



T.C.  
NECMETTİN ERBAKANÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÜÇ BOYUTLU KENT MODELLERİNDE AYRINTI DÜZEYİ KAVRAMI  
İNCE MİNARELİ MEDRESE (KONYA) ÖRNEĞİ

AZİM METİN  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

EKİM-2016  
KONYA

Her Hakkı Saklıdır

## TEZ KABUL VE ONAYI

Azım METİN tarafından hazırlanan “ÜÇ BOYUTLU KENT MODELLERİNDE AYRINTI DÜZEYİ KAVRAMI İNCE MİNARELİ MEDRESE (KONYA) ÖRNEĞİ” adlı tez çalışması... /... / 2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

### İmza

#### Başkan

Doç. Dr. Murat UYSAL

.....

#### Danışman

Yrd. Doç. Dr. Abdullah VARLIK

.....

#### Üye

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ahmet COŞKUN  
F.B.E. Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Azim METİN

Tarih:.././2016

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS

#### ÜÇ BOYUTLU KENT MODELLERİNDE AYRINTI DÜZEYİ KAVRAMI İNCE MİNARELİ MEDRESE (KONYA) ÖRNEĞİ

#### AZİM METİN

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Abdullah VARLIK**

**2016, x + 76 Sayfa**

#### Jüri

**Prof. Dr. İbrahim KALAYCI**

**Doç. Dr. Murat UYSAL**

**Yrd. Doç. Dr. Abdullah VARLIK**

Üç boyutlu (3B) kent modelleri, gürültü yayılma simülasyonu ve haritalaması, kent ve telekomünikasyon planlaması, afet yönetimi, eğitim amaçlı gerçek zamanlı simülasyonlar ve tesis yönetimi gibi çeşitli alanlarda önemi gittikçe artan bir rol oynamaktadır. Bu nedenle pek çok kent ve belediye kendi 3B kent modellerini oluşturmaya başlamıştır. Bu kapsamda, 3B CBS ve sanal coğrafi ortamlar gibi yeni mekânsal bilgi teknolojileri halen geliştirilmektedir. Modellemede mevcut verilerin kalitesi, optimizasyonu, birbirleriyle entegrasyonu gibi yeni çözüm bekleyen sorunlar ortaya çıkmaktadır. Kentsel planlama ve tasarım çalışmalarında kullanılacak üç boyutlu model üretmek için; farklı yöntemlerle elde edilmiş mekânsal verilerin kalite ve güncellik bakımından uygun olanlarının çeşitli karşılaştırma kriterlerine göre seçimi, optimizasyonu ve bütünleştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede şehrin planlanması için bilinen söz konusu verilerin kullanılabilirliği, uygunluğu araştırılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen model gerçek ölçeğinde (1/1 ölçekli) üç boyutlu yersel lazer tarayıcı destekli üç boyutlu modeldir. Kentsel ya da bölgesel kapsamda, amaca uygun birçok topografik nesnenin üç boyutlu geometrisi, topolojisi, semantiği ve görünümünü (grafik gösterimini) tanımlar. Bu tanımlamalar, farklı ayrıntı düzeyleri biçimindedir. Bu çalışmada, bina nesnelерinin farklı ayrıntı düzeylerinde (LoD) modellenmesi, oluşturulması ve bu kapsamdaki gelişmeler ele alınmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** 3B, Görselleştirme, Ayrıntı Düzeyi (LoD), 3B Kent Modelleme.

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

#### **LEVEL OF DETAIL (LOD) CONCEPT IN THREE DIMENSIONAL CITY MODELING AND EXAMPLE OF INCE MINARELI MADRASAH (KONYA)**

**AZİM METİN**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN SURVEYING ENGINEERING**

**Advisor: Asst. Prof. Abdullah VARLIK**

**2016, x + 76 Pages**

**Jury**

**Prof. İbrahim KALAYCI  
Assoc. Prof. Murat UYSAL  
Asst. Prof. Abdullah VARLIK**

3D City Models play a key role in various working fields like simulation and mapping of noise emission, communication and city planning, disaster management, real time simulations for training and facility management. For this reason, most of city and local government has started to create their own 3D city models. New spatial information technologies like 3D GIS and virtual geographical environments still been developed for this purpose. Quality level, optimization and integration of existing data are still been waiting for solution in modelling process. Selection according to various comparison criteria, optimization and integration of suitable spatial data which is generated from different techniques are necessary for creating 3D model that it will using city planning and design works. Thus, usability and eligibility of the data has researched for city and urban planning. In this study, real scale model of the Ince Minerali Madrasah generated from real photogrammetric data supported with terrestrial laser scanning. Three dimensional geometry, topology, semantics and graphic representation of most of topographic objects are defining with the model in scope of urban or region. That definitions are in the form of different detail level. In this thesis, generation and modelling of the structures' elements in different detail level (LoD) and developments of the process has been discussed.

**Keywords:** 3D, 3D City Modelling, Level of Detail (LoD), Laser Scanning, Visualization.

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışması boyunca bana rehberlik eden, bilgisi ve tecrübesini paylaşan tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Abdullah VARLIK 'a en içten şükranlarımı sunar ve bana desteklerini esirgemeyen Necmettin Erbakan Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Bunun yanında bütün eğitim hayatım boyunca beni destekleyen ve yüreklendiren aileme sonsuz minnetlerimi sunarım.

AZİM METİN

KONYA-2016



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>ii</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>iv</b>
<b>KISALTMALAR .....</b>	<b>vi</b>
<b>ŞEKİLLERİN DİZİNİ .....</b>	<b>vii</b>
<b>ÇİZELGELERİN DİZİNİ .....</b>	<b>x</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Tezin Amacı.....	2
<b>2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>3</b>
<b>3. 3 BOYUTLU KENT MODELLERİ .....</b>	<b>7</b>
3.1. 3 Boyutlu Kent Modeli Kavramı .....	7
3.2. 3 Boyutlu Kent Modelinde Detay Düzeyi Kavramı .....	8
3.2.1. LoD-0 Seviyesindeki Veriler .....	12
3.2.2. LoD-1 Seviyesindeki Veriler .....	13
3.2.3. LoD-2 Seviyesindeki Veriler .....	14
3.2.4. LoD-3 Seviyesindeki Veriler .....	14
3.2.5. LoD-4 Seviyesindeki Veriler .....	15
3.3. 3 Boyutlu Kent Modelinde Kullanılan Veri Türleri .....	15
3.3.1. Hâlihazır Haritalar .....	15
3.3.2. Kadastral Veriler .....	15
3.3.3. 3B Sayısal Arazi Modeli .....	16
3.3.4. 3B Bina Modelleri .....	16
3.3.5. Mimari Modeller .....	16
<b>4. 3 BOYUTLU MODELLEMEDE VERİ ÜRETİMİ .....</b>	<b>17</b>
4.1. Fotogrametrik Veri Toplama Yöntemleri .....	18
4.1.1. Hava Fotogrametrisi .....	19
4.1.2. Yersel Fotogrametri .....	19
4.1.3. Uzaktan Algılama .....	19
4.1.4. Fotogrametrik Yöntemlerle Ana Vektörlerin Çizimi.....	19
4.2. Lazer Ölçme Yöntemleri .....	20

4.2.1. Yersel Lazer Tarama Teknolojisi .....	20
4.2.2. Yersel Lazer Tarayıcı Bileşenleri .....	20
4.2.3. Yersel Lazer Tarayıcıların Sınıflandırılması .....	21
4.2.4. Yersel Lazer Tarayıcılar ve Çalışma İlkesi .....	21
4.2.4.1. Lazer Işının Gidiş Geliş Zamanıyla İşlem Yapanlar .....	21
4.2.4.2. Faz Karşılaştırma Metoduyla İşlem Yapanlar .....	22
4.2.4.3. Triangulasyon Metoduyla İşlem Yapanlar .....	22
4.2.5. Yersel Lazer Tarayıcıların Veri Yapısı.....	23
4.2.6. Yersel Lazer Tarama Yöntemi ile Ana Vektörlerin Çizimi.....	24
4.2.7. Lidar.....	25
<b>5. UYGULAMA .....</b>	<b>26</b>
5.1. İnce Minareli Medrese Hakkında Genel Bilgi .....	26
5.2. İnce Minareli Medrese'nin Yersel Lazer Tarayıcı İle Taranması.....	30
5.3. İnce Minareli Medrese'nin Tarama Verilerinin İşlenmesi .....	33
5.3.1. Kıymetlendirme İşlemi .....	38
5.3.2. 3 Boyutlu Nokta Bulutu Verisinden Cephe Çizimi .....	38
5.4. İnce Minareli Medrese'nin Ayrıntı Düzeylerinde Modellenmesi.....	41
5.4.1. LoD-0 Seviyesindeki Modeli.....	41
5.4.2. LoD-1 Seviyesindeki Modeli.....	43
5.4.3. LoD-2 Seviyesindeki Modeli.....	44
5.4.4. LoD-3 Seviyesindeki Modeli.....	45
5.4.5. LoD-4 Seviyesindeki Detayların Modeli .....	49
5.4.5.1. Model düzeltme işlem adımları .....	52
5.4.5.2. Taç Kapı Detaylarının Karşılaştırılması .....	58
5.4.5.3. Üçgen Ağ Yapısının Renklendirilmesi .....	58
5.4.5.4. Medresenin 3D Max Programında LoD-4 Seviyesinde Modellenmesi. 60	
5.4.5.5. Medrese Taç Kapısının 3D Model Doğruluğunun Araştırılması.....	66
<b>6. SONUÇLAR.....</b>	<b>69</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>72</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>75</b>

## KISALTMALAR

<b>2B</b>	: 2 Boyut
<b>3B</b>	: 3 Boyut
<b>3D</b>	: 3 Dimensional
<b>CAD</b>	: Bilgisayar Destekli Tasarım
<b>OGC</b>	: Açık Jeo Konumsal Konsoryum
<b>CBS</b>	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
<b>CityGML</b>	: Şehir Coğrafya İşaretleme Dili
<b>GPS</b>	: Küresel Konumlama Sistemi
<b>RGB</b>	: Renk Uzayı (Red, Green, Blue)
<b>INS</b>	: Atalet Gözlem Sistemi
<b>LOD</b>	: Detay Seviyesi
<b>SAM</b>	: Sayısal Arazi Modeli
<b>SYM</b>	: Sayısal Yükseklik Modeli
<b>VRLM</b>	: Virtual Reality Modeling Language
<b>ALS</b>	: Airbone Laser Scanning
<b>CCD</b>	: Charge Coupled Device
<b>YLT</b>	: Yersel Lazer Tarayıcı
<b>IMU</b>	: Inertial Measurement Units
<b>YKN</b>	: Yer Kontrol Noktası
<b>GML</b>	: Geography Markup Language
<b>XML</b>	: Extensible Markup Language

## ŞEKİLLERİN DİZİNİ

Şekil 3.1 CityGML’deki ayrıntı düzeyleri .....	10
Şekil 4.1 Üç Boyutlu Model İçin Veri Toplama .....	17
Şekil 4.2 Uçuş zamanı prensibi.....	22
Şekil 4.3 Oturumları Renklendirilmiş Nokta Bulutu .....	24
Şekil 4.4. Lidar Nokta Bulutu Verisi “Alâeddin Tepesi (KONYA)” .....	25
Şekil 5.1 Medresenin XIX. yy.’daki durumu, (A. Kuran’dan) .....	26
Şekil 5.2 Medresenin XX.yy. başlarında durumu, (Vakıflar Genel Müdürlüğü Arşivinden) .....	27
Şekil 5.3 Medresenin XX. yy. sonlarına doğru durumu.....	28
Şekil 5.4 Medresenin XX. yy. sonlarına doğru durumu.....	28
Şekil 5.5 Medresenin taç kapısı panorama.....	29
Şekil 5.6 Medresenin içerisinden panorama .....	29
Şekil 5.7 Medresenin Kubbe örtüsü ve aydınlık feneri.....	29
Şekil 5.8 Lazer Tarayıcı ve Özel Yansıtıcı Küre Hedefler.....	30
Şekil 5.9 Tarama Parametreleri.....	32
Şekil 5.10 Lazer Tarayıcı Fonksiyonları .....	32
Şekil 5.11 Lazer Tarayıcı ile Taç Kapı Detaylarının Taranması.....	33
Şekil 5.12. Kürelerin Tanımlanması .....	34
Şekil 5.13. Kürelerin Referans Hata Raporu.....	35
Şekil 5.14 Lazer Tarama Oturumlarının Birleşme Hata Raporu.....	35
Şekil 5.15 Medrese İçi Lazer Tarama Oturumları.....	35
Şekil 5.16 Medrese Dışı Lazer Tarama Oturumları .....	36
Şekil 5.17 Kapalı Avlu Nokta Bulutu .....	36
Şekil 5.18 Kapalı Avlu Nokta Bulutu Kesiti.....	37
Şekil 5.19 İnce Minareli Medrese Nokta Bulutu.....	37
Şekil 5.20 Ön Cephe Nokta Bulutundan Çizim İşlemi .....	38
Şekil 5.21 Nokta Bulutundan Çizilen Ön Cephe.....	39
Şekil 5.22 Nokta Bulutundan Çizilen Taç Kapı.....	39

Şekil 5.23 Nokta Bulutundan Çizilen Taban Planı .....	40
Şekil 5.24 Nokta Bulutundan Restorasyonu Çizilen Medresenin Model İçin Kullanılacak Ana Hat Çizgileri.....	40
Şekil 5.25 LoD-0 Seviyesi Medrese Modeli .....	41
Şekil 5.26 LoD-0 Seviyesi Medrese Modeli .....	42
Şekil 5.27 LoD-1 Seviyesi Medrese.....	43
Şekil 5.28 LoD-2 Seviyesi Medrese ve Çevresi.....	44
Şekil 5.29 LoD-2 Seviyesi Medrese 3D Max Programında Modellenmesi .....	44
Şekil 5.30 LoD-2 Seviyesi Medrese Modeli .....	45
Şekil 5.31 LoD-3 Seviyesi Medrese Modeli .....	46
Şekil 5.32 LoD-3 Seviyesi Medrese Modeli .....	46
Şekil 5.33 LoD-3 Seviyesi Medrese 3D Max Programında Modellenmesi .....	47
Şekil 5.34 LoD-3 Seviyesi Medrese 3D Max Programında Kaplama Belirlenmesi .....	47
Şekil 5.35 LoD-3 Seviyesi Medrese Ayrıntılı Modeli .....	48
Şekil 5.36 LoD-3 Seviyesi Medrese Ayrıntılı Modeli .....	48
Şekil 5.37 Nokta Bulutundan Taç Kapının Seçilerek Export yapılması .....	49
Şekil 5.38 3D Reshaper Programında Nokta Bulutundan Taç Kapıya Yüzey Oluşturma. ....	50
Şekil 5.39 Kubbenin Nokta Bulutu ve Mesh Yüzeyi .....	50
Şekil 5.40 Kubbenin Üçgen Ağ Görüntüsü.....	51
Şekil 5.41 Mesh Oluşturma Yöntemi Parametreleri .....	52
Şekil 5.42 Üçgen ağ yapısının otomatik oluşturulmuş Taç Kapı .....	53
Şekil 5.43 Mesh Yüzeyi oluşturulmuş Taç Kapı.....	54
Şekil 5.44 3D Reshaper Programının Delik Doldurma.....	55
Şekil 5.45 3D Reshaper Programının Delik Doldurma.....	56
Şekil 5.46 Taç Kapı Mesh Bilgileri.....	56
Şekil 5.47 Taç Kapı üzerindeki Küre Detayının Analizi .....	57
Şekil 5.48 Taç Kapı üzerindeki Küre Detayının Analizi .....	57
Şekil 5.49 Taç Kapı Detaylarının Karşılaştırılması .....	58
Şekil 5.50 Resim ve Yüzeyin Üzerinde Referansların Noktaların İşaretlenmesi.....	59

Şekil 5.51 Kubbenin Resimler ile Yüzeyinin Kaplanması.....	59
Şekil 5.52 Taç Kapının Resimler ile Yüzeyin Kaplanması.....	59
Şekil 5.53 Taç Kapı Modelinin 3D Max Programında Açılması.....	60
Şekil 5.54 Taç Kapı Modelinin 3D Max Programında Açılması.....	60
Şekil 5.55 Taç Kapı Modelinin Tüm Modele Eklenmesi.....	61
Şekil 5.56 Medresenin İç Kısımlarının Modellenmesi.....	61
Şekil 5.57 Medresenin İç Kısımlarının Modellenmesi.....	62
Şekil 5.58 Medresenin İç Kısımlarının Modellenmesi.....	62
Şekil 5.59 Arkeolog Mahmut AKOK 1983 yılında Çizdiği Medresenin Kesit Görünüşü.....	63
Şekil 5.60 LoD-4 Seviyesinde Modelden Kesit Görünüşü.....	63
Şekil 5.61 LoD-4 Seviyesinde Modelden Kesit Görünüşü.....	64
Şekil 5.62 LoD-4 Seviyesinde Model Ön Cephe.....	64
Şekil 5.63 LoD-4 Seviyesinde Model Arka Cephe.....	65
Şekil 5.64 LoD-4 Seviyesinde Model Render.....	65
Şekil 5.65 Reflektörsüz Total Station ve Çelik Şerit Metre ile yapılan ölçümler.....	66
Şekil 5.66 3D Reshaper yazılımında tespit edilen uzunluklar.....	67
Şekil 5.67 Karesel Ortalama hata Hesaplama Formülü.....	68
Şekil 6.1 İnce Minareli Medrese LOD Seviyeleri.....	70

## ÇİZELGELERİN DİZİNİ

Çizelge 3.1 CityGML’de ayrıntı düzeyleri ve veri çözünürlükleri. ....	11
Çizelge 5.1 Uzunlukların Karşılaştırılması. ....	68



## 1. GİRİŞ

Gerek mekânsal verilerin elde edilebilmesi için geliştirilen yeni teknikler gerekse bunlardan elde edilen farklı formattaki verilerin bir araya getirilip daha etkin sunumları için geliştirilen bilgisayar teknolojileri sayesinde üç boyutlu şehir modellerine olan ilgi hızla artmaktadır. Şehir modelleri “Dünya yüzeyinin ve şehir alanlarına ait ilgili nesnelerin dijital temsili” (Fard ve ark., 2009) şeklinde tanımlanmaktadır. Üç boyutlu model tarihi, mimari ve kültürel miras belgeleri için değerli bir araçtır. Başlangıçta iki boyutlu haritalarla başlayan kent rehberi uygulamaları zamanla yerlerini üç boyutlu kent modelleri şeklindeki ürünlere bırakmaktadır.

Üç boyutlu kentsel modeller, kapsamlı mekânsal incelemeler ve analizlerde analitik bir değerlendirmenin yanı sıra, görselleştirme aracı olarak bilgi erişimi ve paylaşımında da katkılar sağlamaktadır. Görsel bilginin belirli araçlar ve yöntemlerle betimlenmesi ve ifade edilmesi olarak tanımlanan görselleştirme uygulamaları, teknik olan ve olmayan tüm katılımcılar ve aktörler için ortak bir dil sağlamaktadır.

Üç boyutlu kentsel modelden üretilmiş ve mekânsal çevreye ait gerçeğe olabildiğince yakın düzeyde görüntüleri, kartografya ve harita işaretleri hakkında hiçbir bilgisi olmayanlar, sezgisel olarak daha kolay anlayabilmektedirler. Üç boyutlu ölçekli maketler, farklı açılardan alınan üç boyutlu görünümü sağlayan diğer geleneksel görselleştirme araçlarındandır. Ancak maketler göz hizasında görünümü sağlayamamaktadır ve algılanan ölçekte yanılsamalara neden olabilmektedir. Maketler ölçek bakımından üçüncü boyut etkisini, sadece yapı yükseklik, kütle-oran, kütle-ölçek ilişkilerinde değerlendirebilmektedir.

Görsel algıyı çok büyük oranda arttıran üç boyutlu şehir modellemede temel amaç analiz, keşif, karar verme, takip, yönetme vs. çok farklı amaçlar için farklı kaynaklardan elde edilmiş mekânsal verinin bütünleştirilip, coğrafi referanslandırılmış olarak sunumudur. Tüm bu farklı amaçlar için modelden farklı görsel ayrıntılar talep edilebilir.

## 1.1. Tezin Amacı

Kentsel tasarım ve planlama çalışmalarında kullanılmak üzere üç boyutlu model elde etmek için kaliteli (yeterli doğrulukta, görsel zenginlikte, istenilen ayrıntıda), ekonomik ve güncel verilere ihtiyaç vardır. Günümüzde üç boyutlu model elde etmek için farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler bu ihtiyaçların bazılarını karşılamaktadır.

Bu çalışmanın ana amacı; kent tasarımı yapan tüm disiplinlerin gereksinim duyduğu farklı LOD seviyelerinde üç boyutlu kent modellerini, lazer tarayıcılardan elde edilen nokta bulutu verileri de kullanılarak üretimlerini araştırmaktır. Kentsel tasarım yapacak disiplinlerin ihtiyaç duydukları verilerin uygunlaştırılarak, sunulmasıdır. Bu entegrasyonun nasıl ve ne şekilde yapılacağı, yapılacak entegrasyon sonunda nasıl ve ne kalitede bir ürün elde edileceği gibi temellerin tartışılmasıdır. Bu sayede söz konusu verilerin kullanılabilirliği, uygunluğu araştırılacaktır.

Yapılan modelleme çalışmaları sonunda elde edilen bu verilerin karşılaştırılması için doğruluk, üç boyutlu sunum detayları temel karşılaştırma ilkeleri olarak kabul edilmiştir. Bu amaçla Konya'nın simgesi olma özelliğini taşıyan İnce Minareli Medrese seçilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen model gerçek ölçeğinde fotogrametrik verilerin kullanıldığı yersel lazer tarayıcı destekli üç boyutlu kent modelidir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

1990'larla birlikte geliştirilen üç boyutlu kentsel sanal modeller planlama süreçlerinde kentin geliştirilmesine yönelik önerilerin tartışılmasında önem kazanmaya başlamıştır. Edinburg ve Bath modelleri ilk önemli sanal kent modelleri olarak bilinmektedir. Strathclyde University'de (Avustralya) ABACUS grubun geliştirdiği Edinburg modeli ile University Collage of London'da yer alan CASA grubunun Bath University ile birlikte geliştirdikleri Bath sanal kentsel modeli, kendi alanlarında akademik ve mesleki deneyimlerin gelişmesine katkıda bulunmuşlardır. Bu modeller zengin kültürel mirasa sahip kentlerde tarih ve kültür bilincinin arttırılmasında ve bu kentlerin korunmasında doğrudan katkılar sunabilmektedir,(Hamilton, 2001).

Çok aktörlü katılımcı planlama ve tasarım sürecinde kullanılan üç boyutlu sanal görselleştirme uygulama örneklerinin başında internet üzerinden fazla sayıda kullanıcıya erişebilen ve etkileşim kurabilen sanal kent uygulamaları gelmektedir. Bu kentlerin bazıları Bath, Glasgow, Dublin, Philadelphia ve Los Angeles'dır.

Sanal Bath modeli kentsel tasarım bakış açısında web üzerinden kentsel yapı bilgisinin erişimini sağlamaktadır. 10 km. kenar uzunluğuna sahip kare büyüklükte oluşturulan model, kent dokusu ve arazi yapısını ve Bath Manastırını daha ayrıntılı biçimde içermektedir. Bath modeli gelişme kontrolü sağlamak ve yaşayanların kentin geleceği hakkındaki görüşlerini değerlendirmek üzere yerel planlama kurumu tarafından kullanılmaktadır.

Glasgow Rehberi kentin günümüzdeki yapısının üç boyutlu mimari detaylarının belgelenmesi ile mimari mirasa dayanan veri tabanı geliştirmeyi amaçlamaktadır. Glasgow rehberi 25km<sup>2</sup>, alana oturmaktadır. Rehber, kente ait önerileri görüntülemek ve kentin internet üzerinden mimarisiyle tanıtımının sağlanması amacıyla yatırımcılar tarafından da kullanılmaktadır.

Sanal Dublin projesi, Dublin Teknoloji Enstitüsü'nden Hugh Mc Atamney tarafından hazırlanmıştır ve O'Connell Caddesi ve yakın çevresinin sanal mekânını temsil etmektedir. Philadelphia Model Kenti; kentin internet üzerinden üç boyutlu olarak izlenebilmesini amaçlamaktadır. Kentin gelişim stratejileri ile yenileme ve yeniden canlandırma yönetiminde ve turizm sektöründe kullanılmaktadır.

Sanal Los Angeles Projesi, kentin yüksek kalitede gerçek zamanlı görsel benzetim modelinin oluşturulması amacıyla üretilmiştir.

Ayrıca görselleştirme ve sunum tekniklerinde sahip oldukları grafik kalitenin özellikle halkın ve diğer aktörlerin kavrama ve algılama düzeylerini olumlu anlamda geliştirdiği görülmektedir,(Koramaz, 2009).

CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) için de altlık oluşturan üç boyutlu şehir modellerinin en çok kullanıldığı alanlardan birisi kentsel tasarımıdır. Kentsel tasarım çalışmalarının sağlıklı gerçekleştirilebilmesi için; yerel yöneticiler, merkezi yöneticiler, tasarımda rol alanlar, sivil toplum örgütleri, bölge halkı ve kamuoyu tasarımlara müdahil olmalıdır. Öncelikle mevcut durumun, ardından mevcut duruma ilave olarak geliştirilen yeni tasarımların bilgisayar ekranında üç boyutlu canlandırılması gelişen teknoloji ile hem çok kolaylaşmış hem de aranır hale gelmiştir. Zira üç boyutlu modeller elde edildikten sonra animasyonlar ile algı -iki boyutlu çizimlere göre- çok daha fazla arttırılmış olur. Bu tasarımcı ile hedef kitle arasındaki iletişimi arttırmaktadır. Sanal ortamda oluşturulan üç boyutlu tasarımlar ile tasarımcılar tasarımlarını daha kolay anlatabilmekte, diğer taraflar ise tasarımı çok daha kolay algılayıp, yorumlayarak katkıda bulunabilmektedirler. Böylelikle tasarlanan planın uygulamaya geçmeden önce varsa eksiklerinin giderilmesine ya da bazı değişikliklere olanak sağlamaktadır. Bunun sonucu olarak tasarımlarda başta fonksiyonellik ve estetik anlamında kazanımlar artmaktadır.

Üç boyutlu meydan modelleri ile modellenen alanın içinde geziniyormuş hissi verilir. Bu plancının çalışılan alanı okunmasını kolaylaştırır. Fizik mekâna ilişkin her türlü bilgi gerçekten alana çıkmış gibi modelden alınabilir. Alana çıkıldığındaki bakış açılarıyla meydana bakılması sağlanır. Bu sayede plancının meydanı sınırlayan öğeleri (bina, anıt, duvar vs.), meydanın baskın öğelerini, meydanın ölçeğini, ölçeğe dayalı olarak bu öğelerin ebatlarını (en, boy, yükseklik) doğru olarak algılamalarına imkân verir. Söz konusu modeller; topoğrafyayı ve meydanı oluşturan öğelerin topoğrafya ile ilişkilerini anlamayı da kolaylaştırır. Ayrıca bina yüzeylerindeki cephelerde kullanılan doku malzemesi ve bunların geçirgenliği, şeffaflığı hakkında bilgiler verir.

Bu son derece önemli bir bilgidir, zira cephelerde kullanılan malzemeler, bina yükseklikleri ile birlikte binaların inşa edildiği tarihsel perspektifi verirler. Mekân algısı bakımından kişinin bakış açısı ve mekân içerisindeki konumu önemlidir. Mekân ile ilgili kişide oluşan izlenim ve deneyimlerin pekişmesi için mekân algısının net olması ve çevre ile girilen özgür bir etkileşim önem taşımaktadır.

İki boyutlu çizim, iki boyutlu görsel, üç boyutlu görsel ve canlandırma çalışmalarının dinamik olmayan ve etkileşime izin vermeyen yapıları, kullanıcılar tarafından net anlaşılmasını engellemekte, dolayısıyla bu yöntemlerle oluşan mimari

sunumlar tasarımları anlatmakta yetersiz kalabilmektedir. Bu eksikliği gidermek için birçok açıdan sabit görsel ve farklı rotalı canlandırmalar hazırlamak zaman ve işgücü kayıplarına neden olmaktadır. Etkileşimli üç boyutlu sanal çevre oluşturmada kullanılan yazılımların yapısı sayesinde, bir bütün olarak sunum hazırlık süreci, gerekli bilgi donanımına sahip mimar ve tasarımcılar tarafından kısa sürede tamamlanabilir. Dolayısıyla sunum oluşturma sürecinde zaman ve iş gücü kaybı yaşanmamaktadır, (Satay ve ark., 2010).

