapılan değişimlerin diğer çıktılara da eş zamanlı işlenebildiği sistemlerdir [93].
2020	Yeni ve mevcut binalar için tasarlanan ybm süreci tarihi yapılarda kullanılması ile eksik belgelerin tamamlanması doğruluk oran analizlerinin yapılması, tadilat ve geri dönüşüm süreçlerini eksiksiz planlayıp gerçek zamanla uyumlu hale getirebilen sistemler bütünüdür [94].
2021	Bina yaşam döngüsü boyunca, yapıya ait veri parametrelerinin üretilip planlanan akışın içeriğini; 3D olarak üretilen modele ait nesne miktarları, nesneler arasındaki bağlantı, geometri vb. özellikler oluşturan, geleneksel yöntemlere göre zengin teknoloji ve teknikler içeren, projenin tasarım fikirlerinin gelişiminde, üretim sürecinde sahada kolaylık sağlayan yaklaşım ve yöntemdir [95].

Tüm bu tanımlara bakıldığında YBM'nin bütün bina yaşam döngüsü süresince yapıya ait verilerin tek bir platformda depolanıp, sunulabildiği faydalı bir ekosistem olduğu kabul gören bir gerçektir. Yapılan tanımlarda tek model üzerinde ortak çalışabilme, 3D görselleştirme, kesintisiz veri akışı, otomatik revizyon kapasitesi, yapısal analizlerle erken hata tespiti ve projenin hatasız üretilmesi, farklı üretim sistemlerinin uygulanmasını kolaylaştırması, inşaat sürecinin planlanması, tesislerin daha iyi işletilmesini sağlaması, malzeme yönetimini gerçekleştirmesi, inşaat sonrasında onarım, bakım, tadilat aşamalarında da kullanılabilmesi gibi faydaların vurgulandığı ve teknolojinin gelişmesiyle YBM platformunun da gelişerek tanımların içeriğinin de daha kapsamlı hâle geldiği görülmektedir.

3.1.1. Tarihsel Gelişim Süreci ve Sunduğu Avantajlar

YBM tanımları yapılırken aynı zamanda bir oluşum ve gelişim süreci geçirmektedir. Dünyada YBM teknolojisinin oluşumu, 1950'li yıllardan günümüze kadar olan gelişim sürecinde yeni teknolojilerin hayata geçmesi, yayınlar ve yönetmeliklerin ortaya çıkmasıyla sağlanmıştır. YBM tarihsel gelişim sürecini (Bkz. Görsel 3.1.1.1. ve Tablo 3.1.1.1.) dönemlere ayırarak ele aldığımızda erken dönem gelişim evrelerinde yeni çıkan teknolojik gelişmeler YBM altyapısının oluşmasına hız kazandırmıştır. YBM, bu evrede genellikle yeni tanıtılan teknolojiler ve yazılımlarla gelişim sağlamıştır. Orta ve geç dönem YBM gelişim evrelerinde ise yeni teknolojilerin gelişimi katkı sağlamaya devam ederken üretilen yayınlar ve yönetmeliklerin etkisi daha çok bu dönemlerde ön plana çıkmaktadır.



Görsel 3.1.1.1. Yapı bilgi modellemesinin tarihsel gelişim grafiği

Teknolojinin hızla ilerlemesi tasarım alanında da gelişim sürecini başlatarak, yapıların karmaşık hâle gelmesine bu nedenle proje üretim süreçlerinin uzamasına, proje yönetiminin zorlaşmasına, proje çıktılarındaki uyumsuzlukların sorunlara yol açmasına, zaman ve maliyet kayıplarına neden olmuştur. Bu problemlere çözüm bulmak, binanın bütün yaşam döngüsü boyunca verimliliğini ve sürdürülebilirliğini artırma gerekliliği gündeme gelmeye başlamıştır. Bu problemlere yönelik çözüm arayışları 1975 yılında YBM sisteminin araştırmalarına ve gelişimine zemin hazırlamaya başlamıştır.

YBM ile ilgili araştırmalar 1970'li yıllarda başlamış olmasına rağmen, YBM kullanımı 2000'lerin başlarında yaygınlaşarak uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu dönemde küreselleşen ekonomik durgunluk, kâr marjının ve üretim hızının düşmesine neden olmuştur. Bunlara ek olarak, inşaat sektöründeki firmalar arasında rekabetin artmasıyla, projenin bütün aktörleri (yükleniciler, mühendis, mimar, iş verenler) üzerinde kısa sürede düşük bütçeyle projeleri tamamlama baskısı oluşmuştur. Bunun sonucunda, inşaat sektörü rekabet avantajı kazanmak ve kaliteli üretim süreçleri geliştirmek amacıyla YBM teknolojisine yönelmiştir.

YBM'nin projelerde kullanımı firmaların değerini arttırarak yatırımcıların daha çok tercih etmesini sağlamaktadır. Böylece marka itibarının zedelenmesinin önüne geçmekte, oluşabilecek riskleri en aza indirerek, para cezalarını engellemektedir. Aynı zamanda YBM, teknolojisinden faydalanan firmalara doğru strateji yetisi kazandırarak, gelecek ihalelerde daha başarılı olmasını sağlamakta, projenin gerçekçi görselleştirilmesiyle ihale tekliflerini müşteriler için daha anlaşılır hâle getirmektedir [96]. YBM sistemi, ihale süreçlerini yönetip, proje tutarsızlıkları ve eksikliklerini tespit ederek kaliteli bir sonuç ürünün ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Ayrıca ihale sürecinden sonra eklenebilecek yatırım maliyetlerini %20-25 oranında azaltmaktadır [97]. Yapılan çalışmalarda YBM'nin proje üretim kalitesini ve teslimat sürecinin verimini arttırdığı gözlemlenmektedir. YBM sayesinde firmalara gelen proje teklifleri daha doğru değerlendirilmekte, tasarımın çevresel etmenlere vereceği tepkiler için oluşturulacak simülasyonlar daha hızlı oluşturulmakta, geliştirilen farklı tasarım alternatifleri performans analizlerine tâbi tutularak kaliteli tasarımların ve yenilikçi çözümlerin üretilmesini sağlamaktadır. İnşaat alanında otomasyon sistemiyle gerçekleşen imalatların daha planlı uygulanmasına etki etmektedir [96].

Tablo 3.1.1.1. Yapı bilgi modellemesinin tarihsel gelişimi

1950	Bilgisayarın ilk çıktığı 1950’li yıllardan itibaren Bilgisayar destekli tasarım programları (CAD) gelişim gösterdi. YBM’nin gelişimi ise CAD tabanlı programlarının gelişimi ile başladı. [98].
1951 1957	Dr. Patrick J. Hanratty tarafından geliştirilen ve çalışmalarına 1951 yılında başlanılan ilk ticari CAM (Computer-Aided Manufacturing) yazılımı Pronto 1957 yılında kullanıma sunuldu [98].
1962	Englebart’ın ‘Augmenting Human Intellect’ adlı makalesinde mimari tasarımda nesne tabanlı ve parametrik tasarım veri tabanlı bilgisayar programları kullanılarak yapı modellemelerinin, yapı analizlerinin, detaylandırmalarının yapılabileceğini ileri sürdü. Bu çalışmada YBM kavramı geçmese bile tarif etmesi nedeniyle ilk bahsedildiği kaynak olarak görülmektedir [99].
1963	İlk bilgisayar destekli tasarım yazılımı (CAD) olan “Sketchpad” Sutherland tarafından geliştirildi. Grafik kullanıcı ara yüzü ve bilgisayar grafikleri ile inşaat sektöründe kullanılan yazılımların temeli olarak görülmektedir [100].
1975	Eastman, Yapı Tanımlama sistemi (Building Description System)-BDS adlı makalesinde BDS adını verdiği prototip hakkında açıklama yaptı. Bu makalede parametrik tasarım ve 3D sunum fikirleri hakkında tek bir veri tabanında entegre olarak çalışması tartışıldı. Temelde günümüzdeki YBM’yi tanımlamaktadır. Prototip (BDS) kullanıcıların erişim sağlayabildiği, kullanıcılar tarafından düzenlenebilen veri tabanı, bu modele eklenen bağımsız kütüphane ve bahsedilen konular ile YBM sürecinde başarılı olan ilk yazılımlardan biri oldu. [101].
1980	Kişisel kullanım bilgisayarının gelişimi ile el ile çizimden CAD yazılımlarına geçildi [102].
1982 1984 1987	1982 yılında Graphisoft adlı şirket tarafından ArchiCAD programı geliştirilmeye başlandı. 1984 yılında ArchiCAD yazılımı Graphisoft’s Radar CH adıyla piyasaya sürüldü. 1987 yılında ise Graphisoft’s Radar CH adı ArchiCAD olarak yeniden lanse edildi. ArchiCAD yazılımı kişisel bilgisayarlarda kullanılan ilk YBM programı olarak tarihe geçti [101].
1985	Diehl Graphisoft tarafından geliştirilen ve YBM özelliklerini taşıyan Vectorworks programı piyasaya sürüldü [101]. PTC (Parametric Technology Corporation) şirketi kuruldu. [103].
1986	1986 yılında GMW Computers tarafından geliştirilen RUCAPS (Really Universal Computer-Aided Production System) programı piyasaya sürüldü [103].
1988	Stanford’ta Entegre Tesis Mühendisliği Merkezi (CIFE), Paul Teichholz tarafından kuruldu. Nesne tabanlı parametrik tasarım üzerine araştırmalar ile YBM’nin gelişmesi sağlandı [101]. PTC şirketi ilk parametrik modelleme yazılımı Pro/Engineer’ı piyasaya sürdü [103].
1992	1992 de Nederveen ve Tolman tarafından yazılan makalede YBM terimi ilk defa kullanıldı [80].
1993	Lawrence Berkeley Ulusal Laboratuvarında yapının modelinin malzeme özellikleri, analizleri ve simülasyonlarının yapılabildiği Building Design Advisor programını geliştirildi [101].
1995	Disiplinlerarası veri aktarımını sağlamak amacıyla IFC dosya formatı geliştirildi [101].
1997	Graphisoft internet üzerinden bir projede birden çok kişinin takım olarak çalışmasına olanak sağlayan Teamwork özelliği Archicad programının güncellemesi ile piyasaya sürüldü [101].
2000	Jungreis ve Raiz tarafından Pro//Engineer’ın mimari versiyonu Revit yazılımı geliştirildi [101].
2001	NavisWorks tarafından yapının simülasyonlarını ve yapıda karşılaşılabilecek problemleri tespit edilmesini sağlayan üç boyutlu tasarım programı JetStream yazılımı geliştirildi [101].
2002	Autodesk şirketi Revit yazılımını satın aldı [101]. YBM kavramı, Jerry Laiser tarafından ilk kez tesis yönetimi, sanal görüntüleme ve inşaat kavramlarını tanımlamak için kullanıldı [104].
2003	Bentley parametrik-geometrik modelleme yazılımı Generative Components’i geliştirdi [101].
2007	“YBM Kılavuzu” ile yeni tasarlanacak olan yapıların bütün süreçlerinde zorunluluk ve ilerleyen aşamalarda inşa edilecek projelerde YBM kullanım şartının denetimi desteklendi [105]. Autodesk şirketi 2007 yılında ise NavisWorks yazılımını satın aldı [101].
2012	2012 yılında ise Autodesk şirketi FormIt yazılımını geliştirdi [101].
2014	2014 yılında yapılan araştırmalara göre, ABD, Fransa, Kanada ve İngiltere gibi inşaat sektörü için lider kabul edilen ülkelerin BIM kullanımının %50’nin üstünde olduğu saptandı [106].
2016	İngiltere’nin YBM kullanımını zorunlu kılması 2016 yılından itibaren başladı. Beş milyon pound üzerindeki bütün kamu projelerinde bu zorunluluk uygulandı [107].
2017	İtalya Yapı Bakanlığı, YBM kullanımını zorunlu tutmak amacıyla üç aşamadan oluşan geçiş planı hazırladı [108]. Yapı sektöründe YBM uygulamalarının yaygınlaşmasını amaçlayan buildingSMART kuruldu [109]. Dijital inşaat aşamalarına fayda sağlayarak bu konuyla ilgili çalışmaları yaygınlaştırmayı hedefleyen BIMgenius platformu kuruldu [110].
2019	2019 yılında İtalya Yapı Bakanlığı’nın hazırladığı geçiş planının ilk aşamasında 100 milyon avroyu geçen projelerde YBM kullanımına zorunluluk getirildi. 2019-2021 yıllarında geçiş
2021	planının ikinci aşamasında YBM kullanım zorunluluğuna kamu yapıları da dahil edildi [108].
2022	Bütün projelerde YBM kullanma zorunluluğu getirilerek üçüncü aşama uygulandı [108]

YBM yaklaşımının ortaya çıkmasını hızlandıran etkenlerden biri de BDT yazılımlarından üretilen mimari, statik, elektrik ve mekanik projelerinin iki boyutlu çizimlerinin yetersizliği, disiplinlerarası ortak çalışmayı sağlayamaması, proje üretiminde oluşan problemlere pratik çözümler geliştirememesidir. Bu yazılımların önemli faydaları olmasına rağmen projenin 2D çizimlerini üretme süreçleri el çizimiyle benzerlik göstermektedir. 2D çizimlerin içinde bulunan plan, görünüş ve kesitler BDT yazılımlarıyla birbirinden bağımsız oluşturuldukları için, büyük metraja sahip projelerde bütün proje belgelerini içeren tutarlı revizyonların gerçekleşmesi zor hâle gelmektedir. Projeye ait her bir belgenin tek tek incelenmesi gerekmektedir [13]. YBM yaklaşımının veri entegrasyonunu, birlikte çalışabilirliği, yapının statik, mimari, elektrik-mekanik disiplinlerinin tek model üzerinde birleştirilmesini sağlaması geleneksel proje üretim yöntemlerinde büyük değişimler yaratarak, MMİ sektörünün bu yaklaşımı benimsemesi hızlanmıştır. Proje paydaşlarının ortak model üzerinde çalışabilmesi projedeki tutarsızlıkları önleyerek revizyon pratikliği sağlamakta, verilerin dönüştürülebilmesi ve tekrarlı üretimini, proje dokümanları arasındaki ek ilişkilendirme, koordinasyon ihtiyacını büyük oranda azaltmaktadır [111]. Bu yaklaşımda sürekli bir veri akışı ve paylaşımı gerçekleştiği için üretilen model daima günceldir, dinamik yapıdadır. YBM yaklaşımı, bu dinamik yapıda modele uygun dinamik bir süreci temsil etmektedir [112].

Geliştirilen ya da gelişmekte olan teknolojik yenilikler YBM platformu kapsamında değerlendirilebilmektedir. YBM kullanımına geçiş sadece teknolojik bir gelişme olmayıp, kültürel olarak da bir gelişmenin göstergesidir. Bu platform proje yaşam döngüsü süreçlerinin koordinasyonunu sağlayarak, süreçler boyunca tasarımsal düzenlemeler yapılabilmesine kolaylık tanımaktadır [113].

YBM'nin vaka çalışmaları üzerinden incelenip değerlendirilmesiyle ilgili çalışmalar (Bkz. Tablo 3.1.1.2.) mevcuttur. Bu çalışmaların çıktıları YBM'nin faydalarının teoriden daha fazlası (uygulanan projelerde faydaları) olduğunu kanıtlamaktadır.

Tablo 3.1.1.2. YBM'nin vaka çalışmaları üzerinden incelenip değerlendirilmesiyle ilgili çalışmalar

Azhar (2011), YBM'nin faydasını aktarabilmek için çeşitli vaka çalışmaları yaparak YBM teknolojisi kullanıldığında maliyet ve zamandan elde edilen tasarrufları maddeleştirerek açıklar: - Aquarium Hilton Garden Inn: Atlanta'da yapılan projede YBM kullanımı, çakışma analizleri ve tasarımdaki koordinasyonu sağlama üzerine gerçekleşti. İnşa edilen proje maliyetinde 200000\$'dan fazla kâr, aynı zamanda 1143 saat vakit tasarrufu elde edildi. - Savannah State University: YBM kullanımı, proje planlaması ve değer analizi şeklindedir. Projede 1995000\$ maliyetten kâr elde edildi. - The Mansion on Peachtree: Atlanta'daki bir otel projesi olan, YBM kullanımının proje planlaması ve belgelendirilmesi üzerine gerçekleşti. 15000\$ maliyetten kâr edildi. İnşası 29 ayda tamamlandı. - Emory Psychology Building: YBM kullanımıyla üretimde sürdürülebilirlik sağlandı Elde edilen maliyet kârı her yıl artmaktadır [114].	Stanford Üniversitesi'nde 2007 yılında "CIFE – Center for Integrated Facilities Engineering" bölümü YBM kullanımının maliyet üzerine etkisini incelemek amacıyla 32 proje araştırması gerçekleştirdi ve bu araştırmaların sonucunda YBM'nin maliyet ve zaman üzerine faydalarının; -Proje maliyetindeki değişimleri doğru hesaplamalarla %40 oranında azaltması ve iş planında oluşabilecek aksaklıkları önlemesi, -Proje maliyetiyle ilgili tahminlerin sadece %3 hata oranıyla yapılması, -Maliyet hesaplaması için harcanan zamanın %80 oranında azalması, -Ön aşamalarda yapılan çakışma tespitleriyle, tasarım elemanlarının çakışması sonucu çıkabilecek masrafların %10 oranında azalması, -Projenin bütün tamamlanma süresinin %7 oranında azalması olduğu tespit edildi [115].
Forbes (2010), çeşitli alanlarda vakaları ve projeleri inceleyerek YBM'nin farklı alanlarda faydaları üzerinde durmaktadır: -Üretim (İşyeri) Çizimleri: BIM sayesinde binanın sistemleri için üretim çizimlerini oluşturmak kolaylaşmaktadır. Buna örnek olarak; yapının modeli oluşturulduktan sonra bile gereken herhangi bir sistemle (örneğin; boruların tesisatı) ilgili çizimler kolayca yapılabilir. -Yönetmeliğe bağlı değerlendirmeler: BIM ile oluşturulmuş modeli, itfaiye ve başka yetkililer projenin kendilerini ilgilendiren kısımlarını incelemek amacıyla kullanabilir. -Adli Analiz: BIM ile oluşabilecek arızalar, tahliye planları, sızıntılar gibi etkenlerin grafiksel gösterimi kolayca elde edilebilmektedir. -Tesis Yönetimi: Bir tesisin işletiminde BIM, mekânların planlanması, onarım-bakım ve tadilat işlemlerinde kullanılabilir. -Maliyet Hesabı: BIM yazılım araçlarıyla üretilen dijital modele işlenen her malzeme aynı zamanda veri tabanına da işlenmekte, gerektiğinde otomatik metraj tabloları verebilmektedir. Modelde yapılan değişikliklerde bu tablolar otomatik olarak güncellenmektedir. -Yapım Süreci: Dijital model yapının bütün bileşenleri için imalat, teslimat tablolarını ve malzeme siparişlerini koordine etmek amacıyla kullanılabilir. -Uyuşmazlık, Çakışma ve Müdahale araştırması: BIM modeli 3D ortamda ölçekli şekilde oluşturulmaktadır. Bu model kompleks sistemlerin görsel olarak kontrolünü sağlamaktadır. Kanallar, çelik kirişler ve duvarların boru sistemiyle çakışma kontrolünü gerçekleştirmektedir. -Acil Durum Planlaması: BIM acil durumlar için büyük ölçüde tahliye ve planlama kolaylığı sağlamaktadır [116].	Barnies ve Davies (2014), çeşitli alanlarda vakaları ve projeleri inceleyerek YBM'nin faydaları üzerine çıkarımlarda bulunmaktadır; -3D model ile projenin tamamlanmış halini görselleştirilerek müşteriler de dahil bütün paydaşlar tasarımı kolaylıkla algılayabilmektedir. -İş planlaması görselleştirilip, yapılacak işler arasındaki bağlantının kontrolü daha net anlaşılır. -Birçok farklı üretim tekniğinin bütünleşmesi, değişimler ve düzenlemelere imkân tanımaktadır. -Dijital alt yapıya sahip bu teknoloji, mühendislik pratiklerinin gerçekleşmesini sağlamaktadır. -Proje danışmanları tasarımlarında tam koordinasyonu sağlayıp karmaşayı önlemektedir. -Binanın inşaatına başlanmadan yapıya ait elemanların çakışma kontrolünü sağlamaktadır. -Proje çalışanlarının ortaya çıkardığı tasarım ve sonuç ürünün uyumunu sağlamaktadır. -Proje çizimleri 3D oluşturulup inşaat aşamasında çıkabilecek problemler önceden tespit edilebilir. -Hataları, revizyonları, proje atık miktarını ve proje maliyetini azaltmakta; saha güvenliğini, kalite ve saha prefabrikasyonunu artırmaktadır. -Projenin bütün yaşamında gerekli enerji hesabını tasarımın erken süreçlerinde yaparak, yapının karbon ayak izinin gelişimine katkı sağlamaktadır. -Yüklenicilere önerilen proje sürecini prova eder. -İnşaat için gereken malzeme listesini oluşturur. -Projeye ilgili tahminleri zamanında yapmasıyla maliyet ve gerekli malzeme miktarını, verimlilik projeksiyonu, alan ve boyutlarla ilgili tahminlerin tasarım sürecinde elde edilmesini sağlamaktadır. -Yapının inşası gerçekleşmeden son halinin görünümüne ait çizimlerini üretebilmektedir. -Binanın yaşam döngüsü boyunca işletme, bakım ve yenileme işlemlerine yardımcı olup maliyetleri, enerji verimlilik analizleri, projenin renovasyon ve bakım işlemi optimizasyon analizini sağlar [98].

3.1.2. Bina Yaşam Döngüsünde Kullanımı

YBM yaklaşımı bina yaşam döngüsü içerisinde incelendiğinde, iletişim ve iş birliğine dayalı alt yapıdan oluştuğu görülmektedir. Yapının biçimsel ve işlevsel bütün özelliklerini ve farklı çalışma disiplinlerine ait verileri dijital bir modelde birleştiren ayrıca bütün proje paydaşlarının projeye ait bilgilere kolaylıkla erişebileceği ve ortak çalışabileceği ve sanal platformda depolayabileceği bir bina yaşam döngüsü sunmaktadır. Sanal platformda üretilen dijital model, proje paydaşlarının tasarımda gerekli gördüğü değişikliklerin kolaylıkla yapabilmesini ve projeyi geliştirebilmesini sağlamaktadır. Geleneksel yöntemlerde proje paydaşlarının yapıyı yapım sürecinde yerinde sanal platform üzerinden inceleme imkanları bulunmamaktaydı. YBM, inşa edilecek projeyi yerinde detaylı inceleyebilme imkânı tanımaktadır. Üretilen dijital modelden bina yaşam döngüsü süresince yararlanılarak, zaman, maliyet ve üretim yönetimi, ayrıca inşa sonrasındaki yönetim ve onarım işlemleri için gereken bilgilerin aktarımı sağlanmaktadır. [87].

Ofluoğlu (2009)'a göre, yapının bina yaşam döngüsünün bütün süreçlerinde YBM kullanımları dört başlıkta incelenebilir:

- 1- Tasarım Aşamasında Kullanımı: Avan proje, kesin proje, resmî evraklar, mekanik-statik-elektrik projeleri, ihtiyaç listeleri,
- 2- Çevre Analizlerinde Kullanımı: Işık, akustik, ısı (yalıtım) analizleri,
- 3- Yapım Aşamasında Kullanımı: Depolama ve revizyon kontrolü, malzeme tedariki,
- 4- Tesis Yönetimi Aşamasında Kullanımı: Revizyon kontrolü, arıza-hata tespiti, yıkım vb. kullanımlar [16].

3.1.2.1. Tasarım aşamasında kullanımı

Proje tasarımı, çıkabilecek kaosların önlenmesi, hızlı ve net kararların alınabilmesi için aktif yürütülmesi gereken bir süreçtir [117]. Birçok paydaşın rol aldığı bu süreçte projeye ilgili tasarımsal verilerin paylaşımı gerçekleşmektedir. Paydaşlararası veri paylaşımının belirlenen süre zarfında gerçekleşmesi tasarımla ilgili erken sonuç alınabilmesi için önem taşımaktadır. Yapılan incelemeler, birbirinden ayrı çalışma ortamı gerektiren disiplinlerin bilgi paylaşımı ve ortak çalışmasının zor olduğunu göstermektedir. Bunun sonucu olarak, projenin hata oranı artmaktadır. YBM, projenin temsili sunumunu oluşturarak erken süreçlerde tasarımın değerlendirilmesini, proje paydaşları arasındaki diyalogu güçlendirerek hatalı veri paylaşımının önlenmesini ve sürecin başarılı yönetimini sağlamaktadır [118] [104]. Bu temsili sunum, tasarımsal

zenginlik sağlayarak, tasarıma ait gerçekçi görsellerin oluşturulmasını, böylelikle paydaşların projeye hakimiyetini arttırmaktadır [119].

Azhar vd. (2012)'e göre YBM; paydaşların ortak çalışabildiği, kolaylıkla veri paylaşımı yapabildiği temsili 3D model ve içerdiği yazılımlar sayesinde proje revizyonunu kolaylaştırmaktadır [87]. İçerdiği yazılımlar, revizyon kolaylığı sağlasa bile yanlış tasarım kararlarının yol açtığı büyük hataları değiştiremeyeceği de unutulmamalıdır [16]. Krygel ve Nies (2008); YBM'nin parametrik modelleme altyapısı sayesinde projedeki tasarım elemanları (duvar, döşeme, kolon, kiriş vb.) üzerinde taşıma, döndürme, boyutlandırma veya kaldırma gibi revizyonlar yapıldığında 2D-3D tüm plan ve perspektiflere bu değişimlerin işlenebildiğini böylece mimar ve mühendisler için kolaylık sağladığını açıklamaktadır. [120]. CAD altyapısıyla üretilen birbirinden bağımsız proje çıktılarıyla kıyaslandığında, YBM'nin içerdiği akıllı nesneler ile yapılan revizyonların bütün proje çıktılarına otomatik olarak işlenmesi erken süreçte daha az hata ile proje modelinin güncellenebilmesi sağlanmaktadır.

Ofluoğlu (2014)'na göre; YBM altyapısına ait nesne tabanlı yazılımlar yapı formunun oluşturulmasında çeşitli katkılar sunmaktadır. Bu yazılımlar geometrik modelleme komutları sayesinde tasarımın kavramsal aşamasında temel bir kütle ve kabuk oluşturabilmektedir [13]. Her yazılımın farklı yetenekleri ve projeye katkıları bulunmaktadır. YBM, MMİ uzmanlarının kullanabildiği farklı katkılar sunan yazılımlar arasında veri transferini ortak dosya biçimi olan IFC formatı sayesinde mümkün kılmaktadır. Böylelikle mimar ve mühendisler projenin strüktürünü tasarlayıp, metraj hesaplamalarını kontrol edebilmektedir [16].

Eastman vd. (2011)'e göre, projenin tasarım aşamasında YBM kullanımının sağladığı faydalardan biri de maliyete olan etkisidir. Proje için belirlenen tahmini maliyet temsili modelin üretiminde hesaplanması gereken bir etken olarak, bu hesaplamaların pratikleşmesini sağlamaktadır. Bu durum projeye ilgili değişimlerde çıkabilecek ilave ücretlerin öngörülmesi ve nitelikli sonuç ürünlerin üretimini sağlamaktadır [86]. Ofluoğlu (2009), YBM'nin proje maliyetine olan olumlu etkisini üretilen 3D modelin, proje üretiminde ortaya çıkabilecek değişkenlere (teslim süresi, maliyet vb.) hızlı şekilde uyum sağlayabilme özelliği üzerinden açıklamaktadır [16].

3.1.2.2. Yapısal ve çevresel analizde kullanımı

Tasarımın erken evrelerinde 3D model ile sonuç ürün performansına ön izleme sağlayan YBM, tasarımcıların ürettiği ürünler üzerinden gerçek zamanlı ve dijital geri dönüşler sağlayarak, tasarımcılara ürünlerini her aşamada test edebilme ve geliştirme olanağı sunar. Tasarım üzerinde gerçekleştirilen bu test ve denemelere analiz adı verilmektedir. Yapılan analizler ve geri dönüşlerin değerlendirilerek ürün geliştirme aşamaları döngüsel şekilde sürdürülebilmektedir [121].

Ofluoğlu'na (2009) göre; YBM'nin içerdiği analiz nesneleriyle sanal model üzerinde malzeme miktarı, maliyet ve hacimsel hesaplamalarla birlikte enerji performans, akustik, yangın, HVAC, aydınlatma ve çevre analizleri yapmak mümkündür [16]. Bu analizlerden elde edilen veriler ile enerji verimli, sürdürülebilirlik açısından performansı yüksek ve LEED çevre sertifikası standartlarına uygun yapılar inşa edilmektedir [14].

Yapının çeşitli çevresel şartlara göstereceği tepkiler simüle edilerek, animasyon gösterimlerinin oluşturulmasıyla paydaşlar ve müşteriler için daha kaliteli sunumlar üretilebilmekte bunun bir sonucu olarak, paydaşlar enerji verimliliği konusunda bilinçlenerek daha doğru kararlar alabilmekte ve proje teklifleri daha kolay anlaşılabilir müşteri hizmeti gelişmektedir [122].

Değişen çevresel şartların çevre analizleriyle öngörülebilir hale getirilmesi yapım aşamasını da olumlu etkilemektedir. Yapım aşamasının planlanmasıyla saha etkinliği ve prefabrikasyon verimi artmaktadır. İnşaat için ihtiyaç duyulan malzeme miktarı tespit edilip gereksiz malzeme kullanımının önüne geçilerek yapım maliyetleri düşmektedir. Nokta bulutu ve çevre analizinden edinilen veriler, yapım sürecinde denetim kolaylığı sağlarken süreç sonunda tesis yönetimi, bakım zamanı ve saha planlaması için kullanılabilmektedir [106].

3.1.2.3. Yapım aşamasında kullanımı

İnşaat; tasarım, mühendislik, yerinde imalat ve yönetim hizmetlerini kapsayan çok disiplinli ve veri içeriği açısından zengin bir alandır. Çok disiplinli yapısının neden olduğu veri çeşitliliği belgelerin doğru yönetimi ve paylaşımını zorlaştırabilmektedir. Bu veriler, tasarım sürecinde oluşturulan çizimlerden yapım sürecinde hazırlanan proje belgelerine kadar üretilen birçok içeriği kapsamaktadır [123]. Başarılı bir proje yapım süreci; proje verilerine kesintisiz erişim, inşaat alanı içi ve dışındaki faaliyetlerin planlanması, paydaşların aktif iletişimini gerektirmektedir [124]. YBM sistemi sayesinde

bütün proje verileri (detaylar, tesisat sisteminin montajı için yapım öncesi verilen talimatlar, şantiye çizimleri vb.) tek bir dijital platformda bütün paydaşların kesintisiz erişebileceği şekilde depolanmaktadır. YBM'nin bu özelliği bütün yaşam döngüsü süreçlerine katkı sağlamaktadır. İnşaat başlamadan önce proje için belirlenen teslim takvimine göre program oluşturularak, süreç bu planlamaya (saha planlaması) göre yönetilmekte ve denetimi sağlanmaktadır [86].

YBM'nin yapım sürecine yönelik kullanımlarından biri de iş güvenliği olarak belirtilmektedir. 3D modelin yanında 4D modelden de faydalanılarak detaylı inşaat güvenlik planı çıkartılmaktadır [114] [87]. Abbasnejad ve Moud (2013) iş planlamasının görsel hâle getirilmesiyle oluşabilecek tehlikelerin önceden tespit edilebileceğini açıklamaktadır [125]. İş güvenliği için yapılan analizler, modelin detaylarını ve kapsamını güvenlik açısından denetlemekte ve iş güvenliği açısından tehdit olarak görülen şartların tanınmasında etkin rol oynamaktadır [126].

Eastman vd. (2011)'e göre YBM'nin yapının yapım sürecine olan katkılarından bir diğeri de geleneksel yöntemlere oranla, inşaat maliyeti tasarruf katkısının fazla olmasıdır [86]. Günaydın vd. (2014)' e göre, CAD teknolojisi ile kıyaslandığında maliyetlerdeki sapmalar yüksek oranda azalmaktadır [127]. YBM teknolojisinin içerdiği yazılımlar, maliyetle ilgili çıkarım yapma özelliğine sahip olduğundan dolayı, proje hesaplamaları otomatik olarak yapılarak, model revize edildiğinde maliyetle ilgili hesaplamalar da otomatik olarak güncellenebilmektedir [114] [87]. Gerçekleştirilen maliyet hesaplamalarıyla ek ücretlendirmeler önlenerek, proje için ayrılan bütçeden tasarruf sağlanmaktadır. Gereksiz malzeme alımı önlenerek stok fazlası ürün birikiminin engellenmesi bu tasarrufa bir örnek niteliğindedir.

Projenin kalite parametrelerini olumlu yönde etkileyerek yalın bir inşaat süreci oluşturan YBM ile inşaata başlanmadan önce binanın strüktürel ve çakışma analizleri yapılarak, projenin temel sistemlerindeki sorunlar tespit edilmekte, proje yapısal bileşenlerinin fabrikasyon çizimleriyle montaj işleminin otomatikleşmesi sağlanmaktadır [114] [87]. Bu durum paydaşların iş yükünü hafifletip üretim sürecini hızlandırarak firmalara rekabet kârı da kazandırabilmektedir [128].

