T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI AYRINTI DÜZEYLERİNDE BİNA BİLGİ MODELLERİNİN OLUŞTURULMASI

Serdar KAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Uzaktan Algılama ve CBS Pogramı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Alper ŞEN

Temmuz, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI AYRINTI DÜZEYLERİNDE BİNA BİLGİ MODELLERİNİN OLUŞTURULMASI

Serdar KAYA tarafından hazırlanan tez çalışması 11.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Uzaktan Algılama ve CBS Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Alper ŞEN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Alper ŞEN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Ali Melih BAŞARANER, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Ahmet Özgür DOĞRU, Üye
İstanbul Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Alper ŞEN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan “Farklı Ayrıntı Düzeylerinde Bina Bilgi Modellerinin Oluşturulması” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Serdar KAYA

İmza

Aileme

ve

biricik eşime

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli ve sürekli desteklerinden, zor ve kısıtlı zaman aralığında özverisi ile sonuca ulaşabildiğimiz: en başta çok değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Alper ŞEN olmak üzere, her zaman ve her koşulda destek, motivasyonum noktasında itici gücüm olan çok sevgili eşim ve bu günlere gelebilmem için tüm zorluklara rağmen her zaman, her koşulda arkamda olan annem, babam ve kardeşlerime: “iyi ki varsınız” diyerek; çok teşekkür ederim.

Serdar KAYA

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ VII

ŞEKİL LİSTESİ VIII

TABLO LİSTESİ XIII

ÖZET XIV

ABSTRACT XVII

1 GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1

1.1.1 Kartografik 3B Genelleştirme 2

1.1.2 Ölçek Uzayı Teorisi ile 3B Genelleştirme 4

1.1.3 BIM/IFC Modellerinin 3B Genelleştirilmesi ve CityGML 6

1.1.4 3B Genelleştirmeye Yönelik Diğer Çalışmalar 9

1.2 Tezin Amacı 10

1.2.1 Çalışmanın Organizasyonu 11

1.3 Hipotez 11

2 YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BIM) 12

2.1 BIM (Building Information Modeling) 12

2.1.1 BIM Nedir? 13

2.1.2 BIM Sisteminin Tarihçesi, Kavramı, Tanımı ve Kapsamı 15

2.1.3 Literatürde Yer Alan BIM Tanımları 16

2.1.4 BIM ve CityGML 17

3 2B BİNA GENELLEŞTİRMESİ 19

3.1 Genelleştirme 19

3.1.1 Sayısal Arazi Modellerinin Genelleştirilmesi 20

3.1.2 TIN Tabanlı SAM'lerin Basitleştirilmesi 20
3.1.3 Bina Genelleştirme 21
3.1.4 2B Bina Genelleştirme 22
3.1.5 Bina Sınırlarının Basitleştirilmesi 23
3.1.6 Binaların Elenmesi 24
3.1.7 Binaların Birleştirilmesi 24
4 3B BİNA GENELLEŞTİRMESİ 26
4.1 3B Genelleştirme 26
4.2 3B Bina Genelleştirme 26
4.2.1 3B Binalarda Ayrıntı Düzeyi (LoD) Kavramı 27
4.2.2 Literatürde Yer Alan Ayrıntı Düzeyi (LoD) Tanımları 28
4.2.3 BIM/IFC CityGML 3B Genelleştirme Uygulamaları 31
4.2.4 BIM/IFC ve CityGML Karşılaştırılması 32
5 UYGULAMA 43
5.1 LoD Modellerinin Üretilmesi 43
5.1.1 LoD0 Modelinin Üretilmesi 45
5.1.2 LoD1 Modelinin Üretilmesi 50
5.1.3 LoD2 Modelinin Üretilmesi 62
5.1.4 LoD3 Modelinin Üretilmesi 74
5.1.5 LoD4 Modelinin Üretilmesi 91
6 SONUÇ VE ÖNERİLER 112
6.1 Sonuç ve Öneriler 112
KAYNAKÇA 119