Sanal üç boyutlu model üretmek günümüzde bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler nedeniyle kolay bir iş olarak düşünülür. Fakat gerçek objelerin ya da dünyanın tam bir geri kazanımı ve fotorealistik sayısal model üretimi hala önemli bir çaba gerektirir. Üç boyutlu modelleme çalışmalarının en önemli bileşeni coğrafi verilerdir. Söz konusu coğrafi veriler farklı kaynaklardan, farklı yöntemlerle, farklı doğruluklarla ve farklı formatlarda üretilirler. Üç boyutlu şehir modeli üretebilmek için öncelikle çok çeşitli kaynaklardan modellenecek alanın üç boyutlu mekânsal verilerinin toplanması gerekmektedir. Üç boyutlu şehir modeli üretebilmek için kullanılan geleneksel yöntemler jeodezik ölçme ve fotogrametrik çalışmalardır. Jeodezik ölçme otomasyon yetenekleri yüzünden sınırlıdır. Fotogrametrik teknikler üç boyutlu modelleme için iki boyutlu görüntüleri kullanır. Fotogrametrik teknikleri yersel görüntüleme, panoramik görüntüleme, havadan görüntüleme ve uydusal görüntüleme olarak kategorilere ayırmak mümkündür. Analog ve sayısal fotogrametri uzun yıllar nesnelerin üç boyutlu modellenmesinde kullanılmıştır,(Abdelhafiz ve ark., 2009).

Günümüzde yersel ve havadan lazer tarama yöntemleri de üç boyutlu modelleme çalışmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Sayısal fotogrametri ve lazer tarama tekniği üç boyutlu sayısal modellerin kazanımı için en yaygın olarak kullanılan iki tekniktir.Üç boyutlu modelleme çalışmaları için jeodezik ölçme yöntemi günümüzde özellikle zaman ve hassasiyet açısından yeterli görülmemekte ve kullanılmamaktadır. Lazer tarayıcıların en önemli ve en geniş kullanım alanlarından birisi üç boyutlu şehir modelleri için binaların kayıt ve modellenmesidir, (Voegtle ve ark., 2008). Yersel lazer tarayıcılar, zaman açısından uygun olsalar da yüksek maliyetlidirler.

İki tekniğin birlikte kullanılmaya başlanmasıyla birlikte gerçek dünyanın konumsal doğruluğu daha yüksek ve fotorealistik olarak daha gerçekçi üç boyutlu sanal modellerinin elde edip, sunulması olanakları artmıştır. 3B Şehir Modelleri oluşturmak için, Yersel lazer tarayıcıların en büyük dezavantajı taradıkları objelerin renk bilgisini gerçekçi bir model için gereken hassasiyette verememeleridir. Literatürde buna sık sık

vurgu yapılmaktadır. Lazer tarama ile yüksek çözünürlüklü geometrik modeller oluşturmak için gerekli olan yoğun üç boyutlu nokta-bulut verileri ortaya konulabilir, ancak renk bilgisinin kalitesi bazen gerekenden daha düşük olur. Lazer tarayıcıların en önemli dezavantajlarından birisi objenin renk görüntüsünün elde edilememesi ya da fotogrametriden daha kötü olarak elde edilmesidir. Bir objenin gerçek rengini daha hassas kayıt etmek için mutlaka fotoğrafları çekilmelidir, (Kadobayashi ve ark., 2004).

Tarayıcıların bu eksikliği yüzünden literatür de başarılı bir üç boyutlu model için, sayısal fotogrametri tekniği ile lazer tarama tekniğinin birleştirilmesi tavsiye edilmektedir. Son yıllarda, karmaşık nesnelere üç boyutlu modelleme alanında pek çok araştırma yürütülmüş olmasına rağmen, tüm uygulamalar için en iyisi olduğu düşünülebilecek tek bir teknik yoktur. Teknikler, doğrulukları, güvenilirlikleri, ayrıntı yakalama becerileri ve otomasyon seviyeleri açısından da çeşitlilik gösterir. Bu nedenle, karmaşık mimarilerin modellenmesi için farklı teknolojilerden edinilen verilerin birleştirilmesi çoğu zaman yararlı olur. Görüntü tabanlı yaklaşımlar ile tarayıcı tabanlı yöntemler genellikle birbirini bütünler durumdadır. Fotogrametrik yöntemler yüksek geometrik doğruluğa sahip olabilir, ancak tüm ince geometrik ayrıntıları yakalayamazlar. Tarayıcı tabanlı modelleme ile çoğu geometrik ayrıntı yakalanabilir, ancak ayrıntıların doğruluğu bir tarayıcıdan diğerine belirgin şekilde farklılık gösterir. Görüntü tabanlı modelleme yerine yersel lazer tarayıcılarının kullanılmasına yol açan nedenlerden birisi de, üç boyutlu modeli oluşturmak için iyi açılara ve iyi çakışmalara sahip resimleri elde etmenin imkânsız olmasıdır; bazı durumlarda kısa sürede yüksek seviyede ayrıntıya ulaşmak gereklidir, (Gonzo ve ark., 2007).

Günümüzde üç boyutlu şehir modellerinin üretimi ile ilgili standartlar henüz oluşturulmamıştır. Sadece CityGML yazılımı tarafından farklı kaynaklardan elde edilen verilerin görselleştirilmesi için geliştirilmiş standartlar mevcuttur. CityGML şehir modelleri için detay seviyesine göre beş ayrı ayrıntı düzeyi (Level of Detail) LOD tanımlanmaktadır.

CityGML şehirlerde ve bölgesel modellerde en alakalı topoğrafik nesnelere için sınıfları ve ilişkileri, geometrik, topolojik, semantik ve görünüm özelliklerine göre tanımlar, (Metral ve ark., 2007). Buradan da anlaşıldığı üzere bilgisayar yazılımları standartları yukarıya çekmekte ya da standartları belirlemektedir.

### **3. 3 BOYUTLU KENT MODELLERİ**

3 Boyutlu gösterimler bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerden sonra popüler hale gelmiştir. 3B kent modelleri değişik alanlarda kullanılmakta ve gün geçtikçe buna duyulan ihtiyaç artmaktadır. Teknolojinin katkısı ile büyük bölgelere ait gerçeğe en yakın 3B kent modellerinin oluşturulmasına olanak sağlayan yazılımlar üretilmiştir. İnşaat, turizm, eğlence, halka açık alanlar gibi konuları kapsayan uygulamalarda yüksek derecede fotoğrafik görseelliğe gereksinim duyulmaktadır. Bu gereksinim sebebiyle Dünyada da 3B kent modelleri farklı uygulama alanlarında kendisine yer bulmaktadır.

#### **3.1. 3 Boyutlu Kent Modeli Kavramı**

3 Boyutlu kent modelleri genellikle gelecek ile ilgili olarak, şehir verileri üzerinde keşif, analiz ve sentez gibi kestirimler yapmak için kullanılmaktadır. 3B kent modellerinin en önemli özelliği farklı mekânsal bilgilerin aynı ortamda bütünleştirilip gösterimine ve karmaşık kent modellerinin oluşturulup bunların yönetimine olanak sağlamasıdır. 3B kent modelleri; mimari tasarımların, şehrin sunumunda ve değerlendirilmesinde sıkça kullanılmaktadır.

Kent planlaması karmaşık ve çok boyutlu bir işittir. Çünkü 3B ortamda kentsel mekânlar planlanmış, dikkate alınmış ve çalışılmış olmalıdır. 3B sanal kent modelleri, arazi modelleri, bina modelleri, bitki modelleri, yollar gibi ulaşım sistemlerini içeren 3B ortamlar, coğrafi tabanlı şehir verilerinin gösterimini içermektedir.

3B jeoinformasyon teknolojilerinin getirdiği görselleştirme kapasiteleri ve animasyon desteği ile mimarlar, şehir plancıları ve karar vericiler, tasarımları mevcut durum içinde görüp değerlendirme yapabilmektedirler. Bu değerlendirmelerin yapılabilmesi için ilk aşamada, 3B kent modelinin oluşturulması gerekmektedir. İkinci aşamada, mimari tasarımlar modele eklenmektedir. Eş zamanlı olarak yapılacak olan 3B kent modellemesi ve tasarım çalışmaları, bölgenin daha iyi anlaşılmasını sağlayıp olası tasarım hatalarının önlenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, düşünülen tasarımların birbirleri ile karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır.(Lange ve ark., 2004).

Özetle bu teknolojinin kullanılması, planlama çalışmaları sırasında iletişim ve bilgilendirme işlemlerinin yapılmasını kolaylaştırmakta böylelikle daha şeffaf ve iyi tasarımların hazırlanmasına imkân sağlamaktadır. Çevresel etkenler, yönetim çokluğu, politik sebepler ve diğer faktörler planlama kararlarının verilmesinde etkili olmaktadır. Bu sebeple, çalışmalar süresince tasarımlar değişebilmekte, güncellenerek farklı ölçeklerde modeller oluşturulmaktadır.

### 3.2. 3 Boyutlu Kent Modelinde Detay Düzeyi Kavramı

3 Boyutlu binalar için ölçek kavramı, LoD (Level of Detail) ayrıntı düzeyleriyle ifade edilmektedir. Her bir LoD belirli bir genelleştirme düzeyini gösterir. Standart olarak belirli ölçeklerdeki 2B topoğrafik haritaların aksine, 3B binalar için genel olarak kabul edilmiş ayrıntı düzeyleri yoktur.

Aşağıdaki açıklandığı gibi şu anda geçerli olan LoD çoğunlukla veri çözünürlüğü, semantik bilgilerin içeriği ve uygulamalara bağlı olarak belirlenmiştir. Ayrıntı düzeyleri ile 3B kent modelleme 3B mekânsal verinin elde edilmesi ve kullanımında maliyetlerin en aza indirilmesine de katkıda bulunmaktadır.

Yerleşim yerleri ve binalar için üç ayrıntı düzeyi önerilmiştir; (Kolbe ve ark., 2007)

- LoD-1: Binayı haritalardaki sınırların mevcut yüksekliği kadar yükseltme,
- LoD-2: Düz çatılı ve duvar dokusu ile zenginleştirilmiş LoD-1,
- LoD-3: Ayrıntılı çatılar, bina yüzeyindeki çıkıntıların gösterildiği ve fotoğraflarla zenginleştirilmiş LoD-2'den oluşmaktadır.

Sayısal arazi modellerini de içeren beş ayrıntı düzeyi önermiştir; (Gröger ve ark., 2004)

- LoD-0: Uydu görüntüsü, ortofoto gibi görüntülerin sayısal yükseklik modeli yüzeyine giydirilmesi,
- LoD-1: Binayı haritalardaki sınırlarından mevcut yüksekliği kadar yükseltme,
- LoD-2: Çatı türleri, elemanları ve önemli ağaçlar ile zenginleştirilmiş LoD-1,
- LoD-3: Bitki örtüsü, sokak nesnelere (sokak lambaları, elektrik direkleri vb.) ve mimari özellikleri ile modellenmiş binalar,
- LoD-4: LoD-3'e ek olarak bina içi ayrıntıların da modele eklenmesinden oluşmaktadır.

Bu tanımlamalar karşılaştırıldığında, aralarındaki bazı farklılıklara rağmen hepsi, düşük çözünürlüklü alt düzey LoD, daha yüksek çözünürlüklü daha üst düzey LoD'lere doğru bir geçiş içermektedir. 3 Boyutlu kent modelleme ile ilgili oluşturulmuş kapsamlı kurallar henüz bulunmamaktadır.

Bu konuda 3B bina veri paylaşımını kolaylaştırmak için ilk standartlar CityGML (City Geography Markup Language) modelleme dili kapsamında OGC (Open Geospatial Consortium) tarafından aşağıdaki gibi oluşturulmuştur:

- Ayrıntı düzeyleri ile oluşturulacak 3B bina modelleri için CityGML dilinin kullanılması,
- 3B mimari bina modelleri için 3D-Studio MAX ve VRML dosya biçiminin kullanılması,
- 2B parsel ve 2B bina sınırlarını ve binaların yükseklik bilgilerini içeren 2B Coğrafi Bilgi Sistemi(CBS) verileri için "ESRI Shape" dosya biçiminin kullanılması,
- Bina sınırları arasındaki geometrik ilişkileri (topoloji) içeren veriler için "ESRI Shape" dosya biçiminin kullanılmasıdır.

3 Boyutlu kent modelleri yukarıdaki mekânsal verilerden başka klasik 2B coğrafi referanslı (toprak kullanım bilgisi vb.) raster ve vektör veri kaynaklarını (yol ağlarını, toplu ulaşım ağları) da içerir. Bu veriler 3B sayısal arazi modelleri üzerine raster veya vektör tabakası olarak eklenebilmektedir.

CityGML, 3B kent modellerine GML dilini kullanarak veri depolama, veri dönüşümü ve veri değişimi için XML-tabanlı ortamların oluşturulmasını sağlar. CityGML dili ayrıntı düzeyleri kavramına bir standart getirmek için geliştirilmiştir. Bir CityGML veri setinde, nesnenin farklı çözünürlükteki görünümleri dikkate alınarak gösterimi, analizi ve görselleştirilmesi aynı anda farklı ayrıntı düzeylerinde birlikte gerçekleştirilebilir.

CityGML’de, Şekil 3.1. de gösterildiği üzere LoD-0, LoD-1, LoD-2, LoD-3, LoD-4 adı verilen beş farklı ayrıntı düzeyi tanımlanmıştır. Bunlardan LoD-0 ayrıntının en az olduğu düzeydir ve yalnız 3B sayısal arazi modelini içerir. İlgili model alanına ait hava fotoğrafı ya da harita, sayısal yükseklik modeli ile ilişkilendirilebilir. Bu düzeyde arazi modeli 3B olmasına rağmen kent modeli 2.5B’dir. Çünkü binalar 3B olarak gösterilmemektedir. LoD-1 ayrıntı düzeyi, 3B kent modellemede sık olarak kullanılan ve 3B bina modellerinin en basit olduğu düzeydir. Bu ayrıntı düzeyinde binalar dikdörtgen prizmalar ile çatılar da düz olarak gösterilir. LoD-2 ayrıntı düzeyinde ise bina çatı tipleri, dış cephe ayrıntıları ve bitkiler belirli oranda gösterilmektedir. LoD-3 ayrıntı düzeyinde binaların balkonları, duvar ayrıntıları, çatılar gibi özelliklerinin gösterildiği mimari özellikli modeller ile oluşturulur. Yüksek çözünürlüklü fotoğraflar, bu ayrıntı düzeyinde yapıların dış yüzeylerine yerleştirilmektedir.

Ayrıca ayrıntılı bitki modelleri ve taşınabilir nesnelere LoD-3 modellerinde gösterilir. LoD-3 ayrıntı düzeyindeki yapılara, odalar, merdivenler, iç duvarlar, mobilyalar gibi bina içinde bulunan nesnelere eklenmesi ile LoD-4 ayrıntı düzeyine ulaşılır.,(Yücel ve ark., 2008).



Şekil 3.1. CityGML'deki ayrıntı düzeyleri

Ayrıntı düzeyleri ile nesne gösterimleri, her düzeyde gösterilebilir en küçük nesne boyutlarına bağlıdır. Çizelge 3.1'de gösterilen sayısal değerler kesin değildir, üzerinde tartışılabilir ve uygulamadan uygulamaya farklı olabilir. 3B kent modeli veri tabanlarının kalitesinin belirlenmesinde bu beş ayrıntı düzeyi kullanılabilir. Çizelgedeki sınıflandırmalar ile 3B kent modelinin veri tabanındaki veri kalitesinin değerlendirilmesi için kullanılabilir.

**Çizelge 3.1.** CityGML’de ayrıntı düzeyleri ve veri çözünürlükleri(Kolbe, 2006).

	<b>LoD-0</b>	<b>LoD-1</b>	<b>LoD-2</b>	<b>LoD-3</b>	<b>LoD-4</b>
Modelin kullanıldığı alan	Bölge, İl	Kent, Şehir	İlçe, Mahalle	Mimari modeller (bina dışı)	Mimari modeller (bina içi)
Model çözünürlük düzeyi	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok yüksek
Mutlak 3B nokta doğruluğu (konum/yükseklik)	LoD-1’den daha düşük	5m/5m	2m/2m	0.5m/0.5m	0.2m/0.2m
Genelleştirme(konum/yükseklik)	Yoğun genelleştirme	Genelleştirilmiş nesne blokları; > 6m*6m/3m	Genelleştirilmiş nesnelere; > 4m*4m/ 2m	Gerçek boyutlu nesnelere; > 2m*2m/1m	Yapı elemanları
Yapı donatıları	-	-	-	Dış elemanların gösterimi	İç elemanların gösterimi
Çatı tipleri	-	Düz	Basit yapıda	Basit yapıda	Gerçek görünümde
Çatı çıkıntıları	-	-	Henüz yok	Henüz yok	Var
Dış mekân nesnelere	-	Önemli nesnelere	Prototipler	Prototipler	Gerçek görünümde
Ağaçlar, büyük bitkiler	-	Önemli nesnelere	Prototip (6m den yüksek)	Prototip (2m den yüksek)	Prototip, gerçek görünüm
Bitki örtüsü	-	>50m*50m	>5m*5m	<LoD-2	<LoD-2

### 3.2.1. LoD-0 Seviyesindeki Veriler

LoD-0 seviyesindeki veriler, SAM (SYM ve Havai Görüntü) verisinden oluşmaktadır. Bu aşama da kullanılan SYM ve Havai görüntü olarak ifade edilen uydu görüntüsü ya da ortofoto verisinin elde edilişi yer almaktadır. SYM üretimi; hâlihazır haritalar, stereo uydu görüntüleri, hava fotoğrafları, takeometrik ölçümler, LIDAR verisi kullanılarak üretilmektedir.

Havai görüntü üretimi, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü ve hava fotoğrafı verilerini ifade etmektedir. LoD-0 seviyesindeki bu üretim aşamaları aşağıda sırasıyla açıklanacaktır.

- Hâlihazır haritalar kullanılarak SYM üretimi; Hâlihazır haritalardan yeryüzünde mevcut olan nesnelerin 3B konum bilgileri (x, y, z) elde edilebilmektedir.
- Stereo uydu görüntüleri ile SYM üretimi; Stereo çekilmiş uydu görüntülerinden aracı programlar kullanılarak yükseklik değerleri okunur ve bu değerler kullanılarak istenilen doğrulukta SYM oluşturulabilir.
- Takeometrik ölçümler ile SYM üretimi; Kritik noktaların konum bilgileri (x, y, z) arazide okunarak elde edilmektedir. Bu değerlerden oluşturulan nokta dosyaları kullanılarak kent modeli için gerekli detay bilgileri elde edilir.
- LIDAR verisi ile SYM üretimi; Havai LIDAR teknoloji, ilişkili sistemlerle birlikte (dijital kameralar, GPS/INS konumlayıcıları) kullanarak, sayısal yüzey modeli, sayısal yükseklik model ve ortofoto elde edilebilmektedir.
- Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri; Uydu görüntüleri uydular vasıtasıyla elde edilmektedir. Güncel olarak birçok ülkeye ait uydu bulunmaktadır. (Ikonos, Landsat, Quickbird, Orbview, Worldview, GeoEye vb.) gibi uydu görüntüleri çözünürlüklerine bağlı olarak farklı amaçlar için kullanılmaktadır.
- Hava Fotoğrafı; Hava fotoğrafları, muhtelif kameralar, filmler ve filtreler kullanılarak elde edilmektedir. Çözümleme ve ölçek hava fotoğraflarının ana özelliklerindedir. Hava fotoğrafları; istikrarlı sabit kanatlı uçaklara, uzay vasıtalarına ve nadiren helikoptere takılan kameralar vasıtasıyla sağlanmaktadır.

### 3.2.2. LoD-1 Seviyesindeki Veriler

LoD-1 seviyesi, LoD-0 seviyesine bina verilerin katı modellerinin ilave edilmesiyle elde edilmektedir. Özellikle bina verisi hâlihazır haritalardan elde edilmektedir. Buna ilaveten uydu görüntülerinin sınıflandırılması ve sayısallaştırılması ile de elde edilebilmektedir. Günümüzde sıkça kullanılan yersel tarama tekniği kullanılarak elde edilen tarama verisinden ve havai LIDAR verisinden de elde edilebilmektedir.

- Hâlihazır Haritalar Kullanılarak; Yersel ve fotogrametrik yöntemlerle yüksek doğrulukla oluşturulan 1/1000 veya 1/5000 ölçekli hâlihazır haritalarda gerekli tüm detaylar konum ve yükseklik bilgileriyle (x, y, z) mevcuttur. Oluşturulmak istenen kent modelinin amacına uygun olarak istenen tüm detaylar bina, yol, şev, ağaç, elektrik direği, gibi bilgiler modelle ilişkilendirilerek LoD-1 seviyesi oluşturulur.
- Uydu Görüntüleri Sınıflandırılarak; Sayısal görüntüde her cisim taşıdığı özelliklere bağlı olarak farklı sayısal değerler ile ifade edilirler.
- Uydu Görüntüleri Sayısallaştırılarak; Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları içerdiği zengin spektral bilgi ile birçok objenin ayırt edilmesine imkân sağlamaktadır.
- LIDAR Verisi Kullanılarak; Son yılların popüler teknolojilerinden LIDAR teknolojisi ile birlikte kent modelleme yepyeni bir boyut kazanmış, kent modelini oluşturan tüm detaylar yüksek rölatif ve mutlak doğruluğa ulaşmıştır. Uçaktan lazer tarama tekniği yer yüzeyi ile ilgili veri kümelerini tam otomatik olarak elde edebilmektedirler.
- Yersel Lazer Tarama Tekniği Kullanılarak; Lazer tarama verileri, statik konumda ya da mobil lazer tarama aracı ile toplanmaktadır. Mobil lazer tarama da ise bir araç üzerine yerleştirilen GPS/IMU sistemi ile koordinatlandırma yapabilen birden çok dijital hava kamerası içeren, lazer tarama cihazıyla donatılı bir sistem sayesinde gerçekleştirilmektedir.

### 3.2.3. LoD-2 Seviyesindeki Veriler

LoD-2 seviyesini oluşturmak için, LoD-1 seviyesindeki verilere çatı detayları eklenmesi gerekmektedir. Çatı detayları stereo uydu görüntüleri, klasik ölçümler veya LIDAR verisi kullanılarak elde edilmektedir.

- Stereo Görüntülerden (Fotogrametri) Elde Edilen Çatılar; Görüntü çiftlerinin bindirilmesi ile oluşturulan stereo çiftler aracı programlar kullanılarak çatı detaylarının üç boyutta çizimine imkân sağlamaktadır. Böylece kent modeli için önemli bir aşama olan çatı detayları elde edilebilmektedir.
- Klasik Ölçümler İle Çatı Çizimleri; Klasik ölçümler ile ölçülen çatı detayları bina köşe noktalarından çakıştırılarak elde edilebilmektedir.
- LIDAR Verileri İle Çatı Çizimleri; LIDAR teknolojisi kentteki tüm binaların çatı bilgilerini hassas bir şekilde çıkarılmasına olanak sağlamaktadır. Nokta bulutu şeklinde elde edilen bu çatı detayları üzerinden çizimler yapılarak çatı detayları elde edilebilmektedir.

### 3.2.4. LoD-3 Seviyesindeki Veriler

LoD-3 seviyesini oluşturmak için, LoD-2 seviyesindeki verilere, bina dış cephelerinin eklenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bina dış cepheleri fotoğraflama ve yersel lazer tarama tekniği kullanılarak elde edilmektedir.

- Fotoğraflama Tekniği; Fotoğraflama tekniğinin iki amacı bulunmaktadır. İlk olarak, Binaların dış cephelerinin fotoğrafları çekilir, bu fotoğraflar aracı programlar yardımıyla binalara giydirilir. Diğer bir kullanım amacı ise yersel lazer tarama tekniğinin kullanımına imkân bulunmayan çalışma alanlarında binaların fotoğrafları tarama verisi eksik olan kısımların çiziminde kullanılmaktadır.
- Yersel Lazer tarama Tekniği; Bina dış cepheleri yersel lazer tarama cihazı ile taranarak, tarama verisi elde edilir. Bu tarama verisine nokta bulutu adı verilmektedir. Bu nokta bulutu üzerinden çizimler yapılmakta ve binaların dış yüzeyleri elde edilmektedir.

### 3.2.5. LoD-4 Seviyesindeki Veriler

LoD-4 seviyesi, LoD-3 seviyesindeki verilere iç cephe detaylarının eklenmesiyle elde edilmektedir.

- Fotoğraflama Tekniği; Binaların iç cephelerinin fotoğrafları çekilir, bu fotoğraflar aracı programlar yardımıyla binalara giydirilir.
- Yersel Lazer Tarama Tekniği; Bina iç cepheleri yersel lazer tarama cihazı ile taranarak, tarama verisi elde edilir. Bu tarama verisine nokta bulutu adı verilmektedir. Bu nokta bulutu üzerinden çizimler yapılmakta ve binanın dış yüzeyi elde edilmektedir.
- Klasik Ölçümler; Rölöve alımlarında, mimari çalışmalarda sıkça kullanılan metrik ölçümleri ifade edilmektedir.

### 3.3. 3 Boyutlu Kent Modelinde Kullanılan Veri Türleri

3 Boyutlu kent modellerinin oluşturulması ve sürdürülmesi, birbirinden bağımsız veri kaynakları ile yapılabilmektedir. Bu da veri tabanları arasındaki güçlü bağlantılar ile sağlanabilmektedir. Burada verilerin sistematik ve doğru olarak birleştirilmesi önemlidir. 3B kent modellemede kullanılan veriler aşağıda verilmiştir.

#### 3.3.1. Hâlihazır Haritalar

Hâlihazır harita içinde bulunulan durumu gösteren harita anlamına gelmektedir. Hâlihazır harita 'da nirengi, poligon noktaları, RS noktaları, binalar, binaların kat adedi, kaldırımlar, yollar, sokaklar, dışında kalan yerlere ait yükseklik eğrileri, ağaçlar, elektrik direkleri, ada ve parsel numaraları ve sınırları vb. çalışılan alanda bulunan her şey gösterilir. Hâlihazır haritalar, " 1/2500 ve Daha Büyük Ölçekli Harita ve Planların Yapımına ait Yönetmelik " esaslarına göre 1/1000 veya 1/2000 ölçekli olarak yapılır. 2B hâlihazır haritalardan 3B bina modellerinin oluşturulması, bina sınırlarının gerçek yükseklikleri kadar yüksekliğe kaldırılması ile gerçekleştirilmektedir.

#### 3.3.2. Kadastral Veriler

Kadastral veriler, parsel ve binalar ile bu objelerin konumsal bilgilerini içerir. Ayrıca, parsel ve bağımsız bölümlere ait mülkiyet hakları gibi bilgilerde tapu verisi olarak kadastral verileriyle ilişkilendirilmektedir. 2B kadastral verilerden 3B bina modellerinin oluşturulması, bina sınırlarının gerçek yükseklikleri kadar yüksekliğe kaldırılması ile gerçekleştirilmektedir.

### **3.3.3. 3B Sayısal Arazi Modeli**

SAM'ın temelini sayısal yükseklik modelleri (SYM) oluşturmaktadır. SYM yalnız çıplak arazi topoğrafyasını 3B olarak gösteren modellerdir. SYM'ler yükseklik bilgilerini içeren vektör veya grid veriler ya da LIDAR yöntemi ile elde edilmiş 3B nokta veriler kullanılarak oluşturulabilir. SYM'ye bina, yollar, bitki örtüsü vb., ekstra bilgilerin 2B veya 3B olarak eklenmesi ile SAM elde edilmektedir. Ortofotolar, hava fotoğrafları, uydu görüntüleri gibi raster haritalar, SAM'larda yüzey kaplamaları şeklinde altlık olarak kullanılmaktadır. SAM'lara 3B nesnelere (binalar, bitkiler, cadde ve sokak nesnelere vb.) eklenmesi ile 3B kent modelleri elde edilmektedir. Bu nedenle SAM'lar, 3B kent modellerindeki bütün 3B geometrik nesnelere için referans yüzeylerdir.