Ofluoğlu (2009)'a göre YBM inşaat aşamasında; farklı disiplinlerden çalışanların iletişimini kolaylaştırır, çeşitli analizlerle oluşabilecek hatalı üretim ve ekstra maliyeti önler, saha güvenliği, gerekli donatıların taşınma ve saha iş akış planlamasını sağlar [16].

3.1.2.4. Tesis yönetimi aşamasında kullanımı

Yapı tesliminden sonraki aşamada alınması gereken yönetim stratejisi kararları, bakım ve onarım gerektiren durumlar bulunmaktadır. Bu gerekliliklerin karşılandığı aşama tesis yönetimi olarak adlandırılmaktadır. YBM, projenin tasarım ve yapım aşamalarında olduğu gibi tesis yönetimi aşamasında da kullanılmaktadır.

Cotts vd. (2009)'e göre tesis yönetimi; yapıyı çevreye fonksiyonellik sağlayan teknoloji, bağlam, disiplinlerarası paydaşlar ve zaman yönetimi gibi çeşitli değişkenleri içeren bir süreç olarak anlatılmaktadır [129]. Başka bir anlatımla, bir işletmenin stratejik kararları, planlanmış bakımı gibi günlük faaliyetlerini destekleyen bir süreç olarak ifade edilmektedir [130]. Atkin ve Brooks (2014)'e göre tesis yönetiminin hedefi, kullanıcı ihtiyaçlarına göre yapı geliştirme yöntemlerinin belirlenmesi, iş performansının yükseltilmesi ve mekanların ihtiyaçlara göre özelleştirilmesini sağlamaktır [131].

Yapının bütün yaşam döngüsü süresince çıkan maliyetler ve harcanan enerjinin büyük kısmı tesis yönetim aşamasında aydınlatma, ısıtma, sıcak su tedariki ve soğutma faaliyetlerine harcanmaktadır. [132] [133] [134]. YBM, tesise ait yapı sisteminin güçlendirilmesi için gerekli maliyet ve enerji alternatiflerinin karşılaştırmalı şekilde analizini gerçekleştirerek, yaşam döngüsü boyunca harcanan enerjiyi azaltıp yapı performansının en üst düzeye çıkmasını ve maliyetlerin azalmasını sağlamaktadır [135].

Tesis yönetimi için gerçekleşen faaliyetlerin büyük çoğunluğunu, bir işletmenin bakımı oluşturmaktadır. Zamandan tasarruf kazanmak ve iş gücünden verim elde etmek, için işletmelerin bakım faaliyetleri pratik yöntemler belirlenerek ilerlemelidir. Geleneksel yöntemler incelendiğinde yapının bakım performansını etkili seviyelere çıkaramadığı, bir sorun ortaya çıktığında geçmiş sorunlara yönelik çözüm kayıtlarını bulmanın oldukça zor bir yöntem olduğu, bilgiye aktif şekilde ulaşamadığı belirlenmiştir [136]. Sabol (2008)'e göre, bilgiye aktif şekilde ulaşım sağlamak; bilgiyi güncellemek için geçen süreyi kısaltıp kazanılan sürede daha fazla bilgi sağlanarak eksik bilgiden kaynaklı hatalı kararlar alınmasını önlemekten geçmektedir. Tesis aşamasında YBM kullanımıyla, yapının bütün yaşam döngüsü süreçlerine ait bilgilere aktif şekilde ulaşım sağlanabilmektedir. Ayrıca tesisin işletiminden ve tasarımından sorumlu olan çalışanlar arasında bilgi paylaşımı kolaylaşarak, proje ekibi arasındaki iletişim güçlenmektedir. İletişimin güçlenmesiyle süreçler verimli hâle gelmektedir [137]. Elektrik, statik ve mekanik teknik altyapı sistemleri için işlem gerektiğinde mekânların teknik bilgilerinin

depolanması sayesinde 3D model üzerinde işlem yapılacak konum rahatlıkla tespit edilmektedir. Aynı zamanda YBM sisteminin web ile ilişkili sistemlerle kullanılabilmesi bakım faaliyetlerinde teknolojiye stratejik bir kâr elde edilmesini sağlamaktadır. [138].

YBM sistemi; hareket yönetimi, saha yönetimi, denetimler, envanter yönetimi, bakım talimatı, acil hizmet talebi, emlak portfolyo yönetimi faaliyetlerine olanak sağlamaktadır. Bu olanakların yanı sıra gaz kaçakları, potansiyel hatalar ve tahliye planlarının model üzerinde grafiksel gösterimi sayesinde resmi kuruluşlar projeleri kolaylıkla inceleyebilmektedir [114] [87].

3.2. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)

CBS, mekânsal analiz ve gözlemlerle ulaşılan grafiksel, sayısal ve alfasayısal verilerin üretilmesi, depolanması, işlenmesi, yenilenmesi ve ortaya çıkan ürünün kullanıcıya sunulmasını sağlayan bilgi sistemi olarak tanımlanmaktadır [139] [140].

Bank ve Taştan (1994)' e göre CBS; etüt, tasarlama ve yönetim süreçlerinde karar alma yetisini geliştirmek, maliyet, zaman ve personel çalışma veriminde tasarruf sağlamak için kültürel ve coğrafi varlıklara ait nicel ve nitel bilgilerin farklı kaynaklardan toplanarak coğrafi bir veri tabanı şeklinde bütüncül olarak planlanması, yenilenmesi, analizi, depolanması ve bu verilerin kullanıcılara ekran görüntüleri, çizimler, raporlar biçiminde sunumunu sağlayan yazılım, donanım, personel ve coğrafi veri bileşenlerini içeren bilgi sistemleri olarak ifade edilmektedir [141].

3D modellemede veri hacmi, verilerin üretimi, saklanması ve işlenmesi aşamaları ilave boyutlar ortaya çıkartmaktadır. Bu nedenle 2D modellemeye oranla daha zordur. CBS teknolojisinin yakın tarihe kadar yaygın şekilde kullanılmamasının sebebi; hacimsel analizin zor olması ve veri miktarının yoğunluğundan dolayı gerçekleştirilecek işlemlerde ileri seviyede hesaplama tekniklerine duyulan ihtiyaçtır. Fakat teknolojinin ilerlemesiyle bu sorunlar çözülmeye başlamıştır [142].

CBS'nin belirgin şekilde kullanımı 2000 senesinde Multigen Paradigm ve ArcView şirketlerinin SiteBuilder yazılımlarını piyasaya sürmesiyle yaygınlaşmaya başlamıştır. İki şirket de simülasyonlar üretme ve bu simülasyonların yazılımlarla desteklenmesiyle ilgili çalışmalar gerçekleştirmiştir. CBS yazılımları ile ilgili çalışmalar yapan firmalar ilgi çekici 3D sunumlar gerçekleştirdikleri hâlde az sayıda kullanıcının dikkatini çekebilmiş ve onay görmüştür. Daha sonra 3D Analyst uzantısı ve ArcGIS 9 sürümüyle CBS sunumları konusunda olumlu gelişmeler yaşanmıştır. Bu sürüm sayesinde kullanıcılar 3D

sunumlarını gerçekçi mekânsal objelerle (ağaçlar, binalar vb.) birlikte oluşturmaktadır. 3D CBS'nin, konum verilerinin gösterimi ve analizinde gelişen bir teknoloji olduğu görülmektedir.

YBM sistemiyle üretilen 3D modele tasarım ve yapım aşamalarında birçok dijital veriler işlenmekte ve bu veriler veri tabanında depolanarak ihtiyaç duyulduğunda strüktürel analizler, metraj listelerinin oluşturulması, maliyet hesaplamaları, binanın enerji verimlilik testlerinde ve tesis yönetiminde kullanılmaktadır. CBS'ye bu dijital veriler entegre edildiğinde detaylı kompleks projelerde fazla sayıda yeni tip verilerin elde edilebildiği, model üzerinde gerçekleştirilen faaliyetlerin (analizler, hesaplamalar, çizelgeler, performans ve verimlilik testleri, bakım, onarım vb.) niteliklerinin arttığı gözlemlenmiştir [143]. Aktif mekânsal bir analiz aracı olan CBS'nin, YBM ile entegre olması günümüzde birçok farklı dallarda kullanımını zenginleştirmiştir. Karaş, (2007) CBS kullanım alanlarını aktarmaktadır. (Bkz. Tablo.3.2.1.)

Tablo 3.2.1. CBS Kullanım Alanları [144].

CBS Kullanım Alanları		
3D haritalarının planı ve üretimi	Mimari	İletişim altyapısı
İnşaat mühendisliği	Peyzaj planları	Acil durum yönetimi
Çevresel gözlemler	Navigasyon sistemleri	Emlak sektörü
Maden tetkik	Hidrografik ölçmeler	Arkeoloji
Ekolojik uygulamalar	Jeolojik test ve analizler	Deniz biyolojisi

Kültürel mirasın korunması; korunması gereken değerlerin saptanması, tescil, analiz, değerlendirme süreçlerinden oluşmaktadır. Bu süreçlerde verilere kolayca erişilmesi gerekmektedir. Coğrafi Bilgi Sistemleri bu süreçte kullanılabilecek etkili bir yöntemdir. Kültürel mirasın korunması süreci çeşitli disiplinlerden aktarılan verilerin bütüncül şekilde tek bir sistemde kullanılmasını gerektirmektedir. Farklı disiplinlerden aktarılan bu verilerin ortak bir veri tabanında toplanabilmesi; gerçekleştirilen çalışmaların güncelliğinin sürdürülebilmesini sağlamaktadır. [145].

Yüce, Alparslan ve Okyar (2006)'nın hazırladığı “Kültürel Mirasın Korunmasında CBS'nin Rolü” adlı bildiride; CBS'nin avantajları şu şekilde açıklanmaktadır:

- Yöreye özgün kültürel mirasın kalıcı ve güncel belgelerini üretebilmektedir.
- Kültürel mirası barındıran doğal ve beşerî çevreyle biçimsel ilişki kurmasını sağlamaktadır.

-Tavsiye edilen koruma stratejilerinin ve gelişim modellerinin denenmesine katkı sağlamaktadır.

-Kültürel mirasın içinde bulunduğu çevrenin gözlemlenmesini ve yönetimini gerçekleştirmektedir. [146].

3.3. Mevcut Belgeleme Yöntemleri

Arkeolojik alanların ve kültürel miras yapıtlarının korunması, gelecek kuşaklara iletilmesi amacıyla dijital belgeleme çalışmalarının detaylı, hızlı ve kolay şekilde yapılması gerekmektedir. Tarihi yapıtların belgelenmesi ve dijital platforma aktarılabilmesi için geçmişten günümüze birçok yöntem kullanılmıştır. [147]. Kuban (2000)' a göre belgeleme çalışmasında gerek duyulan veriler, görsel ve yazılı kaynaklardan elde edilmektedir. Bu kaynaklar mekânı bilen insanların sözlü anlatımı, çizimler, görseller, eski haritalar, arşivler, arkeolojik veriler ve seyahat notları olarak arttırılabilir [7]. 2000'li yılların ardından belgeleme yöntemlerine yenileri eklenmiştir. Günümüzde Kültürel mirasın belgelenmesinde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Kültürel mirasın belgelenme çalışmalarında kullanılan yöntemleri, “geleneksel” ve “modern” yöntemler olarak başlıca iki grupta incelemek mümkündür [8]. (Bkz. Tablo 3.3.1.) Teknolojinin gelişmesiyle kültür varlıklarının belgelenmesinde geleneksel belgeleme yöntemlerine alternatif yöntemler geliştirilmiş, yapılan araştırmalarla geliştirilen yeni yöntemlerin doğru ve güvenilir sonuçlar ortaya çıkardığı tespit edilmiştir. Modern belgeleme yöntemlerinin kullanımı yaygınlaşmış olsa da güvenilir araştırma süreçleri açısından envanter araştırmalarının da sistemli şekilde yapılması gerekmektedir.

Tablo 3.3.1. *Taşınmaz kültür varlıklarında mevcutta kullanılan belgeleme yöntemleri*

Taşınmaz kültür varlıklarında mevcutta kullanılan belgeleme yöntemleri	
Geleneksel Yöntemler	Modern Yöntemler
• Yazılı Belgeleme • Görsel Belgeleme • Grafik (Çizimle) Belgeleme • Bilgi Formları/Fişlerinin Doldurulması • Rölöve Çizim ve Analizler	• Fotogrametri • Lazer Tarama • 3D Modelleme • Nokta Bulutu • 360 Fotoğraf ve Videolar

3.3.1. Geleneksel belgeleme yöntemleri

Rölöve çizimi, analizler-arkeometri incelemeleri, bilgi formlarının/fişlerinin doldurulması, yazılı, görsel ve grafik belgeleme geleneksel belgeleme yöntemlerinin

başlıcalarıdır. Geleneksel belgeleme yöntemleri teknolojinin gelişmesiyle beraber varlığını kaybetmemiştir. Fakat kullanım alanlarının kapsamında daralma gözlenmektedir. Bazı geleneksel belgeleme yöntemleri teknolojinin gelişmesine uyum sağlayarak hız ve maliyet açısından kazanımlar sağlamaktadır. Günümüzde geleneksel belgeleme yöntemleri tamamlayıcı unsur olarak kullanılmaktadır. Modern belgeleme yöntemleri tamamlandıktan sonra yapı, alan ve projenin ihtiyaç ve boyutlarına göre geleneksel belgeleme yöntemleri de uygulanmaktadır. Kültürel mirasa ve ihtiyaçlarına göre geleneksel belgeleme yöntemlerini çeşitlendirmek mümkündür. Genel ifadeyle bir sınıflandırma yapılırsa aşağıdaki gibi olmalıdır:

-Yazılı Belgeleme (Rapor): Arşiv, sözlü kaynak, kütüphane taraması, varsa gezi yazıları, rölöve, restorasyon ve restitüsyon raporları taranarak da yazılı belgeleme (dokümantasyon) için veri elde edilmektedir [148]. Ayrıca bu yöntem, yapıya ait mimari, mekânsal, strüktürel, bezeme vb. unsurların tanımını içermektedir.

-Görsel (Fotografik) Belgeleme: Video ve fotoğraf ile yapılan belgeleme çalışmasıdır. Çalışma yapılırken eski belgelerden (fotoğraf, çizim ve eskizler) de yararlanılmaktadır [148]. Ayrıca konservasyon uygulamalarında da kullanılan belgeleme türüdür [149].

-Grafik (Çizimle) Belgeleme: Belgelenecek mimari ögeyi (mozaik vb. diğer mimari detaylar) kayıt altına almak için 1/1 ölçekte çizilmesidir [149].

-Bilgi Formları/Fişlerinin Doldurulması: Mimari öğelerin teknik özellikleri ve yapım teknikleriyle mevcut (korunma) durumlarının saptanmasına yönelik yapılan çalışmalardır. Bilgi formlarının doldurulması verilerin kontrollü şekilde kayıt altına alınmasını sağlarken; görsel belgeleme çalışmalarının planlanmasını kolaylaştırmaktadır [149].

-Rölöve Çizimi, Analizler-Arkeometri İncelemeleri: Restorasyon projesinde ilk adım; rölöve çizimlerinin oluşturulması, rölöve malzeme- bozulma- özgünlük analizlerinin gerçekleştirilmesidir. Sonraki adım; elde edilen verilerle restitüsyon projesinin çalışmaları, çizim aşaması ve müdahale kararlarının alınmasıdır [148]. Ayrıca, kayıt altına alınacak tarihi yapının malzeme özelliklerinin tespit edilmesi aşamasını da içermektedir. Çalışmanın ilk adımı sit alanında, daha sonraki adımlar laboratuvarında gerçekleştirilmektedir [149].

3.3.2. Modern belgeleme yöntemleri

3D modelleme, fotogrametri ve lazer tarama sistemlerinden elde edilen çıktılar (nokta bulutları, 360 derece fotoğraflar ve videolar vb.) modern belgeleme yöntemlerinin başlıcalarıdır. Kültürel mirasın sanal platformda arşivlenmesi amacıyla özellikle son yıllarda önem kazanan 3D modelleme; taranmış nokta bulutunun dokuyla kaplanmış yüzeylerinin bir araya getirilmesi ve meshe (üçgen ağı) dönüşmesidir [4]. Fotogrametri; fotoğraf üzerinden yapının görsel verileri, geometrisi, doku verileri, iki boyutlu çizimler ve 3D modelini oluşturmayı hedefleyen yöntem olarak ifade edilmektedir [4]. Lazer tarama yöntemi, mekâna ait verilerin elde edilmesi amacıyla çok sayıda, istenen yoğunlukta, belirli koordinatlara sahip nokta bulutlarının lazer teknolojisiyle oluşturulduğu veri toplama yöntemidir [148]. Çok sayıda nokta bulutu bir araya getirilerek tek bir nokta bulutu oluşturulmaktadır. Oluşturulan nokta bulutu renklendirilebilmekte böylece objenin yüzey modeli elde edilerek belgeleme sırasında kullanılabilir [3].

Güleç, (2007)'e göre gelişen teknolojiyle birlikte kültürel mirasın belgelenmesi için yapılan çalışmalarda modern yöntemler tercih edilmekte, verilerin dijital olarak üretimi ve depolanması sağlanmaktadır [9]. Modern yöntemler, çalışmanın zor olduğu alanlarda da detaylı uygulamalar gerçekleştirebildiğinden dolayı kullanımı hızla yaygınlaşmıştır [10]. Geleneksel yöntemlerde elde edilen verilerin kayıt altına alınması modern yöntemlere göre daha yavaş ve zahmetli olduğundan veri kayıpları yaşanabilmektedir. Bu nedenle hızlı ve güvenilir veri üretilebildiği için belgeleme çalışmalarında modern yöntemlerin kullanımı tercih edilmektedir.

3.3.2.1. Fotogrametri tarama ile belgeleme yöntemleri

Fotogrametri kelimesi eski Yunancadaki kelimelerin birleşiminden oluşmaktadır (fotos, grama, metron). Türkçe karşılığı ışık, çizim ve ölçme olan bu kelimeler; “ışık aracılığıyla ölçme ve çizim” anlamına gelmektedir [150]. Altıntaş vd. (2014) 'e göre, nesneler ve oluşturdukları alandan yayılan ışınların şekil verdiği görseller ve açığa çıkardıkları elektromanyetik enerjinin ölçümü, yorumlanması ve kayıt altına alınması işlemleri sonucunda nesneler ve çevresi hakkında doğru verilerin elde edildiği teknolojidir [151].

Fotogrametri, ortaya çıkış sürecinde uzun yılların birikimi ve teknolojinin sunduğu yeniliklerle değişimler geçirerek kendine yöntemler oluşturmuştur. Tarihsel olarak bu süreci;

- Fotoğrafın bulunuşundan önceki dönem,
- Fotogrametriyle ilgili ilk gelişmelerin yaşandığı dönem,
- Analog fotogrametrinin gelişimi,
- Analitik fotogrametrinin gelişimi,
- Sayısal fotogrametrinin gelişimi olarak 5 kısma ayırabiliriz.

Fotogrametrinin mimaride ilk kullanımı 1858 yılında mimar Meydenbauer'in yıkılan kilisenin restorasyonunda, yapının mevcut resimlerine göre veriler elde etmesiyle başlamıştır. Mimari unsurların görsel verilerinin oluşturulmasında kullanılan fotografik (analog) veya dijital (sayısal) görüntülerden elde edilen verilerin ölçekli şekilde değerlendirilmesi yöntemi mimari fotogrametri olarak adlandırılmaktadır. Elde edilen bu veriler, 3D modellemeler, analizler ve dijital platformda grafik sunumlarla gerçekçi ve görsel içerik açısından zengin sunumlar oluşturabildiğinden dolayı mimari fotogrametriye yönelim zamanla artmıştır [9].

Fotogrametrinin birçok sınıflandırma yöntemi bulunmaktadır. Farklı disiplinlerde kullanımı oldukça yaygın olduğundan bu disiplinlerin ihtiyaçları doğrultusunda çeşitli sınıflandırmalar yapılmaktadır. Kültürel mirasın belgelenmesi ve korunması kullanımında, resim çekme konumuna göre sınıflandırma çeşidi literatürde en yaygın kullanıma sahiptir. Fotogrametri resim çekme konumuna göre yersel, hava ve uzaktan algılama fotogrametrisi şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Yersel fotogrametri

Tunçay (2006)'a göre zemin yüzeyinden çekilen fotoğraflar üzerinde uygulanan çalışmalar yersel fotogrametri olarak adlandırılmaktadır [152]. Yersel fotogrametride cisimlerden yansıyan elektromanyetik ışınlar sayısal veya analog olarak kaydedilebilmektedir. Bu şekilde görüntüler elde edilip değerlendirilmektedir [153]. Şanoğlu vd. (2013)'e göre yersel fotogrametrinin en önemli özelliği kısa sürede ölçüm yapabilme ve veri toplayabilmesidir. Ayrıca yersel fotogrametrinin sıkça tercih edilmesinin diğer bir nedeni ise; fotogrametri ölçümlerinden elde edilen bilgilerin arşivlenebilmesiyle, ihtiyaç duyulduğunda tekrar ölçüme gerek kalmadan bilgilere kolaylıkla ulaşılabilmesidir [154].

İlk fotogrametri uygulamaları, yersel fotogrametri alanında gerçekleşmiştir. Fotogrametrinin kurucularından sayılan mimar Meydenbauer, kültürel yapıtların dokümantasyonunun gerçekleşeceği merkezi bir topluluğa ihtiyaç duyulduğunu tespit etmiş ve Berlin’de 1883’te ilk ulusal fotogrametri belgeleme merkezini kurmuştur [155].

Yersel fotogrametri de yer fotogrametrisi ve yakın resim fotogrametrisi olmak üzere kendi içinde 2 guruba ayrılmaktadır. Yer fotogrametrisi, fotoğraf makinesinin cisme olan uzaklığının 100 metreden fazla olduğu tekniktir. Yakın resim fotogrametrisi ise, fotoğraf makinesinin cisme olan uzaklığının yaklaşık 25-30 m olduğu teknik olarak açıklanmaktadır. Ölçülen cismin yakından fotoğraflanabilmesi, çözünürlüğü çok yüksek görüntüler elde edilebilmesini sağlamaktadır [152].

Yersel fotogrametri; arkeoloji, mimarlık, deformasyon ölçmeleri, veterinerlik, tıp, endüstri (orman, otomobil endüstrisi vs.), trafik kazaları inceleme alanlarında kullanılmaktadır [153]. Güleç (2007) yersel fotogrametrinin mimarlıkta kullanımını şu şekilde açıklamaktadır:

- Koruma projelerinde bir zemin hazırlayan rölöve projelerinin oluşturulmasında
- Koruma İmar Planlarının hazırlanması ve uygulanmasında
- Yapılarda oluşan bozulmaların tespit edilmesinde
- Kültür varlıklarının koruma altına alınması, onarım ve bakım uygulamalarında gereken belgeleme işleminde
- Onarım işleminden sonra eksiklerin ve hataların tespiti için 3D model oluşturulmasında kullanılmaktadır [9].

Topoğrafyadaki uygulamalarda, zeminden çekilen fotoğraflardan faydalanılarak yersel fotogrametri yöntemi kullanılabilir. Fakat büyük alanların haritalanması fazla sayıda kontrol noktası ihtiyacı ortaya çıkardığından dolayı bu yöntemle büyük alanların haritalanması zor hâle gelmektedir. Bu nedenle bu alanlarda yapılacak çalışmada hava fotogrametrisi kullanılması daha uygundur.

Hava fotogrametrisi ve uzaktan algılama fotogrametrisi

Hava fotogrametrisi; genellikle bir hava aracı veya uçakta bulunan kamerayla çekilen fotoğrafların değerlendirildiği yöntemdir. Topoğrafya bu yöntemin uygulama alanıdır. Geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında arazinin eğim çizgilerinin oluşturulması, bu yöntemle daha hassas şekilde gerçekleşmektedir. Arazi şekillerinin en

zor olduğu durumlarda dâhi eğim çizgilerinin en iyi doğrulukta elde edilmesini sağlamaktadır. Bu yöntemle oluşturulan hava fotoğraflarının planları; topoğrafik haritaların ve SAM (Sayısal Arazi Modeli) oluşturulmasında, kent büyümeleri, yerleşim bölgeleri, toprak verimliliğinin tahmini, çevre incelemesi gibi konularda kullanılmaktadır.

Uzaktan algılama fotogrametrisi; Uydular ve diğer uzay araçları aracılığıyla elde edilen fotoğraf ve tüm görsel envanterlerin bilgisayarlar tarafından değerlendirilip semantik veriler oluşturulan ölçüm tekniğidir.

3.3.2.2. Lazer tarama ile belgeleme yöntemleri

Teknolojideki ilerlemelerle beraber zaman ve maliyet kaybına neden olan, fazla işgücüne ihtiyaç duyulan geleneksel yöntemler yerini modern yöntemlere bırakmıştır [156] [157]. Yaşanan bu gelişmeler birçok farklı disiplinin lazer tarama yöntemini kullanmaya başlamasını sağlamıştır. Bu yöntem günümüzde haritacılık alanı, proje ve ölçüm çalışmalarında sıkça kullanılmaktadır [158] [159].

Lazer tarama yöntemi, objeye ait bir yüzeyin LiDAR teknolojisiyle tarandığı veya örneklendiği yöntem olarak açıklanmaktadır. Lazer tarama cihazı ve cisim arasındaki mesafeyi tanımlayan optik kaynak, lazer ışını olarak adlandırılmaktadır. Normal ışıktan farkı; tek renkli, yoğun, uyumlu, yönlendirilebilir, yansıma, ıraksama gibi özelliklere sahip olmasıdır. Böylece objeler ve çevresine ait veriler doğru şekilde elde edilip analiz edilmektedir. Mekanizmasındaki optik ayna sistemleri aracılığıyla lazer ışınının istenilen doğrultuda yönlendirilmesiyle hedefteki yüzey veya cismin taraması yapılmaktadır. Tarayıcıdan gönderilen ışın, hedefteki objeye çarparak yansımalar gerçekleştirmektedir. Gönderilen ışının bir kısmı tarayıcıya geri dönmekte ve böylece arada geçen süre hesaplanmakta ya da geri gönderilen ışının dalga boyunun evre (faz) farkı kıyaslanarak tarayıcı ve cisim arasındaki uzaklık hesaplanmaktadır. Böylelikle cismin 3D koordinatları saptanmaktadır. Saptanan koordinatlar uzayda bir noktayı temsil etmektedir. Lazer ışınının diğer bir özelliği de hedefteki cismin renk yoğunluk değerini vermesidir. Tarayıcı mekanizmasında belirlenen mesafe değeri ve açıyla sistemli şekilde iletilen lazer ışınlarından oluşturulan üç boyutlu nokta kümelerine, nokta bulutu denilmektedir. Nokta bulutları, konum bilgisi, tarama açısı, yansıma boyu, RGB değeri, yansıma sayısı, yoğunluk bilgisi verilerini içermektedir. Bu yöntemin en büyük avantajı, kısa zamanda yüksek doğrulukla yoğun nokta konum verilerinin elde edilip kaydedilebilmesidir. Bu

teknolojiyle elde edilen veriler farklı uygulamaların kullanabileceği dijital 2D çizimler ya da 3D modellerin üretiminde kullanılabilir. Havadan gerçekleştirilen yöntemlerde, yeryüzü verilerini içeren nokta bulutları ve farklı filtreleme algoritmalarıyla dijital yükseklik ve yüzey modeli gibi sonuç ürünler geliştirilebilmektedir [160] [161].

Lazer taramanın tarihsel gelişim sürecini (Bkz. Görsel 3.3.2.2.1.) ele aldığımızda 1958 senesinde Arthur Schawlow ve Charles Townes 'un, yönlendirilebilen ve uzun mesafelerce yol alabilen dar bir ışın demetinin (monokromatik radyasyon) potansiyelini keşfetmesiyle başlamıştır. [160] [161]. 1960 senesinde Theodore Maiman ilk lazeri geliştirmiş ve lazer teknolojisiyle ilgili yapılan çalışmalar hızla ilerleyerek devam etmektedir (Reshetyuk, 2006; Scherer, 2004). 1966 senesinde, ilk lazer uzaklık ölçme aleti geliştirilmiştir [160] [161]. 1970'li yıllarda LiDAR yöntemi temeline dayanan yersel ve havasal lazer tarama tekniği geliştirilmeye başlanmıştır. LiDAR, lazer darbeleri aracılığıyla bir cisim ya da yüzeyin mesafesinin anlaşılmasını sağlayan bir teknolojidir [162] [163]. 1990'lı yıllarda LiDAR tekniği jeodezik cihazlarda reflektörsüz uzaklık ölçme tekniği olarak kabul görmüştür [162] [163]. 1994'te Almanya Ruhr Üniversitesi'nde ilk reflektörsüz (günümüz modern lazer tarayıcılarının öncüsü) total station geliştirilmiştir [164] [163]. 1990'ların sonunda ilk ticari ve uygulanabilir yersel lazer tarayıcılar geliştirilmiştir [165] [166].



Görsel 3.3.2.2.1. Lazer taramanın tarihsel gelişim süreci

Kültürel mirasın belgelenmesi ve korunmasında lazer tarama (LiDAR teknolojisi) kullanımı literatürde en yaygın sınıflandırma çeşidi hava lazer taraması (hava lidar) ve yersel lazer tarama (yersel LiDAR) olmak üzere 2 grupta incelenebilir.

Hava lazer taraması

Bu sistemde, lazer tarayıcının uçağa veya insansız hava araçlarına entegrasyonu sağlanarak, mevcut topografya 3D nokta bulutu biçiminde betimlenmektedir. Sayısal hava fotogrametrisine farklı bir seçenek oluşturan bu yöntemde, sayısal yükseklik modelleri oluşturulmakta, kısa sürede ve zorlu topoğrafik şartlarda, detaylı, çözünürlüğü yüksek noktalardan oluşan ve doğru verilerin oluşturulduğu yöntemdir. Fotogrametri yöntemiyle kıyaslandığında avantajı, nokta bulutundan elde edilen verilerden zemin yüzeyini simgeleyen yollar, nehirler, sit alanları vb. unsurlardan sayısal yüzey modeli oluşturulabilmesidir [167].

Yersel lazer tarama

Yersel lazer tarayıcıların jeodezik ölçme yöntemi olarak kullanımıyla ilgili detaylı çalışmalar 2000'li yıllarda gerçekleşmiş ve günümüze kadar ulaşmıştır. Mills ve Barber (2003)' a göre yersel LiDAR, belirli bir alandaki bir cismin yüzeyinin sistematik ve otomatik bir düzen içinde 3D koordinatlarını tespit eden yer bazlı aletlerin kullanımındır [168]. Yersel lazer (LiDAR) tarayıcı bileşenleri;

-Tarama ünitesi

-Kontrol ünitesi

-Güç kaynağı

-Sehpa ve tripod olarak incelenebilmektedir [169]. Tarama ünitesi bu sistemin ana bileşenidir. Direkt olarak taranan cisim yüzeyinden, 3D verilerin oluşturulmasını sağlamaktadır. Tarama ünitesinin içerdiği bileşenler ise lazer telemetresi (uzaklık ölçer) ve ışın saptırma ünitesidir (optik tarayıcı) [170].

Yersel lazer tarama uygulamaları tarama cihazının kullanım şekline göre dinamik (hareketli-mobil) veya statik (sabit) olabilir (Bkz. Tablo 3.3.2.2.1.). Kullanım şekline göre şöyle açıklanır:

–Dinamik (hareketli-mobil) yersel lazer tarama, gemi, tren, araba vb. hareketli objelere dijital görüntüleme ve navigasyon sensörlerinin entegrasyonu ile bilgi toplayan bir tekniktir. Kullanılan donanımlar ve çalışma prensibi hava LiDAR tekniğine benzemektedir ve kısa sürede zorlu arazilerde 3D konum verileri elde edilebilmektedir. Dinamik olması ve farklı araçlara entegre edilebilmesiyle elde edebildiği zengin veriler sayesinde kent

modelleme, kara ve demiryolları, sel baskınları tahmini bölgelerin haritalanması vb. işlevlerde kullanılmaktadır [171] [161].

-Statik (sabit) yersel lazer tarama, sistematik bir düzende belli bir alandaki bir cismin yüzeyinin 3D koordinatlarını otomatik şekilde ölçen yer bazlı bir aletin kullanımındır. Bu tarama yöntemi çalışma alanının mesafesine göre yakın, orta ve uzun menzil olarak sınıflandırılmaktadır.