KISALTMA LİSTESİ

ADE	Semantik Şehir Modelleri Dosya Biçimi
AEC	Arcitecture Engineering Construction
AIA	American Institute of Architecture
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemi
CDT	Constrained Delanuay Triangulation
CSG	Construction Solid Geometry
DWG	Autocad Dosya Biçimi
DXF	Format Değişiminde Kullanılan Autocad Dosya Biçimi
GIS	Geographic Information System
IFC	Industry Foundation Classes
LoD	Level of Detail
MST	Minimum Spanning Tree
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SOM	Self Organized Maps
SCM	Semantic City Model
SS	Swept Solid
TIN	Triangulated Irregular Network
2B	2 Boyut
3B	3 Boyut
2D	2 Boyut
3D	3 Boyut

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 BIM yaşam döngüsü ve BIM tasarım süreci [15] 13

Şekil 3.1 TIN tabanlı SAM'lerin basitleştirilmesi [1] 21

Şekil 3.2 Bina sınırların genelleştirilmesi [1], [21] 23

Şekil 3.3 Genelleştirilmesi gereken bina geometrileri [1] 23

Şekil 3.4 Bina sınırlarının basitleştirilmesi [1] 24

Şekil 3.5 Eleme işlemi öncesi ve sonrası binalar [2] 24

Şekil 3.6 Binaların basitleştirilmesi ve birleştirilmesi [1] 25

Şekil 4.1 IFC yüzey gösterimi- CityGML yüzey gösterimi [9] 33

Şekil 4.2 Genelleştirme sürecine şematik genel bakış [9] 33

Şekil 4.3 IFC'den ExtrusionBaseModel'e dönüşüm [9] 34

Şekil 4.4 IFC verilerinin semantik olarak filtrelemesi (sol: orijinal model; sağ: sadece IFCdöşeme, IFCduvar, IFCkiriş) [9] 34

Şekil 4.5 a) "ExtrusionBaseModel" den LoD1 modelinin üretilmesi, b) "ExtrusionBaseModel" den LoD2 modelinin üretilmesi [9] 36

Şekil 4.6 LoD2 modelinin LoD3 modeline dönüştürülmesi [9] 37

Şekil 4.7 a) Pencere elemanlı IFC duvarı, b) CityGML duvar düzleminde pencere elemanı ile yüzey, c) CityGML doğru konumda pencere elemanı ile ve IFC kırpma elemanı, d) Kırpma ile gerçekleştirilen pencere elemanı ve duvar düzlemi [9] 38

Şekil 4.8 LoD'lerin basitleştirilmesi [24] 40

Şekil 4.9 (a) Revit 2014 tarafından yeniden oluşturulmuş BIM / IFC modeli, (b) Dönüştürülmüş olan CityGML LoD 4 modeli [24] 41

Şekil 4.10 CityGML'de farklı LOD'ler arasında basitleştirilme sonuçları [24] 41

Şekil 5.1 Uygulama akış diyagramı 45

Şekil 5.2 Çalışmada kullanılacak alanın belirlenmesi 45

Şekil 5.3 Global Mapper yazılımında çalışma alanının coğrafi koordinatlarda görüntülenmesi 46

Şekil 5.4 Autocad 2017 de koordinatına getirilen uydu görüntüsü 47

Şekil 5.5 Çalışma alanına ait arazi modeli 47

Şekil 5.6 İnşaat fakültesi binalarına ait alan içerisindeki yükseklik eğrilerinin silinmesi 48

Şekil 5.7 Seçme/eleme ile genelleştirilen yükseklik eğrileri 49

Şekil 5.8 3B model üzerine giydirilmiş uydu görüntüsü ile LoD0 modeli 50

Şekil 5.9 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş zemin kat 2B mimari çizimi.....51