### **3.3.4. 3B Bina Modelleri**

3B bina modelleri yersel veya havadan lazer tarama, fotogrametrik yöntemler ve yersel ölçmelere dayanan jeodezik yöntemler ile elde edilen verilerden türetilmektedir. 3B binalar çeşitli ayrıntı düzeyleri ile gösterilebilir. Bu düzeyler; blok modeller (LoD-1), çatıların dâhil edildiği geometrik modeller (LoD-2), cephe dokusunun dâhil edildiği mimari modeller (LoD-3) ve ayrıntılı iç mekân nesnelere de içeren 3B bina modelleridir (LoD-4). Binaların detaylı olarak gösterimine olan gereksinimin artması, bina ayrıntı düzeylerinin önemini arttırmıştır. (Döllner ve ark., 2005)

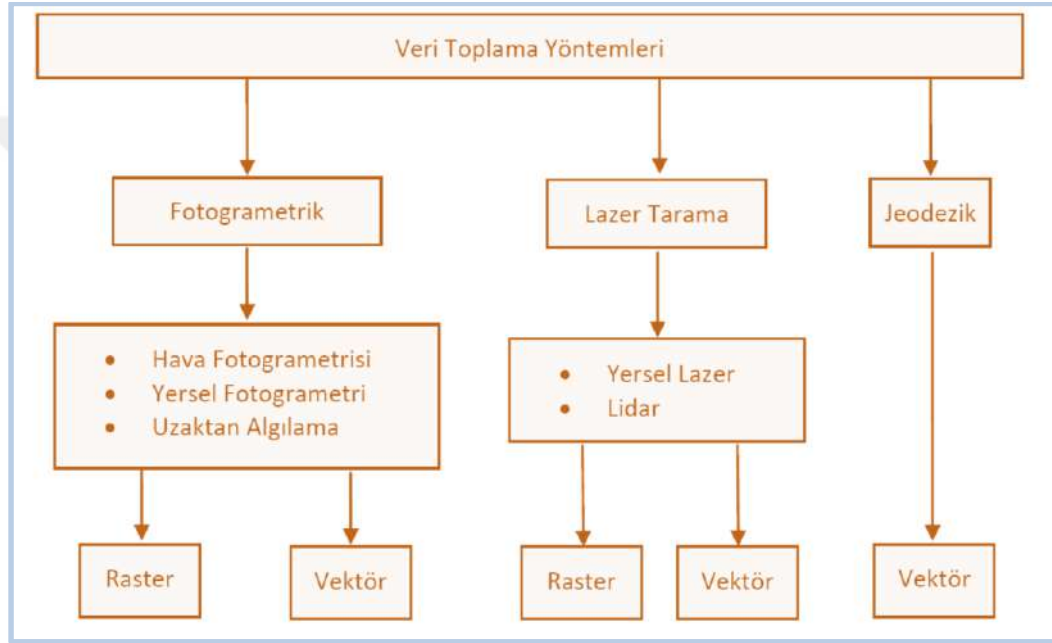
### **3.3.5. Mimari Modeller**

Tarihi yapılardan oluşan bölgelerdeki 3B kent modeli uygulamalarında, basit gösterimli 3B bina modelleri ile bazı önemli yapıların (Landmark) 3B mimari modeller ile birleştirilmektedir. Bu modeller genellikle binaların dış görünümünün yanı sıra bina içi nesnelere ve dış mekân (cadde ve sokak) nesnelere de ayrıntılı olarak göstermektedir.

#### 4. 3 BOYUTLU MODELLEMEDE VERİ ÜRETİMİ

Üç boyutlu model elde edebilmek için sayısal verinin elde edilmesi şarttır. Üç boyutlu şehir modeli elde edilmesi sırasındaki en fazla zaman, emek ve para sayısal verilerin elde edilmesi sırasında harcanmaktadır. Sayısal veriler ya araziden doğrudan alınır ya da dolaylı olarak temin edilirler.

Üç boyutlu modelleme için kullanılan yöntemler, tamamen mesleki olan jeodezik ve fotogrametrik çalışmaları içeren ölçme, klasik yöntem, değerlendirme ve çizim aşamalarından oluşur.(Ergun, 2010),Veri toplama yöntemleri Şekil 4.1 'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Üç Boyutlu Model İçin Veri Toplama

Mekânsal veriler raster ve vektör olmak üzere iki ana formattadır. Raster veriler grid hücre yapısındadırlar. Raster formatta görüntü grid hücrelerine bölünmüştür. Bu grid hücreleri görüntünün özelliklerini tanımlar. Raster formatta, en küçük haritalama birimi bu grid hücresidir. Vektör formatın, nokta, çizgi ve poligon gibi elemanları vardır. Bu iki veri tipi, görüldüğü üzere birbirinden temel itibariyle farklıdırlar.(Karagöz, 2008)

Şehir ya da mekânın bilgisayarlarda sunumu olan üç boyutlu kent modellerinde çalışmalarında raster veri özellikle gerçekçi bir model elde edebilmek için doku kaplamasında (görüntü, desen elemanı olarak) kullanılmaktadır.

- Raster Veriler: Bu veriler genelde görüntü ve görüntü tabanlı veriler.
- Vektör Veriler: Bu veriler genelde ölçme işlemi ile üretilen çizgisel verilerdir.
- Nokta Bulutu Veriler: Bu tür verilerde nokta koordinatlarının taban alındığı nokta bulutu olarak adlandırılan lazer tarayıcıların ürettiği verilerdir. Bu veriler havadan ya da yerden yapılan taramalar ile üretilebilmektedir. Nokta bulutu verileri de vektör veri yapısı olarak değerlendirilmektedir.(Ergun, 2010)

Veri seti olarak ölçme ve modelleme çalışmasında yukarıda tanımlanan üç veri seti de aynı anda kullanılabilir. Vektör veri yapısı, objelerin düzlemsel özellikleriyle gösterildiği sunumdur. Çizgisel objeler düzlemsel yapılar; sınırları ve konumları olarak gösterilmektedir. Vektör veri yapısı detayları koordinat değerleriyle depolamaktadır.

Üç boyutlu kent modellerinde objelere ait modellerin oluşturulması ve saklanması vektör veri yapısında yapılmaktadır. Raster görüntü, birbirine komşu grid yapıdaki, eşit boyutlara sahip hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Fotoğraf görüntüsü özelliğine sahip raster modeller, genellikle fotoğraf ya da haritaların taranmasıyla veya sayısal kamera kullanılmasıyla elde edilmektedirler.

Raster yapıdaki veriler üç boyutlu kent modellerinde özellikle görselleştirme işlerinde kullanılmaktadır. Kaplama ve foto-gerçeklik çalışmalarında bu tür verilerden yararlanılmaktadır. Üç boyutu kent modellerinde kullanılan verilerin tümü üçüncü boyut bilgisine sahiptir ya da yükseklik bilgileri öznitelik olarak kaydedilmektedir.

#### **4.1. Fotogrametrik Veri Toplama Yöntemleri**

Fotogrametri harita hazırlamadan başlayarak sayısal arazi modelleri ve ortofoto haritalarla birlikte, coğrafi bilgi sistemlerinin katmanlarına veri girişi hazırlayan yöntemler arasında en yaygın olarak kullanılanıdır. Fotogrametri yönteminde resim çekimi anındaki koşullar değerlendirme aletleri yardımıyla tekrar oluşturulmaktadır.

#### **4.1.1. Hava Fotogrametrisi**

Fotogrametride ışın demetleriyle dengelemede (Demet dengelemesi ile) resim koordinatları ile cisim koordinatları arasındaki ilişki doğrudan sağlanır. Demet dengelemesinin enine ve boyuna belirli örtü oranlarına sahip blok yapıdaki resimlerdir.

#### **4.1.2. Yersel Fotogrametri**

Objeyi tekrar elde edebilmek için fotogrametride üç ana işlem adımı bulunmaktadır.

- Fotoğraf çekimi
- Yönelmelerin belirlenmesi
- Resimler üzerinde ölçülmüş noktaların üç boyutlu cisim koordinatlarının hesaplanması

#### **4.1.3. Uzaktan Algılama**

Uzaktan algılama, yeryüzünden belli uzaklıkta, atmosferde veya uzaydaki platformlara yerleştirilmiş ölçüm aletleri aracılığıyla, yeryüzü ve nesnelere hakkında bilgi alma tekniğidir. Bir uzaktan algılama görüntüsünün dört temel çözünürlüğü vardır. Mekânsal çözünürlük, spektral çözünürlük, radyometrik çözünürlük ve zamansal çözünürlük. Uzaktan algılama görüntülerinin analizi için iki yol vardır. Bunlar; görsel yorumlama ve sayısal görüntü işleme ile metotlarıdır. Görsel analizin avantajı yüksek çözünürlükte insan beyninin en iyi yorumlayıcı olması; dezavantajı ise, tüm spektral karakteristikleri yorumlamanın mümkün olmaması ve zaman, maliyet, eğitim gerektirmesidir. Sayısal görüntü işlemenin avantajı spektral özelliklerin büyük çoğunlukla yorumlanabilir olması, hızlı işlem ve analiz özelliği sağlamasıdır. Dezavantajları ise çok büyük oranda algoritma geliştirme ve kodlama gerektirmesi ya da uygun yazılımların ulaşılmasını gerekli kılmasıdır.

#### **4.1.4. Fotogrametrik Yöntemlerle Ana Vektörlerin Çizimi**

CAD model için ana vektörlerin çizilmesinde uzun süre kullanılan yöntem yersel fotogrametri yöntemi olmuştur. Fotogrametrik yöntemle ana vektörlerin elde edilebilmesindeki ilk aşama resimleri yönlendirmek için kullanılacak olan kontrol noktalarının jeodezik yöntemlerle ölçülmesi ve ardından resimlerin çekimini kapsayan arazi çalışmasıdır. Büro çalışması ise; fotoğraf makinesinin kalibrasyonu, çift resimden modellerin elde edilmesi ve üç boyutlu değerlendirme, çizim şeklinde özetlenebilir. Bugün pek çok fotogrametri yazılımı üç boyutlu çizim işlemine olanak vermektedir.

## 4.2. Lazer Ölçme Yöntemleri

Lazer teknolojisi alanındaki araştırmalar 1960 yılında beri devam etmektedir. 1990'lı yıllarda lazer teknolojisi total stationlarda kullanılmıştır. Yersel lazer tarama ile hava lazer tarama tekniklerinde aynı ölçme prensipleri kullanılmaktadır. Yersel lazer tarayıcıların ticari olarak piyasaya ilk çıkışından itibaren geçen zaman içerisinde farklı alanlardaki kullanımı gözle gözükür şekilde artmıştır. Hava yollu lazer tarama teknolojisi (ALS-Airbone Laser Scanning) 1980'lerde gelişmiştir. 1988'de Stuttgart Üniversitesi, ALS tekniğiyle sayısal arazi modeli ve yüzey modelleri uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır. (Gümüş, 2008)

### 4.2.1. Yersel Lazer Tarama Teknolojisi

Yersel lazer tarama yöntemi, objelerin doğrudan, hassas ve otomatik olarak 3B koordinatlarının elde edilmesini sağlayan bir teknolojidir. Yersel lazer tarayıcı sistemleri çok kısa bir sürede fiziksel verilerin hassas ve yoğun bir şekilde ölçülmesine olanak tanımaktadır.(Avdan ve ark., 2013).Lazer tarayıcılar nesne yüzey verisini 3B koordinat olarak elde etmektedirler. Her saniyede binlerce nokta verisi elde edebilen otomatik ve sistematik bir işlem akışına sahiptirler. Tarayıcı ayrıca taranan nesne yüzeyinin yansıma değerlerini de 3B koordinatlara ek olarak sağlayabilmektedir. 3B tarayıcılar; yerinde durarak sabit konumda işlem yapan (üretim hatları gibi işlem yapan), bir tripod gibi bir düzenekle işlem yapanlar (close-range), topoğrafik uygulamalar için kullanılan uçağa monte (airborne) sistemler olarak sınıflandırılabilirler.(Aşkın ve ark., 2009). Üç boyutlu lazer tarayıcı objeyi bir lazer işınıyla seçilebilir bir grid yoğunluğuna göre taramaktadır. Hedef noktasıyla eğik mesafeyle beraber yatay ve düşey açı da kaydedilmektedir. Çok kısa sürede binlerce 3B vektör yaratılmaktadır, taranan obje 3B koordinat uzayında büyük bir grid formunda gösterilmektedir. Bu yüzden 3B lazer tarayıcıya 1:1sayısallaştırıcı da denmektedir. Tarama işlemi sonucu oluşan nokta bulutu bilgisayar ekranında eş zamanlı gösterilmektedir.

### 4.2.2. Yersel Lazer Tarayıcı Bileşenleri

Bir yersel lazer tarayıcı sistemi (YLT) şu bileşenlerden oluşur:

- Tarama ünitesi (tarayıcı)
- Kontrol ünitesi
- Tripod ve Sehpa

### 4.2.3. Yersel Lazer Tarayıcıların Sınıflandırılması

YLT'leri sınıflandırmak zordur. YLT'leri ölçme prensiplerine ya da teknik özelliklerine göre sınıflandırmak mümkündür. Her şeyden önce tüm uygulamalar için kullanılacak evrensel bir YLT yoktur. Bazı tarayıcılar iç mekânda ve orta mesafe uzunluklarda (ölçme mesafesi 100 m'ye kadar) kullanılırlar. Bazı tarayıcılar ise dış mekân ve uzun mesafe (ölçme mesafesi 100 m'den fazla) ölçmeleri için uygundur. Hatta yakın mesafe (birkaç metre) ölçmeleri için yüksek hassasiyetli tarayıcılar vardır.

Yapılacak uygulamaya göre, uygun lazer tarayıcı seçilmelidir. Tarayıcıların teknik özelliklerine göre sınıflandırılmaları, sistemin performans ve olanaklarını görmek açısından daha faydalıdır. Bu da kullanıcıya amacına uygun tarayıcı seçimi yapabilme olanağı sağlar.(Karşıdağ, 2011).

Bu teknik özelliklerin en önemlileri şunlardır:

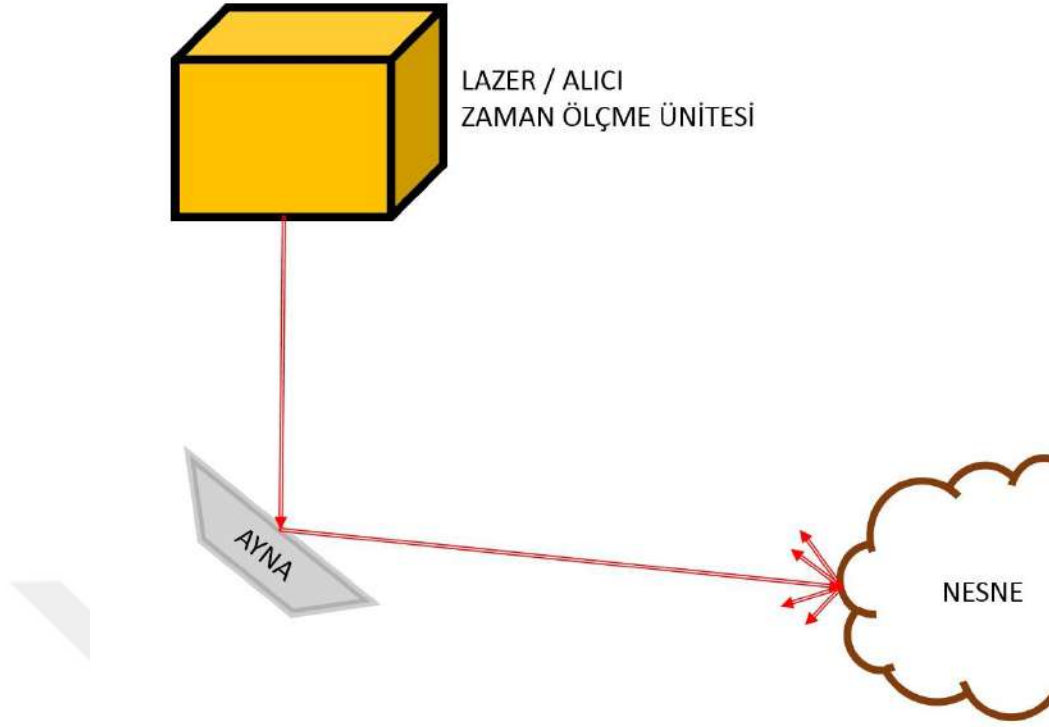
- Tarama hızı, lazer ölçme sisteminin örnekleme oranı,
- Görüş alanı (Kamera görüntüsü, profil, görüntüleme),
- Mekânsal çözünürlük (Örneğin, görüş alanında taranan nokta sayısı),
- Sistemin genel doğruluğu, mesafe ölçme sistemi ve ışın saptırma ünitesinin doğruluğu,
- Lazer tarayıcıya diğer cihazların monte edilme özelliği (GPS, kamera gibi).

### 4.2.4. Yersel Lazer Tarayıcılar ve Çalıma İlkesi

Yersel lazer tarayıcıların ölçme prensibi üçe ayrılır.

#### 4.2.4.1. Lazer Işının Gidiş Geliş Zamanıyla İşlem Yapanlar

Bir lazer ışını Şekil 4.2'de gösterildiği gibi nesneye gönderilir. Gönderici ile yüzey arasındaki uzunluk, sinyal iletimi ile alımı arasındaki uçuş zamanıyla ölçülür. Bu prensip, total stationların çalışma prensibinden dolayı da iyi bilinir. Tarayıcılar, lazer ışının açısal sapması için küçük dönüş aletleri ve uzunluk hesaplaması için basit algoritmalar kullanırlar. Uzunluk ölçümlerinin tipik standart sapmaları, birkaç milimetre olmaktadır. Üç boyutlu doğruluğu aynı zamanda, ışının açısal noktalama doğruluğundan etkilenir.



Şekil 4.2. Uçuş zamanı prensibi

#### 4.2.4.2. Faz Karşılaştırma Metoduyla İşlem Yapanlar

Bu yöntem de yine total stationlar da bilindiği gibidir. Uzunluk, iletilen ve alınan dalgalar arasındaki faz farkından hesaplanır. Daha karışık sinyal analizinden dolayı sonuçlar daha doğru olmaktadır. İyi tanımlanmış bir dönüş sinyaline ihtiyaç olduğu için faz karşılaştırma yöntemini kullanan tarayıcılar, kısa uzunluklarda daha etkilidir. (Gümüş, 2008).

#### 4.2.4.3. Triangulasyon Metoduyla İşlem Yapanlar

Tek kameralı ve çift kameralı olarak ikiye ayrılmaktadır.

**Tek Kamera Çözümü:** Bu tarayıcı, basit bir ışın yayma düzeneğinden oluşur. Tarayıcıdan nesneye, artan değişen açılarla ve lazer noktalarını sezen bir CCD kamerasıyla lazer ışını gönderir. Yansıtıcı yüzey elementlerinin üç boyutlu konumları, sonuç üçgeninden elde edilir. Bu prensip, menzil bulucuların kullanıldığı araştırmada önceliklere sahiptir. Bu açıdan, tarayıcı ve nesne arasındaki uzunluğun doğruluğu, uzunluk alanıyla birlikte ifade edilir. Bu tarayıcılar, doğruluk isteyen daha hassas çalışmalarda kısa mesafeler ve küçük nesnelere için önemli bir rol oynar.

**İki Kamera Çözümü:** Triangulasyon prensibinin bir değişkeni, iki CCD kamerası kullanımındır. İncelenecek nokta ya da bölge, hiçbir ölçme fonksiyonu olmayan ayrı bir ışık projektörü ile üretilir. Projeksiyon, hareket eden şerit bölümlerinin bir ışık çizgisinden oluşur. Geometrik çözüm, tek kamera prensibiyle aynıdır ve aynı doğrulukta sonuç verir. Bu tarayıcılar, yukarıda belirtilen tarama aletlerine bir alternatif olarak görülebilir.

#### 4.2.5. Yersel Lazer Tarayıcıların Veri Yapısı

Yersel lazer tarayıcılar, ölçülecek objeyi yatay ve düşey yönde belirli bir açı altında nokta dizileri şeklinde tarayarak, nokta bulutu olarak görüntülenmesini sağlar. Nokta bulutu verisi, ölçülen her nokta için tarayıcı alet merkezli kutupsal koordinat  $(x,y,z)$  ve yansıma yoğunluk değeri (ton) bilgisi ihtiva eder.

Yersel lazer tarama karmaşık geometriye sahip bina, makine vb. objelerden hızlı ve kolayca veri alınmasını sağlayan yeni bir teknolojidir. Son yıllarda bazı üreticiler özel amaçlar için farklı sistemleri dizayn edip geliştirdiler. Yersel resim fotogrametrisi ile yeni bir teknoloji olan YLT metotlarının birleştirilmesi üç boyutlu fotorealistik modellerin sunumu, gerçek objelerinin sınıflandırılması ve görsel gerçekliğin yaratılması için yeni fırsatlar sunmaktadır. Farklı istasyon noktalarından yapılan tarama verilerinin tek bir koordinat sisteminde bütünlenmesi ise yapay hedefler ile gerçekleştirilir. Söz konusu hedeflerin jeodezik yöntemlerle (Total Station vb.) koordinatlandırılması ile de istenilen referans sisteminde obje koordinatları elde edilmiş olur.(Ay ve ark., 2009).

Lazer tarayıcılar, ölçülecek objeyi yatay ve düşey yönde belirli bir açı altında nokta dizileri şeklinde tarayarak nokta bulutu Şekil 4.3'deki halinde görüntülenmesini sağlarlar. Her lazer noktası için tarayıcı alet merkezli kutupsal koordinatlar ölçülür.



Şekil 4.3. Oturumları Renklendirilmiş Nokta Bulutu

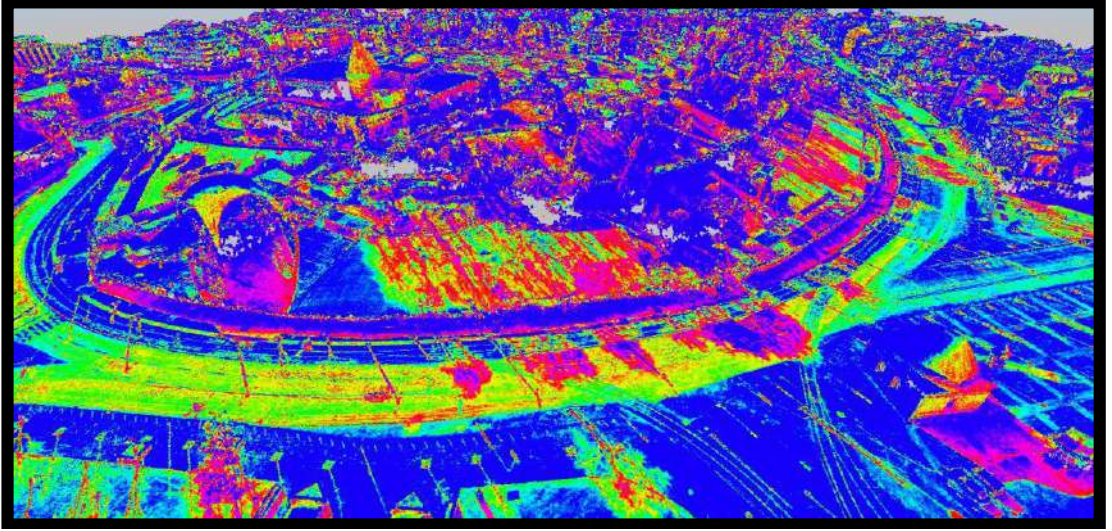
#### 4.2.6. Yersel Lazer Tarama Yöntemi ile Ana Vektörlerin Çizimi

Yersel Lazer Tarama Yöntemi ile ana vektörlerin çizimi için; tarayıcıdan elde edilmiş, pek çok farklı yönden sağlanan nokta kümelerinin tek bir koordinat sisteminde bütünleştirilmesi gerekmektedir. Bu noktaların jeodezik yöntemlerle bir koordinat sistemine bağlanması suretiyle ölçülerin referanslanması sağlanmaktadır. Böylece taranan yapı, tanımlanan koordinat sisteminde üç boyutu nokta kümesi şeklinde sağlanmaktadır.(Demir ve ark., 2005).Elde edilen bu nokta kümesi CAD programları üzerinden açılarak ana vektörlerin çizim işlemleri gerçekleştirilir.

#### 4.2.7. Lidar

Lidar, yüksek doğruluk konumsal veri elde edilmesinde kullanılan lazer tarayıcı algılama sistemidir. Bu teknoloji 1960'lı yılların sonunda gelişmeye başlamış ve ilk ticari Lidar sistemi 1993'te topografik haritalama amaçlı piyasaya sürülmüştür. Lidar çalışma prensibi, lazer tarayıcı sistem tarafından gönderilen ve obje yüzeyinden yansıyan lazer sinyalinin geri dönme süresinin ölçülme işlemidir. Modern Lidar sistemlerinde lazer sinyali aynı zamanda intensity bilgisini de kaydederek Şekil 4.4'de görüldüğü üzere "intensity görüntü" oluşturmaktadır. (Uzar ve ark., 2011).

Lidar günümüzde üç boyutlu kent modellindeki tüm nesnelere için referans yüzeyi olan sayısal arazi modelinin üretiminde oldukça etkin bir yöntem olarak kullanılmaktadır.



Şekil 4.4. Lidar Nokta Bulutu Verisi "Alâeddin Tepesi (KONYA)"

## 5. UYGULAMA

### 5.1. İnce Minareli Medrese Hakkında Genel Bilgi

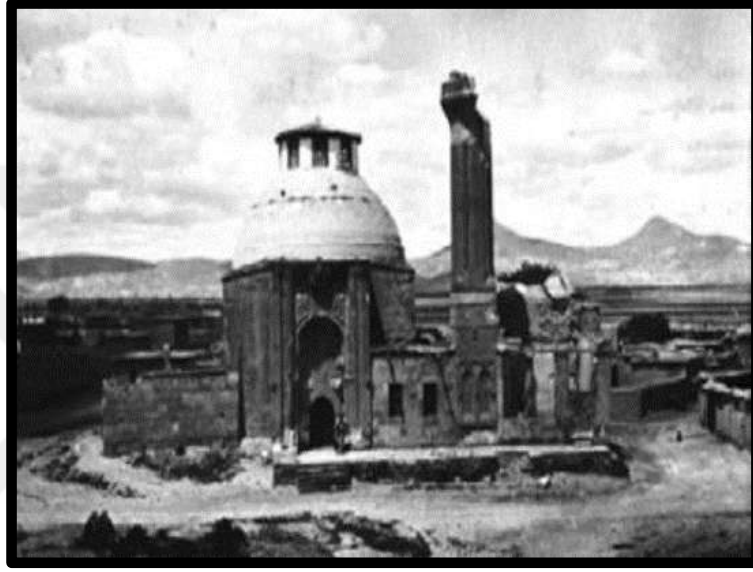
Konya İnce Minareli Medrese, Anadolu Selçuklu Dönemi'ne ait eşsiz eserlerden biridir. Alaeddin Tepesi'nin batısında, Beyhekim Mahallesinde bulunan medrese, doğudan Alaeddin Keykubad Caddesi, batı, güney ve kuzeyden ise İnce Minare Sokağı ile sınırlanmıştır. 1260–1265 yılları arasında Sultan II. İzzeddin Keykavus Devri'nde ünlü vezir Sahip Ata Fahreddin Ali tarafından Mimar Kelûk bin Abdullah'a yaptırılmıştır. (Sözen,1972),(Erdemir, 2007).

Medrese asıl halini büyük ölçüde korumakla beraber çeşitli dış etkenlerle tahrip olmuş ve birçok onarım geçirmiştir. Medresenin giriş holü ile ana eyvan ve kubbe iç avlusunun medreseye bitişik mescidinde önü revaklı kubbeli harimi ile minaresinin çeşitli onarımlar sayesinde aslı halini kısmen de koruyabildiği, XIX yüzyılın sonlarına ait Şekil 5.1'den anlaşılmaktadır. Binanın bildiğimiz ilk onarımı H. 1126/M. 1714 tarihinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.1. Medresenin XIX. yy.'daki durumu, (A. Kuran'dan)

Minare, H.15 Şaban 1319/27 Kasım 1901 Çarşamba günü yıldırım isabet etmesi nedeniyle birinci şerefesine kadar yıkılmış, bu sırada da batısındaki mescidin kubbesini de tahrip etmiştir. Uğur-Koman“1929 yılında harap durumdaki mescit ve son cemaat yeri duvarlarının tamamen yıkıldığını” Şekil 5.2’de ifade eder. Mevcut bilgilerden 1930’lı yıllara kadar binanın bu harap durumunu koruduğu görülür. Atatürk’ün Konya gezisinden sonra içinde medresenin de bulunduğu birçok eski eserin tamir edilmesine ilişkin talimatı, uzun yıllar sürecek olan onarım çalışmalarının başlangıcını oluşturmuştur.



Şekil 5.2. Medresenin XX.yy. başlarında durumu, (Vakıflar Genel Müdürlüğü Arşivinden)

Kapalı medrese tipolojisinin geliştiği dönemde Moğol egemenliğindeki Konya, Selçuklu Devletinin iktidarda en uzun kalan vezirlerinden Sahip Ata Fahreddin Ali tarafından bir Dar’u-l-Hadis olarak yaptırılmıştır. 1959 yılında Milli Eğitim Bakanlığı Eski Eserler ve Müzeler Genel Müdürlüğü tarafından Arkeolog Mahmut Akok başkanlığında bir heyet tarafından rölövesi yapılmıştır. Çeşitli çevre düzenlemeleri neticesinde medrese Şekil 5.3’deki bugünkü görüntüsüne kavuşmuştur. Medrese açık olup halen Konya Selçuklu Devri Taş ve Ahşap Eserler Müzesi olarak hizmet vermektedir. Medresenin günümüze onarım görmeden ulaşabilen kısımlarından taç kapı, minare kaidesi ve ön cephesinin, kesme taştan yapıldığı anlaşılmaktadır. Cephelerden kısmen asli halini koruyabilen batı cephede ise köşelerde yonu taşı ve araları kireç harçlı derzle örülü olmak üzere moloz taş kullanılmıştır. Medresenin cepheleri asimetrik bir düzendedir. Kuzey cephe ön cepheye dik olarak bağlanmamaktadır.

Cepheler, taç kapı dışında tezyinat açısından sadedir. Medresenin beden duvarları dört kademe halinde algılanmaktadır.