Tablo 3.3.2.2.1. Lazer tarama yöntemlerinin kullanım alanlarına göre sınıflandırılması

Lazer Tarama Yöntemlerinin Kullanım Alanlarına Göre Sınıflandırılması				
-Dinamik (mobil- hareketli) Yersel Lazer Tarama		Statik (sabit) Yersel Lazer Tarama		
Mobil Haritalama	Yol/Ray	Yakın Menzil (0.5-2 M)	Orta Menzil (1-150 M)	Uzun Menzil (150-1000)
		-İlaç -Kriminal -Tersine Mühendislik -Tıp ve Veterinerlik	-Mimarlık -Kültürel Miras -Jeoloji -İnşaat Mühendisliği -Tesis Yönetimi -Endüstri	-İzleme / Gözlem -Şehir Modelleme -Madencilik

Yersel LiDAR teknolojisinin birçok farklı disiplinde kullanıldığı görülmektedir. Başta harita mühendisliği olmak üzere, mimarlık, arkeoloji, şehir modellemesi, tarihi yapıların belgelenmesi, deformasyon ölçmeleri, kriminoloji çalışmaları ve olay yeri inceleme, CBS çalışmaları, kıyı incelemesi, ormancılık çalışmalarında kullanılmaktadır [172] [173]. Ergün (2011), Gümüş ve Erkaya (2007) yersel lazer taramanın mimarlıkta kullanımını şu şekilde açıklamaktadır:

- Sanal planlama, var olan arazi ilişkilerini kapsayan mekânsal analizler (3D kent modeli).
- Yapılara uygun onarım ve bakımı gerçekleştirmek amacıyla, interaktif yapı analizleri, risk ve çürüme tespitlerini hedefleyen yapı bilgi modelinin (ybm) kurulması.
- Görsel 3D endüstriyel yapı (fabrika) oluşturmak amacıyla endüstriyel alanların belgelenmesi (mevcut tesis ya da fabrikanın sanal modelinin eksiksiz üretilmesi)
- Bir ülkeye ait altyapı tesislerinin belgelenmesi; Yol ağları, köprü, tünel, demiryolu, enerji hatları vb. hasara uğramış alanların saptanması ve detaylı çalışmaya ihtiyaç duyulan durumlarda temel oluşturma uygulamaları.
- Tarihi ve kültürel yapıların mevcut durumu ve hasarının detaylı incelenmesi-değerlendirilmesi, korunması için gereken belgeleme faaliyetlerinin yapılması, hasar tespiti ve yıkım gerektiren durumlarda restorasyon çalışmalarına başlanması
- Cephe rölöveleri
- Hacim, alan ve kesit hesaplamaları [165] [166].

Kültürel mirasın korunması için modern belgeleme yöntemleri arasında en yaygın kullanılan yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama yöntemleridir. Bu iki yöntemin birlikte kullanıldığı durumlarda sıklıkla görülmektedir. Birlikte kullanma veya birinin tercih edilme sebepleri bu yöntemlerin bazı avantaj ve dezavantajlara sahip olmasıdır (Bkz. Tablo 3.3.2.2.2.). Tabloda görüldüğü gibi, yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama tekniklerinin avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Lazer taramanın fotogrametriden ayrılan avantajları bulunmaktadır. Lazer tarama ile ölçüm yapılması zor ve tehlikeli alanlarda hızlı şekilde hassas doğruluklarda ölçüm yapılabilir. İşlem yapılırken çevre aydınlatmasına ihtiyaç duyulmadığından istenilen zamanda tarama yapılarak tek seferde detaylı ölçümler elde edilmekte, veriler istenilen amaçlara uygun kullanılabilir [162]. Tüm bu avantaj ve dezavantajları dikkate alarak bir tarama ve belgeleme yöntemi seçmek kültürel mirasın doğru şekilde belgelenmesi açısından olumlu sonuçlar ortaya çıkaracaktır.

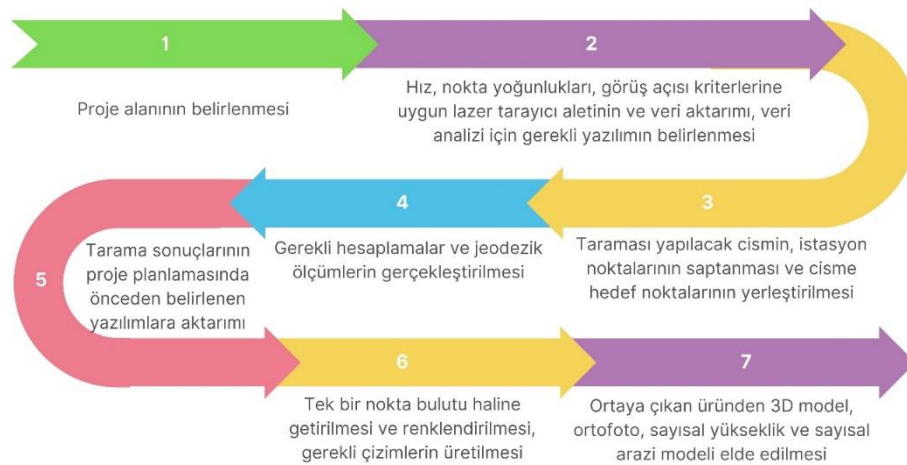
Tablo 3.3.2.2.2. Yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama yöntemlerinin avantajları

Avantajları	
Yersel Fotogrametri Tarama	Yersel Lazer Tarama
Veri elde edilirken modellenen cisme zarar vermemektedir	Kısa sürede fazla veri üretilmekte, buna bağlı olarak zamandan tasarruf sağlanmaktadır.
Fotoğrafların çekimi ve değerlendirilmesi basit bir fotoğraf makinesi bilgisayar ve yazılımla gerçekleştirilip geleneksel yöntemlere oranla daha hızlı ve düşük maliyetlidir	Tarama yoğunluğuna bağlı olarak veri üretimi istenen hassasiyette gerçekleştirilmektedir
Jeodezik ölçümün yapılmadığı durumlarda fotoğraf çekiminde sadece bir tane nitelikli eleman bulunması yeterlidir	Veri üretim çalışmalarında daha az sayıda personel çalışmaktadır
Kullanılan donanım ve yazılımların düşük maliyette ekonomiktir	Tarama yapılacak alana, cisme ve insanlara zararı olmayan ışın kullanılmaktadır
Yatay ve düşey fotoğraflardan kesitler üretilebilmekte, belgeleme çalışmalarında kullanılabilir	Oluşturulan nokta bulutları gerektiğinde tekrar incelenebilmektedir
Fotoğraflarla elde edilen yapının 3D koordinat verileriyle sanal inşası gerçekleştirilmektedir	Jeodezik ölçüm ve fotoğraf çekiminin zor olduğu, tehlikeli alanlarda yüksek hassasiyette veri üretilmektedir
Tarihi yapılardaki karmaşık süslemelerin ölçekli ve detaylı çıktıları elde edilmektedir	Geceleri de tarama yapılabilir [164]
Belgeleme çalışmasından sonra yapının 2D ve 3D rölövesi, yapıyı oluşturan her bir nokta, koordinatları ve 3D modeli elde edilmektedir [174]	Tüm detaylara tek seferde ulaşılabilir [164]
Mevcut yapının dijital platformda kopyasını üretmek, yapının algılanmasını artırmaktadır	Verilerin çok amaçlı kullanımına olanak sağlamaktadır [162]
Rölöve, Restorasyon, Restitüsyon projelerinde güvenilir ve hassas çizimler üretmektedir.	Çevre aydınlatmasına gerek duyulmadığından dolayı istenilen herhangi bir zaman diliminde tek bir ölçümde detaylar elde edilebilir.
Modern yapıların ölçümünde kullanılabilir	-
Çalışma gerçekleştirilirken iskele kurulumuna gereksinim duyulmamaktadır.	-

Tablo 3.3.2.2.3. Yersel fotogrametri ve yersel lazer tarama yöntemlerinin dezavantajları

Dezavantajları	
Yersel Fotogrametri Tarama	Yersel Lazer Tarama
Fotoğraf çekilirken çevresel etmenlere (su, ışığın geliş açısı, objenin parlaması vb.) ve uygun çekim açısına dikkat edilmediğinde fotoğraf kalitesi ve 3D modelin doğruluğu olumsuz etkilenmektedir	Kullanılan yazılım ve cihazların maliyetinin yüksek olması
Kamera çözünürlüğü fotoğraf kalitesini etkilemekte, düşük çözünürlüklü makineler kaliteyi düşürmektedir	Tarama yapılacak cisim yüzeyinin ışığı yansıtması, soğurması veya pürüzlülüğü elde edilen veri kalitesini etkilemektedir
Jeodezik ölçümlerin gerektiği durumlarda detaylı ölçümlerin gerçekleşmesi, zaman ve maliyet kaybına neden olmaktadır	Yetersiz ışık ve kötü hava şartları eksik veri üretimine neden olmaktadır
Tarama yapılacak cismin önünde gözden kaçan obje bulunursa modelleme doğru şekilde gerçekleşmemektedir	Hassas ve büyük cisimlerin tarama işlemi sahada geçirilen vaktin artmasına neden olmaktadır
Mimari alandaki belgeleme çalışmalarında fotogrametri yöntemiyle yapıların sadece dış hatları belgelenmekte, mekânların içinde ölçüm yapılamamaktadır	-
Özel girdiler gerektirdiğinden basit uygulamalar için uygun değildir	-

Yersel lazer tarama yöntemlerinin uygulama teknikleri kullanım türüne göre farklılık göstermektedir. Statik ve dinamik yersel lazer tarama yöntemleri farklı disiplinler ve kullanım türüne göre taramanın uygulamasında çeşitli bir dizi işlem adımları izlenebilmektedir. Bu işlemlerin her bir adımında tarama alanı ve yöntemine göre özel gereksinimler ile farklı tarayıcılar ve yazılımlar kullanılsa bile genel ifadeyle yersel lazer tarama tekniğinde 7 işlem adımı (Bkz. Görsel 3.3.2.2.2.) takip edilirse tarama başarı ile gerçekleşmektedir.



Görsel 3.3.2.2.2. Yersel lazer tarama tekniğinde işlem adımları

3.4. Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi

Kültürel mirası koruma işlemlerinin en önemli ve ilk adımı olan belgeleme; yapının çevresi ve mevcut hâlinin çizimler, fotoğraflar ve belgeler ile arşivlenmesidir [19]. Belgeleme çalışmaları; veri toplama, değerlendirme ve üretim süreçlerinden oluşmaktadır. Belgelemede gelenekselden modern yöntemlere geçiş avantajlar sağlayarak bu süreci hızlandırmaktadır. Modern yöntemler, geleneksel yöntemlere alternatif olarak uygulaması zor olan işlemlerde farklı çözüm seçenekleri sunarak çalışmalara hız kazandırmaktadır [10]. İki teknik birbirinden bağımsız kullanıldığında eksiklik ve aksaklıklar ortaya çıkabilmektedir. İki tekniğin birlikte uygulanmasıyla daha hızlı sonuçlar alınıp güvenilir veriler elde edilmektedir. Tüm belgeleme yöntem ve çalışmalarının YBM ekosistemine entegrasyonu Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi (TYBM) olarak adlandırılmaktadır. Murphy (2012)'e göre TYBM, YBM sisteminin kültür varlıklarına entegrasyonu ile uyum içinde çalışan metodolojidir [18]. İngilizce literatürde Heritage / Historic / Historical Building Information Modelling (HBIM / H-BIM) olarak tanımlanan bu teknolojik altyapı ve belgeleme yöntem teriminin Türkçe literatürde en yaygın kullanımı Tarihi Yapı Bilgi Modellemesidir (TYBM / T-YBM).

Kültürel mirasın korunması, disiplinlerarası ortak çalışma ve iş birliği gerektirmektedir. YBM ekosisteminin sunduğu farklı tasarım kararlarının hızlı değerlendirilme potansiyeli, kültürel miras için alınan müdahale kararlarının da hızlı ve doğru şekilde değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır. YBM'nin sahip olduğu otomatik revizyon niteliği sayesinde gerekli güncellemeler de eş zamanlı şekilde gerçekleştirilmekte, proje üzerinde yapılacak uygulamanın tutarlılığı artmaktadır. Ayrıca miras yapısına ait elemanlardan oluşan tarihi nesne kütüphanesinin oluşturulmasını, kütüphaneye erişim kolaylığı, yapının geçirdiği değişimlerin detaylı şekilde incelenmesini ve yapıya ait analizlerin gerçekleştirilmesini sağlayarak belgeleme ve restorasyon süreçlerinin başarılı şekilde uygulanmasına katkı etmektedir.

Yukarıda bahsedilen TYBM kullanım gerekliliklerini detaylandırmak adına sektörlerin ve disiplinlerin en çok kullandığı swot analizi yöntemiyle değerlendirmek gerekirse (Bkz. Tablo 3.4.1.) TYBM'nin beraberinde getirdiği güçlü yönler, zayıf yönler, fırsatlar ve tehditlerin anlatımına yer verilmektedir.

Tablo 3.4.1. Tarihi yapı bilgi modellemesi (tybm) swot analizi

TARİHİ YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (TYBM) SWOT ANALİZİ	
GÜÇLÜ YÖNLER	- Mirasın mimari ve dijital temsili, belgelenme ve çizim kriterlerinin karşılanması yüksek seviyede detay gerektirmektedir. TYBM yöntemi modelleme sürecini hızlandıracak programa ve modelleme önerilerine sahiptir ve her adım için gelişmişlik seviyesi oluşturur. Detaylı oluşturulan modelleme, yapı hakkında önemli bilgiler sunar [175]. - Tarihi yapının geçmişten günümüze geçirdiği değişimlerin tek bir dosya hâline getirilmesi yapının yaşadığı dönemle ilgili ipuçları vermektedir. - TYBM sistemlerinde verilerin bir araya getirilmesi ve çakışmaların saptanması, veri dağılımından dolayı ortaya çıkan yanlışların azalmasını sağlayarak tekrarlı çalışmayı azaltmakta, buna bağlı olarak yapılacak müdahalelerin maliyetini düşürmektedir. - TYBM dijital modelleri yapıya ait teknik belgelemeyi otomatik şekilde oluşturmak için ve zaman-enerji analizlerinde kullanılmaktadır. - Miras yapılarının içerdiği iş akışları paydaşların faaliyetlerini tavsiye edilen çevrimiçi platform yoluyla, TYBM sistemiyle üretilen modellerle senkronize ederek yapılacak müdahaleye aktif olarak katılımı sağlar.
ZAYIF YÖNLER	- Standartlaşmış nesnelerin ve düzenli yüzeylerin eksikliği tarihi yapılarda YBM kullanımını zorlaştırmaktadır. - Tarihi yapıların günümüze gelene kadar çeşitli dönemlerde çeşitli ekler alması, mimari üslubunun katmanlaşması, miras yapılarının mimari unsurlarının düzensiz ve karmaşık olması [176]. - Miras niteliği taşıyan yapıların geometrilerinin YBM kütüphanesinin içerdiği nesnelerle uyuşmaması - TYBM LOD düzeyleri standart seviyede tanımlanmadığından tarihsel süreçlerin doğru şekilde temsili zorlaşmaktadır [177].
FIRSATLAR	- Parametrik nesnelerin oluşturulması tarihi yapılara uygulanan YBM çalışmalarına farklı perspektifler oluşturmaktadır [178]. - Tarihi mirasın korunmasında yönetmeliklerin oluşturulmasıyla YBM kullanmanın önemi artmaktadır [179]. - Yapı sektöründe tarihi alanda gerçekleştirilecek uygulamalarda geleneksel yöntemler uygulanmaktadır. Bu durum çalışma sürecini uzatmaktadır. YBM kullanımıyla zamandan tasarruf sağlanmaktadır [176]. - Mirasın korunması çalışmalarında yer alacak kuruluşlar kâr ve zararlar konusunda çalışma üyelerinin farkındalığını arttırmakta ve güvenli pazar ortamı oluşturmaktadır. Bundan dolayı kuruluşlar arası TYBM yöntemi yaygınlaşmaktadır. - YBM konusunda farkındalığın artmasıyla TYBM aşamalarının öğrenilmesi, bu alanda uzmanlaşmasını sağlayarak istihdamı arttırmaktadır.
TEHDİTLER	- TYBM sistemini kullanan ülkelerde çalışma yönteminin standartlaşmaması ve kabul edilen ortak yönetmeliklerin bulunmaması TYBM uygulamalarını olumsuz etkilemektedir [180]. - Tarihi yapılar üzerinde çalışma gerçekleştiren şirketlerin TYBM yönteminin fayda ve kolaylıklarını bilmemeleri, çalışma alışkanlıklarını bozmak istememeleri TYBM yönteminin yaygınlaşmasını olumsuz etkilemektedir. - TYBM kullanımı deneyim ve uzmanlık gerektirdiğinden şirketler nitelikli çalışan yetiştirmenin uzun süreceğini ve bu durumun proje süreçlerini uzatacağını düşünmekte ve TYBM sistemine geçişi zorlaştırmaktadır.

TYBM yöntemi YBM sisteminin getirdiği kolaylıklar sayesinde benimsenmiş, yapılan çalışmalar zamanla artmış ve kullanımı yaygınlaşmıştır. TYBM yöntemi mevcut yapıya ait verileri zenginleştirmek için avantajlı bir dijital ortamdır. Geleneksel yöntemlerden farkı; çeşitli niteliklerdeki verilere farklı kullanım hedefleri doğrultusunda ihtiyaç duyulduğunda ulaşabilecekleri ve paylaşabilecekleri veri platformu sunmasıdır.

3.4.1. TYBM kullanımının yaygınlaşmama nedenleri

Yeni inşa edilen yapının tasarım, analiz, üretim ve tesis yönetimi süreçlerine (bina yaşam döngüsü süreçleri) teknolojik gelişmeler hızla entegre edilirken, kültür varlığının bina yaşam döngüsü süreçlerine teknolojik gelişmelerin entegrasyonu çok sonraki zamanlarda görülmektedir. Kültür varlığı belgeleme çalışmalarında yeni bir yöntem ortaya çıkması, kullanılması ve kabul görmesi çok uzun zaman almaktadır.

Kültür varlıklarının cephe ve iç mekânındaki özgün ve modüler olmayan (tekrar etmeyen) mimari elemanlarının YBM araçlarıyla sanal ortamda üretimi, uzun vakitler çalışmayı gerektirmektedir. MMİ uzmanları tarafından YBM kullanımının temel amacı zaman ve maliyet tasarrufu elde etmektir. YBM platformu ile kültür varlığının belgelenmesinde zaman ve maliyet tasarrufu açısından başarılı sayılabilecek araç ve yazılımlar geliştirilmekte ama henüz istenilen yeterliliğe sahip değildir.

Yeni yapıların üretim sayısı ile kültür varlıklarının belgeleme çalışmaları herhangi bir zaman diliminde dünya ortalaması alınarak nicel olarak kıyaslandığında yeni yapıların üretim sayısının her zaman fazla olduğu ortaya çıkacaktır. Yapı ekosistemi araçları ve yazılımlarının gelişimi genellikle ticari kaygılar barındırır. Bu nedenle yazılım ve sistem geliştiricileri kültür varlığını belgelemek amacıyla kullanılacak araç ve yazılımlar geliştirmek yerine yeni yapı üretiminde kullanılacak araç ve yazılımlar geliştirmeyi tercih etmektedir.

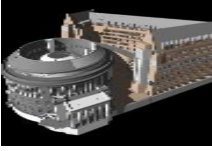
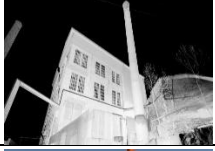
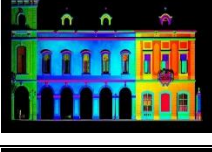
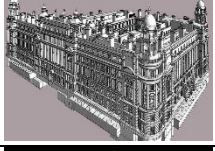
YBM'nin kültür varlığında ve yeni yapıda kullanımı sayısal olarak karşılaştırıldığında, yeni yapıda kullanım sayısının her zaman fazla olduğu ortaya çıkacaktır. Tüm disiplinlerde olduğu gibi yeni bir yöntemin yaygınlaşması, yöntemin kullanım sayısının artışıyla doğru orantılıdır. Günümüzde TYBM yönteminin kültür varlığında kullanımıyla ilgili bilgi eksikliği, akademik yayınların yetersizliği ve kullanım örneklerinin az olması yöntemin yaygınlaşmasının önüne geçmektedir. MMİ ve koruma uzmanları tarafından TYBM yönteminin sonuçlarının öngörülememesi nedeniyle mevcut iş akışı yöntem ve alışkanlıkları değiştirilmemektedir.

3.4.2. TYBM kullanım örnekleri

Kültürel mirasın korunması, zenginleştirilmesi ve uygulama süreçlerinin başarılı şekilde yönetimini sağlayan TYBM yönteminin kullanımı ulusal alanda geri kaldığı, uluslararası alanda önemli miras yapılarında yaygın olarak kullanıldığı örnekler görülmektedir (Bkz. Tablo 3.4.2.1.). Bu örnekler; proje ve müdahale türü, YBM işlevi,

kullanım amacı, kullanılan yazılım ve YBM'nin sağladığı avantajlar başlıkları altında detaylı şekilde değerlendirilmektedir (Bkz. EK-1).

Tablo 3.4.2.1. Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi Tekniğinin Kullanım Örnekleri

Manchester Town Hall Complex, Kültürel Yapı, Manchester - United Kingdom, 2011-2014		Hungarian State Opera House, Kültürel Yapı (Opera Binası), Budapest – Hungary, 2016	
San Mamés Stadium (1913), Spor ve Rekreasyon, Bilbao – Spain, 2013		Planta Industrial, Endüstri Binası, Tarragona, 2014	
La Casa De La Lactancia, Huzurevi, Barcelona, 2014		Het Schip (1917), Kültürel Yapı (Müze) ve Konut, Amsterdam -Netherlands, 2016 - 2017	
Pueblo de Montfalcon Murallat, Kırsal Yerleşim Bölgesi, La Segarra – Lleida, 2012		Madrid City Hall, Kamu Binası (Belediye Binası), Madrid – Spain, 2019	
Parlament de Catalunya, Kamu Binası (Parlamente), Barcelona, 2012		Notre Dame, Dini Yapı, Paris – France, 2021	
Edificio Comercial en Gante, Ticaret Binası, Gante -Belgica, 2015		Catedral de Santiago de Peñalba, Dini Yapı, Ponferrada – Spain	
El Jardín Invisible de Gaudí, Sağlık ve Rekreasyon, Sant Boi – Barcelona, 2014		Croatia's Church of St. Martin, Dini Yapı, Martin Breg – Croatia, 2010	
Edificio sede de Eginys Bcn, Kamu Binası (Genel Müdürlük Binası), Barcelona, 2013		16th Century Heritage Monument Building, Kültürel Yapı, UK	
La Cascada del parque de la Ciudadela, Anıtsal, Rekreasyon, Barcelona, 2011		The Mackintosh Building at The Glasgow School of Art, Eğitim Binası, Glasgow – Scotland, 2018	
Grand Palais de Paris, Kültürel Yapı (Müze), Paris – Fransa, 2013		The Spanish City, Kültürel Yapı (Eğlence Parkı), Whitley Bay, - United Kingdom, 2018	

Tablo 3.4.2.1. (Devam) Tarihi Yapı Bilgi Modellemesi Tekniğinin Kullanım Örnekleri

Catedral de Abidjan, Dini Yapı, Abidjan - Costa de Marfil, 2013		Perfecto Garcia Brothers Cigar Factory, Endüstri Binası, Tampa - United States, 2020	
Liuzhou Yaobu Ancient Town Sightseeing Pavilion, Kültürel Yapı (Gezi Köşkü), Liuzhou City, Guangxi		The Puente Nuevo, Tarihi Köprü, Málaga – Spain, 2019	
The wall of Cáceres, Tarihi Sur, Cáceres - İspanya		National Historic David W. Dyer Federal Building, Kamu Binası, Miami - United States, 2019	
Traditional Wooden Constructions, Fransa, Macaristan, İtalya, Letonya, Romanya, İspanya, Birleşik Krallık, 2013- 2015		Pantocrator de la iglesia de Sant Climent de Taüll, Dini Yapı, Lérida, 2013	

3.4.3. TYBM uygulama adımları

TYBM çalışma adımları ilk olarak, grafiksel (geometrik ve biçimsel), semantik ve tipolojik (kalıp, tür) verilerin derlenmesiyle başlamaktadır. Morfolojik, tipolojik ve semantik verilere erişimde ise tarihi ve yazılı belgeler kullanılır. Bu veriler yapının mimari özellikleri, yapım teknikleri, malzeme bilgisi, ilk inşasından mevcut hâline gelene kadar uğradığı dönüşümler hakkında fikir vermektedir. Tarihi bilgilerin kullanılması, tarihi ve kültürel değerlerin, yapı ve malzeme bileşenlerinin dışında parametrik nesne yüzeyinin arkasında gizlenen detayların geliştirilmesine olanak sağlamaktadır [181]. Tarihi bilgilerin kullanılmasının bir diğer faydası, çalışmanın gerçekleşeceği tarihi miras alanları ve yapıların kavranmasını kolaylaştırarak kafes modelden (mesh) TYBM kütüphanesi (arşivi) oluşturulduktan sonra modeldeki hataların giderilmesine olanak tanır. Fotogrametri ve lazer tarama teknikleri uygulanarak grafiksel veriler oluşturulur. Bu tekniklerle taranan cisim yüzeylerinin geometrik düzleme iletilmesine sağlayan nokta bulutları elde edilir. Çalışmanın ikinci adımı elde edilen verilerin sınıflandırılmasıdır. Bütünleşmiş tek katmandaki nokta bulutunun, modellenecek objeyi tanımlamak için manuel veya otomatik şekilde ayrılır, belirli kural içinde sınırlandırılır. Daha sonra üzerinde çalışma yapılan yapıyı parametrik şekilde modellemek amacıyla YBM kütüphanesine dönüştürmek üzere nokta bulutlarından üretilen kafes modeller (mesh model) hazırlanır. Bu adım farklı veri türleri ve yeni öğelerin modele işlenmesi için

oluşturulan genel modelin 3D olarak alt bölümlenmesi aşamasını içermektedir [182]. 3D lazer tarama, dijital fotogrametri ve İHA (İnsansız Hava Araçları) ile oluşturulan nokta bulutlarını parametrik şekilde modellemek (scan to BIM) amacıyla 2 teknik kullanılabilir [40]. 1. teknik, basit geometriler ve düz yüzeyler için mümkün olan seçili yazılım eklentileri ve algoritmalar ile nokta bulutlarından otomatik olarak parametrik nesnelerin oluşturulmasıdır. 2. teknik ise, manuel veya otomatik şekilde sınıflandırılmış nokta bulutlarının ve oluşturulan kafes modellerin YBM sistemine entegrasyonu ile gerçekleştirilmektedir. Genellikle özgün nitelikteki yapıların tekrarlı ve düz olmayan nesne gruplarında 1. teknik kullanımı başarısız sonuçlar oluşturduğu için 2. teknik tercih edilmektedir. TYBM uygulamasında üçüncü adım ise, elde edilen bütün bilgilerin, nokta bulutlarının ve kafes modelin ortak bir veri tabanında toplanması, kullanılması ve akıllı nesneler elde edilmesini kapsar. Çalışmanın son adımı, elde edilen verilerin paylaşımıdır. Bu aşamadan sonra yapının tarihsel analizleri, maliyet ve zaman hesaplamaları, enerji simülasyonları, onarım, bakım ve yapılacak müdahale aşamaları için gerekli çalışmalar yapılabilir. TYBM sistemiyle üretilmiş dijital model ile elde edilen verilerin zenginliği sayesinde çeşitli sanal tur ve VR cihazlarıyla aktarılabilen, kullanıcı etkileşimli bir platforma uyum sağlamalarını kolaylaştıran bir dönüşüm aşaması başlamaktadır.

Kültürel mirasın korunması birçok farklı disiplinin bir arada çalışmasını gerektirdiği için alanında uzman ve fazla sayıda paydaşı ortak noktada buluşturmaktadır. Bu durum koruma uygulamalarında görevli kişi ve kuruluşların veri paylaşımını önemli kılmaktadır. Toplanan bütün verilere ulaşımın kolaylaştırılması, verilerin ortak bir çalışma platformunda toplanması, kültürel mirasın korunması için önemli bir unsurdur. Teknolojinin ve veri yönetim sistemlerinin gelişimi, elde edilen verilerin işlenmesini ve yönetilmesini sağladığından YBM sistemleri tarihi mirası koruma çalışmalarına entegre edilmiştir. TYBM sağladığı kolaylıklar ve avantajlardan dolayı çeşitli tarihi miras koruma çalışmalarında uygulanabilmektedir.

4. AFYONKARAHİSAR ULU CAMİSİ'NİN TARİHİ YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (TYBM) YÖNTEMİYLE BELGELENMESİ

Bu bölümde Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin geleneksel ve modern belgeleme teknikleri ile elde edilen verilerin modellenmesi ve YBM'ye aktarımı anlatılmıştır. Geleneksel belgeleme teknikleri çalışmada rölöve çizimi, analizler-arkeometrik incelemeler, bilgi formlarının/fişlerinin doldurulması, yazılı, görsel, grafik ve sesli kaynakların temin edilmesi amacıyla kullanılmıştır. Modern belgeleme tekniklerinden yersel lazer tarama, çalışma kapsamında nokta bulutu oluşturularak yüzey dokusunun ortaya çıkarılması ve kafes (mesh) model oluşturması amacıyla kullanılmıştır. Tarihi Yapı Bilgi Modelleme yöntemi ise Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin geçmişten gelen özgün belgeleri, 2D-3D BDT çizimleri (rölöve, restorasyon, restitüsyon), analizleri, incelemeleri, bilgi formları, raporları, kararnameleri, fotoğrafları ve görsel kaynaklarının tek bir dosyada derlenerek yeni çalışma yapılması gerektiğinde veri ve zaman kaybının önlenmesi için kullanılmıştır.

Afyonkarahisar Ulu Camisi'nde TYBM yönteminin uygulama aşamaları;

- Yapıya ait tüm sesli, yazılı, grafiksel-görsel belge ve bilgilerin toplanması
- Yersel lazer tarama uygulaması sonucunda nokta bulutlarının elde edilmesi
- Nokta bulutlarının tasarım elemanlarına göre sınıflandırılması
- Kafes modelin (mesh model) sınıflandırılmış nokta bulutlarından elde edilmesi
- IFC formatlı Kafes Modelin (Mesh Model) Archicad ve Revit'e Aktarımı
- Akıllı nesnelere dönüştürülen kafes modelin YBM içerisinde düzenleme ve girdilerinin yapılması
- Toplanan tüm belgelerin YBM'ye aktarımı için hazırlanması
- Sınıflandırılan nokta bulutu, kafes model, çizimler, fotoğraflar ve diğer tüm belgelerin tek bir YBM dosyasında derlenmesi.
- Turistik ve teknik sanal turların YBM dosyaları da dahil olmak üzere her şeyin tek bir dosyada birleştirilmesi

Yapı belgelenirken geleneksel ve modern teknikler birlikte kullanılmıştır. İlk aşamada yapıya ait mimari elemanların (pencere, kapı vb.) eskizleri çizilmiş; çizimler üzerinde çelik metre aracılığıyla elle ölçüm gerçekleştirilmiştir. Yapıda gerçekleştirilen nokta bulutu ölçümleri 3D lazer tarayıcı (FARO Focus3D Laser Scanner) ile yapılmıştır.

Lazer tarama ile nokta bulutu verileri elde edilerek Ulu Camisi'nin 2D çizimleri bu veriler üzerinden elde edildi. Yersel lazer taramanın uygulama adımları Odabaşı Mimarlık tarafından gerçekleştirildi. Taramada verilerinin derlenmesinde kullanılan yazılımlar ve yersel lazer tarama cihazlarının bilgilerine kullanılan yazılım ile donanımlar alt başlığında yer verildi.

Kullanılan Yazılımlar

- Trimble Realworks 12.1
- Autodesk Recap (Odabaşı Mimarlık tarafından kullanılmıştır.)
- FARO Scene (Odabaşı Mimarlık tarafından kullanılmıştır.)
- Autodesk Revit 2023
- Graphisoft Archicad 26
- 3DVista Virtual Tour 2021

Kullanılan Donanımlar

- FARO Focus3D Laser Scanner
- Samsung Galaxy E5 (SM-E500H) Telefon Kamerası
- Apple iPhone 6S Telefon Kamerası
- Samsung Galaxy Note 4 (SM-N90010C) Telefon Kamerası
- SONY ILCE-6000 Fotoğraf Makinesi
- Masaüstü Bilgisayar (Ryzen 5 5600X işlemci, 48 GB DDR4 ram, 3 adet ekran kartı (1XNvidia RTX 3070, 2XNvidia RTX 3060) 512 GB SSD, 20 TB harici ve dahili depolama)

4.1. YBM Yazılımlarına Geçiş Hazırlıkları

Recap Pro yazılımında tek bir katmanda 288 bin noktadan oluşan .rcp .e57 ve .xyz uzantılı olarak dışa aktarılan veriler Revit 2023 yazılımına .rcp dosya formatıyla başarı ile içe aktarılabilmekte, fakat Revit yazılımında nokta bulutu verisi tek bir obje olarak tanımlanarak düzenleme ve sınıflandırma işlemlerine olanak sağlanamamaktadır. Archicad 26 versiyonunda ise .e57 veya .xyz dosya formatında içe aktarım işlemi hata sonucuyla başarısız olmaktadır. Nokta bulutları, desimasyon ve sampling araçları sayesinde nokta sayısı azaltılarak .lcf Archicad kütüphane dosyası olarak başarıyla içe aktarılabilmekte, fakat Archicad kütüphane dosyası mimari tasarım elemanlarına göre

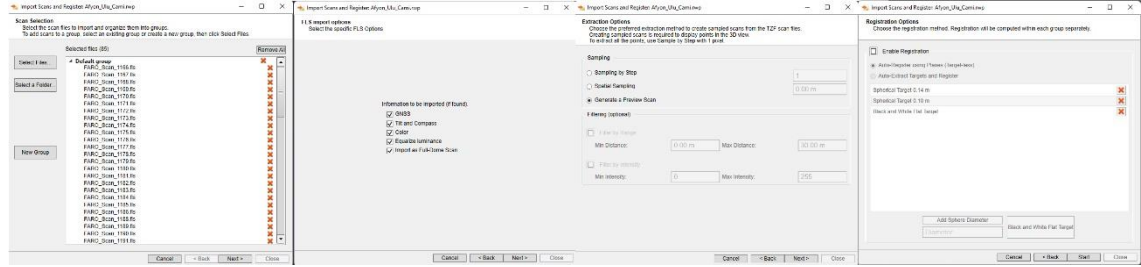
sınıflandırma ve düzenleme işlemlerine olanak sağlanamamaktadır. Revit ve Archicad yazılımı Ulu Camisi’ni tek bir obje olarak içe aktarıp gerekli düzenlemeleri yapmak için bir opsiyon sunmamaktadır. Ama Ulu Camisi’nin mimari tasarım elemanlarına göre sınıflandırabilmesi her noktanın yeniden tanımlanabilmesi TYBM için büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle Afyonkarahisar Ulu Camisi tasarım elemanlarına göre sınıflandırılıp yeniden Revit ve Archicad’e aktarılmak üzere YBM’ye geçiş hazırlıkları gerekmektedir.