Şekil 5.10 Oluşturulan seviyeler ve kot bilgileri.....52

Şekil 5.11 Zemin kat 2B genelleştirilmiş mimari çizim Autodesk Revit 2017.....52

Şekil 5.12 Basitleştirmede kullanılan bina doğrultularının temsili gösterimi-zemin kat.....53

Şekil 5.13 Bina sınırlarının basitleştirilmesi ile taban döşemesinin oluşturulması54

Şekil 5.14 Çatı katı 2B mimari çizimi.....55

Şekil 5.15 Aks-Grid-Kot-Çatı Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş çatı katı 2B mimari çizimi.....56

Şekil 5.16 Çatı katı 2B genelleştirilmiş mimari çizim Autodesk Revit 2017.....56

Şekil 5.17 Çatı katı mimar çizimine göre revize edilen kat seviyeleri.....57

Şekil 5.18 Zemin kat planından aksların kopyalanması 57

Şekil 5.19 Basitleştirilmede kullanılan çatı doğrultularının temsili gösterimi – Çatı Katı, Çatı Katı_2 58

Şekil 5.20 Genelleştirme uygulanmış kat planlarına göre modellenmiş çatı döşemesi.....59

Şekil 5.21 Genelleştirme uygulanmış kat planlarına göre modellenmiş döşemeler59

Şekil 5.22 LoD1 ayrıntı düzeyindeki 3B inşaat fakülte binaları 60

Şekil 5.23 LoD1 seviyesinde farklı yükseklikteki binaların 3B modelleri 61

Şekil 5.24 LoD1 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak önden görüntülenme sonucu 61

Şekil 5.25 LoD1 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak arkadan görüntülenme sonucu 61

Şekil 5.26 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş zemin kat 2B mimari çizimi.....63

Şekil 5.27 Oluşturulan 3 kat seviyesinin görüntülenmesi.....64

Şekil 5.28 Zemin kat 2B genelleştirilmiş mimari çizim Autodesk Revit 2017 64

Şekil 5.29 İnşaat fakültesi binalarının birleştirilmesi.....65

Şekil 5.30 Binaların birleştirilmesi ile taban döşemesinin oluşturulması.....66

Şekil 5.31 2B çatı katı mimari çizimi 67

Şekil 5.32 Aks-Grid-Kot-Çatı Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş çatı katı 2B mimari çizimi.....68

Şekil 5.33 Çatı katı 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017.....68

Şekil 5.34 Zemin kat planındaki aksların fraktallaştırılması.....69

Şekil 5.35 Çatıların birleştirilmesi ve basitleştirilmesi temsili gösterimi – Çatı Katı, Çatı Katı_2 70

Şekil 5.36 Genelleştirme teknikleri uygulanarak modellemesi yapılan çatı ve taban döşemeleri 71

Şekil 5.37 LoD2 ayrıntı düzeyindeki 3B fakülte binaları 72

Şekil 5.38 LoD2 seviyesinde farklı yükseklikteki binaların 3B modelleri 72

Şekil 5.39 LoD2 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak önden görüntülenme sonucu 73

Şekil 5.40 LoD2 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak arkadan görüntülenme sonucu 73

Şekil 5.41 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş bodrum kat 2B mimari çizimi 75

Şekil 5.42 Oluşturulan kat seviyeleri ve kot bilgileri 75

Şekil 5.43 Bodrum kat 2B genelleştirilmiş mimari çizim Autodesk Revit 2017 ..76

Şekil 5.44 2B mimari çizimlere göre bodrum kat taban döşemelerinin oluşturulması 77

Şekil 5.45 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş zemin kat 2B mimari çizimi 78

Şekil 5.46 Zemin kat 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017 78

Şekil 5.47 Bodrum kat planından aksların fraktallaştırılması 79

Şekil 5.48 2B mimari çizimlere göre zemin kat taban döşemelerinin oluşturulması 79