Şekil 5.3. Medresenin XX. yy. sonlarına doğru durumu



Şekil 5.4. Medresenin XX. yy. sonlarına doğru durumu



Şekil 5.5. Medresenin taç kapısı panorama



Şekil 5.6. Medresenin içersinden panorama



Şekil 5.7. Medresenin Kubbe örtüsü ve aydınlık feneri

## 5.2. İnce Minareli Medrese'nin Yersel Lazer Tarayıcı İle Taranması

Yersel lazer tarama işlemlerinde ölçüm tasarımı, açık bir sorudur ve bu zamana kadar hiçbir standart kural saptanmamıştır. Yine de herhangi bir ölçme sisteminde olduğu gibi bir ön planlama gerektiğinden gerekli bilgilerin türetilmesi gerekir. Tarama işlemine başlamadan önce operatör belirlenmiş konumlara aleti kurar ve tarama yazılımı içindeki gerekli düzenlemeleri; tarama çözünürlüğü, tarayıcının objeye olan mesafesi, doğruluk modu, tarama sayısı, ilk veya son atım ölçümleri vb. bilgileri girer. (Gümüş, 2010).

Ölçülerin ülke jeodezik koordinat sisteminde ya da küresel bir koordinat sisteminde ifade edilmesi pek çok uygulama için önemli bir konudur. Özellikle geniş alanların ölçümünde jeodezik koordinatlar ek ölçü yapmaya gerek kalmadan tüm ölçülerin birleştirilmesini sağlar. Yani jeodezik koordinatlar hem lazer tarama ölçülerinin birleştirilmesini hem de bu ölçülerin diğer ölçülerle uyumunu sağlar. Jeodezik koordinatlar özellikle konuma dayalı bilgi sistemi uygulamaları için oldukça önemlidir.(Yıldız ve ark., 2009).

Yerleştirme 'ye iki amaç için ihtiyaç vardır:

- Farklı gözlem noktalarından yapılan lazer tarama oturumlarından elde edilen nokta bulutlarının birleştirilmesi.
- Nesneyi belirli bir koordinat sistemine oturtma (jeoreferanslandırma).



Şekil 5.8. Lazer Tarayıcı ve Özel Yansıtıcı Küre Hedefler.

Yerleştirmeyi gerçekleştirmek için bağlantı ya da kontrol noktalarına gereksinim vardır. Şekil 5.8 de gösterildiği gibi bu noktalar özenle seçilmiş, objenin fark edilebilir bir noktası (rneğin; köşeleri) ya da özel hedefler yüksek yansıtıcılı küreler ya da levhalar olabilir.

Küresel koordinatlandırma durumunda bu hedefler jeodezik ya da yersel fotogrametrik yöntemlerle ölçülmüş olmalıdır. Her iki amaç için de, nokta bulutu içerisinde alınacak yeterli sayıda belirli nokta ( ya da dört) ile bağlantı yapmak yalnızca bağlama noktaları ile nokta bulutlarını birbirine bağlanmaktan daha iyi sonuç verir. Diğer taraftan, eğer yeteri kadar bindirme sağlanırsa, yüzeydeki birçok nokta çözüm için gerekli olan yeterli geometrik olanağı verir. Yüzey alanı geniş; objeler, i ya da dış mekânlar için yapılan çok sayıda tekli taramaların bu yüzeylerde olumsuz hatalar oluşturabileceğine dikkat edilmelidir. Objeler, koşullar ve doğruluk talepleri durumdan duruma değişebilir, ideal bir yerleştirme yazılımı her ikisini de; özel hedeflerle yerleştirme ya da bindirmeli nokta bulutları ile (ya da her ikisinin kombinasyonu) yerleştirme olanağını sağlamalıdır. En küçük kareler yöntemi ile dengeleme her ikisinde de olmalıdır.

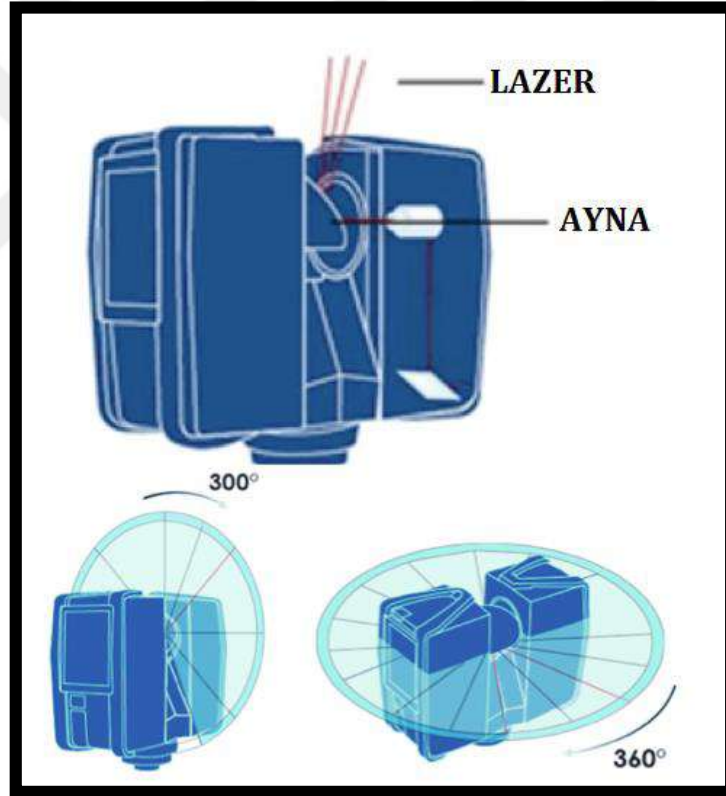
Taramalar sonucu elde edilen ve tarayıcının kendi koordinat sisteminde birleştirilen nokta bulutlarının belirli bir koordinat sistemine (lke) oturtulmasıdır. Bu işlemin yapılabilmesi için tarama bölgesinde jeodezik bir ağ kurulması ve bu ağdan, taramada kullanılan hedeflerin ya da kontrol noktaların ülke koordinatlarının elde edilmesi gerekir. Bu hedefler yardımıyla taranmış alan ya da objenin koordinatları ülke koordinat sistemine dönüştürülür.

İnce Minareli Medresenin dış kısmı Faro Focus3D X 330 Yersel Lazer Tarayıcı ile 23 istasyondan bindirmeli olarak taranmıştır. Aynı zamanda 14 istasyondan da medrese içi kısmında taraması yapılmıştır.

Tarama znrlğ fazla detayın olduğu Ta Kapı ve İ Kubbe kısmında tarama znrlğ Şekil 5.9’da gösterildiği gibi  $\frac{1}{2}$ , tarama kalitesi 6x, tarama mesafesi 20 m altında seçilmiştir. Detay yoğunluğu az olan bölgelerde ise tarama çözünürlüğü  $\frac{1}{4}$ , tarama kalitesi 4x, tarama mesafesi 20 m altında seçilmiştir. Tarama açısı Şekil 5.10’da gösterildiği gibi yatayda 360 düşeyde 300 derecedir.

	Süre	Tarama Boyutu (Pn)	Çözünürlük (Mpbs)	Nokta Mesafesi (mm/10m)	Kalite
1/1 (Maksimum) Tarama Çözünürlüğü	1 Saat 58 Dakika	40960*17067	699.1	1.534	4x
1/4 (Seçilen) Tarama Çözünürlüğü	11 Dakika 15 Saniye	10240*4267	43.7	6.136	4x
1/32 (Minimum) Tarama Çözünürlüğü	4 Dakika 12 Saniye	1280*534	0.7	49.087	1x

Şekil 5.9. Tarama Parametreleri



Şekil 5.10. Lazer Tarayıcı Fonksiyonları

Nokta taraması yanında tarayıcının fotoğraf çekme özelliğinden de yararlanılıp tarayıcı dâhilinde bulunan dijital fotoğraf makinesi ile nokta renklendirmesinde kullanılmak üzere renkli fotoğraflarda çekilmiştir.



Şekil 5.11. Lazer Tarayıcı ile Taç Kapı Detaylarının Taranması

### 5.3. İnce Minareli Medrese'nin Tarama Verilerinin İşlenmesi

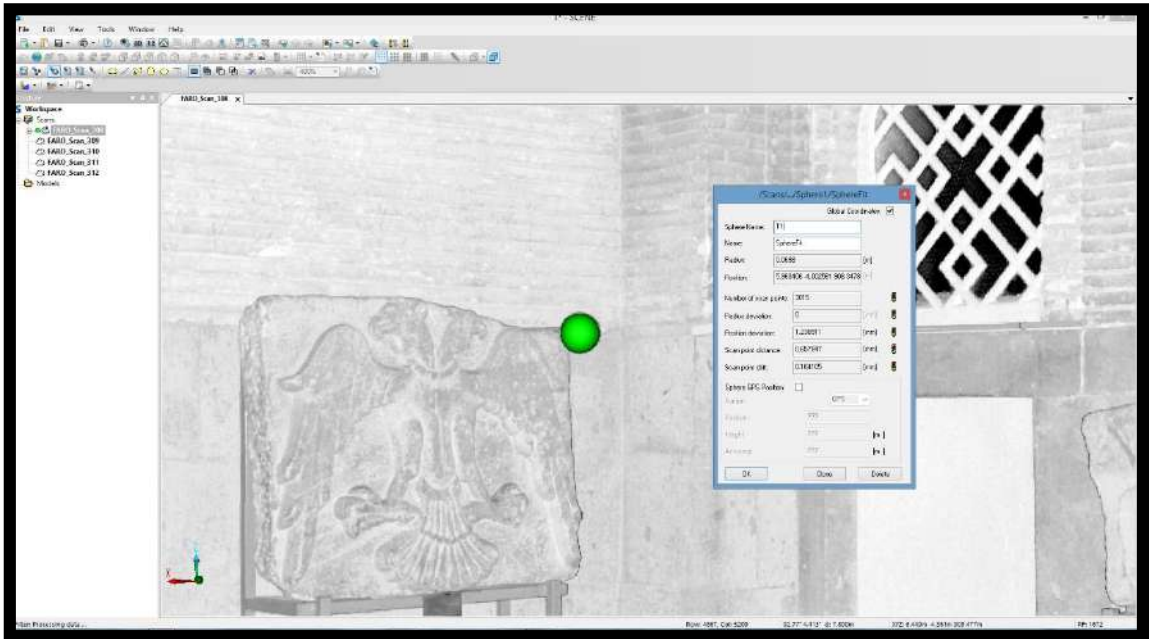
3B modelleme, tarama sonucu toplanan nokta bulutlarının değerlendirilmesi ve düzenli hale getirilmesi için yazılımlar geliştirilmiştir. Günümüzde, lazer tarayıcı üretici firma ve onlara bağlı kuruluşların geliştirdiği birçok yazılım vardır. Ayrıca piyasada yaygın olarak bulunan CAD ve 3B modelleme yazılım paketleri de bulunmaktadır. Fakat bu yazılımlar, tarama sonucu elde edilen çok miktarlardaki verinin işlenmesinde zorlanmaktadır. Tarayıcı firmalarının geliştirdiği yazılımlar ise performans, içerdikleri modül, işlem adımları ve kullanım kolaylığı açısından farklılıklar göstermektedir. Her yazılımın kendine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Kullanıcılar tarama sonucu elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve modellenmesi sırasında, farklı yazılımlar arasında geçiş yapmaktadır. Yersel lazer tarama teknolojisindeki tarama yazılımları, veri toplanmasından son ürüne kadar olan tüm işlem adımları göz önüne alınarak aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır.(Gümüş, 2008).

- Tarama kontrolü için yazılım,
- Nokta bulutunun düzenlenmesi için yazılım,
- Basit geometrik şekilleri, nokta bulutuna sabitlemek için yazılım,
- Karmaşık yüzey modellerinin yaratılması için yazılım,
- Doku ve görüntü eklemek için yazılım,
- Veri ve proje yönetimi için yazılım,

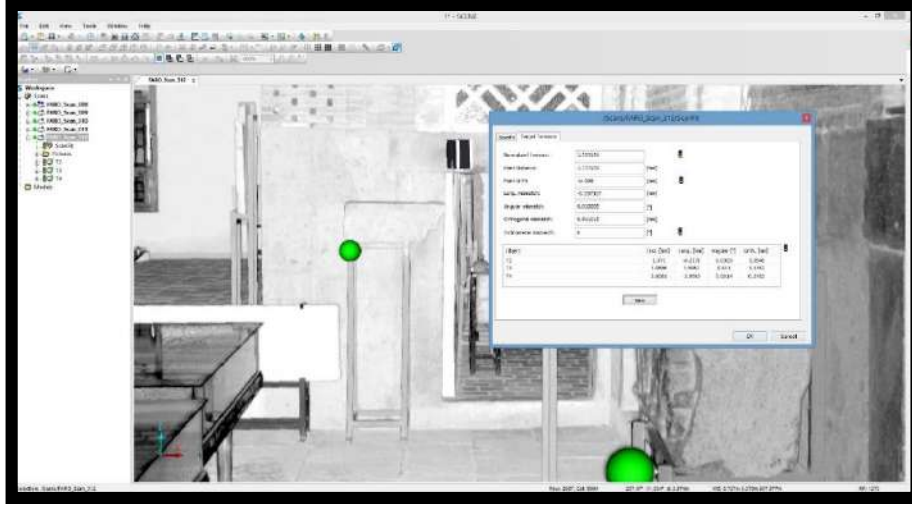
Yukarıda bahsedildiği gibi 3B tarama yazılımı, tam olarak farklı amaçlar için geliştirilen modüllerin bütünleşik çalışarak oluşturdukları modüller topluluğudur. Yazılımların bazıları, belirli bir tarayıcıya özgüdür. Bazıları genel olarak 3B verilerin değerlendirilmesi ve düzenlenmesi için, bazıları da 3B modelleme çalışmaları için üretilmiştir. Lazer Tarama Teknolojisinin gelişmesi ve modern ölçme teknikleri arasında yer almaya başlamasından itibaren, 3B tarayıcıları için bazı bağımsız yazılım ürünleri geliştirilmiştir. Mevcut CAD ve 3B modelleme yazılımları, ürün aktarım performanslarını ve yüksek boyutlardaki nokta verileri ile çalışabilme özelliklerini geliştirdikleri takdirde, lazer tarama teknolojisinde kullanılabilir. (Gümüş, 2008).

Faro Focus3D X 330 Yersel Lazer Tarayıcının verilerinin değerlendirilmesi için Scene programı kullanılmıştır. Toplamda 37 adet yapılan lazer tarama oturumlarının birleştirilmesi için, özel kürelerden yararlanarak ortak referanslandırma işlemi uygulanmıştır.

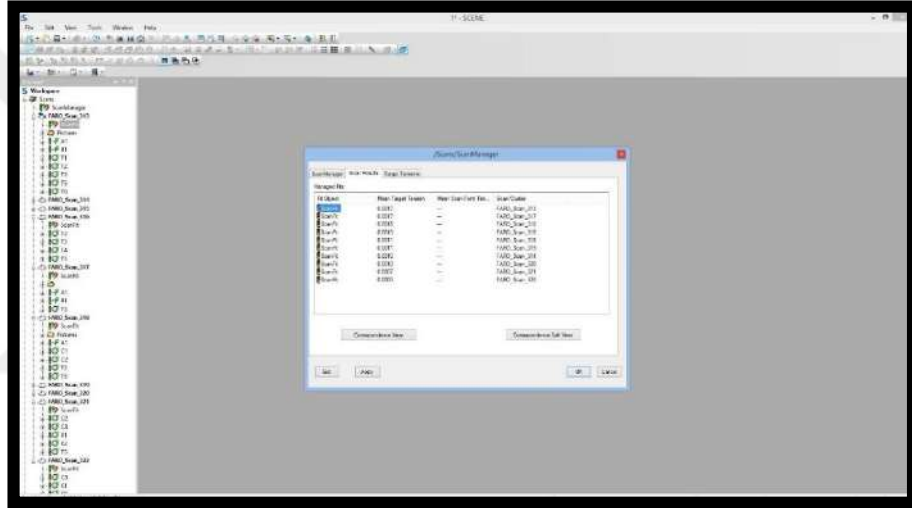
Oturumların birleştirme ve tanımlama raporları Şekil 5.12, Şekil 5.13, Şekil 5.14'de gösterilmiştir. Projenin birleştirilmesinden sonra yazılımda görünen rengin yeşil olması durumunda projedeki nokta birleştirme 0-5 mm doğrulukta, sarı olması durumunda 5-10 mm, kırmızı olması durumunda ise nokta birleştirme 10 mm üstünde hata anlamına gelmektedir.



Şekil 5.12. Kürelerin Tanımlanması



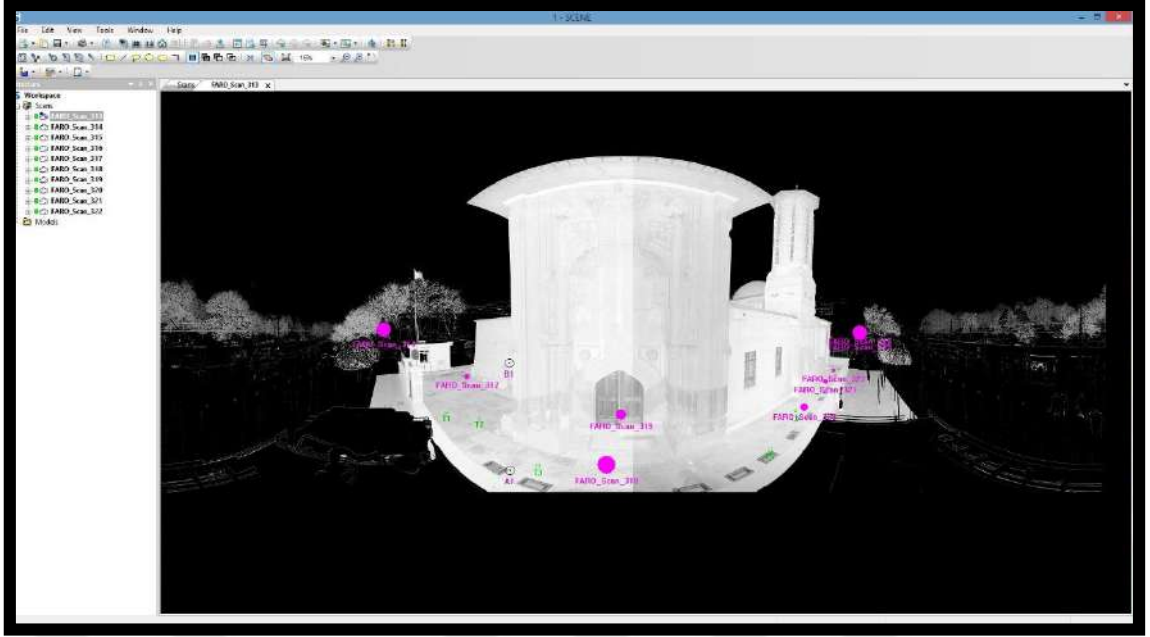
Şekil 5.13. Kürelerin Referans Hata Raporu



Şekil 5.14. Lazer Tarama Oturumlarının Birleşme Hata Raporu

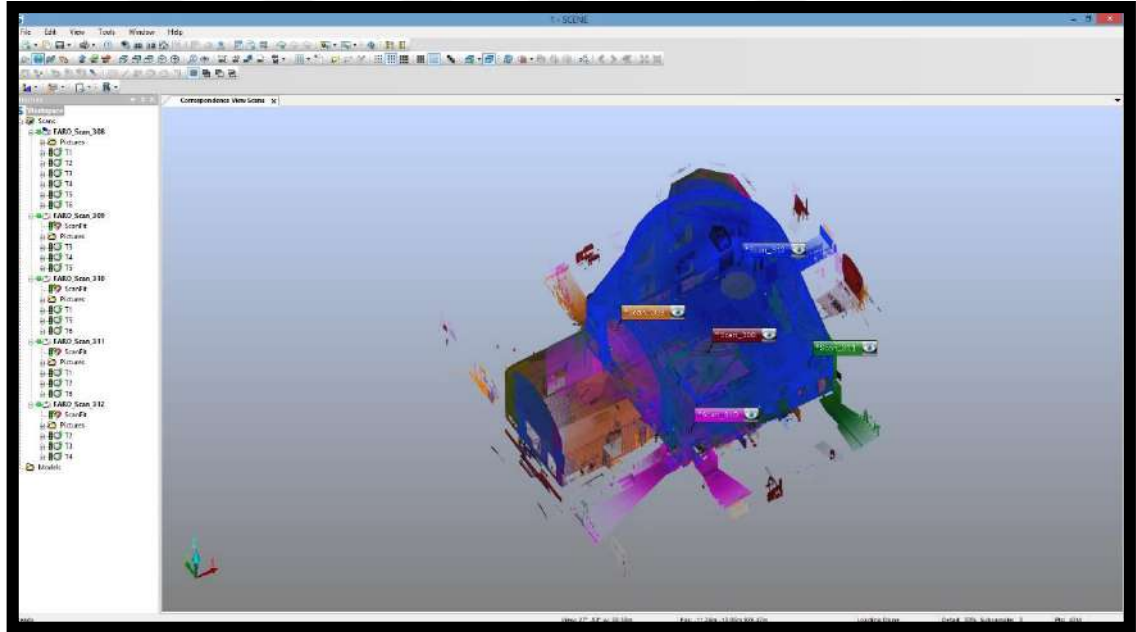


Şekil 5.15. Medrese İçi Lazer Tarama Oturumları

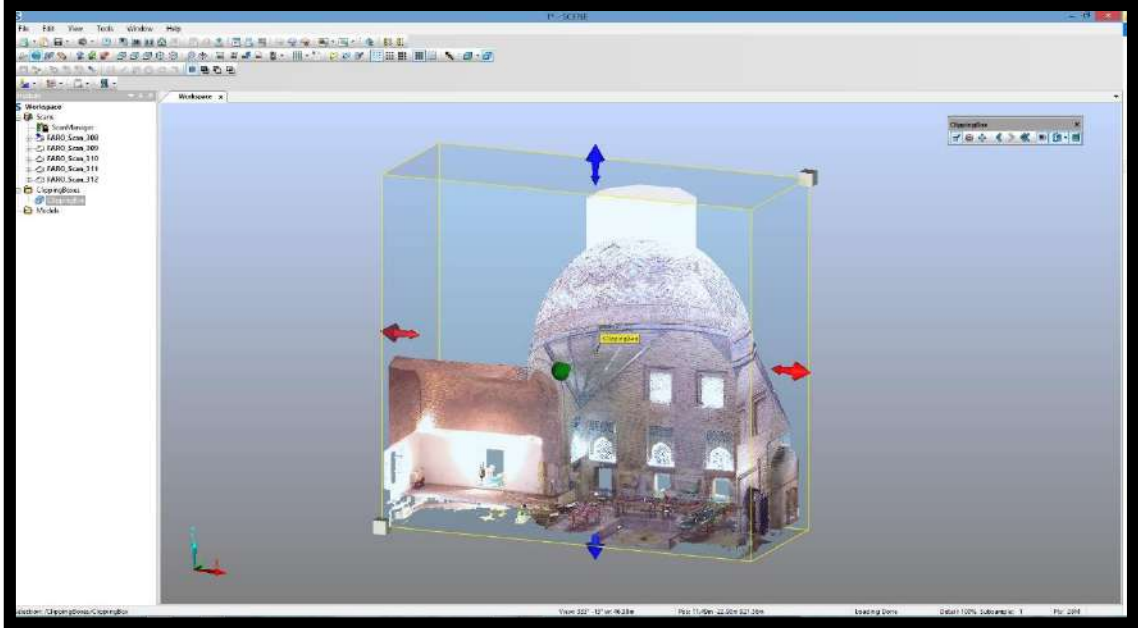


Şekil 5.16. Medrese Dışı Lazer Tarama Oturumları

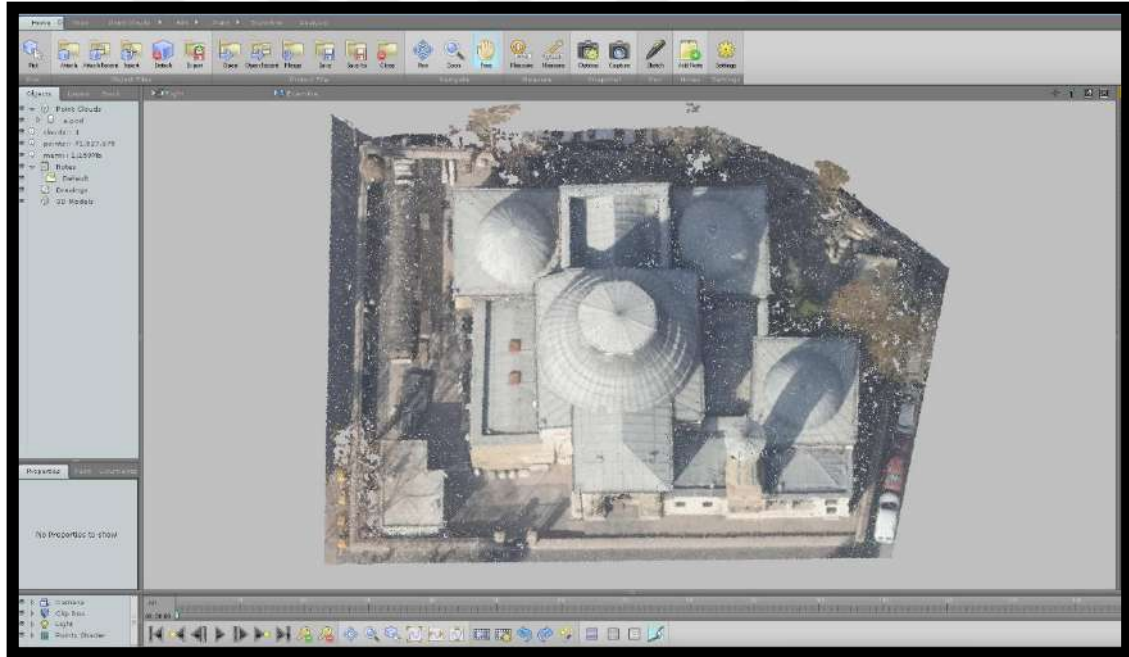
Medresenin Kapalı Avlu Mekânının Lazer Taramadan elde edilen nokta bulutunun Şekil 5.17’de oturumlara göre renklendirilmesi ve Şekil 5.18’de nokta bulutu üzerinden kesitinin alınması gösterilmektedir.



Şekil 5.17. Kapalı Avlu Nokta Bulutu



Şekil 5.18. Kapalı Avlu Nokta Bulutu Kesiti



Şekil 5.19. İnce Minareli Medrese Nokta Bulutu

Tarama sonucu elde edilen nokta bulutu verileri taramaya esas olan bina dışında birçok fazla ve gereksiz veriyi bulundurmaktadır. 3B modellemede kullanılmayacak olan bu veriler Şekil 5.19’da gösterilen Pointools yazılımı yardımı ile temizlenmiştir ve veriler CAD ortamına taşınarak model için çizim işlemleri yapılmıştır.

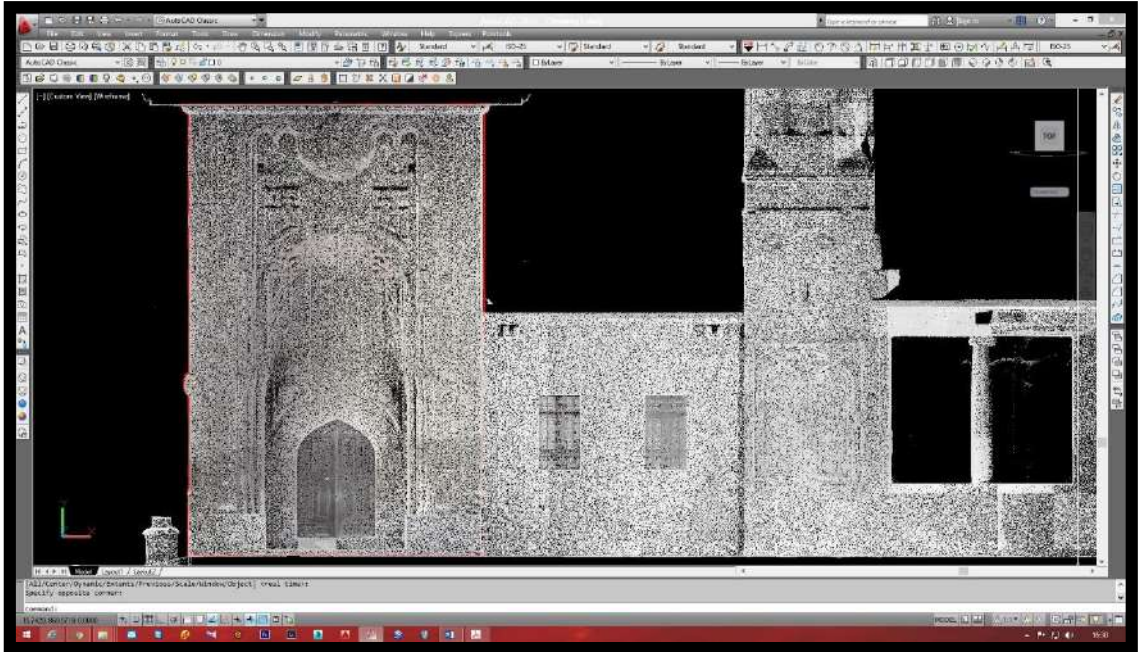
### 5.3.1. Kıymetlendirme İşlemi

Yapının rölövelerinin oluşturulması için gerekli olan plan ve cephe çizimleri, 3 boyutlu nokta bulutu üzerinden elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında yapının cephelerinin ve planının çizimleri aşağıdaki işlem adımları uygulanarak gerçekleştirilmiştir.