YBM’ye geçiş adımları nokta bulutlarının yapının tasarım elemanlarına göre sınıflandırılması ve yeni nokta bulutlarından kafes model üretimi sağlanarak .ifc .e57 ve .rcp dosya formatıyla bu veri setlerinin YBM’de birleştirilmesi için dışa aktarımını kapsamaktadır.

Hazırlıkların ilk adımı tek katmanda bulunan nokta bulutlarının sınıflandırılmasıdır. Bu sınıflandırma manuel ve otomatik yöntemler ile gerçekleştirilmektedir. Manuel yöntemler tercih edildiğinde TYBM’nin beraberinde getirmiş olduğu avantajlardan zaman ve maliyet kazanımında kayıplar meydana gelebilmektedir. Bu nedenle firmalar otomatik sınıflandırma araçları içeren yazılımları farklı isimler ve seçeneklerle karşımıza çıkarmaktadır. Bu çalışmada tanınan birçok firmanın yazılımların tüm araçları detaylı incelenip otomatik sınıflandırma ve kafes model üretimi için Afyonkarahisar Ulu Camii özelinde testler ve denemeler yapıldı. En başarılı otomatik sınıflandırma ve kafes model üretimini yapabilen yazılım olarak Realworks yazılımı yöntem içerisine dahil edildi. Bu çalışmada kullanılan yöntemlerin nokta bulutu sınıflandırması ve kafes oluşumunda birçok sektördeki çalışmalara fikir sunacağı ve rehber olacağı düşünülmektedir.

Nokta bulutu verilerinin Realworks’e içe aktarma işlemi “home” menüsü altında “Import and Register” komutunun çalıştırılmasıyla sağlanır. Açılan pencerede “Select Files” seçeneği ile tarama dosyalarının bulunduğu klasörden Afyonkarahisar Ulu Camisi’ne ait 85 adet yersel lazer tarama dosyası .fls formatında seçildi. Sonrasında yeni pencerede “fls import options” menüsü açılmaktadır. “GNSS, Tilt and Compass, Color, Equalize lumiance, Import ass Full-Dome Scan” seçeneklerinin hepsi işaretlenerek işleme devam edildi. Sonraki adımda “Extraction Options” menüsü açılarak, “Sampling by Step, Spatial Sampling, Generate a Preview Scan” seçeneklerinden “Generate a Preview Scan” seçeneği işaretlendi. “Register Options” menüsü boş bırakılarak içe aktarma işlemi başlatılmıştır (Bkz. Görsel 4.1.1.). 1 saat 17 dakikada 85 adet .fls dosyasından 84 adedinin

başarıyla içe aktarma işlemi tamamlanmıştır. “Registration” menüsünde buluna “Orientation” işlemleriyle nokta bulutu x-y ekseninde kuzey yönü 90° yukarı gelecek şekilde düzenlendi.



Görsel 4.1.1. Realworks yazılımına lazer tarama verilerinin aktarılması

4.1.1. Nokta bulutunun sınıflandırılması

Çalışmada nokta bulutunun tasarım elemanlarına göre sınıflandırılmasını hızlandırmak adına otomatik sınıflandırma araçları gelişmiş olan Realworks yazılımı tercih edilmektedir. Realworks, tarama noktaları içeri aktarıldıktan sonra elde edilen 113.698.076 noktadan oluşan nokta bulutu verilerini tek bir sınıflandırılmış katmanda (classification layer) topladı (Bkz. Tablo 4.1.1.1.). Bu tek katmandaki nokta bulutu kümesinin farklı katmanlara ayırarak; Afyon Ulu Cami, diğer mimari yapılar, doğal çevre elemanları, yollar, alt-üst yapı elemanları vb. sınıflandırılması (classify) gerekmektedir. Bununla beraber Afyon Ulu Cami tasarım elemanlarına (duvar, dikey ahşap taşıyıcılar, yatay ahşap taşıyıcılar, zemin döşemesi, minare, kapılar ve pencereler) göre tekrar sınıflandırma (classify) yapıldıktan sonra kafes modeller oluşturulup nokta bulutlarıyla beraber YBM yazılımlarına aktarılması gerekmektedir.

Realworks'te sınıflandırma işlemleri ikiye ayrılmaktadır. Bunlar dış mekân sınıflandırması (outdoor classify) ve iç mekân sınıflandırmasıdır (indoor classify). Sınıflandırma işlemlerini yapay zekâ yardımıyla otomatik olarak gerçekleştirebilmek için araçlara sahiptir. Otomatik sınıflandırma araçları; “Auto-Segment (TZF-Based), Auto-Classify Outdoor, Auto-Classify Indoor ve Auto-Classify Tunnel” (Bkz. Görsel 4.1.1.1.) olmak üzere 4 ana başlığa ayrılmaktadır. Auto-Classify Outdoor ve Auto-Classify Indoor araçlarını kullanarak dış mekân sınıflandırması ve iç mekân sınıflandırması işlemleri gerçekleştirildi.



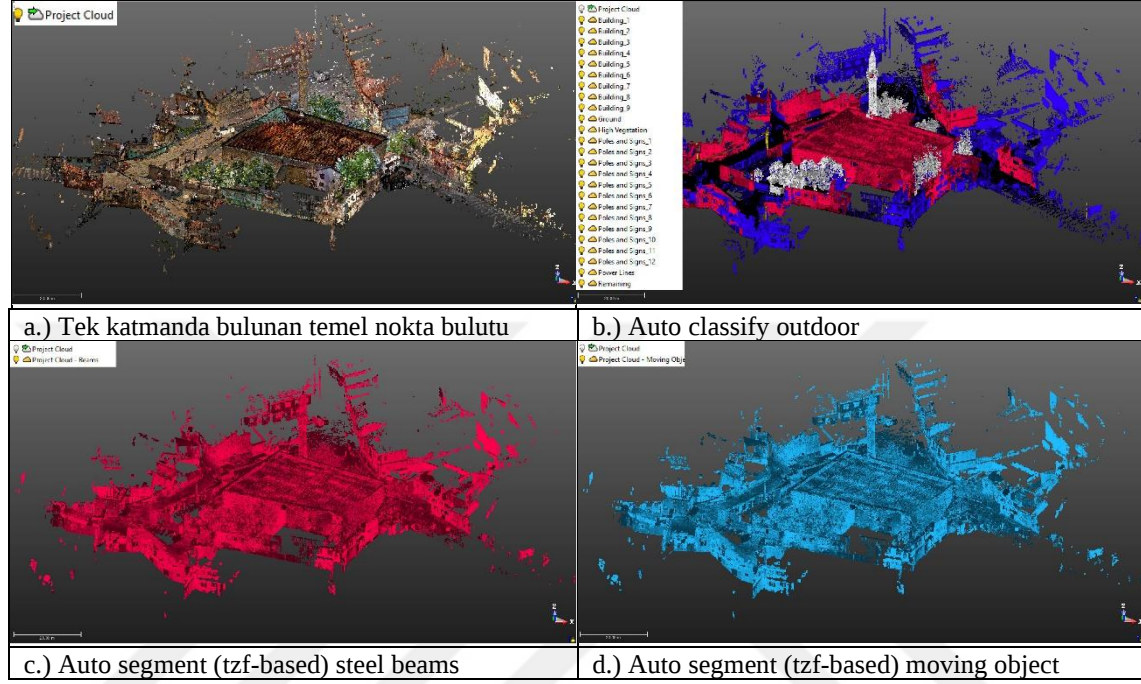
Görsel 4.1.1.1. Realworks yazılımının otomatik sınıflandırma araçları (auto-classify) ve parametreleri

Auto-classify outdoor aracında “Ground, Building, Poles and Signs, Power Lines, High Vegetation ve Remaining” seçeneklerinin hepsi işaretlenerek “extract” butonu ile dış mekân sınıflandırma işlemi başlatıldı (Görsel 4.1.1.1.). Tek bir küme şeklindeki nokta bulutu auto-classify outdoor tarafından zemin ve yolları “ground”, Afyon Ulu Cami ve diğer mimari yapıları “building”, alt-üst yapı elemanları “power lines, poles and signs”, doğal çevre elemanları “high vegetation”, herhangi bir tanımlı sınıfa dahil edilemeyen nokta bulutları “remaining” sınıfına ayrıldı. Remaining katmanında yer alan nokta bulutu sayısı ne kadar az olursa tanımlanmış nokta bulutu o kadar fazla olmaktadır. Dış mekân otomatik sınıflandırma işlem başarımını değerlendirmek için remaining ve diğer katmanlardaki nokta bulutlarının yoğunlukları kıyaslanarak her bir sınıf temsili renklerle (Bkz. Tablo 4.1.1.1.); remaining: mavi, ground: siyah, building: pembe, poles-signs-powerlines: sarı, highvegetation: beyaz) aktarılmaktadır. Auto-classify outdoor aracıyla gerçekleştirilen sınıflandırma işleminde cami çevresindeki mimari yapıların yarısı remaining diğer yarısı building sınıfına, yollar ve caminin bazı noktaları remaining sınıfına, caminin minaresi high vegetation sınıfına dahil edildi. Yapay zekânın minareyi yüksekliği ve taş dokusunun kahverengi tonlarından dolayı yüksek bir ağaç olarak algıladığı tahmin edilmektedir.

Auto-classify outdoor aracının beklenmedik sonuçları nedeniyle Realworks yazılımının farklı endüstri ve sektörlerle destek sunabilmek için ürettiği komutlar ve araçların kültür varlığında kullanımı test edildi. Otomatik nokta bulutu sınıflandırma işlemlerinde tünel yapılarında kullanılan auto classify tunnel, çelik kirişlerde kullanılan auto segment steel beams ve hareketli objelerin tespitinde kullanılan auto segment moving object olmak üzere üç farklı araçta bulunan alt seçeneklerin hepsi işaretlenerek (Bkz. Görsel 4.1.1.1.) saatler süren sınıflandırma işlemleri gerçekleştirildi. Üç yöntemle de herhangi bir sınıflandırma verisi oluşturulmayarak temel nokta bulutunun yeni katmanlarda yeni birer kopyaları elde edildi. Bu araçların günümüzde kültür varlıklarını

sınıflandırmak için kullanımı bir fayda, kazanç veya kolaylık sağlamayan uygun ve pratik araçlar olmadığı tespit edildi. Trimble firmasının ürettiği bu araçların kültür varlıklarında kullanmak için pratik çözümler sunduğuna dair bir bilgiye de rastlanılmamaktadır.

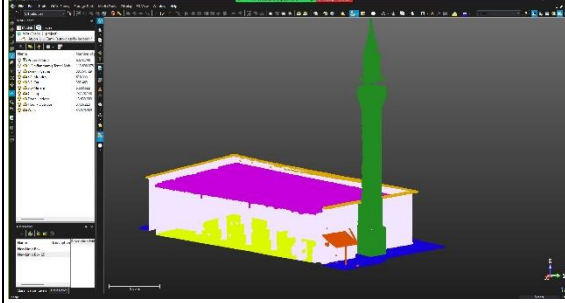
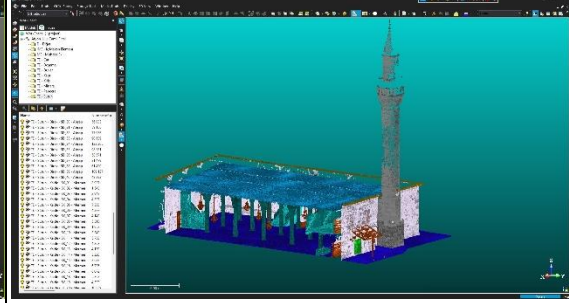
Tablo 4.1.1.1. Temel nokta bulutu ve otomatik araçlarla nokta bulutu sınıflandırma çalışmaları



Otomatik sınıflandırmalar sonucunda az hatalı sınıflandırılmış ve sınıflandırılmamış nokta bulutlarında manuel müdahale ve manuel sınıflandırma olmak üzere iki yöntem daha ek olarak uygulanmaktadır. Manuel müdahale, otomatik sınıflandırma üzerine oluşan bazı hataların düzeltilmesi işlemidir. Manuel sınıflandırma ise otomatik sınıflandırma işlemlerinin başarısız olduğu durumlarda tüm nokta bulutlarının sınıflandırma işleminin yeniden manuel olarak gerçekleştirilmesidir. Bir işlemin hatalarını düzeltmek ile yeniden manuel olarak yapmak arasında zaman ve maliyet farkı oluşmaktadır. Cami, çevresindeki yapılar, doğal ve yapay çevre elemanlarına göre farklı katmanlara dahil edilebilmesi için dört farklı otomatik sınıflandırma yöntemi (outdoor, tunnel, steel beams ve moving object) ile işlemler gerçekleştirildiğinde başarısız sonuçlar elde edilmektedir. Cami çevresiyle başarılı şekilde sınıflandırma ancak manuel sınıflandırma işlemi ile mümkündür. Bu nedenle “Afyon Ulu Cami” ve “Yakın Çevresi” olmak üzere manuel şekilde iki farklı katmana ayırıp cami katmanı üzerinde ise auto classify indoor otomatik sınıflandırma işlemleri gerçekleştirildi.

“Auto-Classify Indoor” aracı Afyonkarahisar Ulu Camii katmanı seçilerek çalıştırıldı. “Floor, Grated Floor, Ceiling, Walls ve Remaining” seçenekleri işaretlenerek otomatik sınıflandırma işlemi başlatıldı. Auto classify indoor aracıyla gerçekleşen otomatik sınıflandırma sonucunda zemin döşemesi “Floor”, çatı örtüsü, minare, ana ve nervürlü kirişler “Ceiling”, aydınlatma elemanları, muhdes ekler, minber, vaaz ve müezzin kürsüsü, kadınlar mahfili, merdiven, sütun kaidesi, sütun başlığı, sütun, kapılar, pencereler ve duvarlar “Walls” katmanında birleştirildi. Mevcut nokta bulutunda insansız hava araçları yardımıyla fotogrametri yöntemlerinden faydalanılmadığı için yapının çatı kabuğu 3D nokta bulutu içerisinde bulunmamaktadır. Realworks yazılımı ise ahşap kirişlerin olduğu yüzeyi çatı kabuğu; caminin giriş kapılarında bulunan muhdes saçakları ve köprüyü de duvar olarak algılamaktadır. Bu nedenlerle caminin minaresi, çatı örtüsü ve muhdes ekler manuel sınıflandırıldıktan sonra Afyonkarahisar Ulu Cami katmanı üzerinde auto classify indoor işlemi yeniden gerçekleştirildi. İkinci kez başlatılan otomatik sınıflandırma işlemleri sonucunda Ulu Camii mimari elemanlara göre katmanlara ayrılma işlemi manuel müdahaleler gerektirse de büyük çoğunluğu otomatik olarak tamamlandı (Bkz. Tablo 4.1.1.2.).

Tablo 4.1.1.2. Auto-Classify Indoor otomatik sınıflandırma aracıyla nokta bulutu sınıflandırma çalışmaları

	
a.) Auto-classify indoor ile otomatik sınıflandırılan nokta bulutu	b.) Manuel müdahalelerinde katkısıyla mimari elemanlara göre sınıflandırılan nokta bulutu

Kültür varlıklarında Realworks’te bulunan outdoor, steel beams ve moving object araçlarının tek bir katmanda temel nokta bulutunun kopyasını oluşturması ve hatalı sınıflandırması, indoor aracında ise zaman tasarrufu sağlamasının yanı sıra walls katmanı üzerinde az da olsa manuel müdahaleler gerçekleştirilmesi otomatik sınıflandırma araçlarının henüz yeterli seviye ve kategoride sınıflandırma seçenekleri sunmadığını göstermektedir. Yapay zeka, makine öğrenmesi ve yapay zeka öğrenmesi gibi disiplinlerin kültür varlıklarında kullanımının yeni gelişmeye başladığı bu yıllarda umut vadeden bir zaman kazancı sağladığı da ortada olan bir gerçektir. Teknolojinin ilerlemesiyle eksiklikler giderilip bu yöntemin kültür varlıklarında daha yaygın

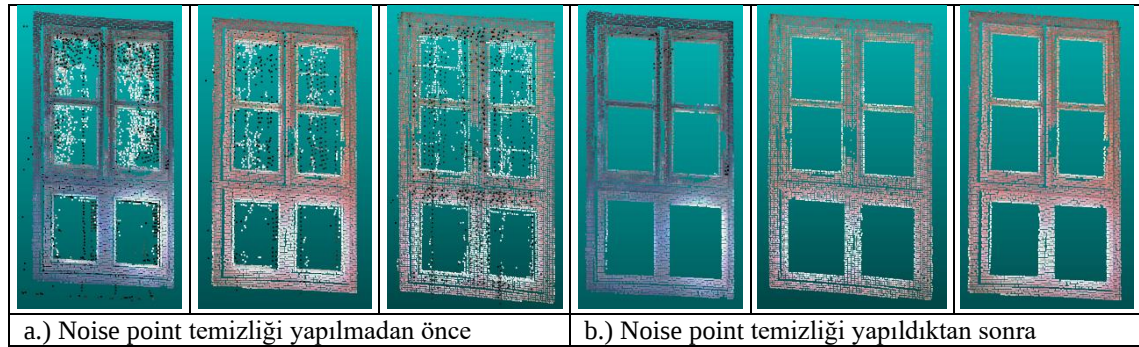
kullanılacağı öngörülmektedir. TYBM yönteminde en çok zaman kaybı YBM içerisinde kütüphane verileri oluşturulurken gerçekleşmekte, otomatik sınıflandırma işlemleri başarıyla gerçekleştirilebilirse meshing yapının YBM'ye kütüphane şeklinde otomatik olarak aktarılması bu zaman kaybını ortadan kaldıracaktır.

Afyon Ulu Caminin Realworks kullanarak nokta bulutlarının sınıflandırılmasında tüm süreç otomatik araçlarla gerçekleşmedi. Sınıflandırmada yapay zekâ hataları veya eksik nokta aktarımı gibi durumlar düzenlemeler ve manual-classify müdahaleleri gerektirmesine rağmen zaman ve maliyet tasarrufu sağladığı bir gerçektir.

4.1.2. Kafes (mesh) model elde edilmesi

Kafes model oluşturmadan önce düz yüzeylerdeki doğru konumlandırılmamış nokta bulutlarının noise temizliği yapılarak daha doğru ve pürüzsüz katı yüzeyler elde edilebilir (Bkz. Tablo 4.1.2.1.) Bunun yanı sıra devamlı ve düz yüzeylere sahip olan birim elemanlar için nokta sayısının fazla olması modelde gereksiz alan kaybı ve fazladan donanım gereksinimi oluşturmakta ve yüzeylerde bozulmalar gerçekleşmekte, bu nedenle meshing işlemine başlamadan önce düz yüzey barındıran elemanlarda sampling aracıyla spatial sampling seçeneklerinden distance between points parametreleri ile tasarım elemanlarına göre en iyi seçimlere ulaşıldıktan sonra meshing işlemleri başlatıldı.

Tablo 4.1.2.1. Kafes model oluşturulması öncesinde gerçekleştirilen nokta bulutu optimizasyonları



Mesh Creation, nokta bulutlarından kafes model oluşturmaya yarayan bir araçtır. Meshing işlemlerinin noise temizliğinden sonra gelen bu adımında ilk olarak “select points” başlığı altında sampling işlemleri uygulandı. 0.01 ve 0.02 spatial sampling uygulanan nokta kümelerinden daha iyi sonuçlarla model çıktıklarına ulaşıldı. Bunun yanı sıra tüm meshinglerde bütün yüzeylerde hesaplama yapılabilmesi için “select projection mode” başlığı altındaki “no projection” seçeneği işaretlendi. Daha az donanım ihtiyacı ile detay kaybı olmadan model oluşturmak için “Create Meshes” başlığında “Adaptive

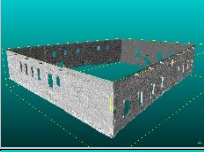
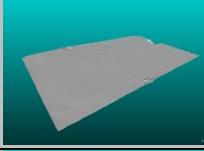
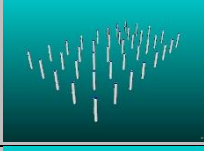
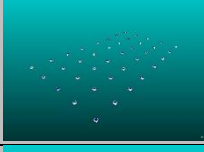
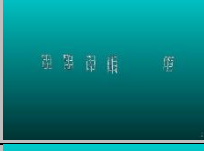
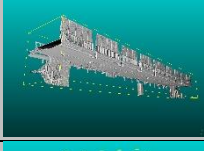
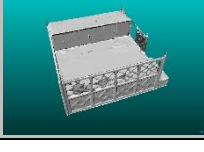
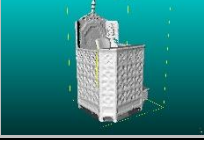
Mesh Size Reduction” high detail (level 5) ile preview meshes yapıldıktan sonra lightweight (level 1) veya level 2 seviyelerine indirgeyerek triangles (üçgen poligon) sayısında önemli seviyelerde azaltmalar sağlandı (Bkz. Tablo 4.1.2.1.). Her bir meshing işlemi için yukarıda anlatılan ön ayar ve işlemlerin ardında “Create” butonuyla kafes modeller üretildi.

Mesh Editing, üretilen kafes modellerin optimize edilerek daha az donanım ihtiyacı duyulması, triangles poligon sayılarında kalite kaybı olmadan kazanç elde edilmesi, create işlemi sonucunda hatalı mesh oluşumlarının manuel müdahalelerle düzeltilmesi ve optimizasyonlarını sağlayan bir araçtır.

Yazılım Mesh Editing düzenlemelerinde “Adaptive Mesh Size Reduction” başlığı altında triangles poligon sayısını düşürmek için “Reduction Factor” ve “Desired Number of Triangles” olmak üzere iki metot sunmaktadır. Desired number of triangles seçeneği tüm yüzeylerde aynı oranda poligon sayısını azaltan bir metottur. Örneğin 100 poligonu olan bir meshing yapıya 80 poligona düşür komutu verildiğinde köşe ve düz yüzey ayrımı yapmadan tüm yüzeylerde eşit şekilde poligon azaltması sağlamaktadır. Buda köşesi çok olan mesh yapılarda kalite kaybına yol açmaktadır. Reduction factor seçeneği ise düz yüzeylerdeki poligon sayılarını daha çok azaltıp, köşelerde ise kalite kaybı yaratmayacak kadar poligon sayısını azalttığından dolayı Ulu Camisi’nde bu metot kullanıldı (Bkz. Tablo 4.1.2.2.).

Realworks’un Mesh Editing araçlarından “Edit Manually” başlığı altında yer alan “Create Triangles” ve “Fill Holes” çeşitli nedenlerle (çoğu kez tarama cihazının kör noktasına gelmesinden dolayı) eksik oluşturulan yüzeylerin tamamlanması olanağı sunmaktadır. Tamamlanacak kapalı alanlar (borders) yoksa Create Triangles aracıyla önce alanlar kapatılıp, daha sonra Fill Holes ile yüzeyler tanımlanır. Özellikle Ulu Camisi’nin kuzey cephesinde bulunan dolap ve kadınlar mahfiline çıkan merdivenler nedeniyle caminin iç duvarının büyük bir kısmı nokta bulutu ve model olarak oluşmamaktadır. Bu yüzeylerin oluşturulması için Fill Holes ve Create Triangles araçları aktif olarak kullanıldı (Bkz. Tablo 4.1.2.2.). Birbiriyle uyumlu şekilde çalışan bu iki araç Ulu Camisi’nin kafes modelini oluştururken en sık kullanılan Mesh Editing araçlarındandır. YBM yazılımlarına geçiş hazırlıklarında en çok zaman bu araçları kullanırken harcandı. Daha doğru ve kaliteli lazer tarama uygulamaları ile bu aşamadaki zaman kaybı azaltılabilir. Fakat sahada harcanan zamanın artacağını da göz önüne almak gerekmektedir.

Tablo 4.1.2.2. Tasarım elemanlarına göre kafes modellerin oluşturulması ve yapılan düzenlemeler

TE - Minare		TE - Duvar - Dış	
Spatial Sampling : 0,01 m Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Yoğun		Spatial Sampling : 0,01 m Adap. Mesh Size Red. : 2to2 Reduce : % 35 Filhouse&Triangles : Orta	
TE - Döşeme - İç		TE - Duvar - İç	
Spatial Sampling : 0,02 m Adap. Mesh Size Red. : 5to1 Reduce : % 45 Filhouse&Triangles : Seyrek		Spatial Sampling : 0,02 Adap. Mesh Size Red. : 5to5 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Yoğun	
TE - Kiriş - Nefler		TE - Kiriş - Anahat	
Spatial Sampling : 0,01 m Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 35 Filhouse&Triangles : Yoğun		Spatial Sampling : 0,01 m Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 20 Filhouse&Triangles : Yoğun	
TE - Sütun - Başlık		TE - Kapı - Kuzey	
Spatial Sampling : 0,01 m Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 20 Filhouse&Triangles : Seyrek		Spatial Sampling : 0,01 m Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Yok	
TE - Sütun - Direk		TE - Kapı - Batı	
Spatial Sampling : 0,01 m Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Orta		Spatial Sampling : 0,01 m Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Yok	
TE - Sütun - Kaide		TE - Kapı - Doğu	
Spatial Sampling : 0,01 m Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Yoğun		Spatial Sampling : 0,01 m Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Yok	
TE - Pencere - Batı		TE - Pencere - Doğu	
Spatial Sampling : Yok Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Orta		Spatial Sampling : Yok Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Orta	
TE - Pencere - Güney		TE - Pencere - Kuzey	
Spatial Sampling : Yok Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Orta		Spatial Sampling : Yok Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Orta	
İME- Kadınlar Mahfili		İME- Mezar	
Spatial Sampling : 0,01 m Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 20 Filhouse&Triangles : Orta		Spatial Sampling : 0,01 m Adap. Mesh Size Red. : 5to1 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Yoğun	
İME - Mihrap		İME - Minber	
Spatial Sampling : Yok Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Seyrek		Spatial Sampling : Yok Adap. Mesh Size Red. : 5to2 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Yoğun	
İME - Müezzin Kürsüsü		İME - Vaaz Kürsüsü	
Spatial Sampling : 0,01 m Adap. Mesh Size Red. : 5to1 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Yoğun		Spatial Sampling : 0,01 m Adap. Mesh Size Red. : 5to1 Reduce : % 0 Filhouse&Triangles : Orta	

Yukarıda anlatılan Mesh Editing işlemlerinin haricinde kullanılan diğer araçlarla yapılanlar ise;

- Smooth aracıyla yüzeyler yumuşatılarak bazı yüzeylerde kalite arttırımı sağlanması,
- Remove Peaks aracıyla hatalı şekilde patlayan yüzeylerin düzeltilmesi,
- Invert Triangles Normals aracıyla mesh yapının “normals” adı verilen kapalı yüzeylerinin hatalı olduğu noktalarda düzeltilmesi,
- Refine aracıyla kalite arttırımını sağlamak için bazı köşelerin poligon sayısının 2 katına çıkarılması şeklinde sıralanabilir.

Realworks 12.1 yazılımından Archicad ve Revit’te içe aktarım (import) sağlanması için IFC dosya formatında kafes modellerin her birinin farklı katmanlarda dışa aktarımı (export) sağlandı.

4.2. YBM Yazılımlarına Aktarım

YBM’ye geçiş için hazırlıkları tamamlanan tüm model ve belgelerin en yaygın kullanılan YBM yazılımlarından Archicad ve Revit’e aktarımı anlatılmaktadır. Archicad ve Revit yazılımları yeni yapı ölçeğinde kullanımı nicel olarak çoğunlukta olduğu, topluluk ve gelişim fırsatları sunduğu için henüz yaygın kullanılmayan TYBM yönteminin yaygın etkisine katkı sunacağı için tercih edilmektedir. Bu YBM yazılımları sayesinde hızla eksik olan TYBM araçları geliştirip ilerleyen yıllarda daha sorunsuz ve pratik aktarımlar gerçekleştirilebilecektir.

4.2.1. Archicad’e aktarım

Realworks yazılımında sınıflandırılan kafes model ve nokta bulutları .ifc .fbx .obj .e57 .rcp .laz .las .pts .pod .tdx dosya formatlarında kaydedilebilmektedir. Archicad 26 yazılımı kafes modeli .fbx .obj ve .ifc olarak, nokta bulutu verilerini ise .e57 ve .xyz dosya formatında içe aktarabilmektedir. Bu nedenle Realworks 12.1 yazılımından Archicad için .e57 ve .ifc dosya formatında dışa aktarım (export) sağlandı. Bu bölümde Afyonkarahisar Ulu Camisi’nin Realworks’te hazırlıkları yapılan kafes model ve nokta bulutları ile tüm belgelerinin tek bir Archicad dosyasında birleştirilmesi anlatılmaktadır.

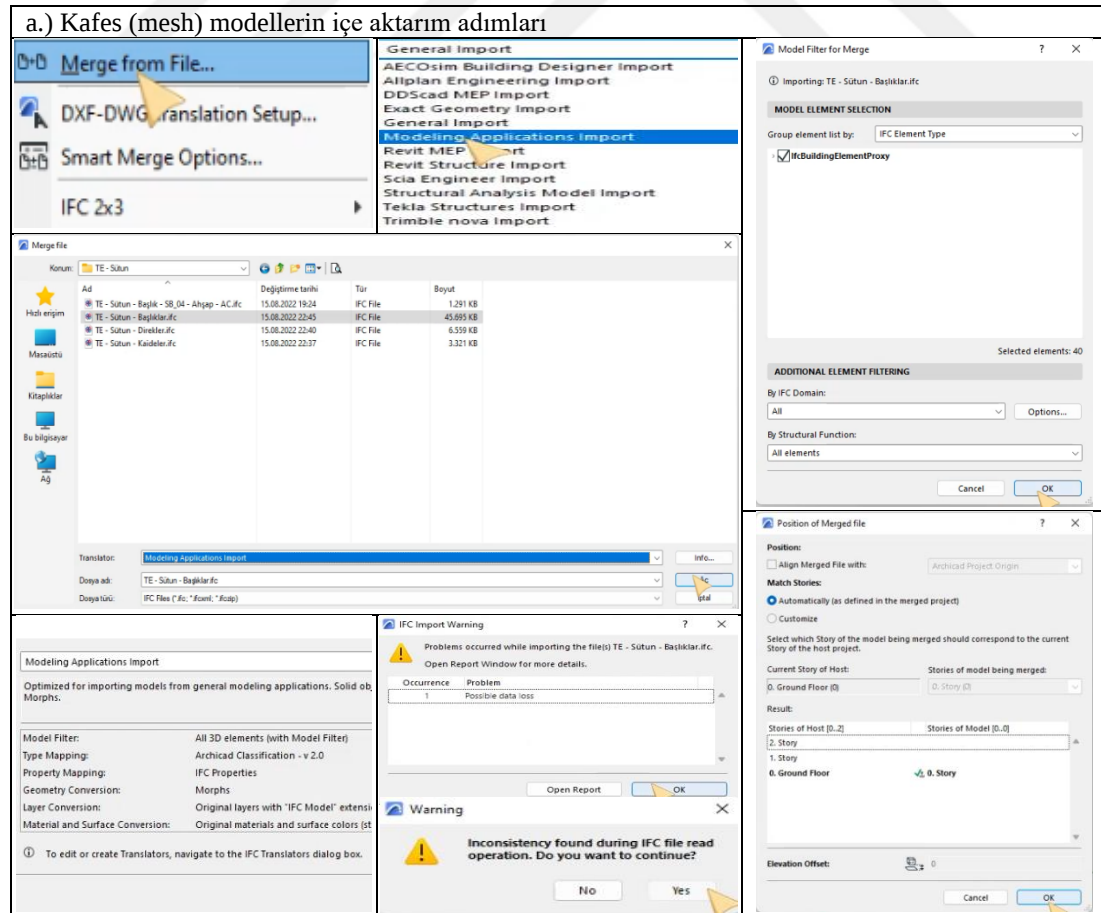
4.2.1.1. Kafes model, nokta bulutu ve tüm belgelerin aktarımı

Archicad 26 yazılımında “Merge from File” komutuyla “modeling applications import” ön ayarı kullanılarak, IFC formatındaki kafes model verilerinin içe aktarımı

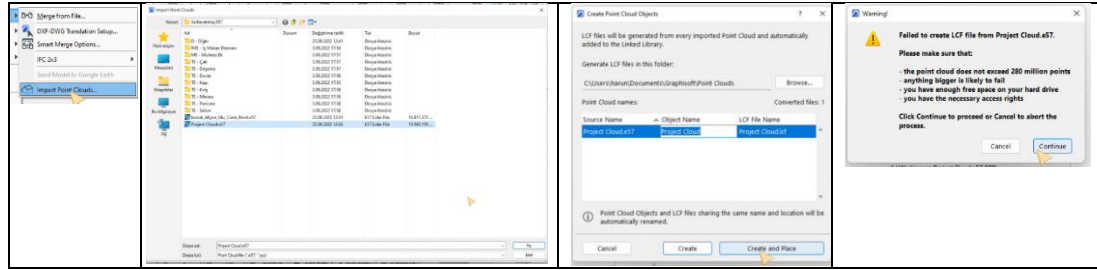
başlatıldı. Açılan “Library Parts Location” penceresinde “Embedded Library” seçeneği ve “don’t show this dialog again” opsiyonu işaretlenerek işlemlere devam edildi. IFC dosyalarında uyumsuzluk ve tutarsızlık bulunduğunu belirten uyarı penceresinde “devam etmek istiyor musunuz?” sorusuna “evet” cevabı verildi. Sonrasında açılan “Model Filter for Merge” penceresinde hiçbir değişiklik yapılmadı. “Position of Merged File” penceresinde sadece “Automatically” seçeneği işaretlenip kafes model zemin kata yerleştirildi. “IFC Import Warning” uyarı penceresinde olası veri kayıpları ile ilgili raporlar incelenerek büyük veri kayıplarının IFC dosyaları yeniden oluşturulurken küçük veri kayıpları göz ardı edildi (Bkz. Tablo 4.2.1.1.1.). Bu anlatılan işlem sırası her bir IFC dosyasının içeriye aktarımı sırasında tekrar uygulandı.