Şekil 5.49 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş 1.kat 2B mimari çizimi 81

Şekil 5.50 1.kat 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017 81

Şekil 5.51 1.Kat_2 seviyesinin kat seviyelerine eklenmesi 81

Şekil 5.52 Fraktallaştırılan aksların 1.kat planına aktarılması 82

Şekil 5.53 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş 2.kat 2B mimari çizimi 83

Şekil 5.54 2.kat 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017 84

Şekil 5.55 2B çatı katı mimari çizimi 84

Şekil 5.56 Aks-Grid-Kot-Çatı Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş çatı katı 2B mimari çizimi 85

Şekil 5.57 Çatı katı 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017..... 86

Şekil 5.58 LoD3 ayrıntı düzeyinde taban döşemelerinin ve çatı döşemelerinin modeli 86

Şekil 5.59 LoD3 ayrıntı düzeyinde perde duvar ve cam duvarların modele eklenmesi.....88

Şekil 5.60 Bina cephelerinde ve geçiş koridorlarında kullanılan cam duvarların gösterimi.....88

Şekil 5.61 LoD3 ayrıntı düzeyindeki 3B fakülte binaları 89

Şekil 5.62 LoD3 seviyesinde farklı yükseklikteki binaların 3B modelleri 89

Şekil 5.63 LoD3 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak önden görüntülenme sonucu 90

Şekil 5.64 LoD3 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak arkadan görüntülenme sonucu 90

Şekil 5.65 LoD3 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak yandan görüntülenme sonucu 91

Şekil 5.66 Uydu görüntüsü ve bitki örtüsü ile zenginleştirilmiş LoD3 ayrıntı düzeyindeki 3B model 91

Şekil 5.67 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş bodrum kat 2B mimari çizimi.....93

Şekil 5.68 Oluşturulan seviyeler ve kot bilgileri.....94

Şekil 5.69 Bodrum kat 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017 .94

Şekil 5.70 2B mimari çizimlere göre bodrum kat taban döşemelerinin oluşturulması.....95

Şekil 5.71 Döşeme elemanı tipi ve özellikleri.....96

Şekil 5.72 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş zemin kat 2B mimari çizimi.....97

Şekil 5.73 Zemin kat 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017 97

Şekil 5.74 Bodrum kat planından aksların fraktallaştırılması.....98

Şekil 5.75 2B mimari çizimlere göre zemin kat taban döşemelerinin oluşturulması.....98

Şekil 5.76 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş 1.kat 2B mimari çizimi.....99

Şekil 5.77 1.kat 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017 100

Şekil 5.78 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş 2.kat 2B mimari çizimi.....101

Şekil 5.79 2.kat 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017 101

Şekil 5.80 Aks-Grid-Kot-Çatı Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş çatı katı 2B mimari çizimi.....103

Şekil 5.81 Çatı katı 2B genelleştirilmiş mimari çizim Autodesk Revit 2017.....103

Şekil 5.82 LoD4 ayrıntı düzeyinde taban döşemelerinin ve çatı döşemelerinin modeli 104

Şekil 5.83 LoD4 seviyesinde kat planlarındaki bağımsız birimler ile bina içi detayların görünümü 106

Şekil 5.84 LoD4 ayrıntı düzeyindeki 3B modelde bina içi merdivenin görüntüsü106

Şekil 5.85 LoD4 ayrıntı düzeyindeki 3B modelde bina içi merdivenin ve şaft görüntüsü 107

Şekil 5.86 LoD4 ayrıntı düzeyindeki 3B fakülte binaları 107

Şekil 5.87 LoD4 seviyesinde farklı yükseklikteki binaların 3B modelleri 108

Şekil 5.88 LoD4 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak önden görüntülenme sonucu 109

Şekil 5.89 LoD4 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak önden görüntülenme sonucu 109

Şekil 5.90 LoD4 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak yandan görüntülenme sonucu 110