### 5.3.2. 3 Boyutlu Nokta Bulutu Verisinden Cephe Çizimi

Lazer tarama verileri mimari belgeleme için oldukça kullanışlı ürünlerdir. Çünkü elde edile nokta bulutu ölçekli ve binanın birebir ölçüleri elde edilebildiği için mimari çizimlerde altlık olarak kullanılabilir. Nokta bulutu ofis ortamında cephelerin milimetre hassasiyetinde ölçüm yapılmasına imkân verir ve cepheye ait birçok detay içerir. Koruma çalışmalarında çok büyük bir öneme sahip olan cephelerde meydana gelen bozulmalar nokta bulutu kullanılarak kolaylıkla çizilebilmektedir.

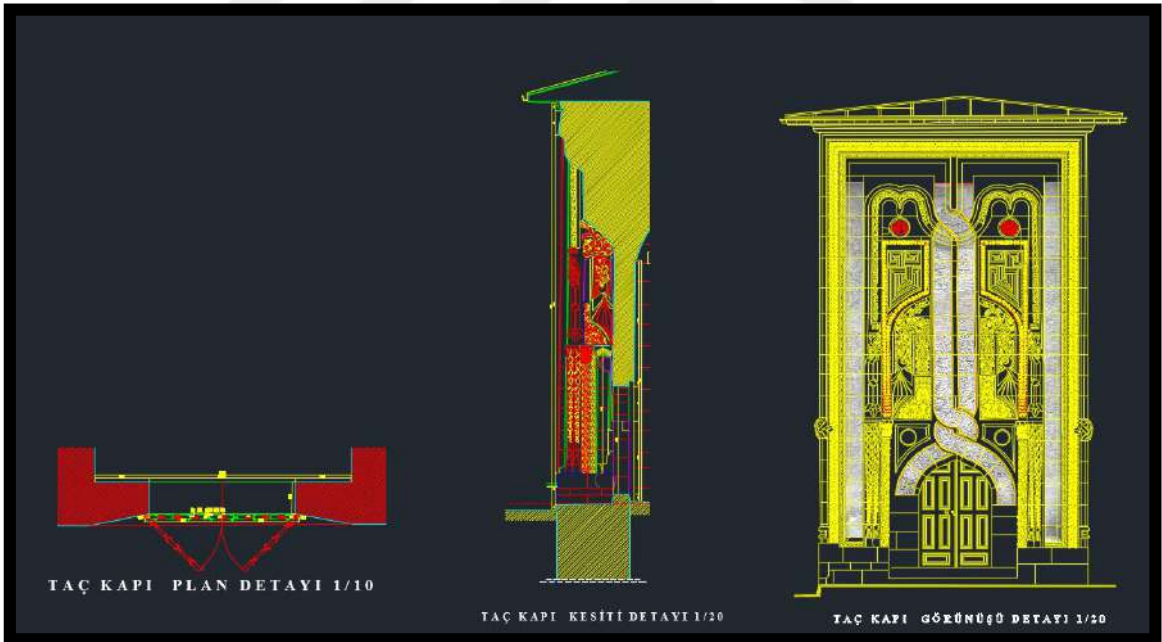
Bu çalışmada nokta bulutu verileri kullanılarak, İnce Minareli Medresenin Şekil 5.21’de gösterildiği gibi cephe çizimleri üretilmiştir. Çizim işleminde AutoCAD programı kullanılmıştır. Çizim işlemine geçilmeden önce Scene yazılımında üretilen nokta bulutu verilerini açabilen PointCloud yazılımı kullanılarak Şekil 5.20’de gösterildiği gibi AutoCAD ortamında aktarılmıştır. Çizim işlemi yapılırken nokta bulutu verileri Scene ve AutoCAD yazılımlarının ortak veri formatı olan "pod" formatında AutoCAD ortamına aktarılmıştır.



Şekil 5.20. Ön Cephe Nokta Bulutundan Çizim İşlemi



Şekil 5.21. Nokta Bulutundan Çizilen Ön Cephe



Şekil 5.22. Nokta Bulutundan Çizilen Taç Kapı



## 5.4. İnce Minareli Medrese'nin Ayrıntı Düzeylerinde Modellenmesi

İnce Minareli Medrese'nin 3B modeli beş farklı detay düzeyi içermektedir. Bu kısımda seçilen çalışma alanı için detay düzeylerinin modelleri araştırılmıştır.

### 5.4.1. LoD-0 Seviyesindeki Modeli

LoD-0 seviyesinde Medresenin modeli, SYM verisinin uydu görüntüsüyle 3B ortamda ilişkilendirilmesi işlemidir. Burada gerçek arazi yüzeyinin gösterimi amaçlanmaktadır.



Şekil 5.25. LoD-0 Seviyesi Medrese Modeli

LoD-0 seviyesinde modelin genelde arazi eğiminin yâda arazinin gerçek durumunun ortaya konulmasında kullanılmaktadır. Diğer tüm veriler bu altlık veri ile ilişkilendirilebilmektedir. Literatürlerde bu 2.5 Boyut olarak adlandırılmaktadır. Objeler olmaksızın 3B gösterim de denmektedir.

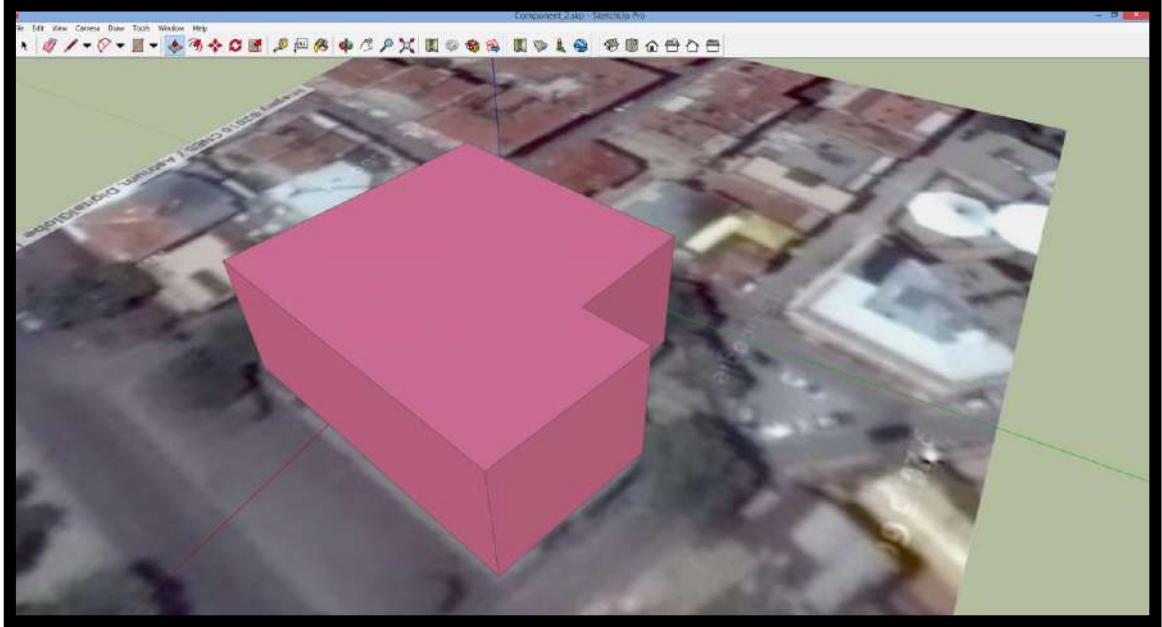


Şekil 5.26. LoD-0 Seviyesi Medrese Modeli

LoD-0 seviyesinde oluşturulan modelin hangi kalitede üretildiği bu düzeyde kullanılan verilerin kalitesine bağlıdır. Bu model üzerinden doğruluk analizi yapmak ancak kullanılan verilerin kendi iç doğruluğunu ortaya koyarak mümkün olmaktadır. Bu doğruluk analizinin sayısal olarak ifade etmek mümkün değildir. LoD-0 için kullanılan ortofoto verisinin 30 cm, SYM'nin ise 1m çözünürlüklü olması LoD-0'ı ifade eden kabartı haritası için yeterli doğrulukta olduğu söylenebilmektedir.( Büyüksalih, 2013)

#### 5.4.2. LoD-1 Seviyesindeki Modeli

LoD-1 seviyesinde Medresenin modeli; LoD-0 seviyesinde kent modeline vektör verilerin ilave edilmesi aşamasıdır. LoD-1 seviyesinde binaların katı model olarak, kat âdetinin üç katı kadar yükseltilerek modele eklenmesidir.



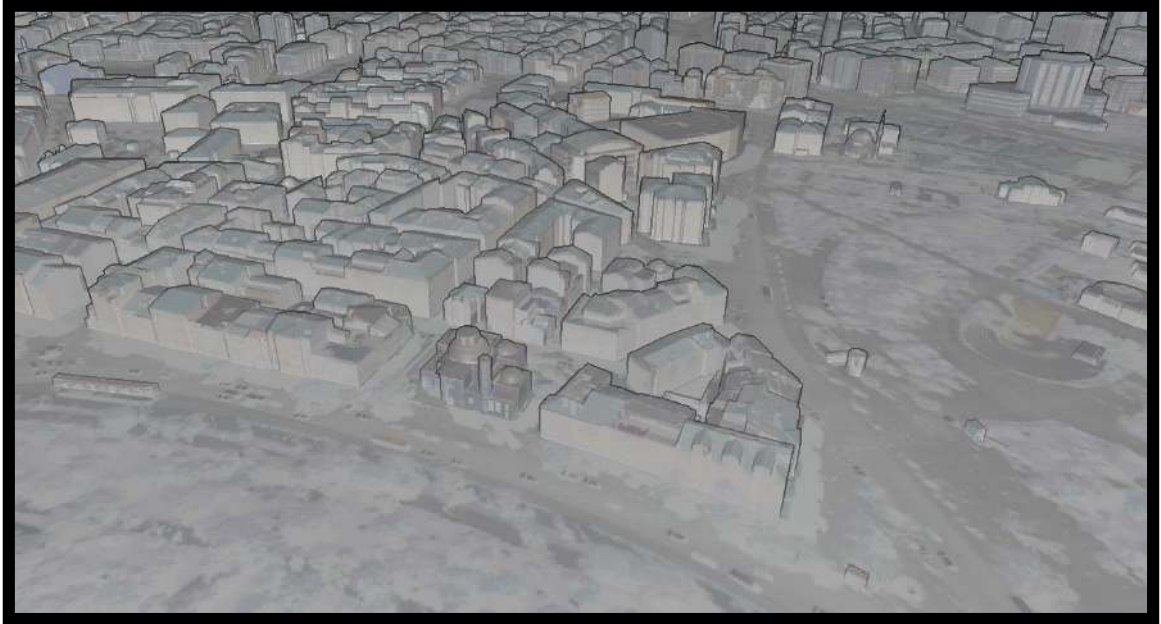
Şekil 5.27. LoD-1 Seviyesi Medrese

LoD-1 seviyesi, LoD-0 seviyesinde oluşturulan modeline ilaveten bina verisi içermektedir. Dolayısıyla, LoD-1 seviyenin hangi kalitede üretildiği, bu seviyede kullanılan bina verisinin kalitesine bağlıdır. Binalar 1/1000 ölçekli hâlihazır haritalardan alınmıştır.

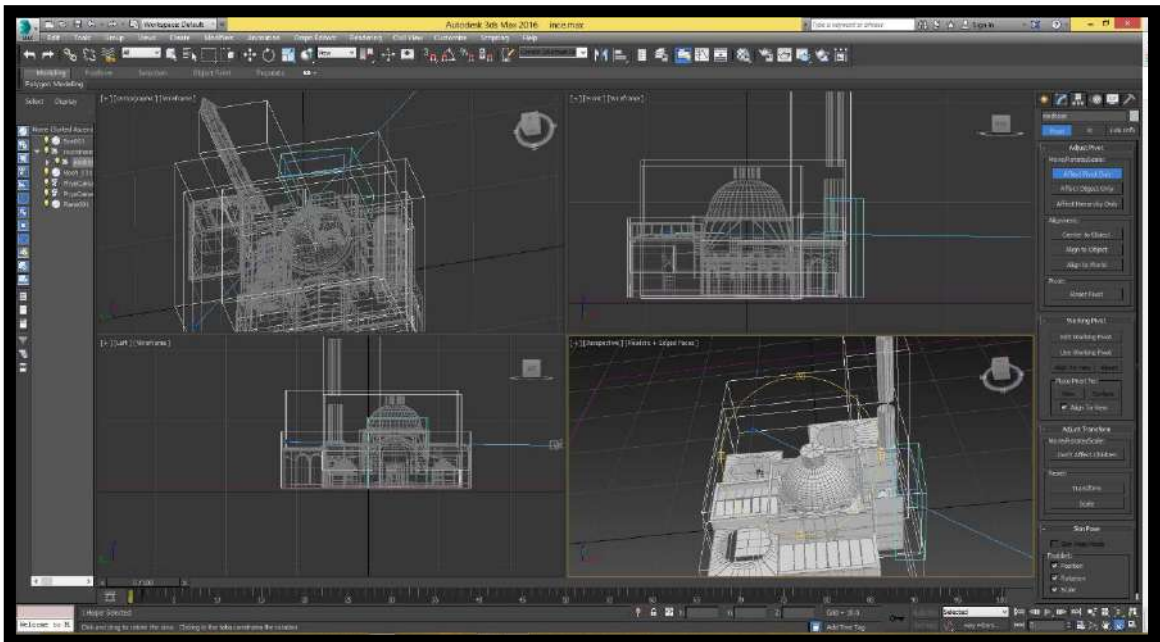
Bina verisin doğruluğu x, y'de 10 cm z'de 25-30 cm dir. Bu değerler binaların kendi iç doğruluğudur. Modeli oluşturmak için katı model olarak kullanılan binanın doğruluğu ya uyumluluğunu altlık harita olarak kullanılan ortofoto ile örtüşmesiyle değerlendirmek daha doğru olacaktır. Sonuçta binaların doğruluğu da konum doğruluğu olarak ifade edilmektedir.

### 5.4.3. LoD-2 Seviyesindeki Modeli

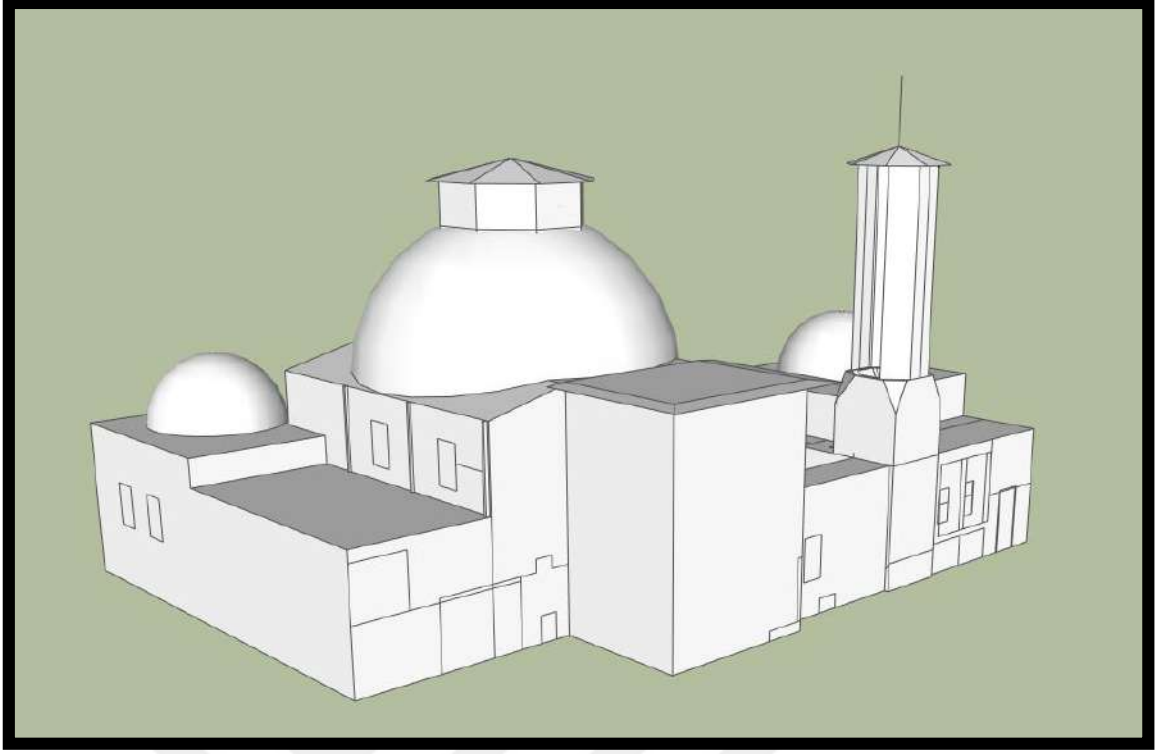
LoD-2 seviyesinde kent modeli, LoD-1 seviyesinde oluşturulan kent modeline çatı detayının eklenmesi aşamasıdır. Çalışma alanına ait stereo görüntüleri üzerinden çizimler yapılarak binaların çatıları elde edilebilir. Bu çalışmada Hava Fotoğrafları, Lazer Tarama ölçümlerinden elde ettiğimizi nokta bulutundan çizilerek çatı kısımları ve ana hatlar elde edilmiştir. Bu çizimlerden faydalanarak 3D Max programında model oluşturulmuştur.



Şekil 5.28. LoD-2 Seviyesi Medrese ve Çevresi



Şekil 5.29. LoD-2 Seviyesi Medrese 3D Max Programında Modellenmesi



Şekil 5.30. LoD-2 Seviyesi Medrese Modeli

#### 5.4.4. LoD-3 Seviyesindeki Modeli

LoD-3 seviyesinde Medresenin modeli, binaların dış cepheleri ifade eden yüksek kalitede bir üründür. LoD-1 düzeyinde oluşturulan katı modele yersel tarama tekniği kullanılarak elde edilen tarama verisi üzerinden çizimler yapılarak oluşturulan, bina dış cephelerine ait çizimlerin gösterimi sağlanmıştır. Çizimlerden elde edilen model üzerine yüksek çözünürlükte çekilen fotoğraflar, hava fotoğrafları ve lazer tarama verisinden gelen RGB değeri kullanılarak renklendirme yapılmıştır.

LoD-3 Seviyesi Medresenin modellenmesinde Nokta Bulutundan çizilen Rölöve projeleri ve Restorasyon Projeleri kullanılmıştır. Medresenin İlk yapımında Minare tüm şekildedir, eski fotoğraflardan da görüldüğü üzere, bu yüzden LoD-3 seviyesinde iki şekilde modelleme yapılmıştır.



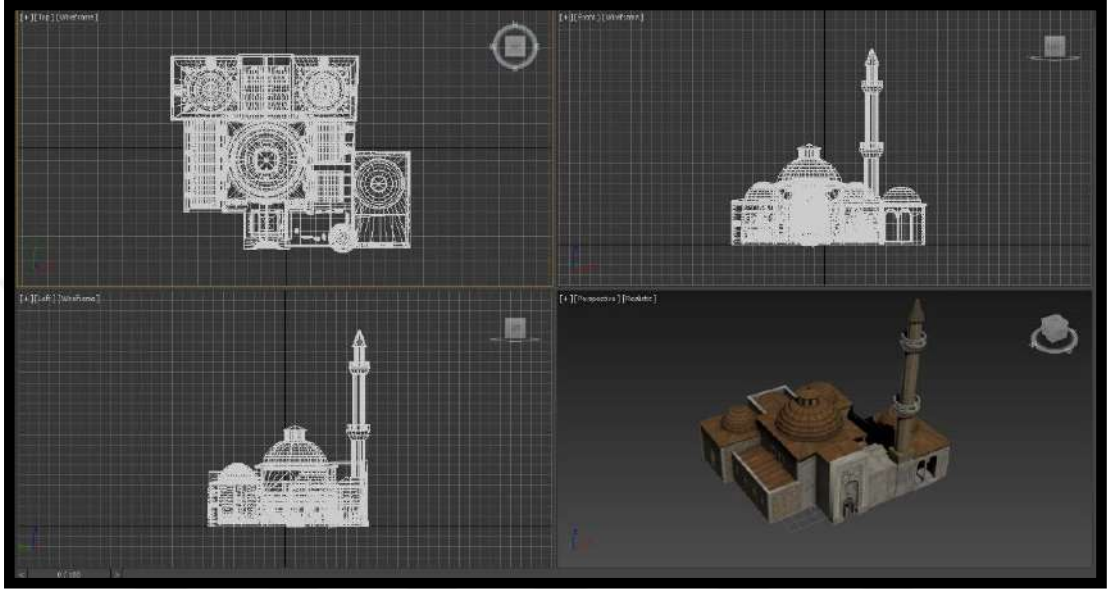
Şekil 5.31. LoD-3 Seviyesi Medrese Modeli



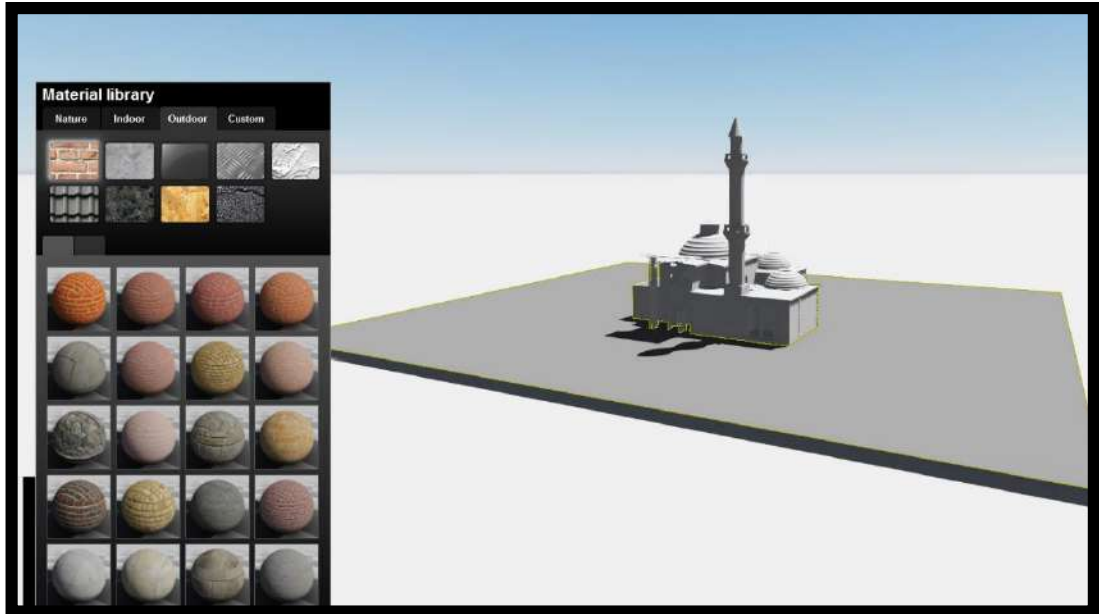
Şekil 5.32. LoD-3 Seviyesi Medrese Modeli

Bu çalışmada kullanılan bina dokusunu ifade eden lazer tarama verisinin doğruluğu  $\pm 1-2$  cm dir. Fakat bu bize bu seviyedeki modelin doğruluğunun bu değerlerle ifade edilmesi anlamına gelmez. Modele eklenen çizim verisi yükseklik bilgisi içermekte ve sınıflandırılabilir.

Lazer Tarama verilerinden çizilerek elde edilen detaylarla 3D Max Programında modelleme işlemleri yapılarak detayların daha belirgin hale gelmesiyle LoD-3 seviyesinde daha hassas bina modelleri elde edilebilir. Elde edilen bu modeller 3D Kent rehberin kullanılması ve sokak görünümü çalışmalarında kullanımına olanak sağlamaktadır.



Şekil 5.33. LoD-3 Seviyesi Medrese 3D Max Programında Modellenmesi



Şekil 5.34. LoD-3 Seviyesi Medrese 3D Max Programında Kaplama Belirlenmesi



Şekil 5.35. LoD-3 Seviyesi Medrese Ayrıntılı Modeli



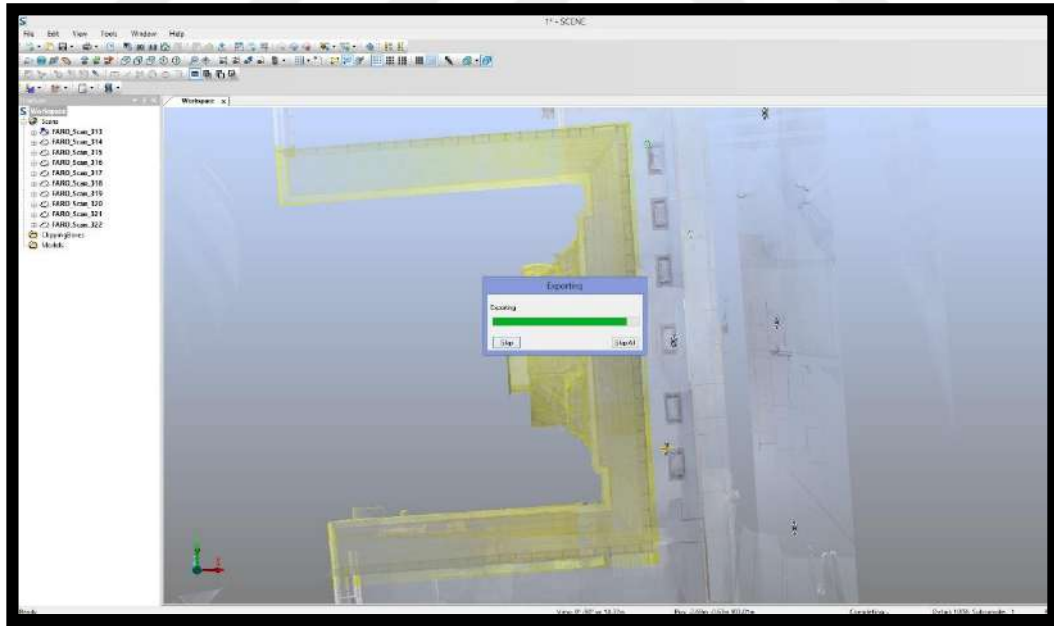
Şekil 5.36. LoD-3 Seviyesi Medrese Ayrıntılı Modeli

LoD-3 Seviyesinde Taç kapının Modellenmesinde Nokta Bulutu üzerinden çizilerek elde edilen DWG verilerinden yapılmıştır fakat sonuç modele bakıldığında gerçekliği yansıtmadığı görülmektedir. Bu çalışmanın da temel amacı olarak nokta bulutu üzerinden üçgen ağları oluşturularak Taç Kapının modellenmesi LoD-4 seviyesinde tekrar yapılmıştır.

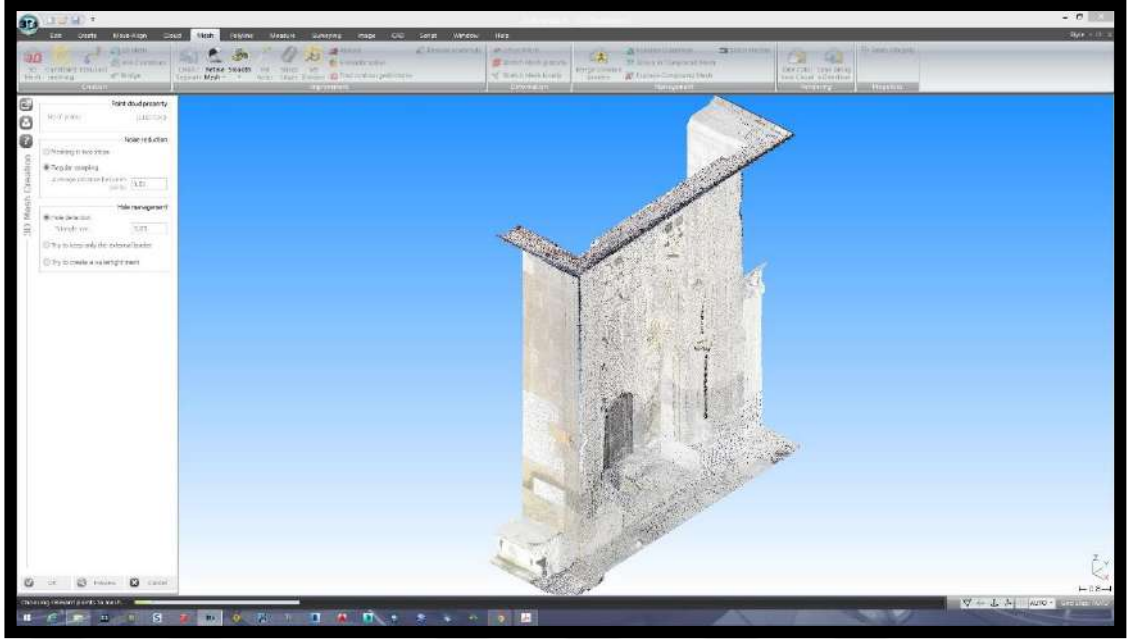
#### 5.4.5. LoD-4 Seviyesindeki Detayların Modeli

LoD-4'te, LoD-3'e ek olarak binaların içyapıları ve detaylar dikkate alınmaktadır. LoD-3 ayrıntı düzeyindeki yapılara, odalar, merdivenler, iç duvarlar, mobilyalar gibi bina içinde bulunan nesnelerin eklenmesi ile LoD-4 ayrıntı düzeyine ulaşılır.