“Import Points Clouds” komutuyla E57 formatındaki nokta bulutu verilerinin içe aktarımı başlatıldı. Açılan pencerede .e57 formatlı dosyalar seçildi. “Create Point Clouds Objects” penceresinde “Create and Place” seçeneği ve 280 milyondan fazla nokta bulutu içeri alınmasından doğan eksiklikler olabileceğini belirten “Warning” penceresinde “Continue” seçeneği işaretlenerek işlemlere devam edildi (Bkz. Tablo 4.2.1.1.2.).

Tablo 4.2.1.1.1 Archicad yazılımına IFC formatlı kafes modellerin içe aktarım (import) adımları



Tablo 4.2.1.1.2. Archicad yazılımına E57 formatlı nokta bulutu dosyalarının içe aktarım (import) adımları



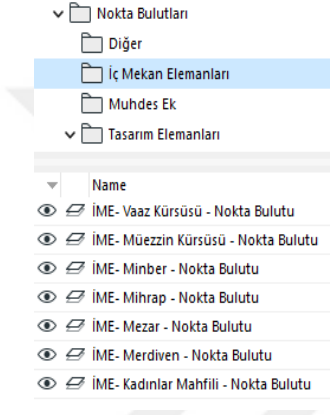
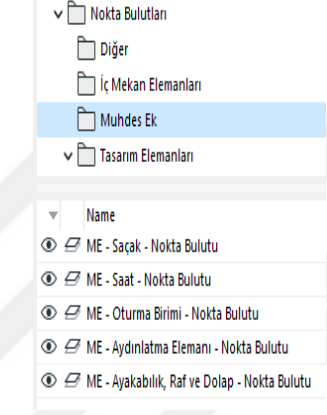
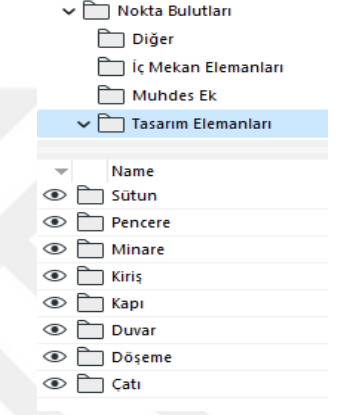
Gömülü kütüphaneye aktarılan kafes modeller Archicad 26 içerisinde “Morph” tasarım elemanlarına otomatik olarak dönüştürüldü. Morph yapıya dönüştürülen kafes modeller düzenlenebilir, eklenebilir ve parametrik yapıdadırlar.

Morph ve Object olarak içeri alınan elemanlar “Kafes (Mesh) Modeller” ve “Nokta Bulutları” klasörleri altında her bir tasarım elemanı ve iç mekan öğesinin farklı layerlara taşınarak katmanlaşma uygulamaları gerçekleştirildi. Kafes model verileri, “Kafes (Mesh) Modeller / İç Mekan Elemanları, Tasarım Elemanları / Çatı, Duvar, Kiriş, Sütun, Döşeme, Kapı, Minare, Pencere” klasörleri altında (Bkz. Tablo.4.2.1.1.3.); Nokta bulutu verileri ise “Nokta Bulutları /Diğer, Muhdes Ek, İç Mekan Elemanları, Tasarım Elemanları / Çatı, Duvar, Kiriş, Sütun, Döşeme, Kapı, Minare, Pencere” klasörleri altında (Bkz. Tablo.4.2.1.1.4.) katmanlaşmaları gerçekleştirilerek Archicad 26 yazılımına aktarıldı.

Tablo 4.2.1.1.3. Archicad yazılımında kafes (mesh) modellerin katmanlaşması (layers)

İç Mekan Elemanları	Tasarım Elemanları	
İME- Vaaz Kürsüsü – Kafes	TE - Çatı – Kafes	TE - Kiriş - Anahat – Kafes
İME- Müezzin Kürsüsü – Kafes	TE - Duvar - İç – Kafes	TE - Minare – Kafes
İME- Minber – Kafes	TE - Duvar - Dış – Kafes	TE - Pencere – YBM
İME- Mihrap – Kafes	TE - Döşeme - İç – Kafes	TE - Pencere – Kafes
İME- Mezar – Kafes	TE - Döşeme - Dış – Kafes	TE - Pencere – YBM
İME- Merdiven – Kafes	TE - Kapı – Kafes	TE - Sütun - Kaide – Kafes
İME- Kadınlar Mahfili - Kafes	TE - Kiriş - Nef - Nervürlü Kafes	TE - Sütun - Direk – Kafes
		TE - Sütun - Başlık - Kafes
Kafes (Mesh) Modeller İç Mekan Elemanları Tasarım Elemanları Name Tasarım Elemanları İç Mekan Elemanları	Kafes (Mesh) Modeller İç Mekan Elemanları Tasarım Elemanları Name İME- Vaaz Kürsüsü - Kafes İME- Müezzin Kürsüsü - Kafes İME- Minber - Kafes İME- Mihrap - Kafes İME- Mezar - Kafes İME- Merdiven - Kafes İME- Kadınlar Mahfili - Kafes	Kafes (Mesh) Modeller İç Mekan Elemanları Tasarım Elemanları Name Sütun Pencere Minare Kiriş Kapı Duvar Döşeme Çatı

Tablo 4.2.1.1.4. Archicad yazılımında nokta bulutlarının katmanlaşması (layers)

İç Mekan Elemanları	Tasarım Elemanları	Muhdes Ek ve Diğer
İME- Vaaz Kürsüsü – NB İME- Müezzin Kürsüsü - NB İME- Minber - NB İME- Mihrap - NB İME- Mezar - NB İME- Merdiven - NB İME- Kadınlar Mahfili - NB	TE - Çatı – NB TE - Duvar - İç – NB TE - Duvar - Dış – NB TE - Döşeme - İç – NB TE - Döşeme - Dış – NB TE - Kapı – NB TE - Kiriş - Nef – Nervürlü- NB TE - Kiriş - Anahat – NB TE - Minare – NB TE - Pencere – NB TE - Sütun - Kaide – NB TE - Sütun - Direk – NB TE - Sütun - Başlık – NB	ME - Saçak - NB ME - Saat - NB ME - Oturma Birimi - NB ME - Aydınlatma Elemanı - NB ME - Ayakkabılık, Raf ve Dolap– NB D - Sınıflanmamış Temel Nokta Bulutu D - İşaretçiler D - Caminin Yakın Çevresi
		

Kafes modeli Morph aracı elemanı olarak tanımlarken; Nokta bulutlarını “Object” tasarım aracı elemanı olarak tanımlamaktadır. Nokta bulutlarının içeri aktarımında kafes model operasyonunun başarımlı ve doğruluk seviyesini ölçebilmek ve gerekli durumlarda izdüşüm aracı olarak kullanılması hedeflenmektedir. Gereksinim duyulduğunda kullanıma sunulan nokta bulutları farklı katmanlarda gizli olarak saklanmaktadır.

Hem kafes modelin hem de nokta bulutunun yazılım arayüz sahnesinde görüntüleyebilmek yüksek donanım gereksinimleri oluşturmaktadır. Bu gibi kullanım senaryolarında işlem ve doğruluk analizi yapılacak verinin gerektiği kadar katman görüntülenerek sağlanması önerilmektedir.

Kafes modellerin morph ve nokta bulutlarının ise object akıllı nesnelere dönüştürülmesi işlemlerinin ardından Afyonkarahisar Ulu Camisi’nin tüm çizim ve belgelerinin YBM altyapısında tek bir dosyada derleyebilmek adına aktarım işlemleri gerçekleştirildi (Bkz. Tablo.4.2.1.1.5.). “Layout Book” ve “Worksheet”ler belgelerin derlendiği alanlar olarak kullanıldı. Rölöve, restorasyon ve restitüsyon çizimleri worksheetlerde saklanırken fotoğraf albümü, onarımlar, kararname ve resmi belgeler vb. dokümanlar layout booklar üzerinde muhafaza edilmek üzere içe aktarıldı.

Tablo 4.2.1.1.5. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin tüm çizim, fotoğraf ve belgelerinin içe aktarımı

a.) Rölöve çizimlerinin içe aktarımı	b.) Restitüsyon çizimlerinin içe aktarımı
c.)Restorasyon çizimleri ve ortofotoların içe aktarımı	d.) Onarım ve resmi belgelerin içe aktarımı

4.2.1.2. Nokta bulutu izdüşümü ile akıllı nesne üretimi

Çalışmanın temel amaçlarından birisi nokta bulutunu verimli kullanarak YBM tasarım araçlarına otomatik çevirmektir. Fakat çatının nokta bulutunun olmaması ve pencere elamanlarının detaysız nokta bulutları ile doğru şekilde kafes model üretimi gerçekleştirilmediğinden dolayı YBM araçları ile teknik çizimlerin izdüşümü kullanılıp klasik TYBM yöntemi ile çatı ve pencereler oluşturuldu. Bunun yanında zemin döşemesinin düz ve yükseltisinin farklılaşmadığı noktalar mesh olarak olarak eklendiğinde ciddi bir poligon sayısı artışı gözlemlendi. Bu nedenle YBM araçları kullanılan çatı ve pencerelerdeki işlemlerin takibi ile iç mekan zemin döşemesi oluşturuldu (Bkz. Tablo.4.2.1.2.1.). Pencere ve zemin döşemesi YBM araçlarıyla vücut bulsa bilse oluşturma gerekçeleri birbirinden tamamen farklıdır. Pencere tasarım elemanları zorunluluktan ötürü YBM ile sağlanırken; zemin döşemesi daha optimize ve daha hafif bir model elde etmek amacıyla oluşturuldu.

Tablo 4.2.1.2.1. Nokta bulutunu izdüşüm olarak kullanıp YBM araçlarıyla akıllı nesne üretimi

a.)Çatı	b.)İç zemin döşemesi			c.)Pencereler	

4.2.1.3. Kot seviyelerinin belirlenmesi

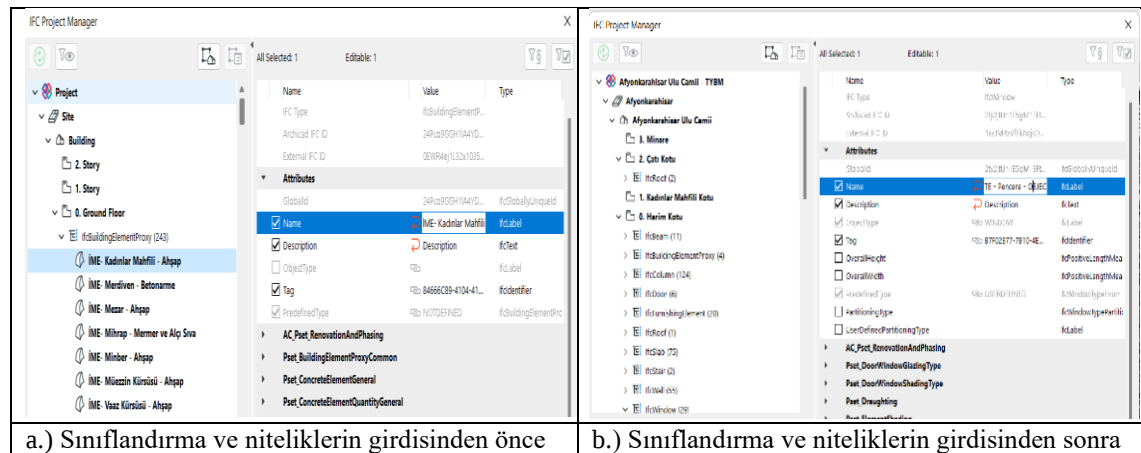
Archicad yazılımının koordinat sistemiyle Kafes ve Nokta bulutlarının koordinat sistemi arasında 104 cm’lik bir sapma tespit edildi. Bu durumda doğru kot seviyesini ayarlamak için iki seçenek bulunmaktadır. Birincisi YBM yazılımının mevcut nokta ve modele göre optimize edilmesi ikincisi ise YBM yazılımının koordinat ve sıfır noktasına göre nokta ve modellerin konumlandırılmasıdır.

Bu çalışmada ikinci seçenek tercih edildi. YBM koordinatlarına göre -104 cm aşağıda bulunan elemanlar plan, kesit ve 3D arayüzleri kullanılarak her bir elemanın doğru konumlandırılması gerçekleştirildi. +0.00cm kotuna ise iç mekan zemin döşemesi yerleştirildi. İç zemin döşemesi referans alınarak “ Harim Kotu, Kadınlar Mahfili Kotu, Çatı Kotu ve Minare Kotu” olmak üzere 4 farklı kot oluşturuldu.

4.2.1.4. Akıllı nesne niteliklerinin girdisi

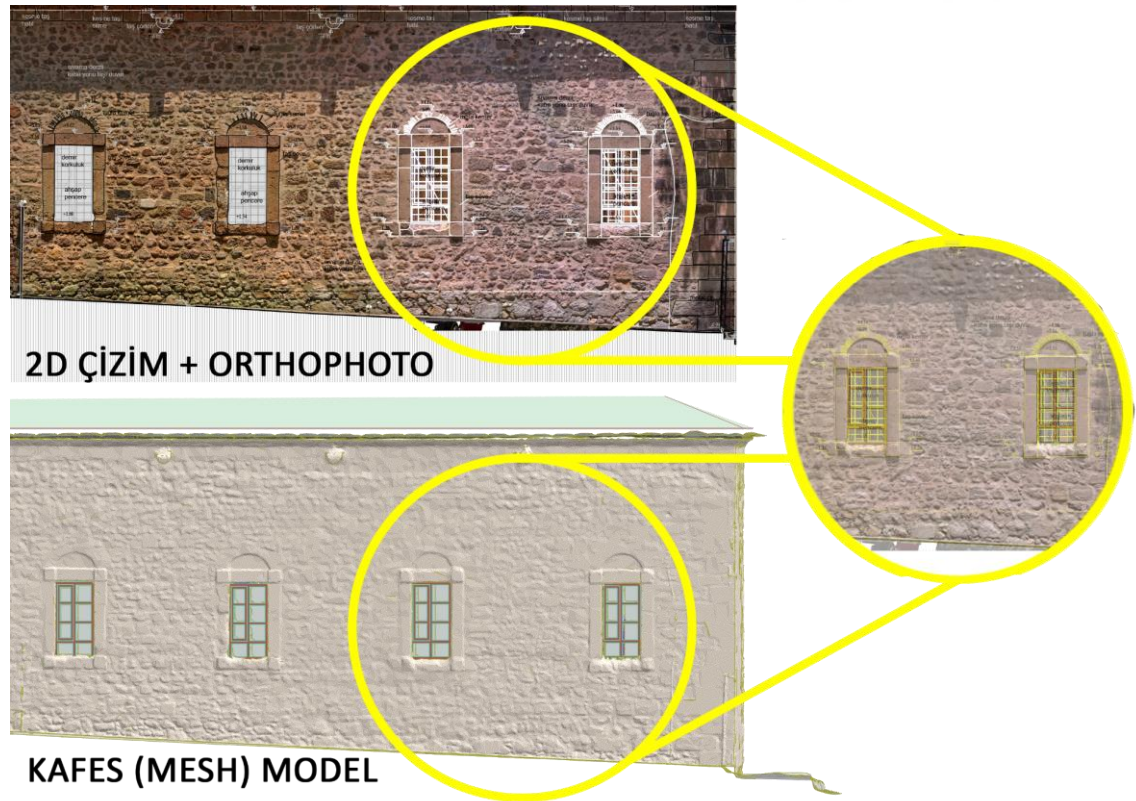
Realworks yazılımından exportlanan IFC ve E57 dosyalarının içerisinde standart bilgiler yer almaktadır. Genel bilgi sınıflandırması yapılan IFC ve E57 dosyaları Archicad içerisinde özelleştirilerek doğru şekilde bilgilerin girdisi gerçekleştirildi. Ifctype bilgisi IfcBuildingproxy olarak içeriye alınan tüm elemanlar IfcWall, IfcSlab, IfcBeam, IfcColoum vb. tasarım elemanlarına türüne ve yapıdaki işlevlerine göre farklılaştırıldı (Bkz. Tablo.4.2.1.4.1.). Bunların yanı sıra model ve noktaların yük taşıma durumları, mevcut veya yeni olma durumları, iç veya dış mekan konumlandırma durumları description ve etiketlerin girdileri tamamlandı. Morph elemanı olan kafes model ve object elemanı olan nokta bulutlarının tamamında bilgi girdileri gerçekleştirildi.

Tablo 4.2.1.4.1. *Tasarım elemanlarına dönüştürülen akıllı nesnelerin doğru sınıflandırma ve nitelik bilgilerinin girdisi*



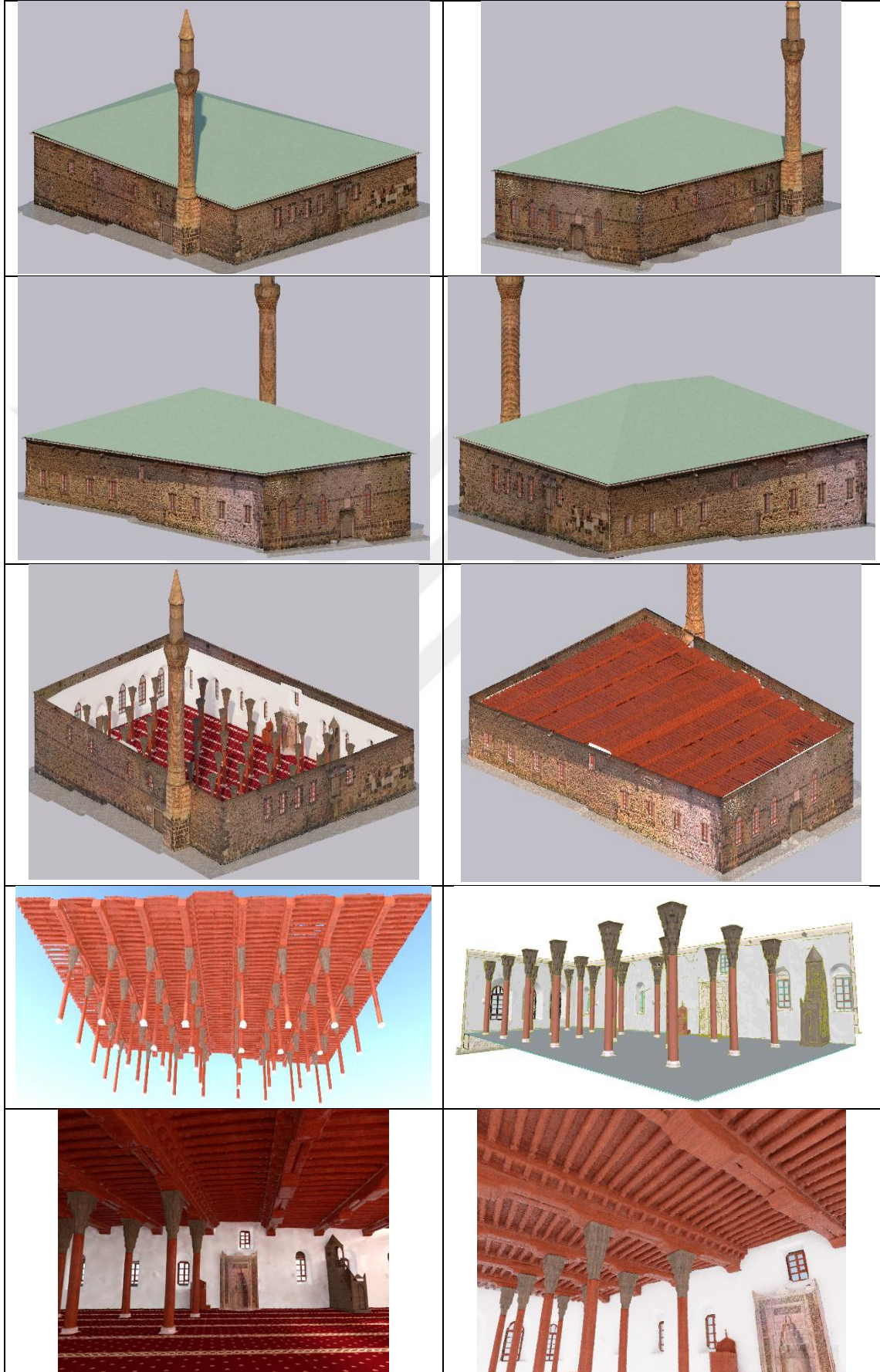
4.2.1.5. Akıllı nesne malzemelerinin tanımlanması

Literatürdeki çalışmalar genellikle yakın derecede benzerlik sunan modeli oluşturulduktan sonra malzeme dokusu da yapının malzemesine temsili bir doku tanımlanması şeklinde gerçekleştirilmektedir. Başarılı temsili doku atamaları bile gerçeğe yakın sonuçlar sunmamaktadır. TYBM tekniğiyle belgeme çalışmalarında yapının birebir aynı ölçüde model ve doku ile sanal ikizinin oluşturulması hedeflenmelidir. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin tekrarlı olmayan dokusu ve geçen yüzyılların etkisiyle yıpranmalar yapının özgün niteliklerindendir. Geçen yılların cami üzerindeki etkisi aynı ölçülerdeki pencereleri bile farkı dokular ve kimlikler kazanmasına yol açmaktadır. Bu çalışmada Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin sanal ikizinin oluşturulabilmesi ve gelecek nesillere özgün şekilde aktarılmasını sağlamak amacıyla malzemelerin özgün dokusunun tanımlanması yöntemi uygulanmaktadır. Özgün dokular orthophotolar, .tzw , .fls dosyalarının yardımıyla elde edildikten sonra birebir oluşturulan model üzerine işlenmektedir. Modeli ve doku ölçeğinin doğru olmaması dokunun model ile tam uyumlu birleşmeme sorunlarını beraberinde getirebilir. Fakat Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin nokta bulutu, kafes modeli, dokuları ve müellifi tarafından çizilen 2 boyutlu çizimleri hatasız şekilde birleşmektedir (Bkz. Görsel.4.2.1.5.1.).



Görsel 4.2.1.5.1. Kafes model ile 2d çizim ve orthophotoların karşılaştırılması

Tablo 4.2.1.5.1. Archicad yazılımında belgeleme çalışmaları tamamlanmış Afyonkarahisar Ulu Camii



4.2.2. Revit'e aktarım

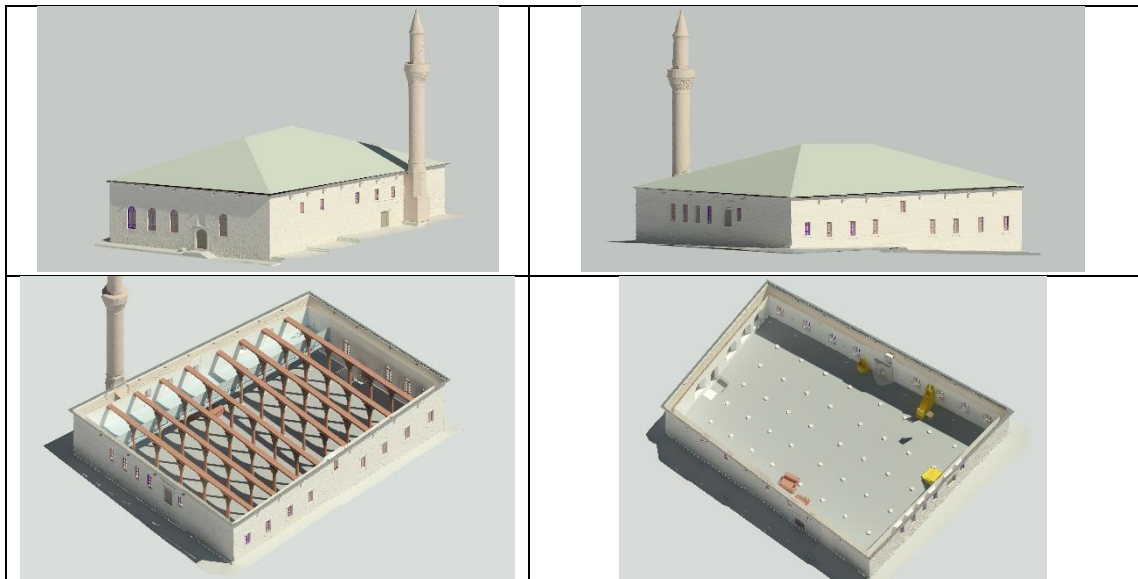
Realworks yazılımında sınıflandırılan nokta bulutları .e57 .rcp .laz .las .pts .pod .tdx dosya formatlarında kaydedilebilmektedir. Archicad 26 yazılımı nokta bulutu verilerini .e57 ve .xyz ; Revit 2023 yazılımı ise .rcp ve .rcs dosya formatında içe aktarabilmektedir. Bu nedenle Realworks 12.1 yazılımından Archicad için .e57 ve Revit için ise .rcp dosya formatında dışa aktarım (export) sağlandı.

Çalışma Revit'e aktarımı iki şekilde sağlamaktadır. Birincisi Archicad'de .ifc ve .e57 sınıflandırılmış kafes modelleri ve nokta bulutlarını farklı layerlara; Revit'te "Manage Links" aracıyla .ifc formatındaki kafes model ve .rcp formatındaki nokta bulutu verilerinin içe aktarımı (import) sağlandı.

İkinci yöntem olarak daha detaylı işlenen Archicad modelinin Revit modeline dışa aktarımı (export) şeklinde gerçekleştirildi. İkinci yöntem daha pratik ve iş yükü daha az olsa da sadece 3D verilerinin aktarımı bir dezavantaj oluşturmaktadır. Çalışma, bugünlerde algılanan TYBM tekniği için yeterli görünse bile sürdürülebilir olması ve geleceğe taşınması için bu yöntemi yetersiz bulmaktadır. İlerleyen süreçlerde bazı çevirmen araçlarının geliştirilmesi, eklentilerin yardımı veya firmaların işbirliği ile bu akışın tüm 2D ve 3D dokümanları kapsayacak şekilde sağlanacağı düşünülmektedir.

Tüm bunlar düşünüldüğünde günümüzde yetersiz olan ikinci seçenek çalışmanın ana hedeflerinden biri olan zaman tasarrufu ilkesi kapsamında gelecekte verimle kullanılması için bugünden bahsedilmektedir.

Tablo 4.2.2.1. Afyonkarahisar Ulu Camisi 'nin Revit yazılımına aktarılmasıyla elde edilen görseller



4.3. Sanal Tur Oluşturulması

Kültürel mirasın korunması çalışmaları çok farklı disiplinlerin bir arada çalıştığı nadir alanlardan biridir. Bu durum bazı ihtiyaçları beraberinde getirir. Her disiplin üyesinin farklı uzmanlık alanı ve teknik bilgi yeterliliği bulunmaktadır. Sanal tur ihtiyacı TYBM tekniğinin 4. adımı olarak ortaya çıkmaktadır. Tüm teknik, sosyal ve diğer belgelerin bir arada bulunduğu tek bir dosyada birleştirme bu ihtiyaçlardan birisidir.

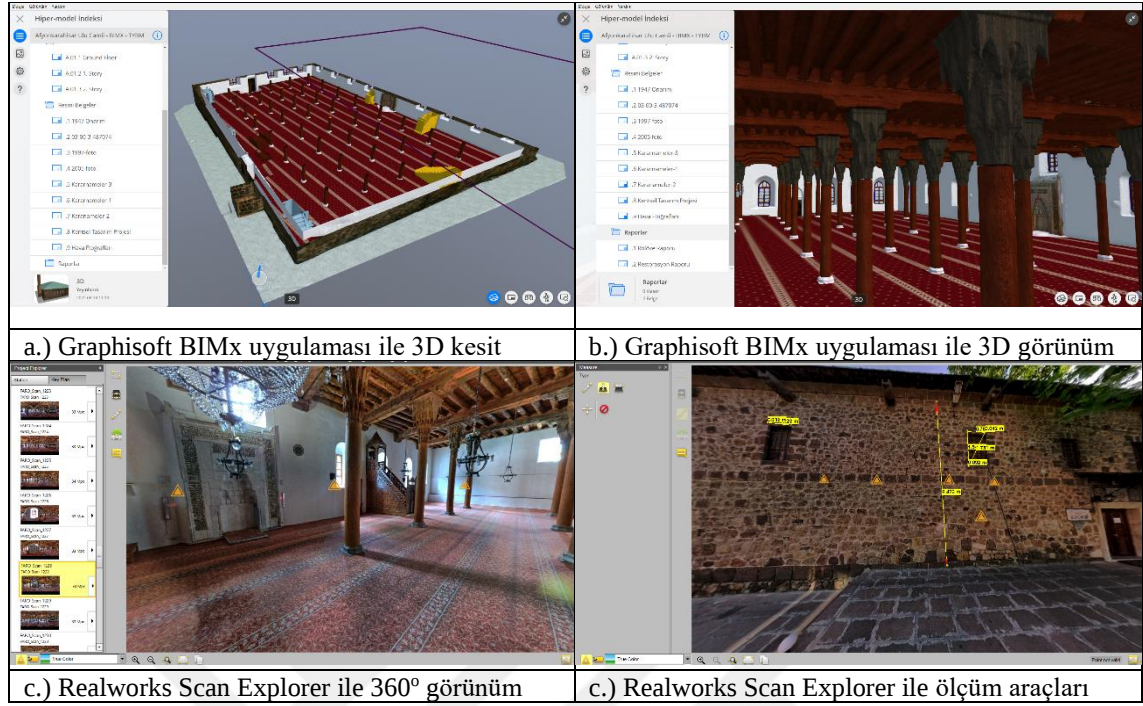
4.3.1. Teknik sanal turların Archicad ve Realworks ile oluşturulması

Teknik ölçümleri yapabilecek kadar veriye ihtiyaç duyan paydaşlar için saha yönetimini herhangi bir yazılım ihtiyacı olmadan yapabilmek adına Afyonkarahisar Ulu Camisi hakkında teknik verilere erişebileceği ölçüde Graphisoft BIMx ve Realworks üzerinde iki farklı teknik sanal tur oluşturuldu.

Archicad 26 da bulunan “Publish BIMx Hyper-model” komutu sayesinde .bimx uzantılı tek bir dosyada birleşen teknik sanal tur oluşturuldu. Yayınlamak için düzenlenmiş layout bookslar arasından seçim yapılarak yeni publisher set oluşturarak işlemlere devam edildi. Ulu Camisi’nin tüm verileri tek bir dosyada birleştirilerek elde edilen BIMx modeli “BIMx Model Transfer” web sitesine yüklendi. Web tarayıcıları kullanılarak çevrimiçi olarak da görüntülenebilen bu sanal turu çevrimdışı olarak kullanabilmek adına Graphisoft BIMx yazılımına gereksinim duyulmaktadır. BIMx modeli Archicad ile oluşturulan tüm avantajları kolaylıkla kullanabilme özgürlüğü sunmaktadır. Ulu Camisi’nin 2D ve 3D tüm verilerinin yanı sıra arşivlemek amacıyla eklenen fotoğraf albümü, kararnameler, onarmalar, resmi belgeler vb. verileri de bünyesinde saklamaktadır (Bkz. Tablo.4.3.1.1.).