Şekil 5.91 LoD0 modeli entegre edilmiş olan LoD4 modeli 110

Şekil 5.92 Model elemanlarının öznitelik bilgileri.....111

TABLO LİSTESİ

Tablo 4.1 CityGML'in ayrıntı düzeyleri ve ayrıntı düzeylerinde kullanılan veri çözünürlükleri için getirdiği standartlar [23] 29

Tablo 4.2 Dönüşüm sonuçlarına göre dosya boyutları [24] 40

ÖZET

Farklı Ayrıntı Düzeylerinde Bina Bilgi Modellerinin Oluşturulması

Serdar KAYA

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Alper ŞEN

Kartografya disiplininin temel hedeflerinden biri, yeryüzüne ilişkin bilgilerin, tüm kullanıcılara, geometrik ve semantik açıdan doğru; amacına uygun olarak eksiksiz, kolay anlaşılabilir ve kartografik gösterime uygun bir şekilde aktarılmasıdır. 3B modelleme ve görselleştirme bu amaçla kullanılmakta olup, 3B model birçok farklı teknikle oluşturulabilmektedir.

Gelişen teknoloji ile birlikte, 3B model kullanıcılar için artık amaç değil araç olarak görülmektedir. Harita üretim sürecinde de 3B modeller görsel iletişim amaçlı kullanılmakta ve bilgi teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak uygulama alanı yelpazesi oldukça genişlemektedir. Uygulama alanlarının genişlemesi ve ihtiyacın artması yeni yöntemlerin geliştirilmesi noktasında itici güç olmaktadır. Geliştirilen yeni yöntemler; gereksinimlere göre veri azaltma, farklı ayrıntı düzeylerinde (LoD) model oluşturma, hızlı, doğru ve akıcı işlem sağlama, kolay anlaşılır olma gibi niteliklere olanak sağlamaktadır. Yine geliştirilen yöntemler ile 3B bina modelleri CBS ile ilişkilendirilebilmektedir. Bu yaklaşımla, 3B kent modelleri ile 3B kent bilgi sistemleri elde edilebilmektedir. 3B kent bilgi sistemlerinde veri miktarının fazla olması kullanım, iletişim ve

paylaşım açısından sıkıntı yaratmaktadır. Farklı ayrıntı düzeylerinde gerçekleştirilen modelleme ile hem veri miktarı azaltılır hem de kullanım, iletişim ve paylaşımda meydana gelen olumsuzluklar ortadan kaldırılır. 3B modeli gereksinime göre farklı ölçek ve içeriklerde oluşturarak iletmek ve paylaşıma açmak genelleştirme yaklaşımları ile sağlanmaktadır. Bu noktada 3B kent modelleri konusunda 3B bina genelleştirmesi yaklaşımları karşımıza çıkmaktadır.

Bilgiye ulaşmak noktasında, 3B model üretimi farklı birçok teknikle yapılmakta ve amaca yönelik olarak, kullanılacak teknik seçilerek belirlenmektedir. Değişen ve gelişen talepler neticesinde son dönemde, proje verilerinin ve bina yapısal elemanları özniteliklerinin, 3B model üzerinde sayısal olarak oluşturulduğu ve yönetildiği bir süreç olan Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modelling-BIM) ortaya çıkmıştır. Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) en temel tanımı ile birbirinden farklı disiplinlerin, projenin tasarımında, inşasında ve yönetiminde ortak olarak yararlanabileceği 3B bir bilgi paylaşım sürecidir. BIM bilgiye ulaşmak için araç olarak 3B modeli kullanır. Üretilen 3B model, bütünüyle akıllı objelerden oluşturulmuş olup; objeler temsil ettiği, gerçek model elemanı özelliklerini dinamik olarak yansıtabilmektedir.