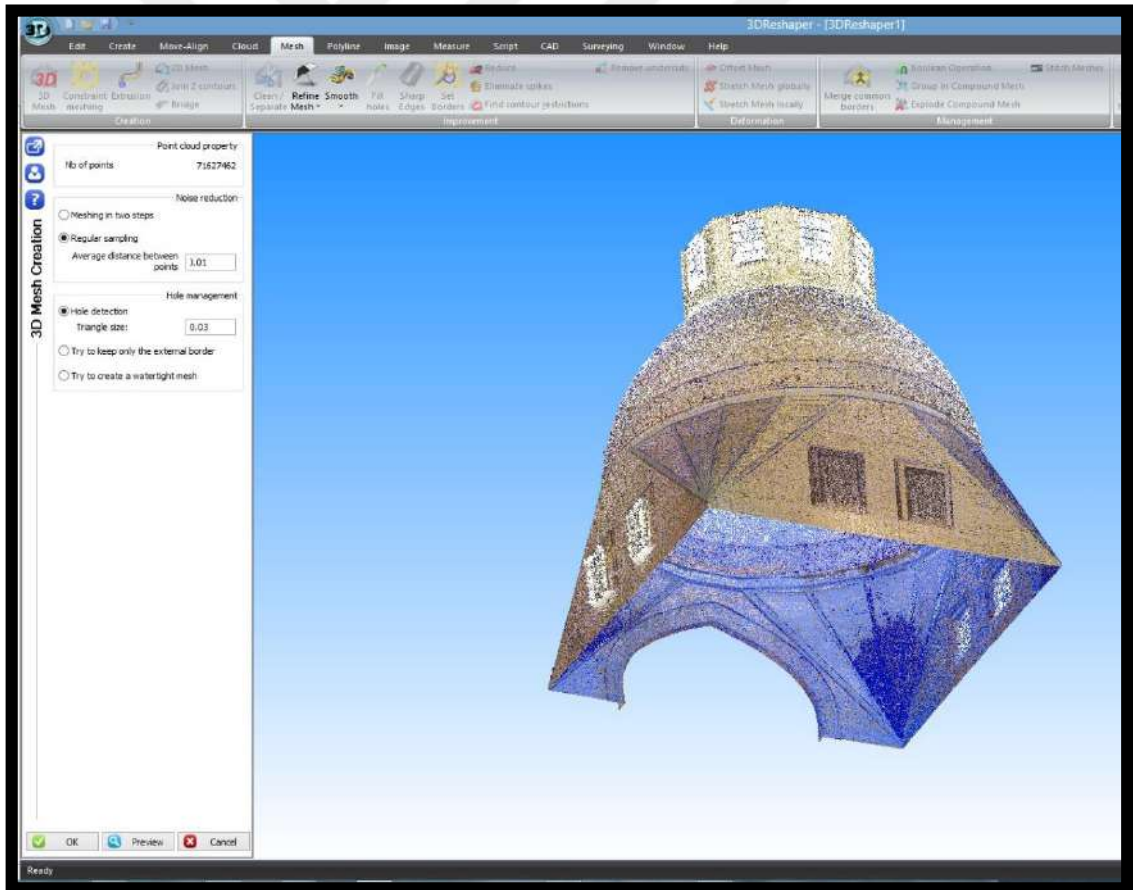
Bu çalışmanın da asıl amacı Lazer Tarayıcı Tarafından elde edilen Nokta Bulutu verileri üzerinden çizilen vektörlerden iç mekânların 3D Max programında modellenmesi ve ayrıntı düzeyi (işlemesi ve kabartması) olan detayların 3D Reshaper Programında yüzeyleri oluşturulup modele eklenmesi ile LoD-4 verilerinin elde edilmesidir. Medresenin Taç Kapısı ve kapalı avlu Kubbesi nokta bulutu verisi üzerinden yüzey geçirilerek modeller elde edilip ana modele eklenmiştir.



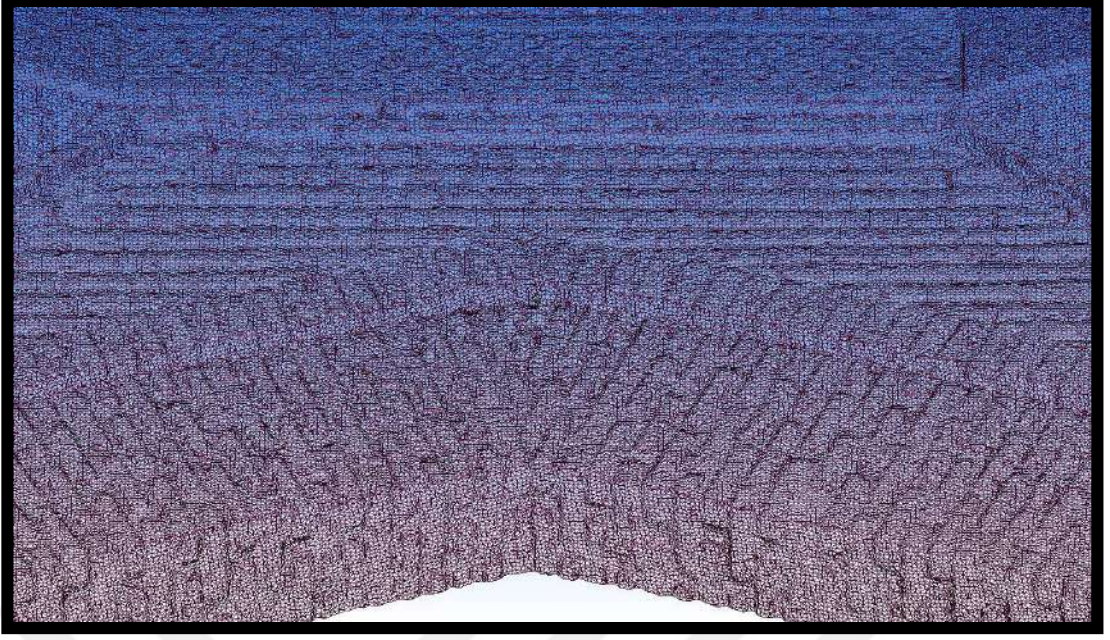
Şekil 5.37. Nokta Bulutundan Taç Kapının Seçilerek Export yapılması



Şekil 5.38. 3D Reshaper Programında Nokta Bulutundan Taç Kapıya Yüzey Oluşturma



Şekil 5.39. Kubbenin Nokta Bulutu ve Mesh Yüzeyi



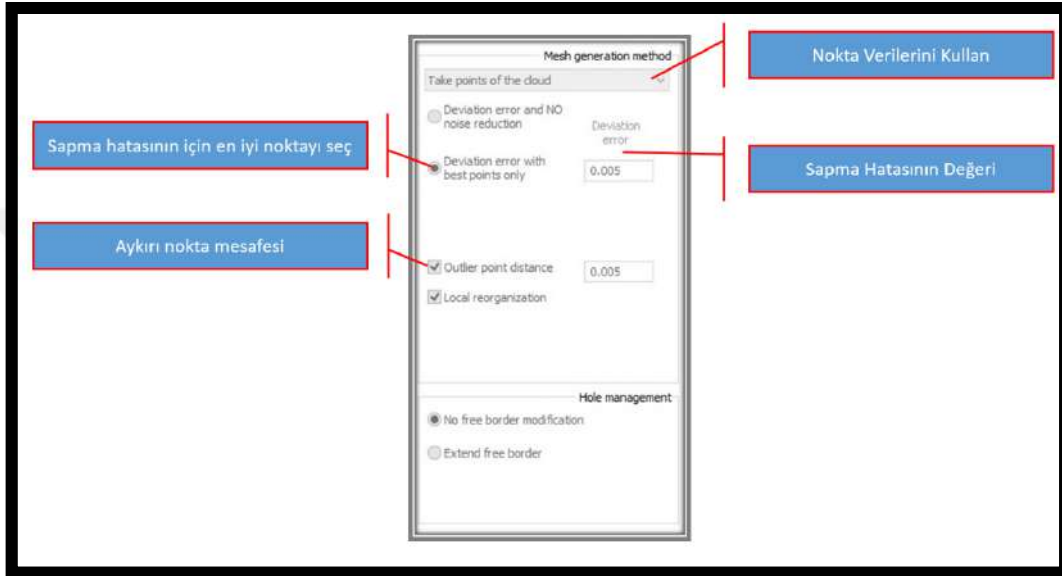
**Şekil 5.40.** Kubbenin Üçgen Ağ Görüntüsü

Modelleme aşamasında nokta bulutu kümesi üzerinde yer alan ve tam olarak giderilemeyen gürültüler ve nokta bulutu arasında yer alan boşluklar üçgen ağı oluşturduktan sonra ağın yüzeyinde ortaya çıkar. Ağ yüzeyinde ortaya çıkan hataları düzeltmek için bazı iyileştirme işlem adımlarına gereksinim vardır.

### 5.4.5.1. Model düzeltme işlem adımları

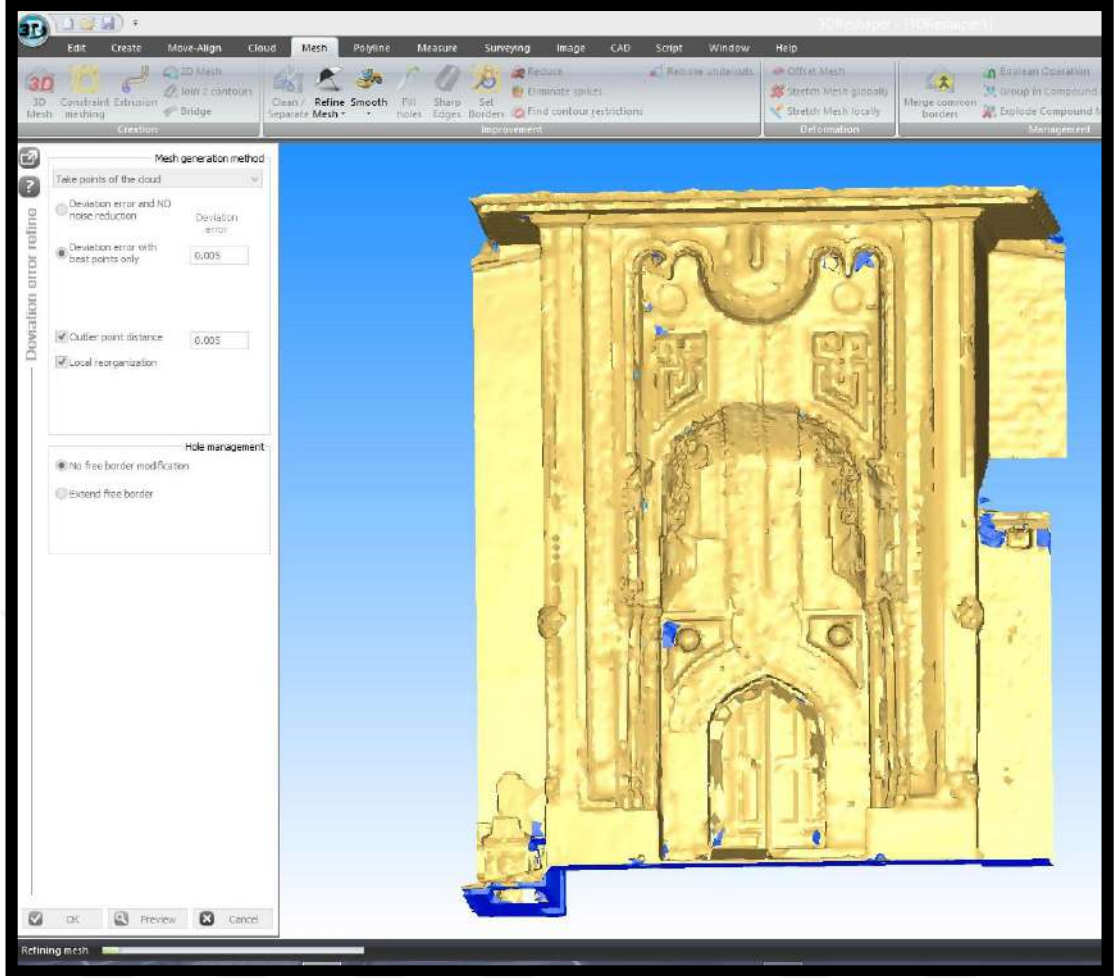
#### • Üçgen Ağ Yapısının Oluşturulması

Bu tezde modelleme süreci 3D Reshaper programında gerçekleştirilmiştir. 3D Reshaper programı üçgen ağları otomatik oluşturmaktadır. Programın Mesh oluşturma yönteminde farklı değerler girilerek en iyi sonuç araştırılmıştır.



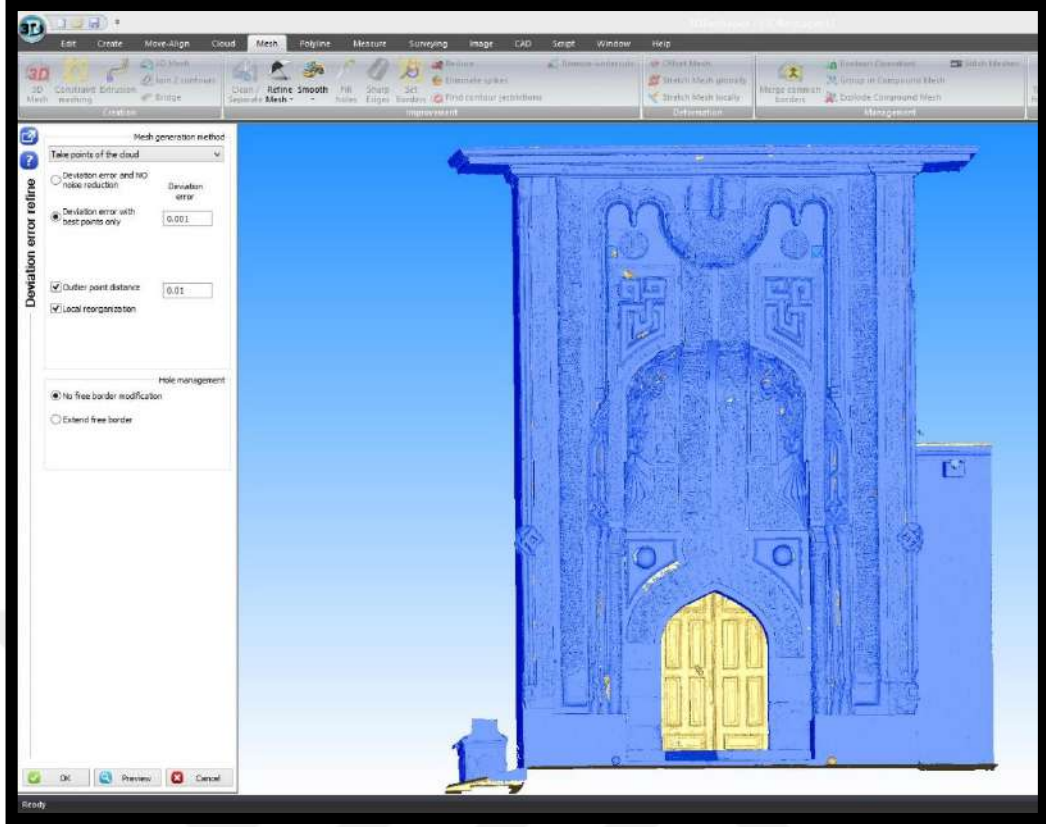
Şekil 5.41. Mesh Oluşturma Yöntemi Parametreleri

Üçgen Ağ yapısının 0.005 sapma hatası değeri ve 0.005 ayırık nokta mesafesi seçildiğinde Şekil 5.41’de gösterilmiştir. Şekil 5.42’de ve Şekil 5.41’de ki değerler sonucunda Taç Kapının yüzeyinde ayrıntılar tam olarak algılanmamaktadır. Bu yüzden parametreler biraz daha düşürülerek daha hassas sonuç elde edilmeye çalışılmıştır.



Şekil 5.42. Üçgen ağ yapısının otomatik oluşturulmuş Taç Kapı

Üçgen Ağ yapısının 0.001 sapma hatası değeri ve 0.001 ayırık nokta mesafesi seçildiğinde sonuç Şekil 5.43’de gösterilmiştir. Bu değerler seçildiğinde Bilgisayar işlemleri yaklaşık 50 dakika gibi bir süre içerisinde tamamlanarak sonuç elde edilmiştir.



Şekil 5.43. Mesh Yüzeyi oluşturulmuş Taç Kapı

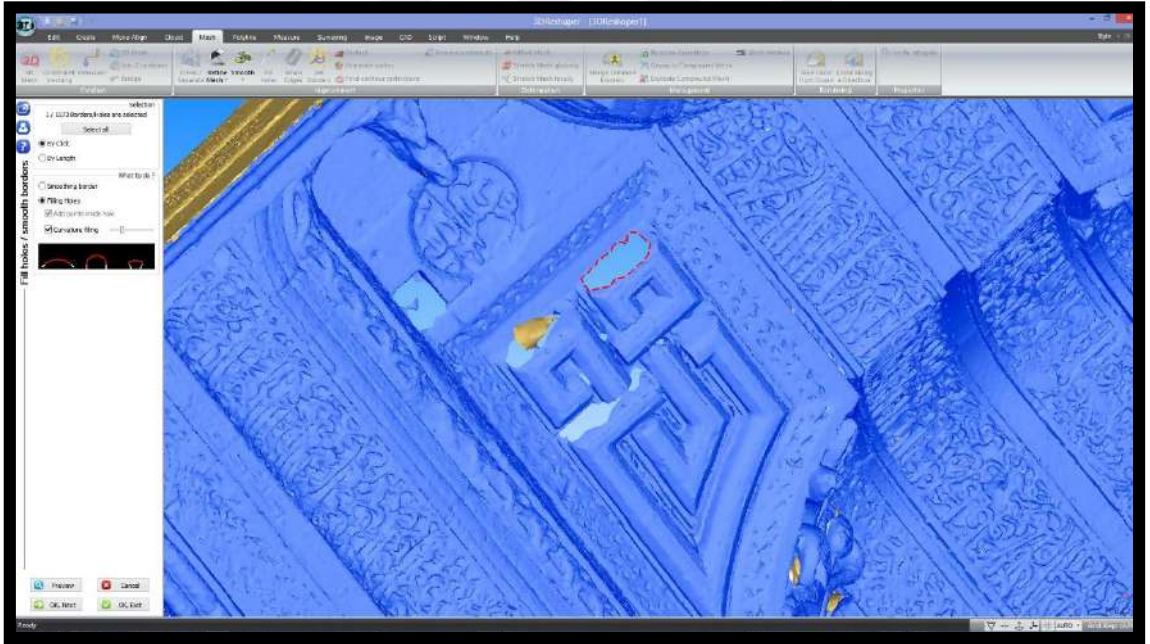
Serbest formdaki veya karmaşık yapıdaki nesnelerin gerçeğe yakın üçboyutlu modellerini üretmek ve bu yüzeylerden çeşitli sunum almak için yüksek kalitedeki üçgen ağlarına gereksinim vardır. Nesnelere üstünde oluşturulan üçgen ağlarının kalitesini artırmak için üçgen ağ yapısını oluşturan noktalar arasındaki mesafeyi ve sapma hatalarını düşürerek gerçeğe en yakın sonuçlar elde edilir.

“Düzgünlük kavramı bir yüzeyin sürekli olarak türevlenebilirliğini gösterirken kabul edilebilirlik kavramı ise yüksek kalitedeki yüzeylerin oluşturulması için ihtiyaç duyulan soyut bir kavramdır. Belirtmek gerekir ki düzgünlük ve kabul edilebilirlik kavramları her zaman tutarlı bir şekilde kullanılamamaktadır. Örneğin; yüzey düzeltme bir yüzeyin kabul edilebilirliğini iyileştirme işlemi olarak kabul edilir. Bir yüzey matematiksel olarak düzgün olabilir ama hala göze hoş gelmeye bilir. Kabul edilebilirlik güzel yapıyı olmanın bir estetik ölçüsüdür ve bundan dolayı düzgünlüğe göre teknik ifadelerle tanımlamak daha zordur. Bir yüzey eğer temel olmayan karakteristiklerinden bağımsız ve tasarımı basitse iyi şekildedir diye adlandırılır. Bundan dolayı kabul edilebilir bir yüzey matematiksel olarak tanımlanan amaçlara bu tasarım ilkesine uyduğu sürece uygundur.”( Botsch ve ark., 2007).

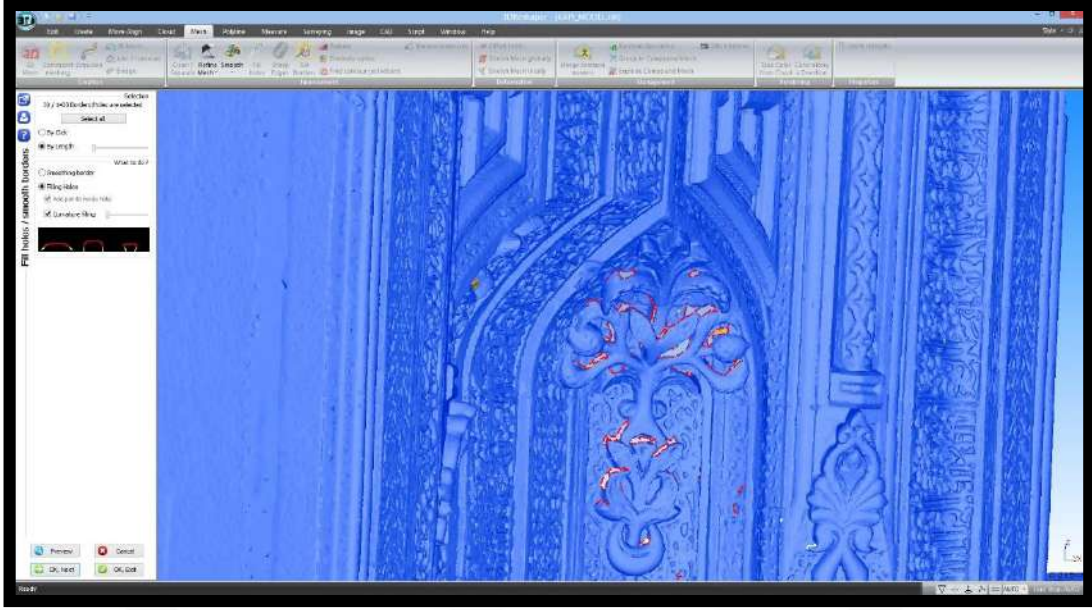
## • Üçgen Ağ Yapısının Onarılması

Oluşturulan ağlar, nokta bulutu veri kümesinde yer alan hataları (nokta bulutu arasında yer alan delikler, gürültü vs.), Şekil 5.44’de ve Şekil 5.45’de görüldüğü gibi beraberinde barındırır. Bu hataların çoğu başlangıç aşamasında uygulanan tekniklerle tam olarak giderilememektedir. Hatalar, üçgen ağı oluşturduktan sonra ağın yüzeyinde yer alırlar. Yaratılmış üçgenler yüzeydeki hataları düzeltmek için bazı iyileştirmelere ihtiyaç duyar.

Oluşturulan üçgen ağ yüzeylerinde taramadan kaynaklı birçok delik ve fazladan üçgen ağı oluşmaktadır. Birçok delik doldurma algoritmasını kullanılan farklı yazılım programları mevcuttur. 3D Reshaper programı bir deliğin doldurulmasını otomatik yapmaktadır. Eğriler düz delik doldurma ya da eğriliğe bağlı delik doldurma algoritmaları ile doldurulur. Deliklerin doldurulması sırasında 3D Reshaper programının delik doldurma araçlarından yararlanılmıştır. Hataların giderilmesi kullanıcının kontrolünde gerçekleşir.

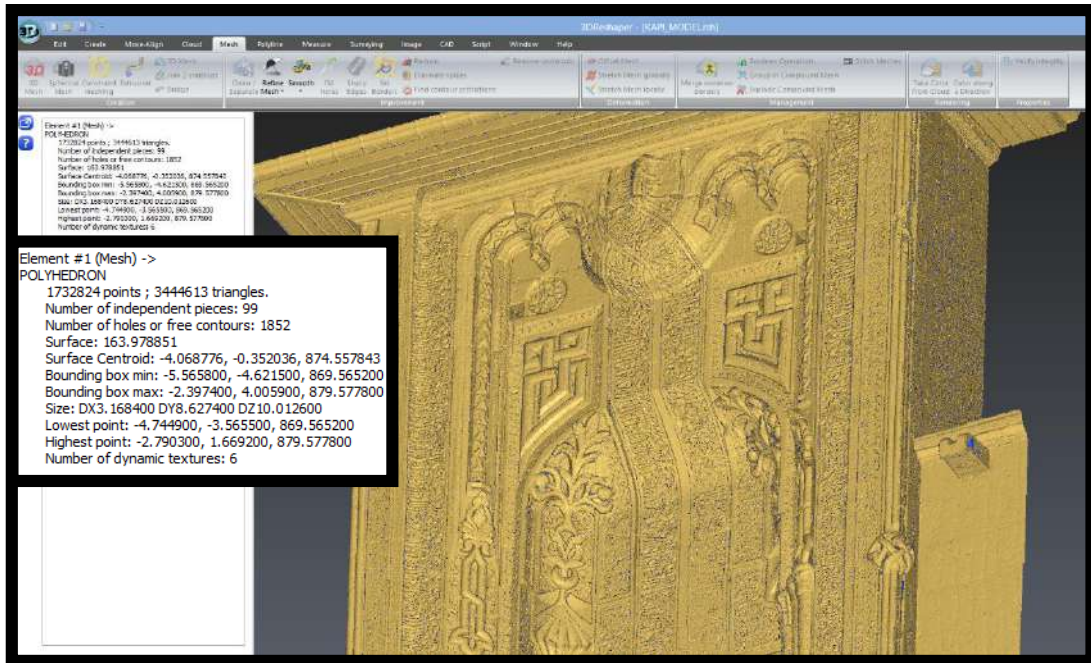


Şekil 5.44. 3D Reshaper Programının Delik Doldurma



Şekil 5.45. 3D Reshaper Programının Delik Doldurma

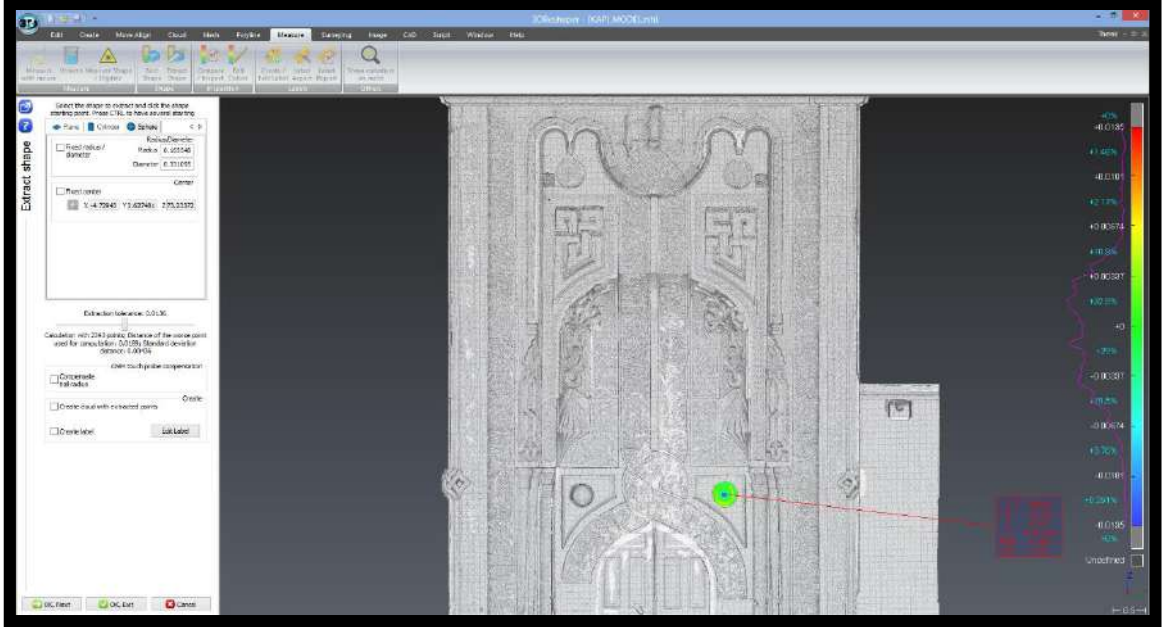
Sonuç olarak modellemede üçgen ağlara ait düzgünlük ilkesinin soyut anlamdaki kabul edilebilirlik kavramına bağlı olması gerektiği gözlenmiştir. Ayrıca üçgen ağlara uygulanan düşük filtrelemenin başarılı sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır. Şekil 5.46'de gösterildiği gibi mesh bilgileri verilmiştir.