Realworks yazılımı ile “Publish” komutu sayesinde tek bir klasörde Ulu Camisi’nin 360° panoramik fotoğrafları, sınıflandırılmış nokta bulutlarını ve arşivlemek amacıyla eklenen fotoğraf albümü, kararnameler, onarmalar, resmi belgeler vb. verileri de bünyesinde barındırmaktadır. Klasör içerişinde bulunan .exe uzantılı dosya sayesinde portable alışan Realworks Scan Explorer ile verilere herhangi bir yazılım yükleme ihtiyacı duymadan erişilebilir. Çevrimdışı olarak windows işletim sistemlerinde kullanılabilen bu sanal tur içerisinde kafes (mesh) model ve akıllı nesne gibi verilerde yer almamaktadır. Nokta bulutu ve 360° araçları diğer sanal turlardan ayıran, avantajlı kılan ve ön plana çıkaran özgün özelliklerindendir (Bkz. Tablo.4.3.1.1.).

Tablo 4.3.1.1. Teknik sanal turlar



4.3.2. Turistik sanal turun 3DVista Virtual Tour ile oluşturulması

Çalışma kapsamında 3DVista Virtual Tour ile 360° görüntüler, 3D modeller, YBM dosyaları, diğer sanal tur dosyaları, kafes modeller, nokta bulutları, fotoğraf albümü, raporlar, teknik çizimler, resmi belgeler, hakkındaki haberler ve videoların bir arada bulunduğu herhangi bir teknik bilgiye ihtiyaç duymadan, gereksinim duyduğu bilgiye erişimini kolaylaştıran tek dosya şeklinde bir sanal tur oluşturuldu.

Tek bir .exe uzantılı dosya sayesinde portable çalışan 3DVista Tour Launcher ile verilere herhangi bir yazılım yükleme ihtiyacı duymadan erişilebilir. 3D Vista Virtual Tour yayınlama (dışa aktarma) noktasında çevrimiçi web sitesi üzerinden, 3DVista Hosting, Facebook, Youtube, Google Street, Android, İOS, MacOS ve windows işletim sistemlerine destek sunmaktadır. Bu geniş kapsamlı yayınlama özelliği sayesinde turistik sanal turun nereden deneyimleneceğine paydaşların kullanım alışkanlıklarına göre karar verilmesine olanak tanımaktadır.

Yazılı, sözlü, görsel, grafiksel ve alfasayısal verileri dahil edebilme, Geniş kapsamlı yayınlama seçenekleri, tur arayüzünün çok çeşitli tasarlanabilir olması ve yeni veriler oluştuğunda bu verilerin bu tura kolaylıkla eklenebilir olmasından dolayı 3DVista Virtual Tour yazılımı kullanılarak Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin tüm verileri tek bir dosyada birleştirildi (Bkz. Tablo.4.3.1.1.).

Tablo 4.3.2.1. Turistik sanal tur

a.) Başlangıç görünümü	b.) Teknik çizimler
c.) Dış mekan 360° görünümü	d.) İç mekan 360° görünümü
e.) Dış mekan görselleri	f.) İç mekan görselleri
g.) Ulu Camii ile ilgili tüm dosya bağlantıları	h.) Bu tez çalışmasının sanal tur içine aktarımı
1.) Unesco ve Ulu Camii ile ilgili bilgilendirme	i.) Ulu Camisi'nde bulunan bazı terimler

5. DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Kültür varlığına ait koruma ve yönetim planlamasının başarılı olabilmesi için tespit, envanter ve belgeleme çalışmalarının bütün ve hatasız şekilde yapılması gerekmektedir. Ancak teknolojinin tespit, envanter ve belgelemede az kullanılması nedeniyle çalışmalar gerekli hızda gerçekleşmemekte, çizimler ve belgelerde, eksiklik ve hatalarla sıklıkla karşılaşmakta, kültür varlığının korunamamasına ve yok olmasına sebep olmaktadır.

Taşınmaz kültür varlığına ait tüm belgelerin kamu kurumlarına teslim edilmediği durumlarda, belgeler eksik veya tekrarlı olarak yer almaktadır. Genellikle taşınmaz kültür varlığının tüm belgeleri araştırmacı ve proje müellifliğini üstlenen firmada yer alır. Bu firma zamanla tasfiye olabilmekte, kültür varlığıyla ilgili yeni çalışma yapanlar yapılmış çalışmalara ulaşamadığı için tüm araştırma ve belgeleme çalışmalarını yeniden yapması gerekmektedir. Farklı dosya formatındaki her belgenin birden çok konumda var olmasından dolayı, koordinasyonu, kalitesi ve eksikliği bilinmemektedir. Bunun sonucunda birçok veriye yeniden erişebilmek mümkün olmamakta bazen de özensiz araştırma ile eksik belgelemeler yapılmaktadır. Bahsedilen veri kaybı ve yeniden araştırma ile oluşan zaman kaybı problemlerine kalıcı bir çözüm için kültürel varlığın tüm belgelerinin dijital platformlar üzerinde arşivlenmesi gerekmektedir.

Belgeleme çalışmalarında geleneksel yöntemler ile 2D, modern yöntemler ile 3D'den 2D'ye indirgeyerek oluşturulan rölöveler her biri bağımsız olarak değerlendirildiğinde kültür varlığı üzerindeki yıllar içerisinde meydana gelen bozulmaları, malzeme ve dokuların görsel niteliklerini tam yansıtamamaktadır. 2D çizimlerde malzeme ve yapım elemanlarının aralarındaki ilişki ve bütünsel algı yok olmaktadır. Geleneksel yöntemlerle elde edilen rölöve çizimi, analizler-arkeometrik incelemeler, bilgi formlarının/fişlerinin doldurulması, yazılı, görsel, grafik ve sesli kaynakların entegre edildiği; modern belgeleme yöntemlerinin fotogrametri ve lazer tarama verileri ile detaylı 2D ve 3D'nin birlikte yer aldığı modeller hazırlamak mümkündür. Tek bir dosya ve/veya dosyalama sistemiyle yapının geçmişten gelen belgelerini güncel belgelere dahil edebilen, plan, kesit ve görünüş düzlemlerinde hazırlanan 2D çizimleri, 3D modelleri birlikte hazırlayan araçları, belgeleme çalışmalarında kullanarak kültür varlığına değer katmak ve yok olmasının önüne geçmek gerekmektedir.

Yapının tüm belgeleri tek bir dosya formatıyla Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) altyapısında saklanabilmektedir. TYBM, kültür varlığının mevcut halinin geleneksel ve

modern belgeleme yöntemlerinden gelen verilerin bir arada kullanılarak modelinin oluşturulması, bu model ve yapının tüm diğer belgeleriyle beraber tek bir dosyada birleştirilmesinden oluşan yöntem ve teknolojidir.

TYBM yöntemi yapıya ait verilerin güvenilir olarak depolanması ve belgeleme çalışmalarını hızlandırıp zaman tasarrufu sağlaması ile kültür varlıklarının yok olmadan korunabilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca esnek çalışabilme olanağı sunduğundan farklı disiplinlerden proje paydaşlarının gerektiğinde beraber çalışabilmesini, işbirliğini ve bütün verilere ulaşımını kolaylaştırmaktadır. Kültürel varlığın belgeleme çalışmalarında 3D verileri bünyesinde barındırabilen TYBM belgeleme araçları ve yazılımlarının kullanımı, kültür varlıklarının özgün ve nitelikli çok yönlü bilgilerini hatasız değerlendirme ve algılama fırsatı sunar.

Çalışma, geleceğin belgeleme yöntemi olması beklenen TYBM'nin kültür varlıklarında kullanımının mümkün olduğunu kanıtlamaktadır. Afyonkarahisar Ulu Camisi'nin geleneksel ve modern belgelemeden elde edilen özgün ve 3D verilerin tek bir dosyada birleştirilmesiyle doku ve malzemelerde oluşan bozulmaları, üretilen eski ve güncel belgeleme çalışmalarını detaylı değerlendirme imkânı sunmaktadır. Caminin mimari elemanlarının YBM'ye akıllı nesneler şeklinde aktarılarak yeni çalışma yapılması gerektiğinde veri ve zaman kaybını önlemektedir.

Literatürdeki TYBM çalışmaları nokta bulutunu izdüşüm verisi olarak kullanıp akıllı nesneleri manuel olarak oluşturmak üzerinedir. Bu çalışmanın özgün değeri olan otomatik akıllı nesne üretimiyle ilgili literatürde herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Afyonkarahisar Ulu Camii örnekleminde uygulanan bu yeni TYBM belgeleme yöntemi ile ulusal ve uluslararası belgeleme çalışmalarında kullanılması yaygınlaşarak, MMİ ve koruma uzmanlarına bir kılavuz niteliği taşıyacaktır.

Ulu Camisi'ni belgelemek amacıyla YBM'ye geçiş hazırlıklarında Trimble Realworks yazılımı kullanıldı. Realworks'te ilk olarak nokta bulutları mimari tasarım elemanlarına (duvar, kapı, pencere, sütun, giriş, zemin, çatı vb.) göre otomatik olarak sınıflandırıldı. Sınıflandırılmış nokta bulutları create meshing aracıyla farklı parametreler kullanılarak kafes modeller (mesh) elde edildi.

RCP-E57 uzantılarıyla sınıflandırılmış nokta bulutlarının ve akıllı nesnelere dönüştürmek üzere IFC uzantılı tüm kafes modellerinin ayrı dosyalar şeklinde dışa aktarımı (export) gerçekleştirildi. Revit ve Archicad'e IFC, RCP, E57 uzantılı dosyaların

içe aktarımı (import) sağlandı. Tasarım elemanlarına dönüştürülen akıllı nesnelerin nitelik bilgilerinin girdisi, malzeme atamaları ve kot seviyelerinin belirlenmesi işlemleri yapıldı. Afyonkarahisar Ulu Camii kafes modeli, nokta bulutları, rölöve, restorasyon, restitüsyon projeleri, görselleri, resmi belgeleri ve ulaşılabilen diğer tüm verileri YBM proje dosyalarına entegre edildi. Böylece Ulu Camii verileri tek bir dosyada belgelenerek amaçlanan hedefe ulaşıldı.

Literatürdeki araştırmalarda koruma ve belgeleme sektöründeki tüm paydaşların teknik bilgi ve becerilere sahip olduğu varsayılarak TYBM uygulamaları yapılmaktadır. YBM'yi yeni yapıda kullanırken tasarım kararlarında önemli rol alan proje paydaşlarının teknik bilgi ve becerilere sahip olması süreci kolaylaştırıp hızlandırmaktadır. Fakat YBM'nin kültür varlıklarının belgeleme ve korunmasında kullanımı çok farklı disiplinlerden (sosyal ve fen bilimlerinden) paydaşların birlikte çalışarak yürüttüğü bir süreçtir. TYBM süreci yönetilirken MMİ, koruma uzmanları, sanat tarihçileri ve diğer tüm paydaşların YBM ekosistemini kullanabilecek teknik bilgiye sahip olamayacağı öngörülmektedir. Araştırma, YBM ekosistemini kullanmayan, teknik bilgi ve becerilere sahip olmayan paydaşların da Ulu Camisi'ne ait belgelerin erişimine kolaylık sağlaması, çalışabilmesi ve bilgi edinebilmesi adına sanal turlar ile tüm verileri tek bir dosyada derleyerek cami hakkında bilgi seviyesini arttırıp yeni çalışmalara katkı sunmasına imkan tanımaktadır.

Araştırma, literatürdeki uygulamaları Afyonkarahisar Ulu Camisi örneklemini üzerinde tekrar etmek yerine TYBM uygulama pratiklerini geliştirmek üzerine deneysel çalışmalarda bulunmaktadır. YBM sisteminin faydalarına odaklanmış ama kültür varlıklarında kullanım pratiklerinin yetersiz olduğunu da görmezden gelmemektedir.

TYBM yapı modeli oluşturulurken genel olarak nokta bulutları izdüşüm aracı olarak kullanılıp YBM araçları ile kütüphaneler oluşturulur. Bu kullanımlarda sınıflandırmanın sunabileceği potansiyel kazançlardan faydalanılmamaktadır. Sınıflandırmanın avantajlarını ön plana çıkartabilmek için parametrik model var olan nokta bulutundan ve/veya kafes (mesh) modelden üretilip kütüphane oluşturulmalıdır.

MMİ uzmanları tarafından YBM kullanımının temel amacı zaman ve maliyet tasarrufu elde etmektir. YBM'nin kültür varlığının sınıflandırmasında kullanılan araç ve yazılımlar, zaman ve maliyet tasarrufu açısından henüz istenilen yeterliliğe sahip değildir. Bu nedenle sınıflandırma işlemleri genellikle TYBM çalışmalarında

yapılmamakta, sınıflandırma yapılan çalışmalarda ise manuel olarak gerçekleştirildiği için uzun sürmektedir. Kültür varlıklarının özgün ve modüler olmayan (tekrar etmeyen) mimari elemanlarının YBM araçlarıyla sanal ortamda üretimi, uzun vakitler çalışmayı gerektirmektedir.

Araştırma, TYBM'nin kullanımı ve yaygınlaşmasındaki en büyük engelin kültür varlığının mimari elemanlarına (duvar, kapı, pencere, kolon, sütun, sütun başlığı, kiriş, zemin ve tavan döşemesi) otomatik sınıflandırmasının henüz yeterli seviyede olmadığını savunmaktadır. Yapay zeka teknolojilerinin gelişmesi ile TYBM'nin yakın gelecekte uygulama pratiklerinin kolaylaşarak artacağı öngörülmektedir.

Tüm disiplinlerde olduğu gibi yeni bir yöntemin yaygınlaşması, yöntemin kullanım sayısının artışıyla doğru orantılıdır. Günümüzde TYBM yönteminin kültür varlığında kullanımıyla ilgili bilgi eksikliği, akademik yayınların yetersizliği ve kullanım örneklerinin az olması yöntemin yaygınlaşmasının önüne geçmektedir. MMİ ve koruma uzmanları tarafından TYBM yönteminin sonuçlarının öngörülememesi nedeniyle mevcut iş akışı yöntem ve alışkanlıkları değiştirilmemektedir.

YBM'nin kültür varlığında ve yeni yapıda kullanımı sayısal olarak karşılaştırıldığında, yeni yapıda kullanım sayısının her zaman fazla olduğu ortaya çıkacaktır. Yapı ekosistemi araçları ve yazılımlarının gelişimi genellikle ticari kaygılar barındırır. Bu nedenle yazılım ve sistem geliştiricileri kültür varlığını belgelemek amacıyla kullanılacak araç ve yazılımlar geliştirmek yerine yeni yapı üretiminde kullanılacak araç ve yazılımlar geliştirmeyi tercih etmektedir. Bu durumun yakın gelecekte düzelmesi beklenmemektedir.

TYBM yöntemi araçlarının yetersizliği nedeniyle otomatik sınıflandırma sonuçları istenilen seviyede değildir. Var olan otomatik sınıflandırma yazılımları öğrenme ve gelişmeye kapalı sistemlerdir. Bu nedenle yazılımların algoritmalarının sınıflandırma başarımları geliştirilememektedir. Derin öğrenme teknolojileri ile taşınmaz kültür varlıklarının tasarım elemanlarını tanımlama ve sınıflandırma işlemleri geliştirilebilir. Yazılımlar derin öğrenme sistemlerini bünyesinde barındıran otomatik sınıflandırma algoritmalarıyla üretilmelidir. Böylelikle TYBM ile daha kısa zamanda daha doğru sonuçlar elde edilebilir. İnsan gücünün daha az kullanılıp derin öğrenme ve yapay zeka teknolojilerinin taşınmaz kültür varlıklarının belgelenmesinde kullanılmaya başlanması TYBM araçlarının yetersizliklerinin yakın gelecekte tamamlanacağını bir göstergesidir.

KAYNAKÇA

- [1] Rahman, S. (2013). Heritage Management Challenges in Historic Town of Ludlow. *World Applied Sciences Journal*, 24(12), 1589-1596, England.
- [2] Patias, P. (2006). *Cultural Heritage Documentation Greece*: Paper presented at the ISPRS Commission VI. Special Interest Group Technology Transfer Caravan.
- [3] Karabörk, H., Karasaka, L. ve Yıldız, E. (2015). Tarihi ve Kültürel Varlıkların Belgelenmesinde Disiplinlerarası Çalışmanın Önemi. 5. *Tarihi Eserlerin Güçlendirilmesi ve Geleceğe Güvenle Devredilmesi Sempozyumu*.
- [4] Korunmaz, A. G., Dülgerler, O. N. ve Yakar, M. (2011). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Dijital Yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(3), 67-83.
- [5] Ahunbay, Z. (2011). *Tarihi çevre koruma ve restorasyon. (6. Baskı)*. İstanbul : Yapı Endüstri Merkezi Yem Yayın, s. 188, ISBN: 9757438383 9789757438380.
- [6] Aydın, M., Öz, A.K., Güner, S., Kopan, D. (2007). *Uluslararası kültürel miras mevzuatı*. İstanbul : Kültürel Mirasın Dostları Derneği, 2, ISBN: 9789944082419.
- [7] Kuban, D. (2000). *Tarihi Çevre Korumanın Mimarlık Boyutu: Kuram ve Uygulama*. İstanbul: Yem Yayınları.
- [8] Güleç Korunmaz, A., Dülgerler, O. N. ve Yakar, M. (2011). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Dijital Yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Dergisi*, 26(3), 67-83.
- [9] Güleç, A. (2007). *Yersel Fotogrametri Yöntemi ile Rölöve Alım Tekniğinin Taç Kapılarda Uygulanışı*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Konya : Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [10] Böge, S. (2013). *Tarihi ve Kültürel Varlıkların Rölöve Alımı İçin Farklı Yöntemlerin Birlikte Kullanılması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Konya : Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [11] Antonopoulou, S., Bryan, P. (2017). *BIM for Heritage Developing a Historic Building Information Model*. England : Historic England.

- [12] Ofluoğlu, S. (2015). *BIM ve Performansa Dayalı Mimari Tasarım*. İstanbul : Autodesk Yapı Tasarımı Atölyesi 5.
- [13] Ofluoğlu, S. (2014). *Yapı Bilgi Modelleme: Gereksinim ve Birlikte Çalışabilirlik*. İstanbul:Mimarist.
- [14] Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2008). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Architects, Engineers, Contractors and Fabricators*. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons.
- [15] Haagenrud, S. E., Björkhaug, L., Wix, J., Trinius, W., Huovila, P. (2008) EU- Project STAND-INN Integration of Standarts for Sustainable Construction into Business Processes Using BIM/IFC. *ECPPM 2008*. A. Zarli ve R. Scherer (Editörler), eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction içinde (s. 487-495). ABD : CRC Press.
- [16] Ofluoğlu, S. (2009). *Yapı bilgi modelleme: yeni nesil mimari yazılımlar*. <http://www.sayisalmimar.com/yayin/ybm.pdf> (Erişim tarihi: 30.05.2022)
- [17] Oreni, D. (2013). *From 3D Content Models to HBIM for Conservation and Management of Built Heritage*. Berlin, Heidelberg : Springer, 7974.
- [18] Murphy, M. (2012). *Historic Building Information Modelling (HBIM) For Recording and Documenting Classical Architecture in Dublin 1700 to 1830 PhD thesis*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Dublin / Ireland : School of Engineering - Trinity College.
- [19] Yılmaz, H. M., Yakar, M., Güleç, S. A., Dülgerler, O. N. (2007). Importance of digital close-range photogrammetry in documentation of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*. 2007, 8(4), s. 428–433.
- [20] Murphy, M., McGovern, E. ve Pavia, S. (2013). Historic Building Information Modelling - Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, s. 89–102.
- [21] Pauwels, P., Mascio, D., Meyer, R., Bod, R. (2013). Integrating building information modelling and semantic web technologies for the management of built heritage information. *Digital Heritage International Congress 2013*, Marseille.

- [22] Banfi, F., Brumana, R., Stanga, C. (2019). A content-based immersive experience of basilica of sant'ambrogio in milan: from 3d survey to virtual reality. *ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W11, 159-166.
- [23] Banfi, F., Barazetti, L., Previtali, M., Rancoroni, F. (2017). Historic Bim: A New Repository For Structural Health Monitoring. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-5/W1.
- [24] Maietti, F., Medici, M., Piaia, E. (2017). An inclusive approach to Digital Heritage: preliminary achievements within the INCEPTION project. *EUROGRAPHICS Workshop on Graphics and Cultural Heritage*, 145-150.
- [25] Bagnolo, V., Argiolas, R., Cuccu, A. (2019). Hbim For Archaeological Sites: From Sfm Based Survey Toalgorithmic Modeling. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W9, 57-63.
- [26] Chow, L., Graham, K., Grunt, T., Gallant, B. M., Rafeiro, J., Fai, S. (2019). The evolution of modelling practices on canada's parliamenthill:an analysis of three significant heritage buildinginformation models (hbim). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W11, 419-426.
- [27] Banfi, F., Brumana, R., Aljishi, A., Sayeh, N., Quintero, M. S., Cuca, B., Oreni, D., Midali, C. (2019). Generative Modeling, Virtual Reality And Hbim Interaction: Immersive Environment For Built Heritage: Case Study Of Shaikh Isa Bin Ali House,Bahrain. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2-W11, 149-157.
- [28] D'Amico, A., Curra, E. (2017) From TSL survey to HBIM,issues on survey and information modeling implementation for the built heritage. *Digital Heritage*, 2, 39-48.
- [29] Manti, A., Amoroso, G. (2016) A BIM for the identity of historic urban landscapes. Integrated applications of survey for the Certosa of Bologna architectural heritage. *Disegnarecon*, 9(16).

- [30] Brumana, R., Condello, P., Grimoldi, A., Previtali, M. (2019). Towards A Semantic Based Hub Platform Of Vaulted Systems: Hbim Meets A Geodb. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W11, 301-308.
- [31] Bitelli, G., Castellazzi, G., D'Altri, A. M., Miranda, S., Lambertini, A., Selvaggi, I. (2018). On the generation of numerical models from point clouds for the analysis of damaged Cultural Heritage. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 364(1), 1-8.
- [32] Donato, V., Biagini, C., Bertini, G., Marsugli, F. (2017). Challenges And Opportunities For The Implementation Of H-Bim With Regards To Historical Infrastructures: A Case Study Of The Ponte Giorgini In Castiglione Della Pescaia (Grosseto – Italy). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-5-W1, 253–260.
- [33] Baik, A. (2019). From Point Cloud To Existing Bim For Modelling And Simulation Purposes. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-5-W2, 15-19.
- [34] Nieto, J. E., (2016). Management of built heritage via the HBIM Project: A case study of flooring and wall tiling. *Virtual Archaeology Review*, 7(14), 1-12.
- [35] Bianconi, F., Filippucci, M., Bertinelli, M., Amoroso, G. (2019). From The Integrated Survey Of Historic Settlements To The Pattern Book Within The Bim. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W9, 135-142.
- [36] Moreira, A., Quattrini, R., Mammoli, R., Maggiolo, G. (2018). Hbim Methodology As A Bridge Between Italy And Argentina. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2, 715-722.
- [37] Oreni, D., Barazzetti, L., Karimi, G. (2017). Applying Bim To Built Heritage With Complex Shapes: The Ice House Of Filarete'S Ospedale Maggiore In Milan, Italy. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2-W5, 553-560

- [38] Baik, A., Yaagoubi, R., Boehm, J. (2015). Integration of Jeddah Historical BIM and 3D GIS for Documentation and Restoration of Historical Monument. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W7, 29-34.
- [39] Conti, A., Fiorini, L., Massaro, R., Santoni, C. (2020). HBIM for the preservation of a historic infrastructure: the Carlo III bridge of the Carolino Aqueduct, *Applied Geomatics*, 14, 41-51.
- [40] Allegra, V., Paola, F.D., Brutto, M. L, Vinci, C. (2020). Scan-to-BIM for the management of heritage buildings: The case study of the Castle of maredolce (Palermo, Italy). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, XLIII-B2, 1355–1362.
- [41] Lopez, J. A. B., Jimenez, G. A., Romero, M. S., Garcia, E. A., Martin, S. F., Medina, A. L., Guerrero, J. A. E. (2016). 3D modelling in archaeology: The application of Structure from Motion methods to the study of the megalithic necropolis of Panoria (Granada, Spain), *Journal of Archaeological Science: Reports*, 10, 495–506.
- [42] Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü. (2022). *Anadolu'nun Ortaçağ Dönemi Ahşap Direkli Ve Kiri li Camileri; Afyonkarahisar Ulu Camii Yönetim Planı*. Afyonkarahisar : T.C. Kültür Ve Turizm Bakanlığı.
- [43] Akan, A. E. (2010). Tarihi Ahşap Sütunlu Camilerin Sonlu Elemanlar Analizi İle Taşıyıcı Sistem Performansının Belirlenmesi. *SDU International Technologic Science*, 41-54.
- [44] Arslan, M. (2017). *Anadolu'da Selçuklu  a ı Cami ve Mescit Mimarisi (Plan-Mimari-Süsleme)*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Erzurum : Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- [45] *Afyonkarahisar Ulu Camii*. <https://afyon.ktb.gov.tr/TR-63436/tarihce.html>. [Erişim Tarihi: 8 Nisan 2022.]
- [46] Karakan Cingöz, B. ve Aksulu, I. (2009). Koruma Amaçlı İmar Planlarına Eleştirel Bir Yaklaşım; Afyonkarahisar  rne i, *Dosya 14*, TMMOB Mimarlar Odası Ankara  ubesi, s. 6.
- [47] (2018). *Afyonkarahisar Ulu Camii Rölöve Raporu*. Ankara : Odaba ı Mimarlık.

- [48] Karazeybek, M., Polat, Z., İlgar, Y. (2005). *Afyonkarahisar vakıf eserleri 1. Cilt*. Afyonkarahisar: Afyonkocatepe Üniversitesi Yayınevi, Cilt: 1.
- [49] *Afyon Ulu Camii*. <http://www.afyonhaber.com>. [Erişim Tarihi: 9 Nisan 2022].
- [50] Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu. (2016). *Türkiye Ulu Camileri* (1.baskı) Ankara : Atatürk Kültür Merkezi Yayınları.
- [51] (2018). *Afyonkarahisar Ulu Camii Arşivi*. Ankara : Odabaşı Mimarlık.
- [52] Uysal, Z. (1993). Afyon Ulu Câmii'nin Ahşap Üzerine Boyalı Nakışları. 3. *Afyonkarahisar Araştırmaları Sempozyumu*, Afyonkarahisar, s. 236-248.
- [53] Kaya, F. (2014). Afyonkarahisar Ulu Camii. *Taşpınar Yerel Tarih ve Kültür Dergisi*, Cilt: 13, s. 80-83.
- [54] Denknalbant, A. (2012). Sivrihisar Ulucamii. *Türk Diyanet Vakfı Ansiklopedisi*, Cilt: 42, 116-117.
- [55] Karakuş, F. (2021). 13. yüzyılda Anadolu'da inşa edilen ahşap direkli camiler üzerine değerlendirme çalışması. *The Turkish Online Journal of Design, Art and Communication – TOJDAC*, 11(1), 131-161.
- [56] Türkiye Kültür Portalı (2012).
<https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/eskisehir/gezilecekyer/ulu-camii-sivrihisar>.
[Erişim Tarihi: 3 Haziran 2022.]
- [57] Altınsapan, E. (1988). *Sivrihisarda Türk Mimarisi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Konya : Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- [58] Aslanapa, O. (2007). *Türk Sanatı*. İstanbul : Remzi Kitabevi.
- [59] Öney, G. (1990). *Ankara Arslanhane Camii*. Ankara : Kültür Bakanlığı Yayınları.
- [60] Turkuvaz Medya Grubu. (2018). *Ankara Kalesi'nde Bir Arslan*
<https://www.fikriyat.com/kultur-sanat/2018/03/10/ankara-kalesinde-bir-arslan>.
[Erişim Tarihi: 3 Haziran 2022.]
- [61] Kenc, S. (2019). Ankara'da Bir Selçuklu İzi: Arslanhane Camii. 2019.
<https://www.turktoyu.com/ankara-da-bir-selcuklu-izi-arslanhane-camii>. [Erişim Tarihi: 3 Haziran 2022.]

- [62] Öney, G. (1971). *Anadolu'da Türk Devri Yapıları*. Ankara : Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih- Coğrafya Fakültesi Yayınları.
- [63] Erken, S. (1983). *Türkiye'de Vakıf Abideler ve Eski Eserler I*. Ankara : Ankara, Vakıflar Genel Müdürlüğü Yayınları.
- [64] Bakırer, Ö. (1976). *On üç ve On dördüncü Yüzyıllarda Anadolu Mihrablari*. Ankara : Türk Tarih Kurumu Basımevi.
- [65] Öney, G. (1976). *Türk Çini Sanatı*. İstanbul : Yapı ve Kredi Bankası Yayınları.
- [66] Oral, Zeki M. (1962). Anadolu'da Sanat Değeri Olan Ahşap Minberler, Kitabeleri ve Tarihçeleri. *Vakıflar Dergisi*, Cilt: 5, 23-77.
- [67] Kuran, A. (1972). *Anadolu'da Ahşap Sütunlu Selçuklu Mimarisi*. Ankara : Türk Tarih Kurumu Yayınları, 179-186.
- [68] Erdemir, Y. (1999). *Beyşehir Eşrefoğlu Süleyman Bey Câmî ve Külliyesi*. Konya-Beyşehir : Beyşehir Vakfı Yayınları.
- [69] Önge, Y. (1968). Konya Beyşehirinde Eşrefoğlu Süleyman Bey Hamamı. *Vakıflar Dergisi*. Cilt: 7, 139-144.
- [70] Önge, Y. (1997). *Türk Mimarisinde Selçuklu ve Osmanlı Dönemi'nde Su Yapıları*. Ankara : Türk Dil Kurumu Yayınları.
- [71] Akok, M. Konya Beyşehirinde Eşrefoğlu Camii ve Türbesi. *Türk Etnografya Dergisi*, Cilt:15, 5-34.
- [72] T.C. Konya Valiliği. Eşrefoğlu Camii. <http://www.konya.gov.tr/esrefoglu-camii>. [Erişim Tarihi: 3 Haziran 2022.]
- [73] Kalafat, S. (2019). <https://www.turktoyu.com/esrefoglu-camii-icin-unesco-calismalarinda-sona-yaklasiliyor>. [Erişim Tarihi: 3 Haziran 2022.]
- [74] Önge, Y. (1975). *Selçuklularda ve Beyliklerde Ahşap Tavanlar*. Ankara : Türk Tarih Kurumu Basımevi.
- [75] Yaylacioğlu, Ö. (2010). *Kastamonu Kasaba Köy Mahmud Bey Camii*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Ankara : Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanat Tarihi Anabilim Dalı.

- [76] T.C. Kastamonu Belediyesi. *Kasaba Köyü Mahmut Bey Camisi*. <https://www.kastamonu.bel.tr/v2/portfolio/kasaba-koyu-mahmut-bey-camisi/>. [Erişim Tarihi: 3 Haziran 2022.]
- [77] Türkiye Kültür Portalı. (2012). *Mahmutbey Camii - Kastamonu*. <https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/kastamonu/gezilecekyer/mahmut-bey-cam>. [Erişim Tarihi: 3 Haziran 2022.]
- [78] Eastman, C. (1999). *Building Product Models Computer Environments Supporting Design and Construction*. Atlanta, USA : CRC Press, Georgia Institute of Technology.
- [79] AGC Associated General Contractors of America. (2005). *The Contractor's Guide to BIM*. (1. baskı). Las Vegas, NV : AGC Research Foundation.
- [80] Lee, G., Sacks, R., Eastman, C. M. (2006). Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building Information modeling system. *Automation in Construction*, 15(6), s. 758.
- [81] National BIM Standards Committee (NBIMS). (2007). National Building Information Modeling Standard Version.1-Part.1: Overview, Principles, and Methodologies. *National Institute of Building Sciences*.
- [82] Strafacci, A. (2008). What does BIM mean for civil engineers? *Civil Engineering News, Zweig White Information Services*, 20(9), 62-65.
- [83] Zuppa, D., Issa, R. ve Suermann, P. (2009). BIM's Impact on the Success Measures of Construction Projects. *International Workshop on Computing in Civil Engineering*. s. 503- 512.
- [84] Gu, N. ve London, K. (2010). Understanding and facilitating BIM adoption in the AEC industry. *Automation in Construction*, Cilt: 19, 988-999.
- [85] Babic, N., Prdbreznik, P. ve Rebolj, D. (2010). Integration resource production and consturaction using BIM. *Automation in Construction*, Cilt: 19, s. 539- 543.
- [86] Eastman, C. M., Teicholz, P., Sacks, R., Kathleen, L. (2011). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Architects, Engineers, Contractors and Fabricators*. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons

- [87] Azhar, S., Malik, K., Tayyab, M. (2012). Building information modeling (BIM): now and beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*, 12(4), s. 15-28.
- [88] UK Building Information Modelling Task Group. (2013). *What is BIM?*.
- [89] Krygiel, E. ve Vandezande, J. (2014). The Basics of BIM. *Mastering Autodesk Revit Architecture 2015* içinde (s. 4-18). Hoboken, New Jersey: Wiley Publishing.
- [90] İlhan, B. ve Yaman, H. (2015). BIM and Sustainable Construction Integration: An IFC- Based Model. *Megaron*, 3(10), 440–448.
- [91] Dainty, A., Leiringer, R., Fernie, S., Harty, C. (2017). BIM and the small construction firm: a critical perspective. *Building research & information*, 45(6), 696-709.
- [92] Özorhon, B. (2018). *BIM-Yapı Bilgi Modellemesi*. İstanbul : Abaküs.
- [93] Atabay, Ş. ve Öztürk, M. B. Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) uygulama planı üzerine inceleme. *Journal of Engineering Sciences and Design*. 2019, Cilt 7, 2, s. 418-430.
- [94] Cardinali, V., Cristofaro, M. T., Ferrini, M., Nudo, R. (2020). An Interdisciplinary Approach for the Seismic Vulnerability Assessment of Historical Centres in Masonry Building Aggregates: Application to the City of Scarperia, Italy. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Cilt: 44, 667–674.
- [95] Liu, Q. ve Cao, J. (2021). Application research on engineering cost management based on BIM. *Procedia Computer Science*, Cilt: 183, 720–723.
- [96] BSI. (2015). *Building Information Modelling and collaborative construction*. 2015. UK: BSI Report.
- [97] The British Standard Institution. (2013). *PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*.
- [98] Barnes, P. ve Davies, N. (2014). *BIM in Principle and in Practice*. London : ICE Publishing.