Farklı teknik ve amaçlarla üretilen 3B bina modellerinde verinin azaltılması, farklı ayrıntı düzeylerinde (LoD) modelleme, doğru ve akıcı işlem teknikleri üzerine farklı alanlarda birçok çalışma ortaya konmuştur. Bu çalışmada Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü İnşaat Fakülte Binalarının 3B BIM modelleri oluşturulmuş ve modeller, 3B bina genelleştirme kapsamında farklı ayrıntı düzeylerinde modellenerek, LoD'ler arasındaki geçiş ortaya konmuştur. Mimari çizimler esas alınarak Autodesk Revit 2017 yazılımı ile üretilen 3B model, üniversite ve öğrenci gereksinimleri dikkate alınarak farklı ayrıntı düzeylerinde manuel olarak modellenmiştir. 3B modeller elde edilirken mimari çizimlerde yer alan bazı detaylara genelleştirme yaklaşımları uygulanmıştır. BIM modellerinin üretimi aşamasında kullanılan genelleştirme adımları uygulama kısmında ayrıntılı olarak ortaya konmuştur. Farklı ayrıntı düzeylerinde (LoD) oluşturulan BIM modellerinin üretilmesinde model ve kartografik genelleştirmenin katkısı ve sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kartografya, Genelleştirme, 3B Bina Genelleştirme, BIM, 3B Model

ABSTRACT

Creating Building Information Models in Different Levels of Detail

Serdar KAYA

Department of Geomatic Engineering

Master Science of Thesis

Advisor: Asst. Prof. Dr. Alper ŞEN

One of the main objectives in the discipline of cartography is that the information about the earth is accurate to all users, geometrically and semantically; complete in accordance with its purpose; easy to understand and transfer in a convenient way to cartographic representation. 3D modeling and visualization are used for this purpose; The 3D model can be created with many different techniques.

With the advancing technology, the 3D model is no longer the goal for users; vehicle. In the map production process, 3D models are used for visual communication and the range of applications is expanding in parallel with the developments in information technologies. The expansion of the application areas and the increasing demand are the driving force for the development of new methods. New methods developed; data reduction according to requirements, modeling at different levels of detail (LoD), providing fast, accurate and fluent processing, and being easy to understand. Again, with the developed methods, 3D building models can be associated with GIS. With this approach, 3D city models and 3D city information systems can be obtained. The

high amount of data in 3D urban information systems creates difficulties in terms of usage, communication and sharing. With the modeling performed at different levels of detail, both the amount of data is reduced and the negativity in usage, communication and sharing is eliminated. 3D model according to requirement; by creating different scales and contents, communication and sharing are provided by generalization approaches. At this point, 3D building generalization approaches emerge in terms of 3D city models.

In order to reach the information, 3D model production is carried out with many different techniques and for this purpose, the technique to be used is determined by selecting. As a result of changing and developing demands, Building Information Modeling (BIM), a process in which project data and building structural elements attributes are digitally created and managed on a 3D model, has emerged. Building Information Modeling (BIM) with the most basic definition; It is a 3D information sharing process that can be used jointly by different disciplines in the design, construction and management of the project. BIM uses the 3D model to access information. The 3D model produced is entirely made up of intelligent objects; objects can dynamically reflect the characteristics of the actual model element they represent.

In 3D building models produced with different techniques and purposes, there are many studies on data reduction, different levels of detail (LoD) modeling, and accurate and fluent processing techniques. In this study, 3D BIM models of Yildiz Technical University Davutpasa Campus Civil Engineering Faculty Buildings were created, and models were modeled at different levels of detail within the scope of 3D building generalization and the transition between LoD levels was revealed. The 3D model, which was produced with Autodesk Revit 2017 software based on architectural drawings, was modeled manually at different levels of detail considering university and student requirements. While obtaining 3D models, some generalization approaches have been applied to some details in the architectural drawings. The generalization steps used in the production process of BIM models are detailed in the application section. The contribution and results of model and cartographic generalization in the

production of BIM models created at different levels of detail (LoD) were evaluated.