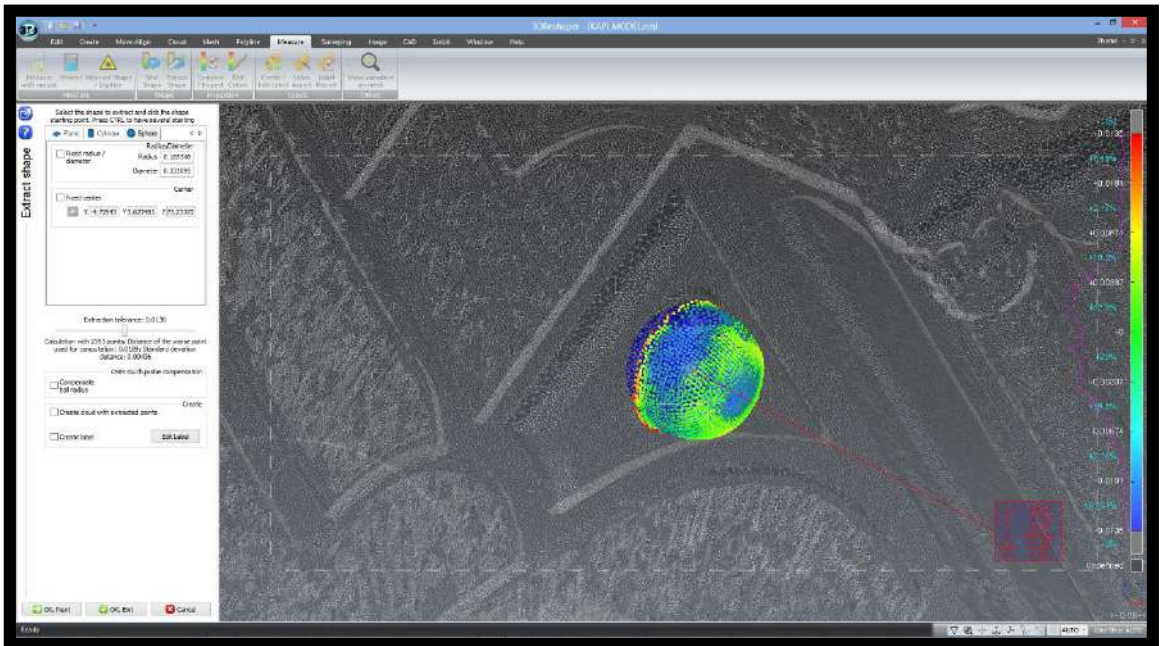
Şekil 5.46. Taç Kapı Mesh Bilgileri

Mesh üzerindeki genel bilgiler de; Üçgen ağının kaç nokta üzerinden yapıldığı kaç üçgen oluşturulduğu, ne kadar yüzey olduğu gibi genel bilgiler mevcuttur.

Ayrıca; Üçgen Ağı Üzerinden; klasik ölçme yöntemleri ile belirlenmesi zor olan detay bilgilerin, analizi ve karşılaştırılmasını yapabiliriz. Şekil 5.47'de ve Şekil 5.48'de görüldüğü üzere Taç Kapının üzerindeki küre detayın yarıçapı, üçgen ağ yoğunluğu ve kapı üzerindeki konumu gibi bilgiler hızlı ve doğru şekilde hesaplanmıştır.



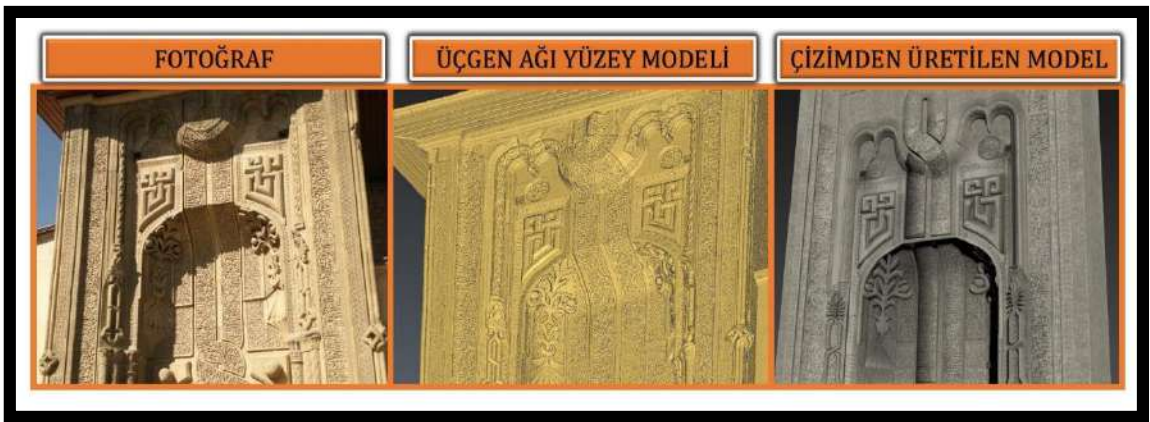
Şekil 5.47. Taç Kapı üzerindeki Küre Detayının Analizi



Şekil 5.48. Taç Kapı üzerindeki Küre Detayının Analizi

#### 5.4.5.2. Taç Kapı Detaylarının Karşılaştırılması

Taç Kapının profesyonel kamera ile çekilmiş Fotoğraf, Nokta Bulutu üzerinden Üçgen Ağ oluşturularak üretilmiş Yüzey (mesh) ve Vektörel çizim üzerinden modellenmiş Taç Kapının ekran alıntılarının karşılaştırılmıştır. Şekil 5.49'de Fotoğraftaki detay ayrıntılarına en yakın gerçekliği Yüzey Ağında modellendiği görülmektedir. Vektörel model de detayların tam olarak çizilemedi, derinliklerin verilemediği, olması gereken karmaşık detayların olmadığı fark edilmektedir. Sonuç olarak bu çalışmanın amacı olan nokta bulutu üzerinden modeller üretmenin daha sağlıklı sonuç verdiği tespit edilmiştir.



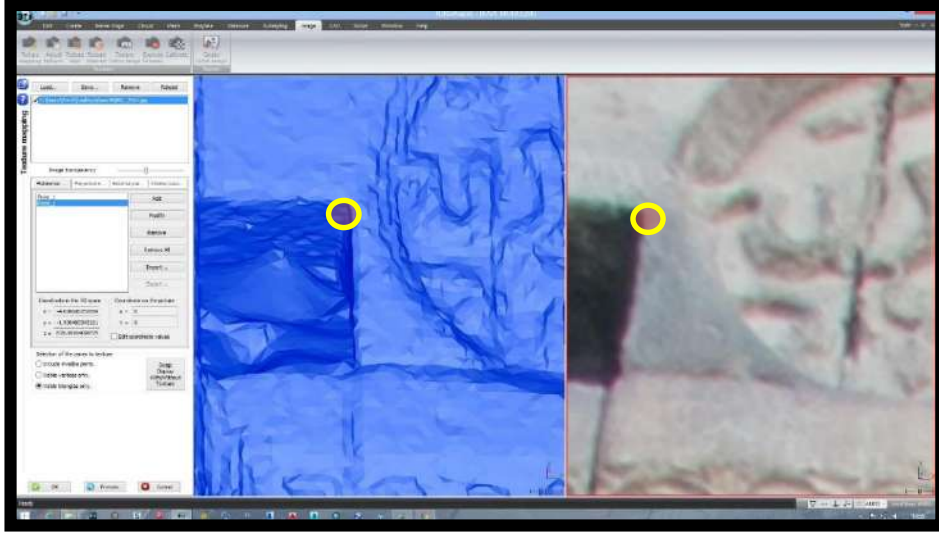
Şekil 5.49. Taç Kapı Detaylarının Karşılaştırılması

#### 5.4.5.3. Üçgen Ağ Yapısının Renklendirilmesi

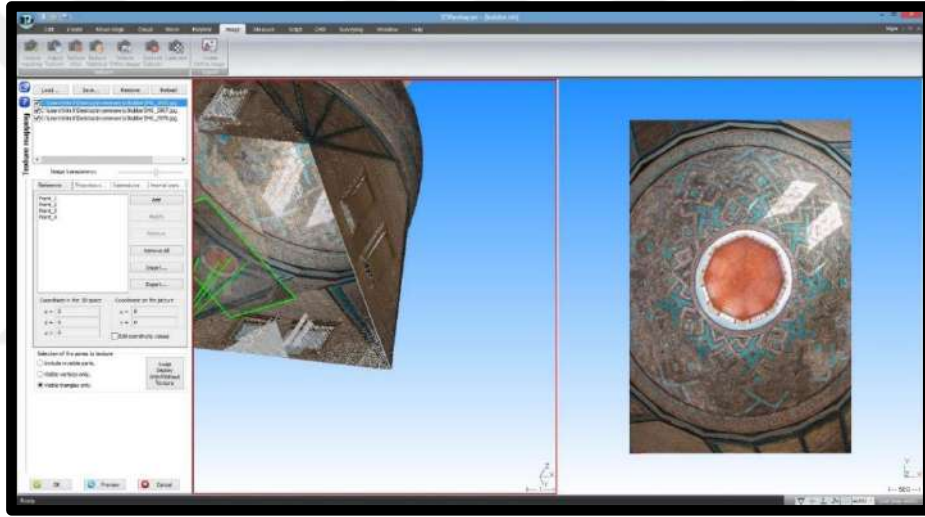
Taç Kapı ve Kubbenin yüzey modelleme işlemi tamamlandıktan sonra yüzeyler Lazer Tarayıcı tarafından çekilen resimler ve dışardan profesyonel kameralar ile çekilen resimler ile yüzey kaplama işlemi yapılmıştır ve model gerçek görünümüne ulaşmıştır.

Gün ışığın gölge oluşturması ve medrese içerisindeki ışık yetersizliğinden dolayı lazer tarayıcının çekmiş olduğu resimler modelin dokusunu tam olarak yansıtmadığı anlaşılmıştır.

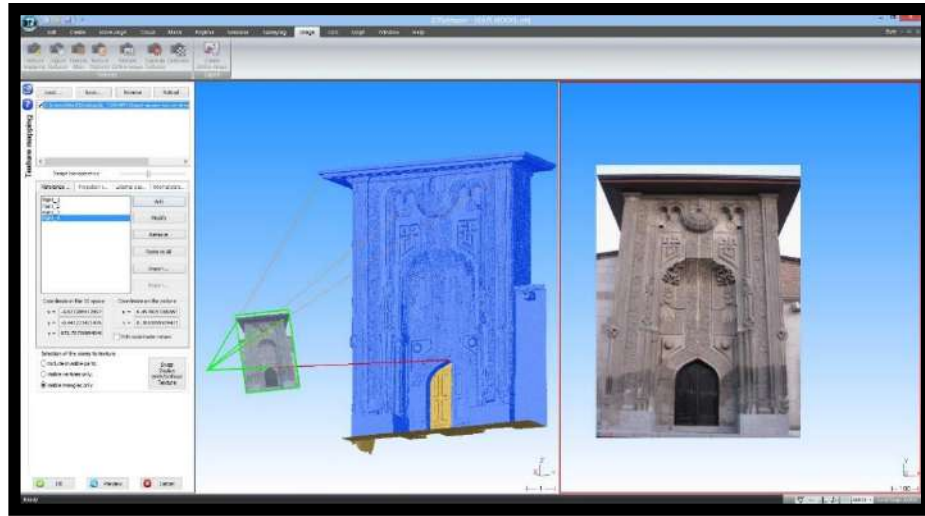
Bu yüzden profesyonel makinalarla çekilen resimler üzerinden detay noktaları ile yüzey üzerindeki ortak detay noktalarının işaretlenerek kaplama işlemi yapılmıştır.



Şekil 5.50. Resim ve Yüzeyin Üzerinde Referansların Noktaların İşaretlenmesi



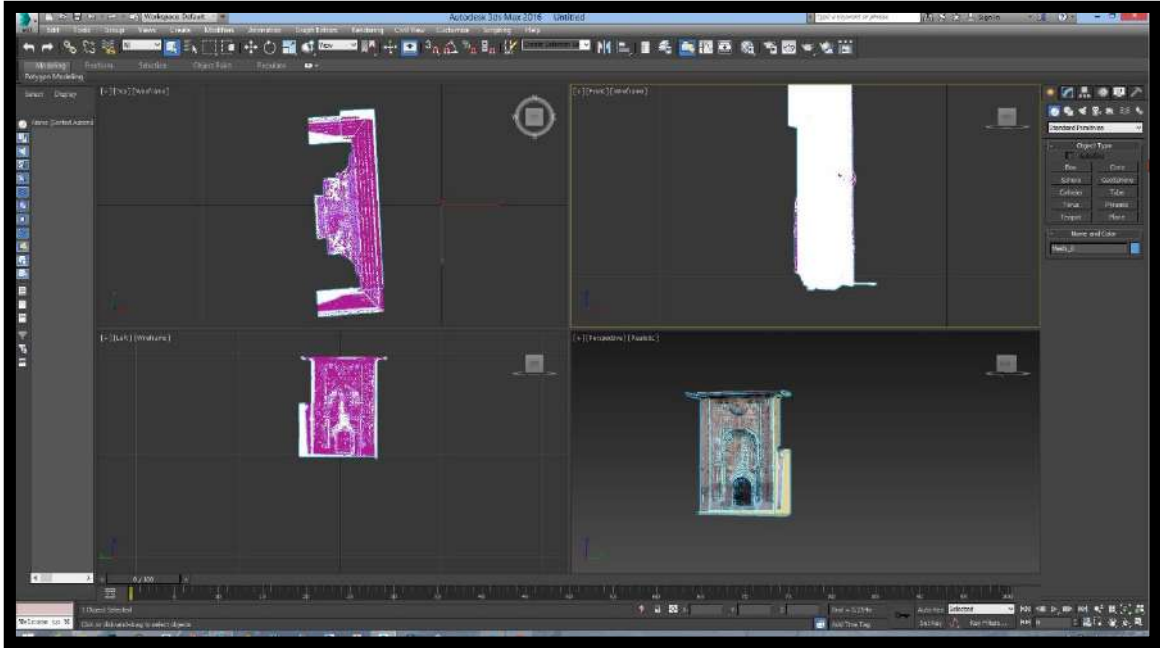
Şekil 5.51. Kubbenin Resimler ile Yüzeyinin Kaplanması



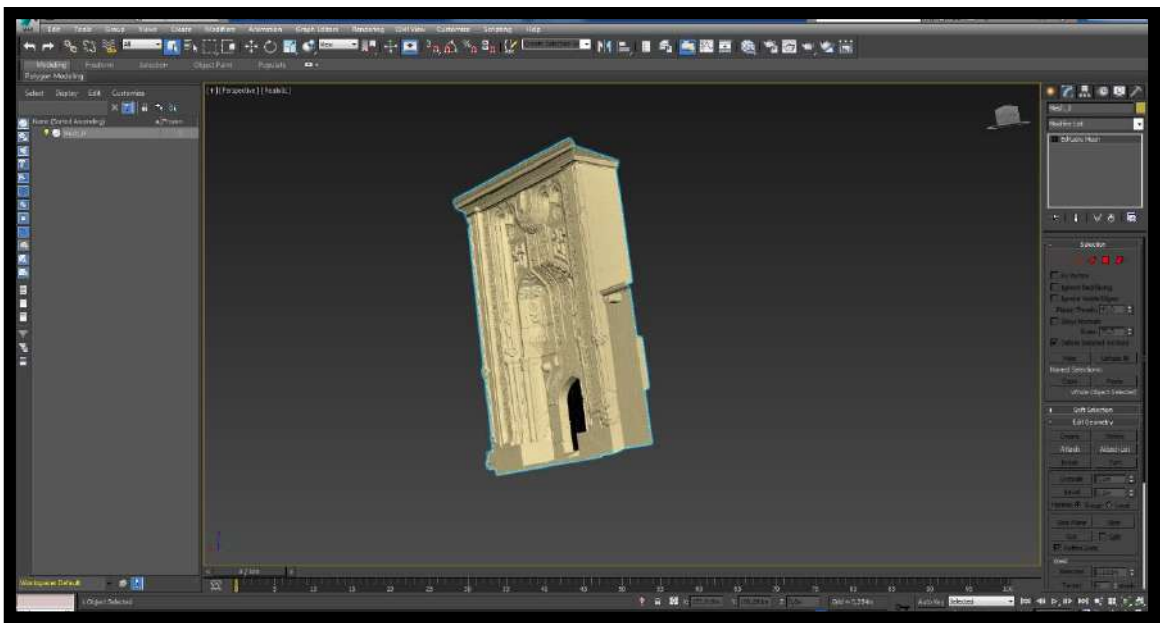
Şekil 5.52. Taç Kapının Resimler ile Yüzeyin Kaplanması

#### 5.4.5.4. Medresenin 3D Max Programında LoD-4 Seviyesinde Modellenmesi

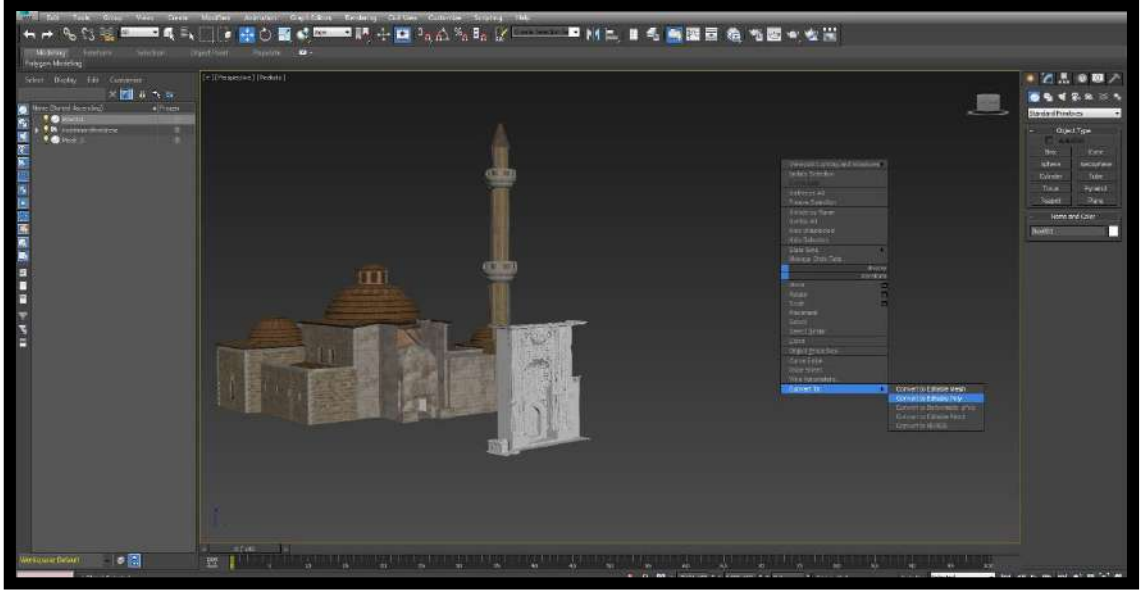
3D Max programında; Medresenin diğer iç kısımları nokta bulutu üzerinden çizilerek elde edilen vektörler üzerinden modellenmiştir. Medresenin vektörel çizimlerinden elde edilen modelleri ile Taç Kapı ve Kubbenin Nokta bulutu üzerinden elde edilen yüzeyleri birleştirilerek model LoD-4 seviyesine ulaştırılmıştır.



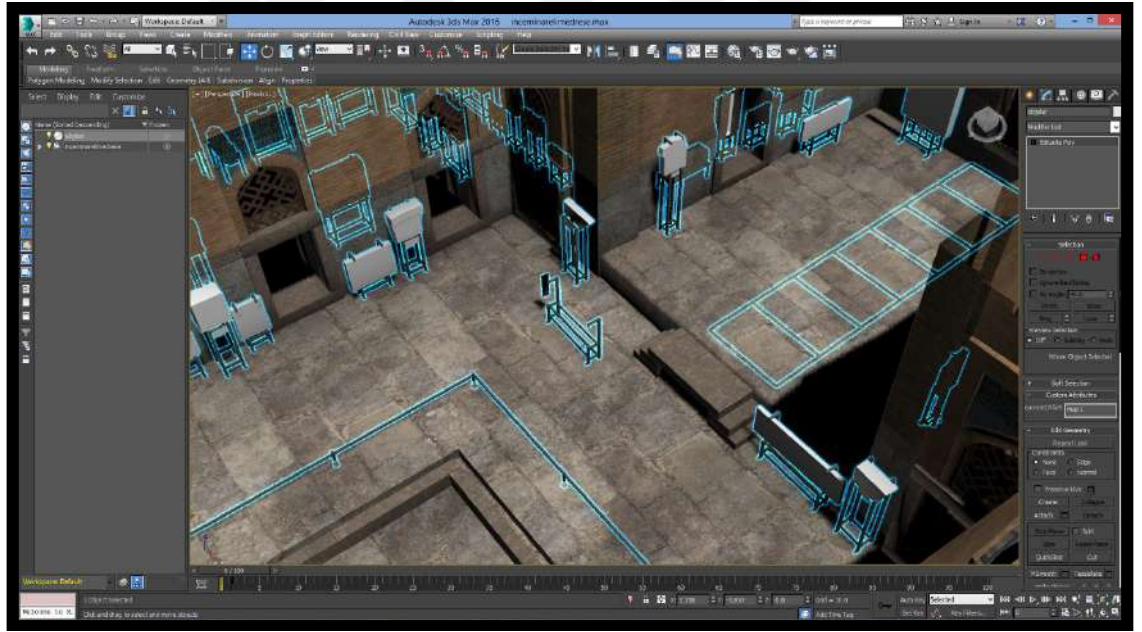
Şekil 5.53. Taç Kapı Modelinin 3D Max Programında Açılması



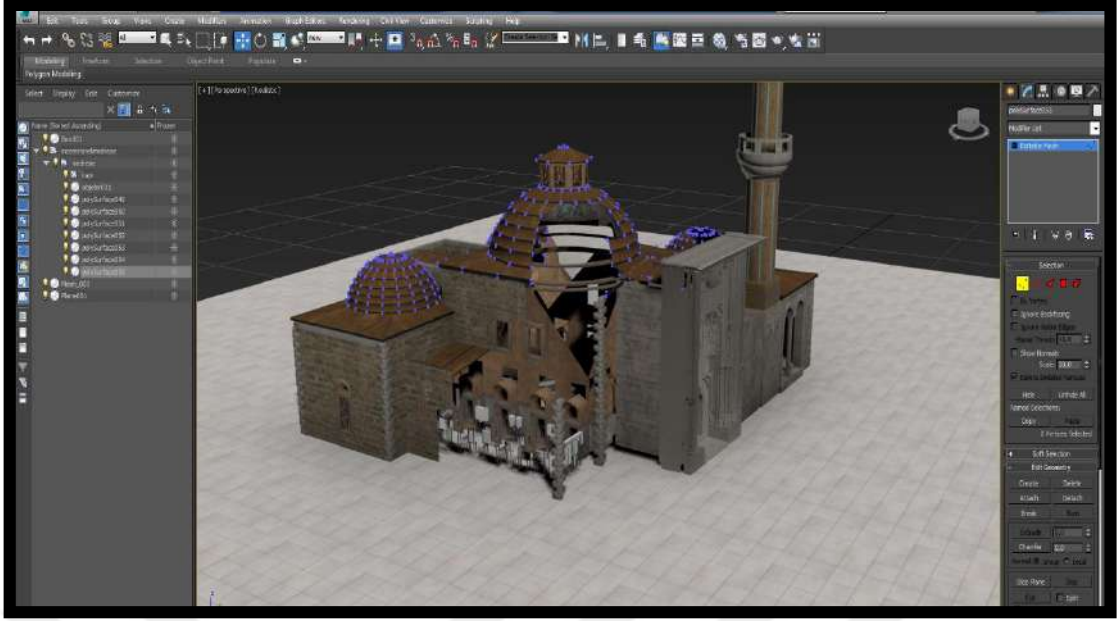
Şekil 5.54. Taç Kapı Modelinin 3D Max Programında Açılması



Şekil 5.55. Taç Kapı Modelinin Tüm Modele Eklenmesi



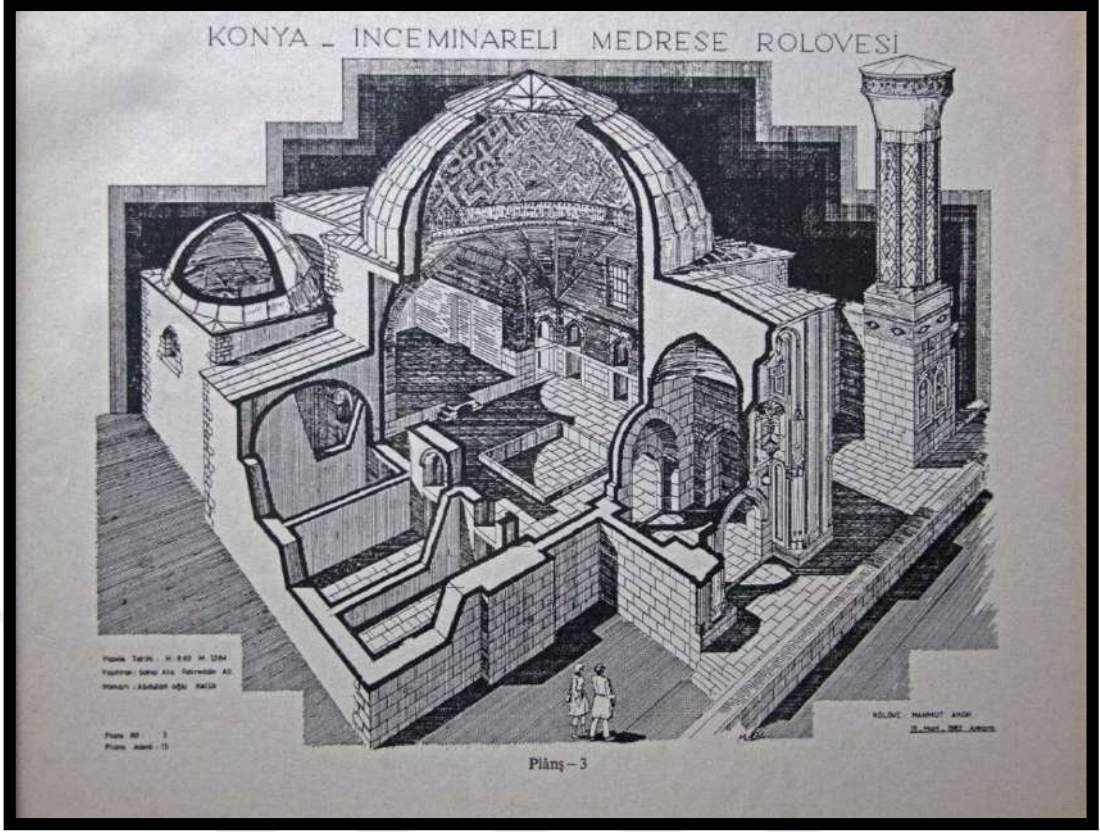
Şekil 5.56. Medresenin İç Kısımlarının Modellenmesi



Şekil 5.57. Medresenin İç Kısımlarının Modellenmesi



Şekil 5.58. Medresenin İç Kısımlarının Modellenmesi



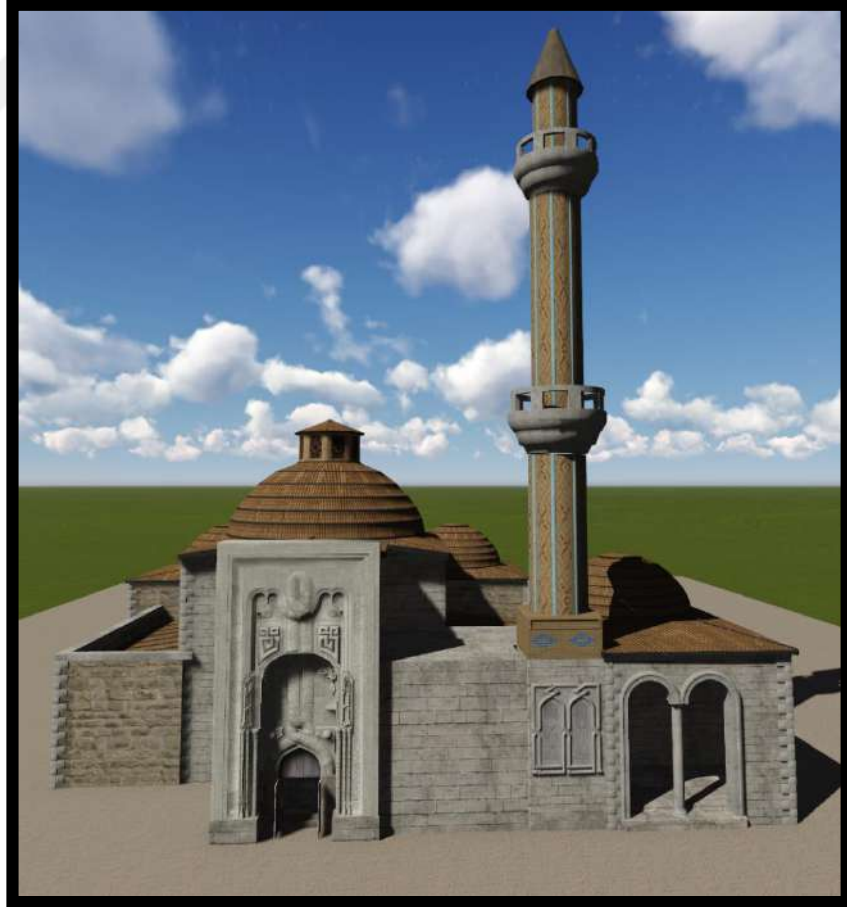
Şekil 5.59. Arkeolog Mahmut AKOK 1983 yılında Çizdiği Medresenin Kesit Görünüşü