- [99] Engelbart, D.C. (1962). *Augmenting Human Intellect:A Conceptual Framework*. Washington, USA : Director Of Information Sciences, Air Force Office Of Scientific Research.
- [100] Ferrante, A. J., Moreira, L. F. R., Videla, J. M. B. (1991). *Computer Graphics for Engineers and Architects*. New York : Elsevier Science Inc.
- [101] *A Brief History of BIM*. <http://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>. [Erişim Tarihi: 23 Nisan 2022].
- [102] Taşlı, ř. (1998). *A Commentary Bibliography: Knowledge Representation for Architectural Systems*.
- [103] Bergin, O., McNally, S., McArdle, E., Gilligan, E., Npoletano, S., Gajewska, M., McCarthy, S., Whyte, J., Bianchi, A., Stack, J., Martin, F. (2011). C-Jun N-Terminal Kinase Activity Supports Multiple Phases Of 3d-Mammary Epithelial Acinus Formation. *International Journal Of Developmental Biology*. 55(7-9). 731-744
- [104] Miettinen, R. ve Paavola, S. (2014). Beyond the BIM utopia: Approaches to the development and implementation of building information modeling. *Automation in Construction*, Cilt: 43, 84-91.
- [105] GSA. (2007). BIM guide series.
- [106] McGraw Hill. (2014). *The business value of BIM for construction in major global markets. How building information modeling is transforming the design and construction industry*. Massachusetts : McGraw Hill Construction.
- [107] HM Government. (2015). *Level 3 building information modeling-Strategic Plan*. Digital Built Britain.
- [108] COBUİLDER. BIM in Italy. <https://cobuilder.com/en/bim-in-italy/>, [Erişim Tarihi: 30 Haziran 2022].
- [109] *What is BIM?* <https://bim4turkey.com/tr>. [Erişim Tarihi: 3 Aralık 2020].
- [110] *BIM*. <https://www.bimgenius.org/>. [Erişim Tarihi: 3 Aralık 2020].
- [111] Ofluoğlu, S. (2008). Yapı Bilgi Modelleme: Gereksinim ve Birlikte Çalışabilirlik. *Mimarist*. Cilt: 49, 10-12.

- [112] Diker, M. P. ve Öktem, S. (2018). Bir BIM Adaptasyon Hikayesi: Nasıl BIM Yaparız? *BIM ve Ötesi Sempozyumu*. İstanbul.
- [113] Özge, R. E. (2009). *Mimarlık Pratiğinde Yapı Bilgi Sistemleri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul : Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [114] Azhar, S. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*. 11(3), 241-252.
- [115] CIFE. (2007). *Center For Integrated Facilities Engineering*. CIFE Technical Reports.
- [116] Forbes, L. H. (2010). *Modern construction: Lean project delivery and integrated practices*. (1. Baskı). Boca Raton : CRC Press
- [117] Formoso, C.T., ve diğerleri. (1998). Developing a Protocol For Managing the Design Process in the Building Industry. *6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Garuja, Brazil.
- [118] Tauriainen, M., Marttinen, P., Dave, B., Koskela, L. (2016). BIM and Lean Construction Change Design Management Practices. *Creative Construction Conference 2016*, Budapest, Hungary, s. 668–673.
- [119] Haron, A., Marshall-Ponting, A. ve Aouad, G. (2009). Building Information Modelling in Integrated Practice. *2nd Construction Industry Research Achievement International Conference (CIRIAC 2009)*.
- [120] Krygiel, E. ve Nies, B. (2008). *Green BIM*. Hoboken, New Jersey: Wiley Publishing, 228-189.
- [121] Schade, J., Olofsson, T. ve Schreyer, M. (2011). Decision-making in a modelbased design process. *Construction Management & Economics*, 29(4), 371-382.
- [122] Stumpf, A., Kim, H. ve Jenicek, E. (2009). Early Design Energy Analysis. *Construction Research Congress*, s. 426-436.
- [123] Nourbakhsh, M., Zin, R. M., Irizarry, J., Zolfagharian, S., Gheisari, M. (2012). Mobile application prototype for on-site information management in construction industry. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 19(5).

- [124] Köseoğlu, O. ve Nurtan Güneş, E. T. (2018). Mobile BIM implementation and lean interaction on construction site: A case study of a complex airport project. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 25(4).
- [125] Abbasnejad, B. ve Moud, H. (2013). BIM and Basic Challenges Associated with its Definitions, Interpretations and Expectations. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA)*. 3(1), 287-294.
- [126] Kiviniemi, M., Sulankivi, K., Kahköhen, K., Makela, T., Merivirta, M. L. (2011). *BIM-based safety management and communication for building construction*. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland.
- [127] Günaydın, Y. E., Gezen, A. F. ve Ceyhan, Ü. B. (2014). *Bina Bilgi Modelleme Vaka Çalışması*.
- [128] Chan, D. W. M., Olawumi, T. O. ve Ho, A.M. L. (2019). Perceived benefits of and barriers to Building Information Modelling (BIM) implementation in construction: The case of Hong Kong. *Journal of Building Engineering*. 25(100764).
- [129] Cotts, D., Roper, K. O. ve Payant, R. P. (2009). *The facility management*. New York : Amacom.
- [130] Alexander, K. (1996). *A Strategy for Facilities Management*. London : Taylor and Francis.
- [131] Atkin, B. ve Brooks, A. (2014). *Total facility management*. Chichester, West Sussex : John Wiley & Sons Incorporated, Cilt: 5.
- [132] Jordani, D. A. (2010). BIM and FM: The Portal to Lifecycle Facility. *Journal of Building Information Modeling (JBIM) National Institute of Building Sciences*, s. 13–16.
- [133] Rundell, R. (2006). *How can BIM benefit facilities management?*
- [134] Lee, S., An, H. ve Yu, J. (2012). An Extension of the Technology Acceptance. *Construction Research Congress*. (s. 602-611).
- [135] BIM-FM Consortium. (2016). *BIM for Facility Management*. Georgia : Georgia Tech. University.

- [136] Motawa, I. ve Almarshad, A. (2013). A knowledge-based BIM system for building maintenance. *Automation in Construction*, Cilt: 29, 173-182.
- [137] Sabol, L. (2008). *Building Information Modeling & FM*. Dallas, Tex., USA: IFMA World Workplace.
- [138] Duru, S. ve Badem, Y. (2010). *Tesis Yönetiminde BIM: TAV Örneği*. İstanbul : İTÜ.
- [139] Döner, S. (2010). *CBS Destekli Taşınmaz Mal Değer Haritalarının Oluşturulması*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul : İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [140] Yomralıoğlu, T. (2000). *Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar*. İstanbul : Seçil Ofset.
- [141] Bank, E. ve Taştan, H. (1994). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Analiz Türleri, Kullanım Amaçları ve Uygulama Alanları. *Harita Dergisi.*, Sayı: 112, 1-29.
- [142] Şen, A. (2007). *Elektrik Alan Şiddetlerinin Ölçümü ve Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Yapay Sinir Ağları İle Analizi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul : Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [143] Przybyla, J. (2010). The Next Frontier for BIM: Interoperability with GIS. *Journal of Building Information Modeling*, Sayı:1, 14-18
- [144] Karaş, İ. R. (2007). *Objelerin Topolojik İlişkilerinin 3B CBS ve Ağ Analizi Kapsamında Değerlendirilmesi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul : Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [145] Yiğiter, R. (1998). *Coğrafi bilgi sistemlerinin şehir planlama sürecinde kullanımı: Burgazada örnek alanında koruma amaçlı imar planı bilgi sistemi tasarımı*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. İstanbul : İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [146] Alparslan, E., Okyar, F. ve Yüce, H. (2006). Kültürel mirasın korunmasında CBS'nin rolü. 4. *Coğrafi Bilgi Sistemleri Bilişim Günleri* ,İstanbul.

- [147] El-Hakim, S., Beraldin, A. ve Picard, M. (2002). Detailed 3D Reconstruction of Monuments Using Multiple Techniques. *Proceedings of the International Workshop on Scanning for Cultural Heritage Recording - Complementing or Replacing Photogrammetry*, (s.58-64).
- [148] Pakben, U. (2013). *Tarihi Yapıların Rölöve Ve Analizlerinde Kullanılan İleri Belgeleme Teknikler*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İzmir : Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [149] Şener, Y. S. (2012). Arkeolojik Alanda Mozaik Koruma Yöntemleri. *Journal of Mosaic Research*, Cilt: 5, 201-220.
- [150] Gürbüz, H. (1982). *Fotogrametriye Giriş*. Konya : Konya Devlet Mühendislik ve Mimarlık Akademisi.
- [151] Altıntaş, P., Çak, T. ve Yastıklı, N. (2014). *Yersel Fotogrametrinin Tersine Mühendislik Uygulamalarında Kullanımı*. İstanbul : Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü.
- [152] Tunçay, F. (2006). *Yakın Resim Fotogrametrisinde Kullanılan Steroskopik Resim Çekme Yöntemlerinin Değerlendirme ve Nokta Duyarlılıklarına Etkisi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Konya : Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [153] Yılmaz, H. M., Karabörk, H. ve Yakar, M. (2000). Yersel Fotogrametrinin Kullanım Alanları. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1).
- [154] Şanoğlu, İ.Z. M. ve Karauğuz, G. (2013). Photogrammetric Survey And 3d Modeling of Ivriiz Rock Relief in Late Hittite Era. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 13(2), 147-157.
- [155] Marangoz, A. M. (2002). *Sayısal kameralarla tarihsel yapıların rölövelerinin çıkarılması olanakları*. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi. İstanbul : Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [156] Erener, A. ve Yakar, M. (2012). Monitoring Coastline Change Using Remote Sensing and GIS Technologies. *Lecture Notes in Information Technology*, Cilt: 30, 310– 314.

- [157] Alptekin, A., Çelik, Ö. M., Doğan, Y., Yakar, M. (2019). Mapping of a rockfall site with an unmanned aerial vehicle. *Mersin Photogrammetry Journal*, 1(1), s. 12-16.
- [158] Yakar, M., Yılmaz, H. M. ve Mutluoğlu, H. M. (2009). Hacim Hesaplamalarında Laser Tarama ve Yersel Fotogrametrinin Kullanılması. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. Ankara : TMMOB.
- [159] Yılmaz, H. M., Mutluoğlu, Ö., Ulvi, A., Yaman, A., Bilgilioğlu, S. S. (2018). İnsansız Hava Aracı ile Ortofoto Üretimi ve Aksaray Kampüsü Örneği. *Geomatik Dergisi*, 3(2), 129-136.
- [160] Van Genechten, B. (2008). *Theory and Practice on Terrestrial Laser Scanning: Training Material Based on Practical Applications*. Valencia : Universidad Politecnica de Valencia Editorial.
- [161] Karasaka, L. (2012). *Mobil Yersel Lazer Tarama Sistemlerinin Fotogrametrik Rölöve Projelerinde Kullanılabilirliği Üzerine Bir Çalışma*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Konya : Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [162] Reshetyuk, Y. (2006). Calibration of terrestrial laser scanners for the purposes of geodetic engineering. *3rd IAG Symposium of Geodesy for Geotechnical and Structural Engineering and 12th FIG Symposium on Deformation Measurements*. Baden.
- [163] Scherer, M. (2004). *Intelligent tacheometry with integrated image processing instead of 3D laserscanning?* In Proceedings of INGEO 2004 and FIG Regional Central and Eastern European Conference on Engineering Surveying. Bratislava.
- [164] Reshetyuk, Y. (2006). *Investigation and calibration of pulsed time-of-flight terrestrial laser scanners*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Stockholm : Royal Institute of Technology (KTH), s. 1-55.
- [165] Ergün, B. (2011). Terrestrial laser scanning data integration in surveying engineering, *Laser Scanning Theory and Applications*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli: Gebze Teknik Üniversitesi. s. 473-494.

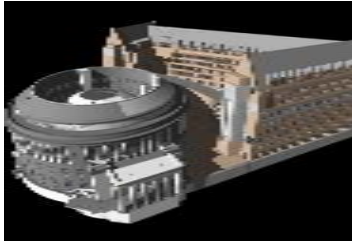
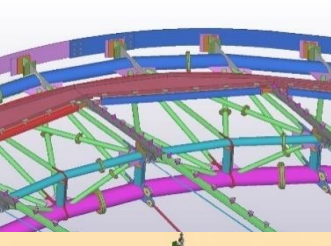
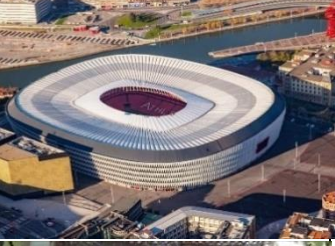
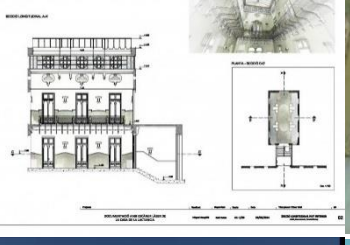
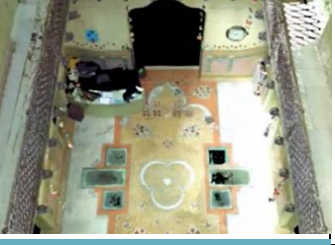
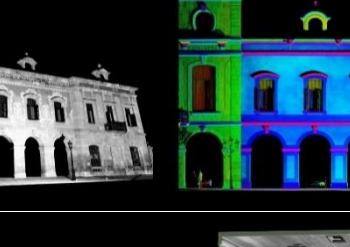
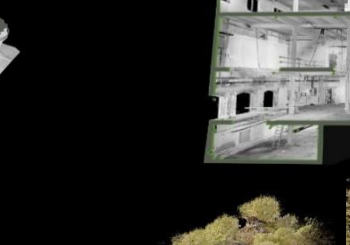
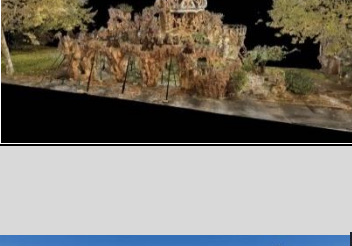
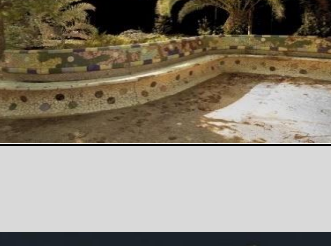
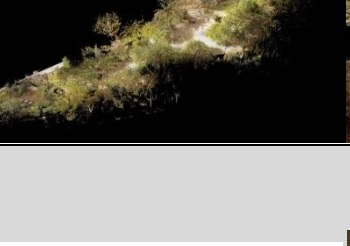
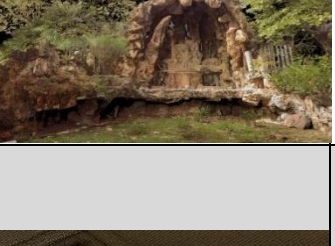
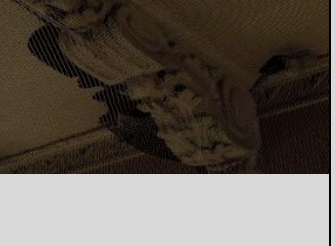
- [166] Gümüş, K. ve Erkaya, H. (2007). *Mühendislik uygulamalarında kullanılan yersel lazer tarayıcı sistemler*. Ankara : TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.
- [167] Doneus, M., Gottfried, M. ve Doneus, N. (2015). Airborne Laser Bathymetry for Documentation of Submerged Archaeological Sites in Shallow Water. *ISPRS International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Cilt: XL-5W5, 99-107.
- [168] Barber, D., Mills, J. ve Voysey, S. S. (2008). Geometric validation of a ground-based mobile laser scanning system. *Journal of Photogrammetry&Remote Sensing*, Sayı: 63, 128-141.
- [169] Aşkın, H. (2009). *Lazer Tarama Verileriyle 3B Obje Modellenmesinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul : Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [170] Gürçan, Y. (2012). *Yersel Lazer Tarama Yöntemi ve Klasik Ölçme Yönteminin Karşılaştırılması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi. İstanbul : Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [171] Lee, S. M., Im, J. J., Lee, B. H., Leonessa, A., Kurdila, A. (2010). A Real-Time Grid Map Generation and Object Classification for Ground-Based 3d Lidar Data Using Image Analysis Techniques. *17th IEEE International Conference. Hong Kong : Image Processing (ICIP)*.
- [172] Ulvi, A. ve Yakar, M. (2014). Yersel Lazer Tarama Tekniği Kullanarak Kızkalesi'nin Nokta Bulutunun Elde Edilmesi ve Lazer Tarama Noktalarının Hassasiyet Araştırması. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1), 25-36.
- [173] Oruç, M. E. ve Öztürk, İ. L. (2021). Usability of Terrestrial Laser Technique in Forest Management Planning. *Turkey Lidar Journal*, 3(1), 17-24.
- [174] Sağıroğlu, Ö. (2004). *Yersel fotogrametrik rölöve ölçüm tekniğinin Ömer Duruk Evi örneği üzerinde uygulaması ve değerlendirilmesi*. Yayımlanmamış yüksek lisans tezi. Ankara : Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

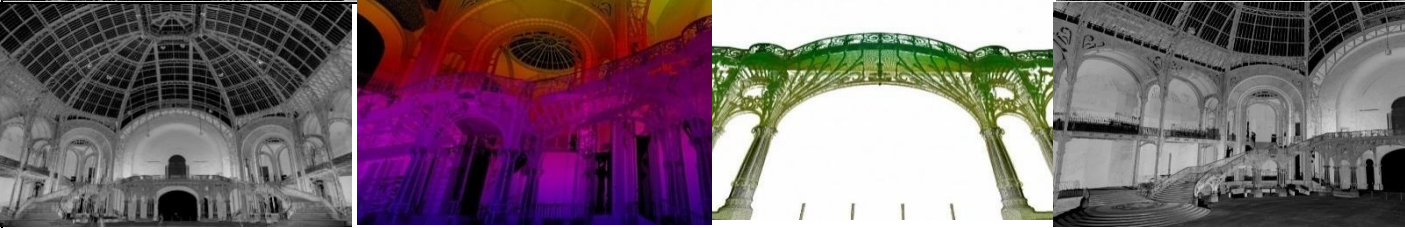
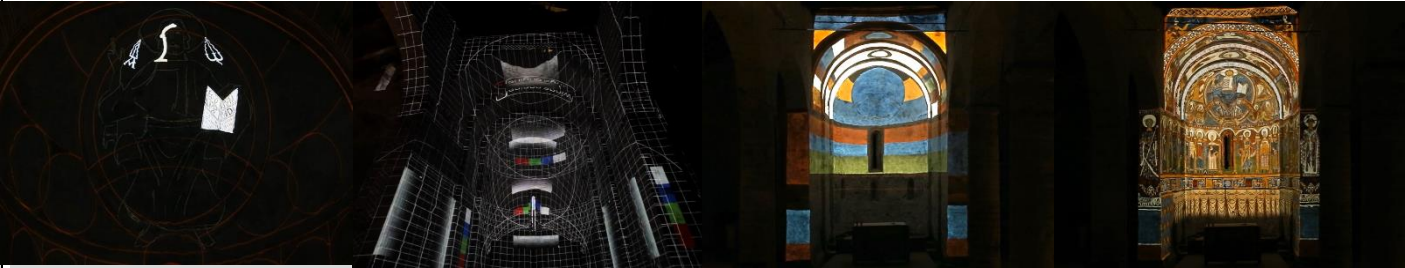
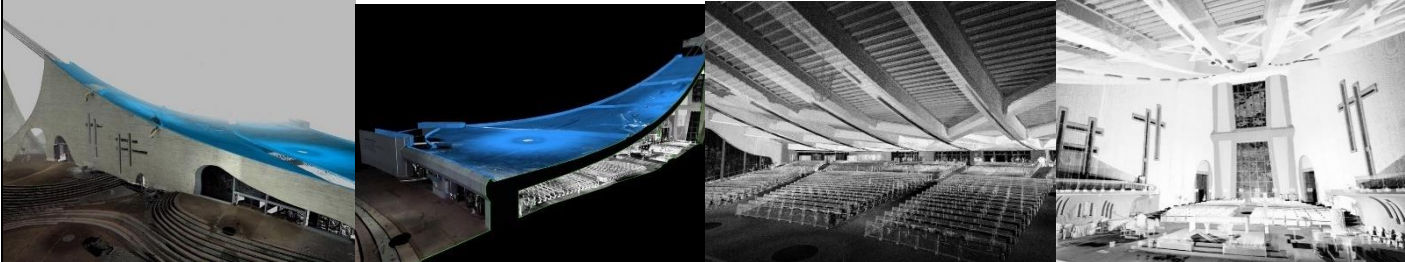
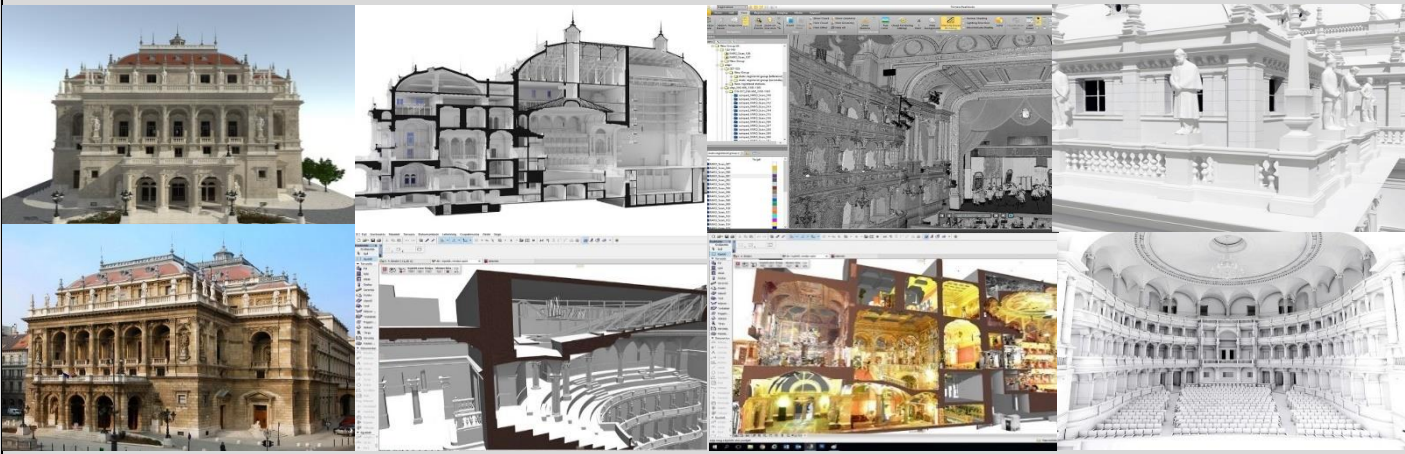
- [175] Logothetis, S., Delinasiou, A. ve Stylianidis, E. (2015). Building information modelling for cultural heritage: A review. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Cilt 2-5W3, 177–183.
- [176] Khodeir, L. M., Aly, D. ve Tarek, S. (2016). Integrating HBIM (Heritage Building Information Modeling) tools in the application of sustainable retrofitting of heritage buildings in Egypt. *Procedia Environmental Sciences*, Cilt: 34, 258– 270.
- [177] Jordan-Palomar, I., Tzortzopoulos, P., Valdecabres, J. G., Pellicer, E. (2018). Protocol to manage Heritage-Building interventions using Heritage Building Information Modelling (HBIM). *Sustainability*, 10,(4), s. 908.
- [178] Jiang, Y., Xie, L., Hou, M., Qi, Y., Liu, H. (2020). Development and application of an intelligent modeling method for ancient wooden architecture. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(3).
- [179] Bruno, N. ve Roncella, R. (2018). A Restoration oriented HBIM system for cultural heritage documentation: the case study of parma cathedral. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sciences*. Cilt: XLII-2, 171-178.
- [180] Trizio, I., Savini, F., Giannangeli, A., Bocabella, R., Petrucci, G. (2019). The archaeological analysis of masonry for the restoration project in HBIM. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Cilt XLII-2/W9, 715–722.
- [181] Brumana, R., Oreni, D., Barazetti, L., Cuca, B., Previtali, M., Banfi, F. (2020). *Survey and scan to BIM model for the knowledge of built heritage and the management of conservation activities*. B. Daniotti, M. Gianinetto, S. D. Torre (Ed). Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment içinde (s. 391–400). Springer Open.
- [182] Banfi, F. (2020). HBIM, 3D drawing and virtual reality for archaeological sites and ancient ruins. *Virtual Archaeology Review*, 11(23), 16–33.
- [http1]: <https://www.bimcommunity.com/experiences/load/93/manchester-town-hall-complex-bim-reaping-the-benefits> (Erişim tarihi : 01.02.2022)
- [http2]: <https://www.constructionnews.co.uk/contractors/lendlease/manchester-town-hall-330m-restoration-gets-green-light-17-01-2020/> (Erişim tarihi : 01.02.2022)

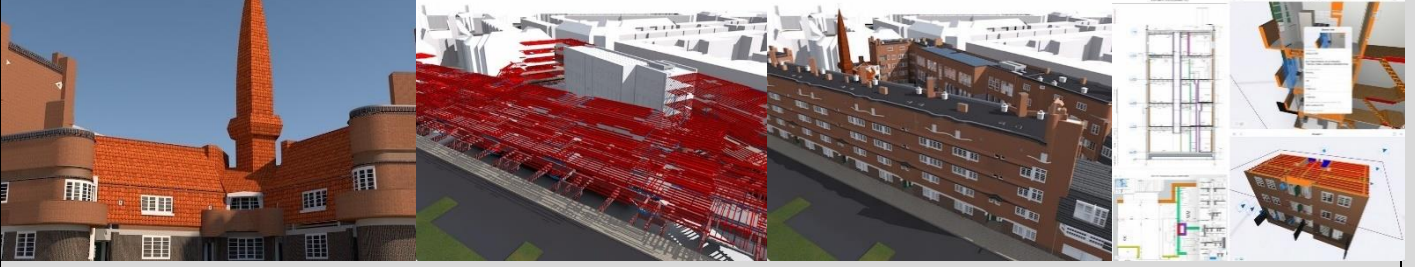
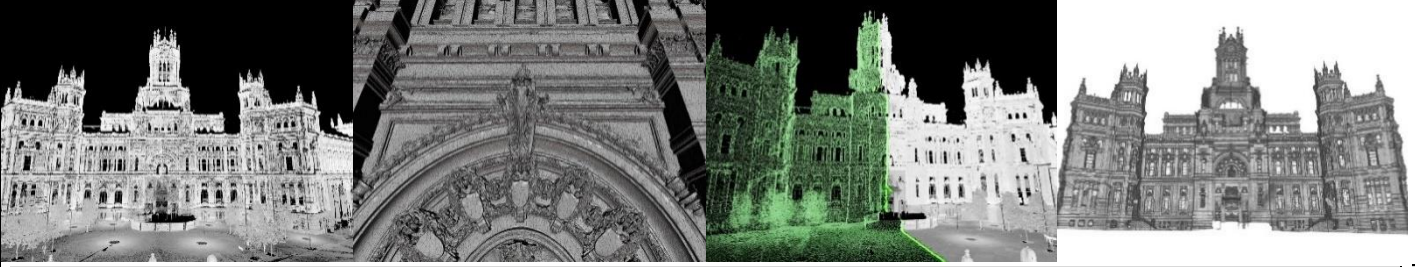
- [http3]:** <https://pt.slideshare.net/assocpm/apm-bim-presentation-27-march-2014-john-lorimer/4?smtNoRedir=1> (Erişim tarihi : 01.02.2022)
- [http4]:** <https://northwestconstructionhub.co.uk/wp-content/uploads/2017/03/BIM-4.pdf> (Erişim tarihi : 03.02.2022)
- [http5]:** http://www.amtech.co.uk/files/Paul_Goodman_Simpson_Greg_Davies_Lester_Morgan_A_BIM_for_FM_Case_Study.pdf (Erişim tarihi : 03.02.2022)
- [http6]:** <https://www.building.co.uk/buildings/bim-the-inside-story/5021676.article> (Erişim tarihi : 03.02.2022)
- [http7]:** https://www.bimcommunity.com/files/images/experiences/C%C3%B3mo_se_ha_digitalizado_el_estadio_San_Mam%C3%A9s_YouTube.jpg (Erişim tarihi: 03.02.2022)
- [http8]:** <https://captae.com/portfolio/la-catedral/> (Erişim tarihi: 03.02.2022)
- [http9]:** https://www.youtube.com/watch?v=l1O_HiRr9BY (Erişim tarihi: 03.02.2022)
- [http10]:** <https://www.tekla.com/bim-awards/ampliacion-cubierta-san-mames> (Erişim tarihi: 06.02.2022)
- [http11]:** <https://construsoftbimawards.com/ampliacion-cubierta-san-mames/> (Erişim tarihi: 06.02.2022)
- [http12]:** <https://captae.com/portfolio/la-casa-de-la-lactancia/> (Erişim tarihi: 06.02.2022)
- [http13]:** <https://www.youtube.com/watch?v=-LQyPRnjE6Y&t=25s> (Erişim tarihi: 06.02.2022)
- [http14]:** <https://captae.com/portfolio/pueblo-de-montfalco-murallat/> (Erişim tarihi: 06.02.2022)
- [http15]:** https://vimeo.com/39819833?embedded=true&source=vimeo_logo&owner=5196597 (Erişim tarihi: 06.02.2022)
- [http16]:** <https://captae.com/portfolio/fachada-parlamento-de-catalunya/> (Erişim tarihi: 06.02.2022)
- [http17]:** https://captae.com/portfolio/levantamiento-as_built-edificio-comercial-en-gante-belgica/ (Erişim tarihi: 07.02.2022)