Key words: Cartography, Generalization, 3D Building Generalization, BIM, 3D Model

1
GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Sayısal platformların gelişimi birçok farklı talep ve ihtiyacı beraberinde getirmektedir. Harita ve harita bilgilerinin üretimi sektöründe de teknolojik gelişmeler ile birlikte kullanıcı talepleri genişleyerek; görselleştirme ve 3B görselleştirmeyi ön plana çıkarmaktadır. Yücel (2009)'a göre "Haritalar, coğrafi olguların ve aralarındaki ilişkilerin anlaşılması, kaydedilmesi ve iletişimi için bir araçtır." [1]. Başaraner (1997)'ye göre "Aynı zamanda harita, çeşitli dönüşümler içeren ve doğrudan ya da dolaylı olarak konum, yön uzunluk, bağlantı, yakınlık, komşuluk, hiyerarşi ve coğrafi ilişki gibi çeşitli bilgi türlerini ileten gerçekliğin özetlenmiş bir modeli olarak tanımlanır." [2]. Coğrafi verilerin farklı çözünürlük düzeylerinde kullanımına olan ihtiyaç, bu noktada kartografya disiplininde genelleştirmeye olan talep ve ilgiyi arttırmaktadır. Genelleştirme ile ilgili çalışmalar son dönemde 3B ortamlarda genelleştirmenin otomatikleştirilmesine yöneliktir. 3B genelleştirme, özellikle 3B kent modellerinin oluşturulmasında kullanılmaktadır. Yücel (2009)' a göre "3B kent modellerinde genelleştirme sayısal arazi modellerinin genelleştirilmesi ve haritaların içerdiği diğer (bina, yol, bitki örtüsü vb.) nesnelerin genelleştirilmesi olmak üzere ikiye ayrılabilir." Her iki genelleştirmede de amaç farklı ayrıntı düzeylerinde modellerin elde edilebilmesidir [1].

3B kent modellerinde kullanılan 3B modellerin genelleştirilmesi; model üretim aşamasında 2B çizimlerden bina sınırlarının basitleştirme ve birleştirme yöntemleri ile genelleştirilmesi noktasına yoğunlaşmaktadır. 3B binaların genelleştirilmesi konusunda ülkemizde ve dünya genelinde birçok çalışma ortaya konmaktadır. Bu çalışmalar: kartografik 3B genelleştirme, ölçek uzayı teorisi ile

3B genelleştirme, BIM/IFC modellerinin 3B genelleştirilmesi ve CityGML ile 3B genelleştirmeye yönelik diğer çalışmalar olarak 4 alt başlıkta incelenmiştir.

1.1.1 Kartografik 3B Genelleştirme

Sester (2007)'ye göre, sayıları artmakta olan 3B coğrafi veri setleri ile bu tipik ve karmaşık veri setlerinin verimli bir şekilde nasıl görselleştirilebileceği sorusunu gündeme getirmektedir. Otomatik bir genelleştirme yaklaşımının temelde iki gereksinimi vardır: birincisi kontrollü veri azaltma, ikincisi genelleştirmedir. Kontrollü veri azaltma ile farklı ayrıntı düzeylerinde (LoD) temsile olanak sağlanır. Genelleştirme işlemlerinin uygulanması ise önemli bilgilerin vurgulanması ve etkinliğinin artırılmasına yardımcı olur. Sester, 3B bina genelleştirmesi için farklı yaklaşımların genel bir değerlendirmesi yapmış olduğu çalışmada karşılaştırmalı sonuçlara da yer vermiştir. 3B veri setlerinin genelleştirilmesine yönelik güncel yaklaşımlarda tipik olarak yüksek hacimli veri setlerini yönetebilmek için, hem ayrıntılar hem de genel bakışı sunma yöntemleri esastır: uzaklaşıldığında kaba bir görselleştirme verilmelidir; yakınlaştırmanın gerçekleştiği noktada ise daha ayrıntılı bir şekilde daha ayrıntılı bilgi verilmesi sağlanmalıdır. Bilgi içeriğinin yeterli bir şekilde azaltılması, basitleştirme gibi genelleştirme yöntemleriyle kontrol edilmelidir. Sester, çalışmasında genelleştirme sırasında korunacak belirli özellikleri olan, semantik ve geometrik özelliklere sahip binalar üzerinde yoğunlaşmıştır. Bilgisayar grafikleri alanında kullanılan algoritmalar, geometrik kriterler kullanarak yüksek oranda, veri setlerinin genelleştirilmesine odaklanır. Ancak, binalar gibi yapısal topografik nesnelere doğrudan uygulanamamaktadır. Ayrıca, bu yöntemlerle, yalnızca bir basitleştirme sağlanabilir, ancak modeli geliştirme gibi başka genelleştirme işlemleri yapılamamaktadır. En yüksek ayrıntı düzeyinden (LoD4) başlayarak farklı LoD' lerde modellerin otomatik olarak oluşturulması sağlanmıştır.