Şekil 5.60. LoD-4 Seviyesinde Modelden Kesit Görünüşü



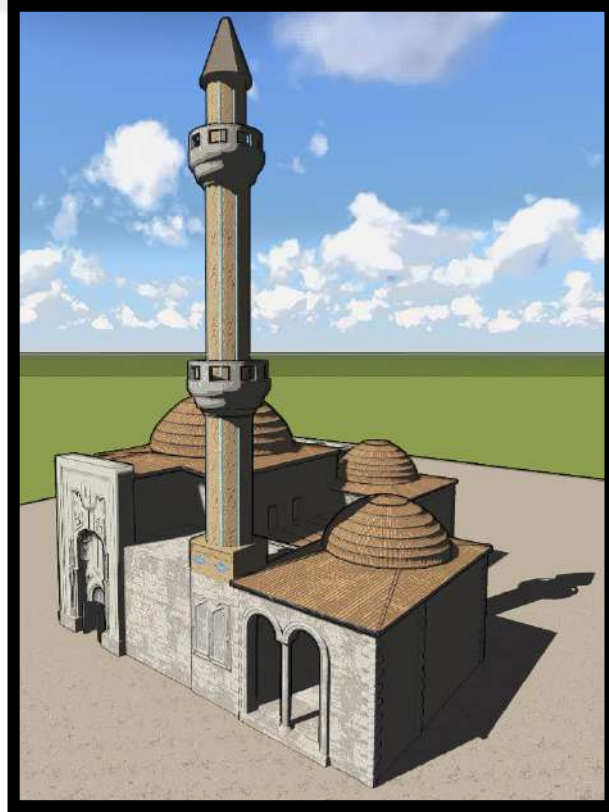
Şekil 5.61. LoD-4 Seviyesinde Modelden Kesit Görünüşü



Şekil 5.62. LoD-4 Seviyesinde Model Ön Cephe



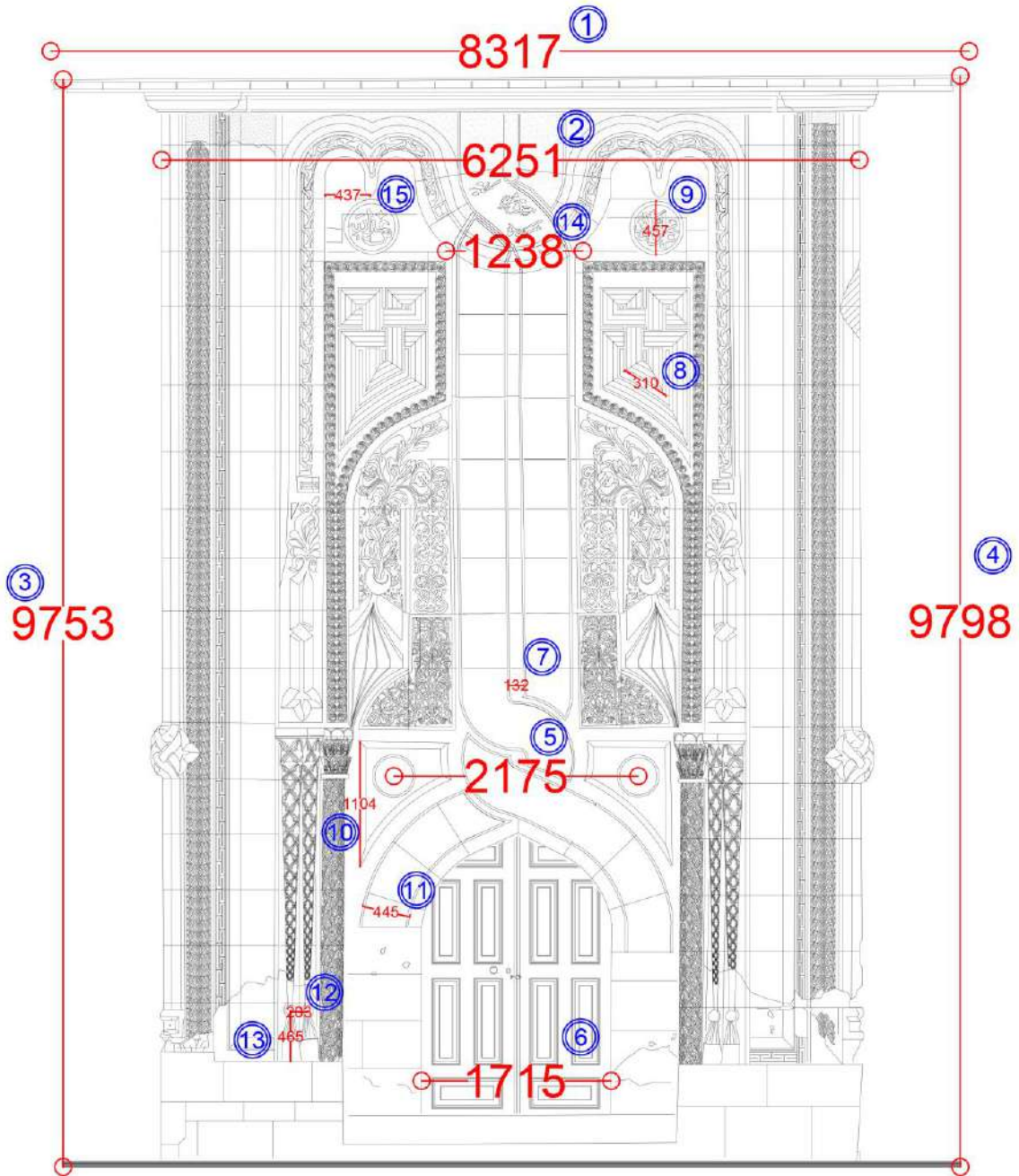
Şekil 5.63. LoD-4 Seviyesinde Model Arka Cephe



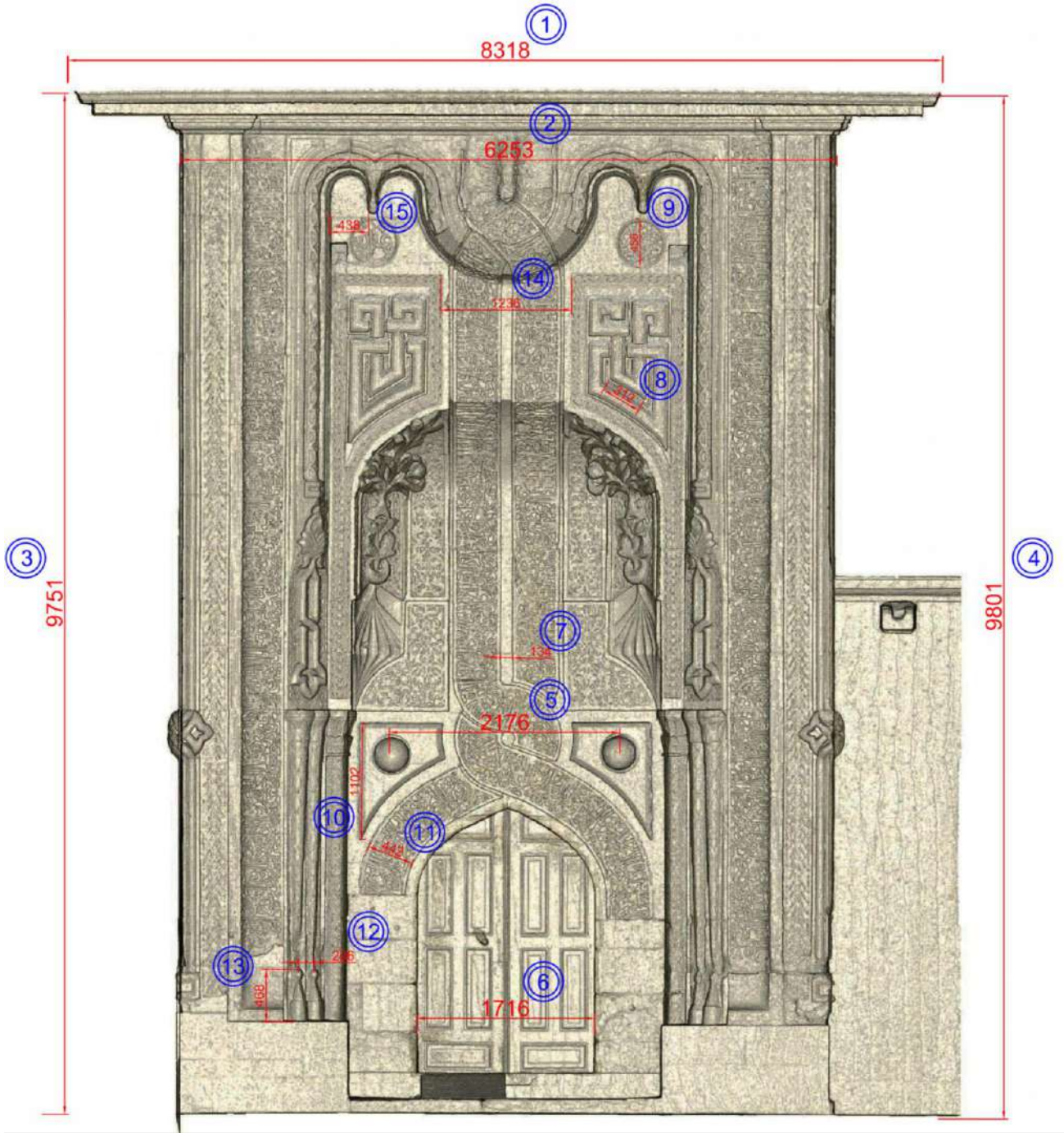
Şekil 5.64. LoD-4 Seviyesinde Model Render

#### 5.4.5.5. Medrese Taç Kapısının 3D Model Doğruluğunun Araştırılması

Modellemenin doğruluk hakkında yorum yapabilmek için, uzunluk karşılaştırmaları yapılmıştır. Şekil 3.65’de Taç Kapı üzerinden Reflektörsüz Total Station ve çelik şerit metre ile gerçek uzunluklar elde edilmiştir. Şekil 5.66’da Taç kapının modeli üzerinden belirli noktalar arasında uzunluklar 3D Reshaper yazılımında tespit edilmiştir. Çizelge 5.1’de Model üzerinden ölçülen kenar uzunlukları ile Taç Kapı üzerinden Reflektörsüz Total Station ve çelik şerit metre ile elde edilen gerçek uzunluklar arasındaki farklar bulunmuştur.



Şekil 5.65. Reflektörsüz Total Station ve Çelik Şerit Metre ile yapılan ölçümler



Şekil 5.66. 3D Reshaper yazılımında tespit edilen uzunluklar

Çizelge 5.1. Uzunlukların Karşılaştırılması

Uzunluk Karşılaştırması			
Ölçüm No	Reflektörsüz Total Station ve Çelik Şerit Metre ile yapılan ölçümler (mm)	3D Reshaper yazılımında tespit edilen uzunluklar (mm)	Mutlak değer  v  (mm)
1	8317	8318	1
2	6251	6253	2
3	9753	9751	2
4	9798	9801	3
5	2175	2176	1
6	1715	1716	1
7	132	134	2
8	310	312	2
9	457	458	1
10	1104	1102	2
11	445	442	3
12	203	206	3
13	465	468	3
14	1238	1236	2
15	437	438	1

$$m_0 = \sqrt{\frac{[vv]}{n}}$$

$m_0$  = karesel ortalama hata

$n$  = ölçü sayısı

$|v|$  = mutlak değerler toplamı

Şekil 5.67. Karesel Ortalama Hata Hesaplama Formülü

Formülde yerine konulmalar yapıldığında mutlak değerler toplamı  $[v]=29$ , mutlak değerlerin karelerinin toplamı  $[vv]=65$  ve karesel ortalama hata  $m_0= \pm 2.082$  mm değeri bulunur. Sonuçları incelendiğinde oluşturulan modelden alınan ölçüler ile gerçek ölçüler arasında ki karesel ortalama hata  $m_0= \pm 2.082$  mm olarak bulunmuştur. Bu hata Lazer Tarayıcı oturumlarının birleştirilmesinde kullanılan referanslardan kaynaklanmaktadır.

## 6. SONUÇLAR

3B görselleştirmenin en yoğun uygulandığı alanlardan biri olan 3B kent modelleme, kentsel çalışmalarda karar verme, durum belirleme, projelendirme, mühendislik ve çeşitli sektörel uygulamalara altlık oluşturmaktadır. Yani 3B kent modellerinin kullanımı, oluşturulması neredeyse gereklilik haline gelmiştir. Gelişmekte olan 3B modelleme teknolojileri ile karmaşık yapıları bölgelerin ve bu bölgelere ait mekânsal bilgilerin modellenbildiğini lazer tarayıcı verileri ile yapılabirliği araştırılmıştır.

Üç boyutlu tarama teknolojileri kültürel mirası belgelemek için önemli bir araçtır. Şüphesiz üç boyutlu tarayıcılar düzensiz ve karmaşık yüzeylere sahip nesnelerin ölçümü için çok uygundur ve büyük bir olasılıkla buna benzer yapılardaki uygulamalar için en iyi yöntemdir.

İnce Minareli Medresenin yersel lazer ile ölçümü lazer taramanın zaman kazanımı ve yüksek tarama çözünürlüğü açısından çok güçlü bir araç olduğunu göstermektedir. Halen büyük nokta bulutu dosyalarının bilgi yönetimine gelindiğinde bazı zorlukları bulunmaktadır. Hacimsel olarak geniş dosyalardır ve her bir işlem adımı uzun sürmektedir, en yüksek düzeyde bilgisayar kapasitesi gereksinimi vardır. Özetle lazer tarama arkeolojik dökümantasyon alanında büyük bir potansiyele sahiptir.

Bu çalışma ile İnce Minareli Medrese cephelerinin yersel lazer tarayıcı ile toplanmış olan nokta bulutu verilerinin işlenmesi ve modelinin çıkarılması gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuç ürün CAD ortamında sunulmuştur.

Nokta Bulutu üzerinden elden edilen yüzeylerdeki pürüzleri azaltmak ve boşlukları doldurmak için kullanılan günümüzde farklı programlar vardır bu çalışmada kullanılan 3D Reshaper programında yapılan işlemlerde en iyi sonuca ulaşmak için yüksek performansta bilgisayarlara ihtiyaç vardır. Bu çalışmada Taç Kapı ve Kubbenin yapımı aşamasında fazlaca süsleme ve detay işleme olduğundan lazer tarayıcı ile farklı açılardan taranarak yüzey geçirilmesi diğer ölçme yöntemlerinden daha hızlı ve daha doğru sonuç vermiştir.

Üçgen Ağı üzerinden; klasik ölçme yöntemleri ile elde edilemeyecek veriler, daha hızlı, doğru ve güvenilir şekilde elde edilmiş, veriler üzerinde çeşitli analizlerin yapılabilir olduğu gözlemlenmiştir.

Diğer tespit edilen sorunlardan biri ise Yersel Lazer Tarayıcı üzerinde entegre olan kamera ile elde ettiği RGB değerlerinin Gün ışığının gölge oluşturması ve kapalı mekânlardaki aydınlatma yetersizliğinden dolayı modellemede kullanılması dokunun tam

olarak yansıtılmamasına neden olmuştur bu yüzden dışardan profesyonel fotoğraf makinaları ile çekilmiş yüksek çözünürlüklü fotoğraflar eklenerek kaplama yapılmıştır.

Çalışmanın pilot uygulamasında elde edilen veri ve oluşturulan bütünleşik üç boyutlu modelin niteliksel ve niceliksel özellikleri düşünüldüğünde aşağıdaki kullanımlar için uygun olduğu açıkça görülmektedir.

- Kentsel planlama ve tasarım uygulamaları,
- Üç boyutlu CBS uygulamaları,
- İnternet ve web üzerinden hizmet sunumu,
- Kent rehberi oluşturma,
- Mühendislik hizmetleri ve planlama,
- Mimarlık ve kültürel mirasın korunması amacıyla dokümantasyon.



Şekil 6.1. İnce Minareli Medrese LOD Seviyeleri

Disiplinler arası çalışmalar düşünüldüğünde böyle bir modelleme çalışması esasen üç mesleki disiplini kapsamaktadır. Bunlar; modelin üretim aşamasında harita mühendisliği ve şehir bölge planlaması, üretilen modelin kullanımı aşamasında şehir planlama ve mimarlık disiplinleridir.

Gerçekte üç boyutlu kent modelin hem üretimi hem bu çalışmadan elde edilecek ürünlerin kullanımı açısından belli kriterlere uyulma zorunluluğu bulunmalıdır. Ancak özellikle üretim aşamasında temel veri toplama ve işleme sistemlerini kullanan harita mühendisliği bakımından yersel fotogrametrik ve yersel lazer tarayıcı ölçme yöntemlerinin üç boyutlu kent modelleme de kullanımını tanımlayan standartlar

bulunmamaktadır. Kullanım aşamasında ise elde edilecek ürünlerin çeşitleri incelendiğinde üretim aşamasıyla ilişkilendirilebilecek hiçbir temel kriter ve standart bulunmamaktadır.

Sadece mimari açıdan düşünüldüğünde rölöve altlıklarının oluşturulması ve plan kesitlerinin oluşturulması için yönetmeliklerde kriter bulunmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında özellikle üç boyutlu şehir modellerinin üretim ve kullanım amaçlarına bağlı olarak yukarıda belirtilen her üç disiplini de içerecek üç boyutlu kentsel model üretim ve kullanım standartlarına ihtiyaç vardır. Bu standartlar aynı zamanda literatürde CBS standartlarında da yer alan detay seviyesi (level of detail) kriterlerini de içinde bulundurmalıdır.

Yukarıda belirtilen sonuçlar ve öneriler ışığında özellikle CBS’de altlık olabilecek üç boyutlu kent modelleri üretiminin içerisinde çok önemli bir yer tutan veri bütünleştirilmesi çalışmasının temel kriterleri ve temel problemleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Özellikle çok farklı yöntemlerle ölçme çalışmalarını içeren harita mühendisliği disiplini düşünüldüğünde veri bütünleştirilmesi yöntemlerinin sonuca giden çok farklı çözümlerinin olabileceği görülmektedir.

Ancak gelişen teknoloji ve mesleğin vizyonu açısından bakıldığında günün birinde tüm dünyada tamamıyla yeraltı ve yerüstü tesislerinin dijital ortama aktarılacağı ve arazi uygulamaları ile arazi uygulamalarının artık sahada yapılmadan önce dijital ortamda görselleştirileceği ve tüm aplikasyon verilerinin bu dijital ortamdan üretilerek araziye uygulanacağı kesindir. İşte o günün gelebilmesi için üç boyutlu kent modellerinin üretimindeki tüm standartların belirlenmiş olması zorunludur.

Bu standartlara giden yol ölçme yöntemlerinin entegrasyonu ve optimizasyonundan geçmektedir. Mesleğimizin geleceğini ölçme yöntemlerinin optimizasyonu ve entegrasyonu oluşturmaktadır.

Literatürde yer alan çalışmalar yersel lazer tarama verilerinden 3B şehir modelini oluşturan bina gibi yer üstü objelerin hızlı bir biçimde araziden toplanarak çıkarılabildiğini göstermektedir. Ülkemiz için henüz çok yeni olan bu teknolojinin kullanımının yaygınlaşmasıyla kentsel alanların değişim hızını belirleyen binaların üçboyutlu modellenmesi hızlı bir biçimde yapılabilecektir. Yersel lazer tarama sistemleri ile elde edilen sonuç ürünün sayısal olması, üç boyutlu verinin görselleştirilmesi, yönetilmesi ve CBS ortamında sunulması gibi farklı uygulama alanlarında da kullanılmasına olanak sağlaması, ülkemizde gelecekte yapılabilecek birçok çalışmaya ışık tutacaktır.

## KAYNAKLAR

- Abdelhafiz, A., **Integrating Digital Photo Grammetry And Terrestrial Laser Scanning**, Doktora Tezi, Institute Of Geodesy and Photo Grammetry, TU, Braunschweig, Germany, 2009.
- Aşkın, F.H., **Lazer Tarama Verileriyle 3B Obje Modellenmesinde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri**, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2009.
- Avdan, U. - Pekkan, E. - Cömert, R., "Mağara Ölçümlerinde Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanılması (Tozman Mağarası Örneği)", **Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi**, Sayı:5(2), 2013, s.16-28.
- Ay, E., **Lazer Tarama Verisinde Geometrik Obje Tabanlı Üç Boyutlu Filtreleme Uygulaması**, GYTE Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli, 2009.
- Botsch, M. - Pauly, M. - Kobbelt L. - Alliez P. - L'Evy B., - Bischoff S., R'Ossl C., 'Geometric Modeling Based On Polygonal Meshes', **1ETH Zurich 2RWTH Aachen 3INRIA Sophia-Antipolis 4INRIA**, Lorraine, 2007.
- Büyüksalih, İsmail, **3 Boyutlu Kent Modellerinin Sürdürülebilir Kıyı Alanları Yönetimindeki Kullanımı**, İTÜ Doktora Tezi, 2013.
- Demir, N. - Vatan, M. - Alkış, Z., "Lazer Tarama Sisteminin Mimarlıkta Kullanımı", **Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu**, Kocaeli, 2005.
- Döllner, J. - Buchholz, H., **Continuous Levelof- Detail Modeling Of Buildings In 3D City Models, Proceedings Of ACM GIS 2005 (4 - 5 November 2005 Bremen)**, Germany, 2005, s.173-181.
- Ergun, B., "Üç Boyutlu Şehir Modellerinin Veri Yapısı ve Kullanım Özellikleri", **3. Uzaktan Algılama Ve CBS Sempozyumu (11-13 Ekim 2010)**, Kocaeli, 2010.
- Erdemir, Y., **İnce Minareli Medrese**, Konya Valiliği İl Kültür Müdürlüğü Yayınları, 2007.
- Fard, J., Z., "3D City Modeling", **Digital Image Processing CSI 8810 The Univerity of Georgia**, 2009.

- Gonzo, L. - Voltolini, F. - Girardi, S. - Rizzi, A. - Remondino, F. - El-Hakim, S.F., "Multiple Techniques approach to the 3D Virtual Reconstructions Of Cultural Heritage", **5 Th Eurographics italian Chapter Conference 14-16 Feb 2007**, Trento - Italy, 2007.
- Gröger, G. - Kolbe T. H. - Drees, R. - Kohlhaas, A. - Müller, H. - Knospe, F. - Gruber, U. - Krause, U., **Das Interoperable 3D-Stadtmodell Der SIG 3D Der GDI NRW Version 2 (10 May 2004)**, 2004.
- Gümüş, K., **Yersel Lazer Tarayıcılar ve Konum Doğruluklarının Araştırılması**, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2008.
- Gümüş, M., **Yersel Lazer Tarayıcıların Deformasyon Ölçmelerinde Kullanılabilirliği Üzerine Bir Çalışma**, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2010, s.18-21, 23-29.
- Hamilton, A. - Trodd, N. - Zhang, X. - Fernando, T. - Watson, K., **Learning Through Visual Systems To enhance The Urban Planning process Environment And Planning B: Planning And Design**, 2001, s. 833-845.
- Kadobayashi, R. - Kochi, N. - Otani, H. - Furukawa, R., "Comparison and Evaluation Of Laser scanning and photo grammetry and their combine use for digital recording Of Cultural Heritage", **Xxth ISPRS Congress**, (12-23 July 2004), İstanbul, 2004, s.401- 406.
- Karagöz, Ö., **Modern Kartografik Yönelimlerde Raster Vektör Dönüşüm Algoritmaları Ve Örnek Uygulaması**, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Konya, 2008.
- Karşıdağ, G., **Yersel Lazer Tarama Ölçmelerinde Doğruluk Analizi**, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2011, s.9-10.
- Kolbe, T. - Gröger, G. - Plümer, L., **Citygml - Interoperable Access To 3D City Models, In: Proceedings Of The Int. Symposium On Geoinformation for Disaster Management, Eds: Oosterom, P., Zlatanova, S., Fendel, E. M., March, Delft. 2007, s. 21-23.**
- Koramaz, T.K., **Kentsel Koruma Uygulamalarında Bilgisayar Kullanımıyla Üçüncü Boyut Etkilerinin Değerlendirilmesi: Zeyrek Örneği**, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2002.
- Koramaz, T.K., **Kentsel Koruma Sürecinde Görselleştirme Tekniklerinin Etkinliğine Yönelik Kullanıcı Algısının Ölçülmesi**, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, İstanbul, 2009.

- Lange, E. - Petschek, P. - Stuppach, S., **Präsentation von Planungen, Der Einsatz von neuen Medien und 3D Visualisierungen beim Wettbewerb Zürich-Leutschenbach. Stadt + Grün**, Sayı: 7, 2004, s.22-26.
- Metral, C., "Ontologies for the Integration Of Air Quality Models and 3D City Models", **2nd Workshop COST Action C21- Townology 14-17 May 2007**, Madrid, 2007.
- Satay, D., **Etkileşimli Üç Boyutu Sanal Çevrenin Oluşturulması Ve Mimarlıkta Kullanımı**, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2010.
- Sözen, M., **Anadolu Medreseleri Selçuklular ve Beylikler Devri**, Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1972.
- Uzar, M. - Yastıklı, N., "Lidar Ve Hava Fotoğraflarının Füzyonu İle Otomatik Bina Çıkarımı", **TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Bilimsel Ve Teknik Kurultayı**, (18-22 Nisan), Ankara, 2011.
- Voegtle T. - Schwab, I. - Landes, T., "Influences Of Different Materials On The Measurements Of A Terrestrial Laser Scanner (TLS)", **The International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**, Sayı: XXXVII (B5), Beijing, 2008.
- Yıldız, F.- Altuntaş, C., "Yersel Lazer Tarayıcı Nokta Bulutlarının Jeodezik Koordinat Sistemine Dönüştürülmesi", **Harita Dergisi**, Sayı: 142, 2009, s.51-58.
- Yücel, A. M. - Selçuk, M., **3D City Modeling Through Citygml, International 18th Symposium On Modern Technologies, Education and Professional Practice In Geodesy and Related Fields**, (6-7 November), Sofia, Bulgaria, 2008.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Azim METİN  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Beyşehir 21/01/1987  
**Telefon** : 0532 473 69 88  
**Faks** :  
**e-mail** : metin.azim@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Ali Akkanat Anadolu Lisesi/Beyşehir	2004
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi/Konya	2012
Yüksek Lisans:		
Doktora	:	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2014-	Konya Büyükşehir Belediyesi	Harita Mühendisi

### UZMANLIK ALANLARI

Fotogrametri, Uzaktan algılama, Lazer Tarayıcılar, 3B Modelleme

### YABANCI DİLLER

İngilizce

### YAYINLAR

1. Uray F., Varlık A. ve Metin A., "3D Architectural Surveying of Diyarbakir Wall's Ulu Beden Tower with Terrestrial LaserScanner" Procedia Earth and Planetary Science, 15, 73-78 (2015)
2. Uray F., Varlık A. ve Metin A., "Sokak Sağlıklaştırma Projelerinde Lazer Tarayıcı İle Mimari Rölöve Alımı: Sille Mahallesi Örneği", TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2015.
3. Yakar, M., Yıldız, F., Uray, F., Metin, A., Photogrammetric Measurement of The Meke Lake and Its Environment with Kite Photographsto Monitoring of Water Level to Climate Change. ISPRS Commission V Mid-Term Symposium, 613-616, 2010.

4. Yakar, M., Karasaka, L., Metin, A., Uray, F., Kahya, I., Tanık, H., Beyşehir Taş Köprüsünün Fotogrametrik Ölçüm Teknikleri İle Mimari Rölövesinin Hazırlanması ve 3 Boyutlu Modellenmesi, TUFUAB, 23-26 Şubat 2011.
5. Yakar, M., Uray, F., Metin, A., Kahya, I., Mersin Latin İtalyan Katolik Katedral Okulu Üç Boyutlu Modelleme Çalışması ve Animasyonu, TMMOB 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 18-22 Nisan 2011.
6. Yakar, M., Yıldız, F., Batuk, F., Toz, G., Yılmaz, H.M., Uray, F., Metin, A., The Preparation of The Architectural Surveyings With Photogrammetric Measurement Technics of Emir İshak Bey Tomb and 3D Modelling, XXIIIrd International CIPA Symposium, 2011.