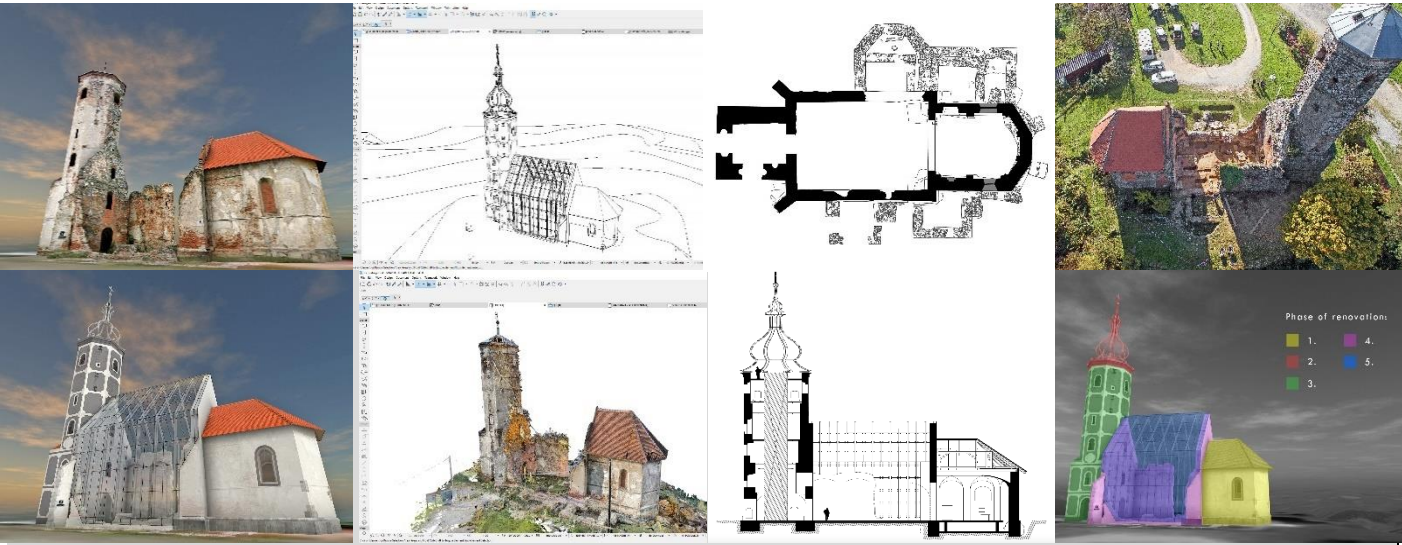
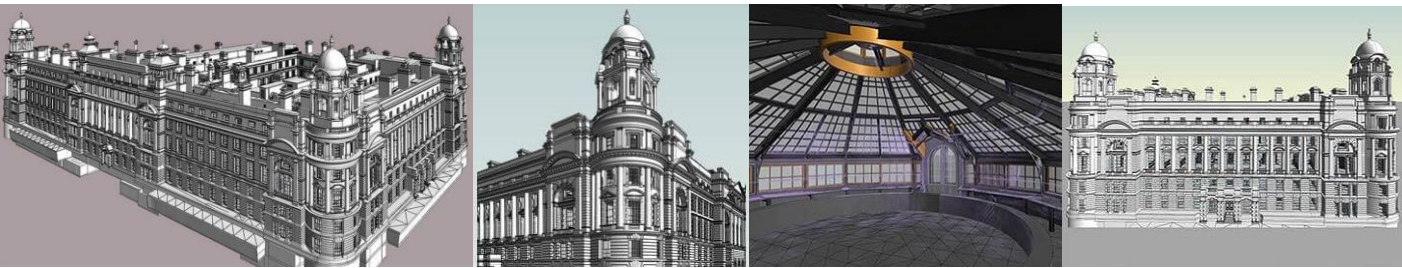
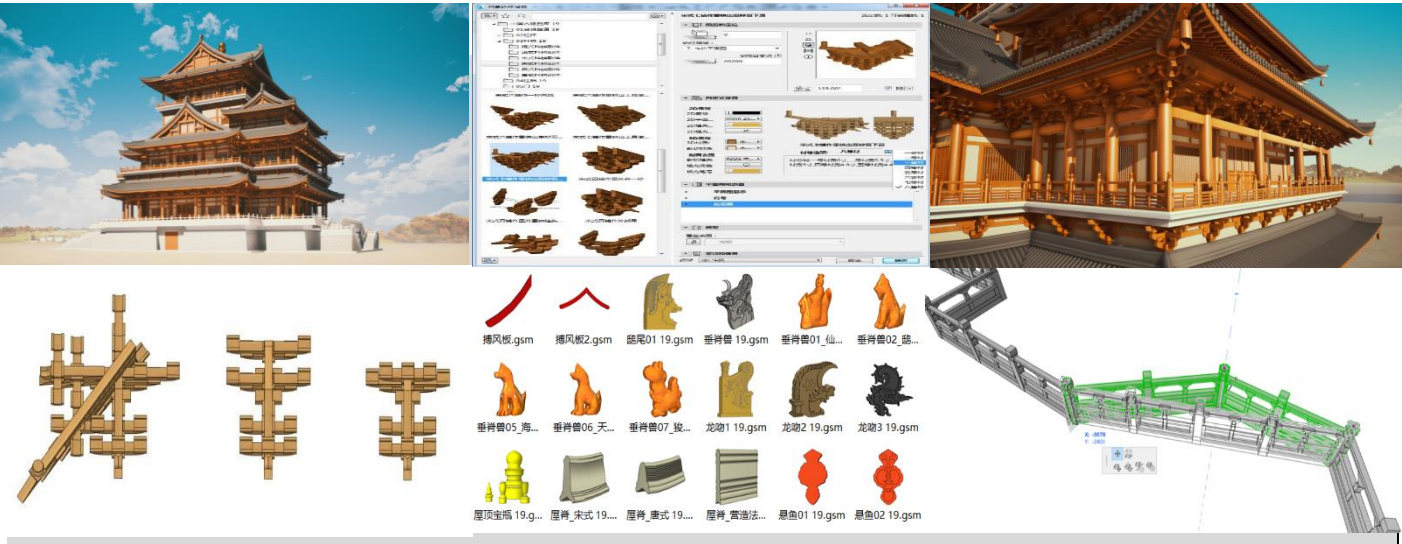
- [http18]:**<https://captae.com/portfolio/jardininvisible/> (Erişim tarihi: 07.02.2022)
- [http19]:**<https://captae.com/portfolio/colegio-de-ingenieros-tecnicos-industriales/> (Erişim tarihi: 07.02.2022)
- [http20]:**<https://captae.com/portfolio/monasterio-de-sant-pere-de-rodes/> (Erişim tarihi: 07.02.2022)
- [http21]:**<https://captae.com/portfolio/fuente-del-parque-de-la-ciudadella-de-barcelona/> (Erişim tarihi: 07.02.2022)
- [http22]:**<https://captae.com/portfolio/grand-palais-de-paris/> (Erişim tarihi: 07.02.2022)
- [http23]:**https://www.youtube.com/watch?v=KXMBm_hubuM (Erişim tarihi: 07.02.2022)
- [http24]:**https://vimeo.com/87114296?embedded=true&source=vimeo_logo&owner=24526031 (Erişim tarihi: 07.02.2022)
- [http25]:**<https://captae.com/portfolio/catedral-de-abidjan/> (Erişim tarihi: 07.02.2022)
- [http26]:**<https://graphisoft.com/uk/case-studies/hungarian-state-opera-survey> (Erişim tarihi: 08.02.2022)
- [http27]:**<https://www.bimcommunity.com/experiences/load/135/the-hungarian-state-opera> (Erişim tarihi: 08.02.2022)
- [http28]:**<https://www.bimcommunity.com/files/images/experiences/Hungarian-State-Opera-bim-bimcommunity.jpg> (Erişim tarihi: 08.02.2022)
- [http29]:**https://captae.com/portfolio/laser-scanner-3d-industria-cns_06/ (Erişim tarihi: 07.02.2022)
- [http30]:**<https://graphisoft.com/uk/case-studies/historic-dutch-building-gets-a-new-lease-on-life-with-archicad> (Erişim tarihi: 08.02.2022)
- [http31]:**<https://www.bimcommunity.com/experiences/load/227/scan-to-bim-of-heritage-federal-building> (Erişim tarihi: 10.02.2022)
- [http32]:**<https://graphisoft.com/uk/case-studies/trawcoe-traditional-wooden-constructions-of-europe> (Erişim tarihi: 08.02.2022)

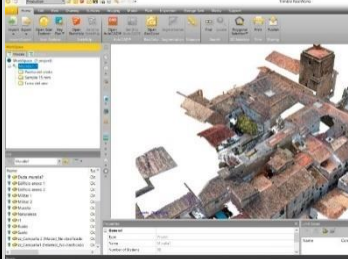
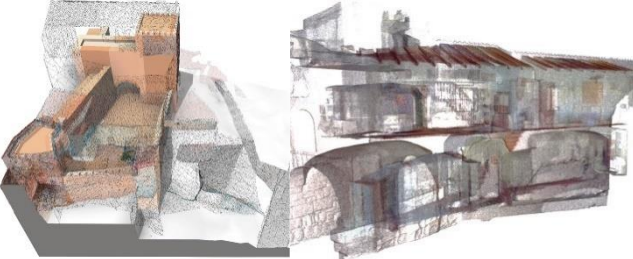
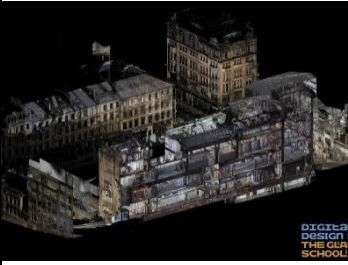
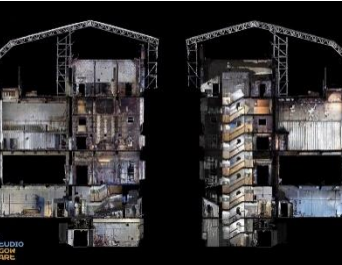
- [http33]:**<https://www.bimcommunity.com/experiences/load/212/3d-scanning-of-madrid-city-council-facade> (Erişim tarihi: 10.02.2022)
- [http34]:**<https://www.bimcommunity.com/experiences/load/263/rebuilding-notre-dame-under-a-3d-bim-model> (Erişim tarihi: 10.02.2022)
- [http35]:**<https://www.bimcommunity.com/experiences/load/170/catedral-de-santiago-de-penalba-the-healthy-relationship-with-tourism> (Erişim tarihi: 10.02.2022)
- [http36]:**<https://graphisoft.com/case-studies/restoring-croatias-church-of-st-martin-with-the-help-of-archicad-and-bimx> (Erişim tarihi: 08.02.2022)
- [http37]:**<https://www.hitechcaddservices.com/case-studies/scan-to-bim-conversion-for-heritage-building/> (Erişim tarihi: 10.02.2022)
- [http38]:**<https://graphisoft.com/case-studies/when-archaizing-architecture-meets-bim> (Erişim tarihi: 09.02.2022)
- [http39]:**<https://www.bimcommunity.com/experiences/load/196/scanning-of-puente-nuevo-ronda-malaga-spain> (Erişim tarihi: 10.02.2022)
- [http40]:**https://www.researchgate.net/publication/344362414_From_the_Point_Cloud_to_BIM_Methodology_for_the_Ideal_Reconstruction_of_a_Lost_Bastion_of_the_Caceres_Wall (Erişim tarihi: 10.02.2022)
- [http41]:**<https://www.metalocus.es/en/news/fire-damaged-mackintosh-building-3d> (Erişim tarihi: 10.02.2022)
- [http42]:**<https://www.bimcommunity.com/experiences/load/133/how-bim-helped-restore-the-spanish-city-pleasure-palace-in-whitley-bay> (Erişim tarihi: 10.02.2022)
- [http43]:**<https://www.bimcommunity.com/files/images/experiences/spanish-city-BIM-bimcommunity.jpg> (Erişim tarihi: 10.02.2022)
- [http44]:**<https://www.bimcommunity.com/files/images/experiences/spanish-city-BIM-2-bimcommunity.jpg> (Erişim tarihi: 10.02.2022)
- [http45]:**<https://www.bimcommunity.com/experiences/load/246/3d-scan-of-the-perfecto-garcia-brothers-cigar-factory> (Erişim tarihi: 10.02.2022)

EK-1: Taşınmaz kültür varlıklarında yapı bilgi modeli kullanım örnekleri						Hazırlayan: Harun Mevlüt TUNAY Danışman: Hicran Hanım HALAÇ	
Proje Adı	Proje Tipi ve Konumu	Müdahale Tipi, Tarihi	YBM'nin İşlevi ve Yazılımları	YBM Kullanım Amacı	YBM'nin Sağladığı Avantajlar	Proje Görsel	Kaynakça
Manchester Town Hall Complex	Kültürel Yapı (Kompleks), Manchester, United Kingdom	Rölöve ve Restorasyon, 2011-2014	3D modelleme, Programlama, Maliyet ve Zaman Planlaması, Varlık Yönetimi, Revit, CADmep, Navisworks, ArtrA	Belediye Binası uzantısının, Merkez Kütüphane'nin ve Aziz Petrus Meydanı'nın yenilenmesi ve dönüştürülmesi	Bilgi paylaşımı, İşbirlikçi çalışma, Paydaşlar arasındaki iletişimi artırma, Hisse sahiplerini olumlu yönde etkileme, Kültürel mirası koruma	   	[http1] [http2] [http3] [http4] [http5] [http6]
San Mamés Stadium (1913)	Spor ve Rekreasyon, Bilbao, Spain	Rölöve, 2013	3D Dijitalleştirme	Eski San Mamés Stadyumu'nun yıkılmadan önce dijital olarak ölümsüzleştirmek, korumak ve hafızalarda canlı kalmasını sağlamak	Tarihi yapının dijital olarak korunması ve belgelenmesi, Yüksek çözünürlüklü modelleme, Kentsel hafızanın canlı tutulması	   	[http7] [http8] [http9] [http10] [http11]
La Casa De La Lactancia	Huzurevi, Barcelona	Rölöve, 2014	Nokta bulutu işleme, Yapının ortofotolarının elde edilmesi, Yapısal Analiz, Projenin 1/50 ölçeğinde eksiksiz gösterilmesi ve dokümantasyonu	Tarihi yapının önemli olan öğelerinin (cephes, iç avlu, lobi vb.) 3B dijital ortamda modellenip korunması	Üretilen 3B model sayesinde bakımı yapılacak yapının daha iyi anlaşılmasını ve detaylı analiz edilebilmesini sağlamak, mimari detaylara sahip cephelerin hassas ölçümlerle orijinalliğinin korunarak modellenmesi	   	[http12] [http13]
Pueblo de Montfalcó Murallat	Kırsal Yerleşim Bölgesi, La Segarra, Lleida	Rölöve, 2012	3D lazer tarama ile elde edilen nokta bulutu kullanımı, Sanal kopya oluşturma	Montfalcó Murallat kasabasının tamamının 3D lazer tarayıcıyla elde edilen verilerle belgelenmesi	BIM ile üretilen 3D model, Katalan mirasının üç boyutlu dijital arşivi olarak büyük bir değere, tanıtım ve yaygınlaştırma düzeyinde büyük bir potansiyele sahiptir.	   	[http14] [http15]
Parlament de Catalunya	Kamu Binası (Parlamento) Barcelona	Rölöve, 2012	3D lazer tarama, Sektöre özgü yazılımlarla uyumlu CAD modellemesi için optimize edilmiş nokta bulutu	Ulusal bayramlar ve gelecekteki diğer etkinliklerde 3D haritalama gösterisi için Katalonya Parlamentosu Binası cephesinin lazer tarayıcı ile 3D dijitalleştirme.	Oluşturulan 3B model ile, yapının özgün mimarisinin tutarlı ve güvenilir olarak sanal kopyasının oluşturulması, haritalama tekniğiyle öngörülen animasyonların doğru şekilde sunulmasına olanak sağlaması	   	[http16]
Edificio Comercial en Gante	Ticaret Binası, Gante, Belçica	Rölöve, 2015	Görselleştirme, Analiz, Nokta bulutu elde etme ve kullanımı, 3D proje kesiti	Ticari kullanıma yönelik yapının uygulama projesini gerçekleştirebilmek için, iç mekanların ve cephelerin dijital ortamda 3B modellenmesi	Nokta bulutu yöntemi ile yapının iç mekân ve cephelerinin eksiksiz, güvenilir, doğru ve verimli şekilde modellenebilmesi	   	[http17]
El Jardín Invisible de Gaudí	Sağlık ve Rekreasyon, Sant Boi, Barcelona	Rölöve, 2014	Yüksek çözünürlüklü hiper gerçekçi 3D model ile yapının görselleştirilmesi	Eski akıl hastanesindeki Görünmez Bahçe'nin lazer tarayıcıyla 3D dijital modelinin oluşturulması	Kompleksin dijital ve 3B olarak belgelenebilmesi, Tarihi mirasın tanıtımının kolaylaşması	   	[http18]
Edificio sede de Eginyers Bcn	Kamu Binası (Genel Müdürlük Binası), Barcelona	Rölöve, 2013	Nokta bulutundan veri elde etme, Yapının ortofotolarının oluşturulması, Haritalama tekniği ile animasyonlar oluşturma	Yapının CAD planlarının oluşturulması ve 3 cephesinin mevcut durumunun lazer tarama yöntemiyle 3D olarak araştırılması	1/50 ölçeğinde cephelerin detaylı CAD çıktılarının alınması, yapıdaki dekoratif elemanların en ayrıntılı şekilde gerçekçi görselleştirilmesi, Tutarlı 3D model oluşturulması	   	[http19]

EK-1 : (Devam) <i>Taşınmaz kültür varlıklarında yapı bilgi modeli kullanım örnekleri</i>						Hazırlayan: Harun Mevlüt TUNAY Danışman: Hicran Hanım HALAÇ	
Proje Adı	Proje Tipi ve Konumu	Müdahale Tipi, Tarihi	YBM'nin İşlevi ve Yazılımları	YBM Kullanım Amacı	YBM'nin Sağladığı Avantajlar	Proje Görsel	Kaynakça
Monestir de Sant Pere de Rodes	Dini Yapı, Gerona	Rölöve, 2013	Nokta bulutu verileri ile 3D model oluşturma, Yapıya ait plan ve kesitlerin 2D CAD çizimlerini üretme	Kültürel mirasın korunması ve belgelenmesi	Üretilen 3D modelin içerdiği veriler sayesinde kültürel mirasın arşivlenip, geleceğe aktarımının kolaylaşması		[http20]
La Cascada del parque de la Ciudadela	Anıtsal, Rekreasyon, Barcelona	Rölöve, 2011	Nokta bulutu verilerinden 3D model üretme ve görselleştirme	Özel festivaller ve diğer etkinliklerde kullanmak üzere 3D haritalama gösterisi için yapının lazer tarayıcılarla 3D olarak modellenmesi	Yapının özgün mimarisini doğru ve aslına uygun bir şekilde kopyalayarak oluşturulan 3D model, haritalama tekniği ile yansıtılan animasyonların doğru şekilde oluşturulmasını sağlamıştır		[http21]
Grand Palais de Paris	Kültürel Yapı (Müze), Paris, Fransa	Rölöve, 2013	Sektöre özel yazılımlarla uyumlu CAD modellemesi için optimize edilmiş nokta bulutu, 3D dijital sunum	Özel bir etkinlikte 3D haritalama gösterileri oluşturmak amacıyla Grand Palais binasının bir iç odasının 3D lazer taraması	Yapının özgün mimarisini doğru ve aslına uygun bir şekilde kopyalayarak oluşturulan 3B model, haritalama tekniği ile yansıtılan animasyonların doğru şekilde oluşturulmasını sağlamıştır		[http22]
Pantocrator de la iglesia de Sant Climent de Taüll	Dini Yapı, Lérida	Rölöve, 2013	3D haritalama, 3D model, Yüksek çözünürlüklü dijital fotoğrafçılıkla modelleme ve doku oluşturma için optimize edilmiş renkli nokta bulutu yöntemi	3D haritalama tekniği ile animasyonlar oluşturarak kilisenin bir kısmı ve kilisedeki pantokratörün lazer tarayıcı sayesinde 3D olarak görselleştirilmesi	Kullanılan projeksiyonlarla motifin gerçek hali karşılaştırılarak üretilen 3D modele bilgisayar yardımıyla oluşturulan animasyonların ve bulutun gerçek renklerle tekstüre edilen bulutun, geçmişte çıkarılan resimlerin orijinal mimari üzerindeki korunmuş kalıntılarına uymasını sağlamıştır		[http23] [http24]
Catedral de Abidjan	Dini Yapı, Abidjan, Costa de Marfil	Rölöve, Restorasyon 2013	Kirişlerin yatay ve dikey ekseninde birden fazla 3D ve CAD formatında kesitler oluşturmak Cephe duvarlarının çökmelerinin boyutlandırılması. Çatı hasarını belirlemek için fotoğraf montajı. Çatı yüzeyinin hesaplanması (kavisli geometri).	Yapısal analiz ve eylem önerisi(bakım-onarım) için mimari yapının (iç, dış ve çatı) mevcut durumunun lazer tarayıcı ile 3 boyutlu araştırılması, Yapısal deformasyonların tespiti için uygulanan kromatik desenlere sahip ortofotoların oluşturulması.	Yapının taşıyıcı sistemindeki geometrik deformasyonlarının anında tespit edilmesini ve bunlara bağlı olarak yapısal güçlendirme düzeyindeki müdahalelerin değerlendirilmesini mümkün kılmıştır. Oluşturulan belgelerin görsel içeriği açısından zenginliği, sunulan müdahale önerilerinin anlaşılmasını kolaylaştırmıştır		[http25]
Hungarian State Opera House	Kültürel Yapı (Opera Binası) , Budapest, Hungary	Rölöve, Restorasyon 2016	Proje verilerinden 3B model üretme, Yenileme-Bakım-Onarım, Tesis yönetimi, GRAPHISOFT, Archicad, Trimble, RealWorks, Faro Scene	Herkesin kendi cihazında keşfedebileceği bir bina modeli oluşturularak rölöve sürecinin ayrıntılı olarak planlanmasını sağlamak	Dosyalara erişim kolaylığı, Proje ekibinin iş birliği içinde çalışabilmesi, Kompleks yapının oluşturulan iş akışı sayesinde hatasız modellenebilmesi, Modelle pratik çalışmayı mümkün kılan daha küçük bir dosya boyutu elde edilebilmesi, Karmaşık geometrik formların modellenebilmesinin kolaylaşması, Nokta bulutu yöntemi sayesinde yapıdaki eski malzemelerin taratılıp kolaylıkla tespit edilebilmesi ve modele eksiksiz aktarımı, Ölçme ve modelleme görevlerinde sürekli ve etkili çalışma		[http26] [http27] [http28]

EK-1: (Devam) <i>Taşınmaz kültür varlıklarında yapı bilgi modeli kullanım örnekleri</i>						Hazırlayan: Harun Mevlüt TUNAY Danışman: Hicran Hanım HALAÇ	
Proje Adı	Proje Tipi ve Konumu	Müdahale Tipi, Tarihi	YBM'nin İşlevi ve Yazılımları	YBM Kullanım Amacı	YBM'nin Sağladığı Avantajlar	Proje Görsel	Kaynakça
Planta Industrial	Endüstri Binası , Tarragona	Rölöve, 2014	3B model oluşturma, Analizler ve yapının sayısal verilerinin elde edilmesi	Yapılabilecek tasarımsal değişiklikler için yapının dış kısımları ve bazı iç mekanlarının 3B olarak dijital modelinin oluşturulması .	Nokta bulutu yöntemi ile tesisin verimli, güvenilir, kesin ve eksiksiz 3D modelinin oluşturulması sağlanmıştır.		[http29]
Het Schip (1917)	Kültürel Yapı (Müze) ve Konut, Amsterdam, Netherlands	Rölöve, Restitüsyon, Rekonstrüksiyon: 2016 Tamamlanma: 2017	3D model, Fizibilite çalışmaları, Analizler, Tesis yönetimi, İş akış planları oluşturma, Archicad 16 to 19, Trimble BIMSight, Solibri Model Checker, BIMx PRO, BIMcollab	Yaklaşık 100 yıllık bir konut binasının yenilenerek Amsterdam şehir merkezine yeniden hayat vermesi	Cephelerde ayrıntıları oluşturmak için gereken aracı sağlayan morph nesnelerinin Archicad'e eklenebilmesi, Bütün disiplinlerin tek bir model üzerinde çalışabilmesi, Verilerin doğru şekilde üretilmesiyle tasarım üzerinde daha fazla düşünebilme ve kaliteli sonuç ürünler ortaya çıkarma, Paydaşlar arasındaki iş birliğini geliştirme, veri paylaşımını kolaylaştırma .		[http30]
National Historic David W. Dyer Federal Building	Kamu Binası, Miami, United States	Rölöve, 2019	3D modelleme ve tarama, Yapı üzerinde detaylı bir analiz	Kültürel mirasın dijital ortamda korunması	Miras değerlerini yapılandırılmış ve tutarlı bir şekilde 3B modele entegre edilerek bilgi çıktılarının kolay üretilmesine olanak tanır, Yapının görselleştirilmesi, gelişimi ve performans simülasyonlarının gerçekleşmesini sağlar .		[http31]
Traditional Wooden Constructions	Ahşap Konstrüksiyonlar, Fransa, Macaristan, İtalya, Letonya, Romanya, İspanya	Rölöve, 2013-2015	3D modelleme ve görselleştirme, Geleneksel ahşap mimariyle ilgili bilgiler sağlama	Mimari ve teknik çözümler ile ilgili kültürel ve tarihi bağlam ve teknik hakkında bir anlatı sunan, 3 boyutlu olarak modellenen seçili ahşap yapıların çevrimiçi erişilebilir bir "Sanal Müze"sini oluşturmak.	Oluşturulan yeni ve web üzerinden erişilebilir kaynak, sanal alanda CAD ile modellenmiş binalarla etkileşim yoluyla karmaşık montajları ve inşaat sistemlerini keşfetme yeteneği sunmuştur.		[http32]
Madrid City Hall	Kamu Binası (Belediye Binası) Madrid, Spain	Rölöve, 2019	3B lazer tarama, Görselleştirme, Analiz	Tarihi yapının lazer taramayla 3B modelini oluşturmak ve belgelemek	Tarihi yapıya ait bütün verilerin detaylı analizler elde edilmesini ve hızlıca modellenmesini gerçekleştirerek belgelenmesini sağlamak		[http33]
Notre Dame	Dini Yapı Paris, France	Rölöve, Restorasyon 2021	Nokta bulutundan veri elde ederek 3D modelleme, Veri depolama, Yapısal analiz	Paris'teki Fransız Notre Dame katedralinin bir kısmını yok eden trajik yangından sonra yeniden inşa etmek	Sürecin hızlı ilerlemesi, Kültürel ve tarihi değeri olan yapının korunması ve geleceğe aktarılabilmesi, Paydaşlar arasında bulut tabanlı iş birliğini de sağlaması, Ortak veri ortamının, tüm proje bilgileri için merkezi bir havuz görevi görerek tüm paydaşların en güncel veri ve planlara erişmesini sağlaması		[http34]

EK-1: (Devam) <i>Taşınmaz kültür varlıklarında yapı bilgi modeli kullanım örnekleri</i>						Hazırlayan: Harun Mevlüt TUNAY Danışman: Hicran Hanım HALAÇ	
Proje Adı	Proje Tipi ve Konumu	Müdahale Tipi, Tarihi	YBM'nin İşlevi ve Yazılımları	YBM Kullanım Amacı	YBM'nin Sağladığı Avantajlar	Proje Görsel	Kaynakça
Catedral de Santiago de Peñalba	Dini Yapı, Ponferrada, Spain	Rölöve, Restorasyon	Veri havuzu oluşturmak, Yapısal analiz, Görselleştirme	Kültürel mirasın korunması ve belgelenmesi	Proje ekibinin koordine çalışması, Yapıya ait verilerin eksiksiz şekilde elde edilmesi		[http35]
Croatia's Church of St. Mart'in	Dini Yapı, Martin Breg, Croatia	Rölöve, Renovasyon, Restorasyon 2010	Kilisenin eski ve yeni 3D modelleri, Sanal gezinti, süslemeler, Barok kule çatısı, kornişler vb. tüm mimari unsurları modelleme, Statik ve yapısal analizler, Archicad, BIMx, SCIA, PHOTOSHOP (ana tasarım, 3D modeller ve üretim için); fotogrametri ve nokta bulutu modelleri, film prodüksiyonu vb. ile ilgili küçük işler için diğer yazılımlar.	Kültür varlığı olan St. Mart'in Kilisesinin restorasyon ve renovasyonu, tüm alanın yeniden canlandırılması	Arkeolojik kazı ve hesaplama aşamasında başarılar sağlama, Fotogrametri kullanımıyla, gerçek yüzeylerin modele işlenebilmesi, Kültürel mirasın korunması ve belgelenmesi, Klasik 2D çizim programlarından en az 10 kat daha hızlı çalışma olanağı verir, aynı miktarda zaman ve enerji kullanarak, çok daha fazla çizim, eskiz, 3D ve diğer analiz modelleri ve sunum materyalleri oluşturur		[http36]
16th Century Heritage Monument Building	Kültürel Yapı, UK	Rölöve, Renovasyon	3D anket ölçümleri, Anket görüntüleri, 3B parametrik kesitler, İş akışları, kontrol listeleri oluşturmak, Yenileme, bakım ve tesis yönetimi, Revit	Kültürel mirasın mimari özelliklerinin belgelenmesi ve korunması	BIM modelinin, anında yenileme, bakım ve tesis yönetiminin gerçekleşmesini sağlamak		[http37]
Liuzhou Yaobu Ancient Town Sightseeing Pavilion	Kültürel Yapı (Gezi Köşkü), West Side of Panlong Road, Liuzhou City, Guangxi	Rölöve, Restitüsyon, Restorasyon	Çeşitli türlerde karmaşık parametrik bileşenler ve çok parametreliliğe sahip 2D semboller, dokular, çizgi tipleri ve renkler gibi özellikler ve farklı doku türlerinin detay boyutunun, BIM 'de parametrelendirilmek üzere ayrı ayrı ayarlanabilmesi, Archicad, BIMX	BIM'i antik mimari tasarımla entegre etme ve antik tarz mimarilerin bilgi tabanlı tasarımının keşfedilmesine yönelik etkili çözümler sağlamak, Tasarımcıların özgürce tasarım yapabilmesine imkan tanımak, Antik mimarinin korunması ve restorasyonunu sağlamak	Antik mimarinin modül ve montaj yönteminin BIM teknolojisi ile gerçekçi ve etkin bir şekilde entegre edilmesini mümkün kılması, Antik tarz mimari çatı tasarımını için parametrelendirme sistemi kullanılarak eğimli çatının hızlı bir şekilde inşa edilebilmesi ve çatı yapısının yüksekliğinin istendiği zaman ayarlanabilmesi, Grafikleri ve modelleri entegre edebilen uygulaması, mobil cihazlarda bile karmaşık mimariyi anlaşılır kılarak, müşterilerin karar vermesini ve geri bildirim sağlamasını kolaylaştırması		[http38]

EK-1: (Devam) <i>Taşınmaz kültür varlıklarında yapı bilgi modeli kullanım örnekleri</i>						Hazırlayan: Harun Mevlüt TUNAY Danışman: Hicran Hanım HALAÇ	
Proje Adı	Proje Tipi ve Konumu	Müdahale Tipi, Tarihi	YBM'nin İşlevi ve Yazılımları	YBM Kullanım Amacı	YBM'nin Sağladığı Avantajlar	Proje Görsel	Kaynakça
The Puente Nuevo	Tarihi Köprü, Málaga, Spain	Rölöve, Restorasyon, 2019	3D lazer tarama, Görselleştirme	Ronda'nın tarihi merkezinde bulunan köprünün iç ve dış kısmının renkli 3D lazer taraması	Oluşturulan nokta bulutları, yapının korunması ve restorasyonu için gerekli tüm eylemlerin belgelenmesine hizmet etmektedir. Tek bir nokta bulutundan yapının onarım gerektirdiği durumlarda, mimari elemanların yeniden inşasını sağlar.	  	[http39]
The wall of Cáceres	Tarihi Sur, Cáceres, İspanya	Rölöve, Restitüsyon, Rekonstrüksiyon	Topografya analizi, Lazer tarayıcı ve fotogrametri araştırması, Proje yönetimi, Geometrik, Malzeme ve strüktürel analiz, FARO FOCUS 3D X330, Agisoft Metashape	12. yüzyıl duvarının kalıntılarını ortaya çıkarmak, korumak ve belgelemek	Tarihi anıt niteliği taşıyan duvar hakkında eksiksiz veri toplayabilmek, Kentlerin saklı kalmış miraslarının ortaya çıkarılması ve dijital ortamda korunması, Farklı disiplinlerin bir arada çalışabilmesi	  	[http40]
The Mackintosh Building at The Glasgow School of Art	Eğitim Binası, Glasgow, Scotland	Rölöve, Restorasyon 2018	Ayrıntılı 3D görüntüler, Analizler, 3D kesitler	Yangında hasar görmüş binanın restorasyonunun tüm aşamalarını belgeleyecek bir BIM modeli için veri tabanı oluşturmak ve bunun ayrıntılı bir kaydını oluşturmak	Karmaşık yapının modellenmesini kolaylaştırmak, Tek bir dosya üzerinde bütün proje üyelerinin çalışabilmesini sağlamak	   	[http41]
The Spanish City	Kültürel Yapı (Eğlence Parkı), Whitley Bay, United Kingdom	Rölöve, Restorasyon 2018	Doğru bir parametrik 3B model veya nokta bulutu oluşturmak, Lazer tarama verilerini işleme, Yangın tahliye stratejisi	Kültürel miras değeri taşıyan yapıdaki yıllar içinde kaybolan birçok orijinal detayı, onarımla eski haline getirmek	3B ortamda çalışmanın, zemin seviyesinde duran bir kişinin bakış açısından yapının nasıl görüneceğine dair görseller oluşturması, için bulut tabanlı yazılım platformuna aktarılan veriler sayesinde Eş zamanlı iş birliği ortamında çalışılabilmesi, Oluşturulan 3B modelin, sistem yapılandırmasını, geleneksel 2D yöntemlere oranla daha yüksek bir hassasiyet derecesiyle mekanlara yerleştirilebileceğini mümkün kılması	   	[http42] [http43] [http44]
Perfecto Garcia Brothers Cigar Factory	Endüstri Binası, Tampa, United States	Rölöve, Restorasyon 2020	3 boyutlu tarama ile elde edilen verilerden model oluşturma, Görselleştirme, Bina geliştirme veya mühendislik uygulamaları, Navisworks, FARO X330	Yapı strüktürünü, eski ahşap kiriş ve kolonları değiştirmek, tarihi yapıya ait belge eksikliğinden dolayı yapının 3D lazer taramasını gerçekleştirmek	Toplanan milyonlarca veri noktasıyla, taranan ortam “dijital ikiz” olarak adlandırılan gerçek hayat versiyonunun sanal gerçekliğine dönüştürülmesini sağlamaktadır	   	[http45]

ÖZGEÇMİŞ

ORCID ID : 0000-0003-2175-5325
https://orcid.org/0000-0003-2175-5325
Adı Soyadı : Harun Mevlüt TUNAY
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2018, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Lisans
- 2022, Anadolu Üniversitesi, İktisat Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi, Lisans
- 2022, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Mimari Koruma Bilim Dalı, Yüksek Lisans

Mesleki Birlik/Dernek/Kuruluş Üyelikleri:

- 2017, TMMOB Mimarlar Odası, Malatya

Mesleki Sertifikalar:

- 2018, Mimarlık Günleri, MÖD, Samsun
- 2019, BIM Kongresi, BIMesk, Eskişehir
- 2022, MSTAS, Mimarlıkta Sayısal Tasarım XVI. Ulusal Sempozyumu, Sayısal Ekosistemler ve Mimarlık, Eskişehir