Bir başka önemli genelleştirme fonksiyonu, özellikle bina gruplarının bir araya getirilmesidir. 2B genelleştirmeden bilinen yaklaşımlar, özellikle karmaşık çatı yapılarının toplanması ve genelleştirilmesi söz konusu olduğunda doğrudan 3B modele aktarılmaktadır [3].

Kada (2006) çalışmasında, 3B bina modellerinin kartografik 3B görselleştirme açısından otomatik olarak genelleştirilmesi için yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Amaç, bir kentsel bölgenin gerçekçi olmayan ancak görsel olarak çekici resimlerini ortaya koymaktır. Uygulamasını; geometrik basitleştirme, yarı uzay modellemesine benzer bir işlem aracılığıyla nesnenin yeniden yapılandırılmasıyla gerçekleştirir. Yaklaşık düzlemler, orijinal modelin çokgensel sınırlarından belirlenir, bunlar daha sonra basit şekilli cephe ve çatı yapılarını oluşturmak için bölme elemanları olarak kullanılır. Basitleştirilmiş bina modellerinin son şeklini daha da geliştirmek için, çukur doldurma, parça çıkarma ve köşe büzülmesi gibi form optimizasyon aşamalarından bahsedilmektedir.

3B bina modellerinin genelleştirilmesi için yeni bir yaklaşım açıklanmıştır. Nesneler yinelemeli bir süreçte basitleştirilmemiştir. Kullanılan yöntemde genelleştirilmiş nesne, yarı uzay modellemeye benzer bir süreçte yaklaşık düzlemlerle yeniden düzenlenir. Eşlik, paralellik ve dikdörtgenlik gibi yapı simetrileri, işlem sırasında korunur veya gerektiğinde tekrar uygulanabilir. Genelleştirmenin otomasyonu, yalnızca en küçük yapı elemanı boyutunu belirleyen bir mesafe eşiği tarafından kontrol edilir. Çevrelerini göz ardı ederek tek tek genelleştirilmiş 3 boyutlu, tek binalar ile oluşturulan modellerde binaların üst üste gelmesi gibi sorunlar oluşabilmektedir. Ayrıca, yeteri kadar özen gösterilmezse komşu bina modellerinin simetrileri bozularak sınırları üstüste gelebilir. Bundan dolayı gelecekteki çalışmalarının yapı adalarının genelleştirilmesine yönelik olacağından bahsedilmiştir [4].

Kada (2005)'in, 3B bina modellerinin ve 3B kent bilgi sistemlerinin kartografik olarak görselleştirilmesiyle ilgili otomatik olarak genelleştirilmesi için bir diğer yaklaşımı; bina nesnelerinin, görüntülemeyi hızlandırmak ve mobil cihazlarda yaygın olarak bulunan küçük ekranlardaki algılanabilirliği artırmak amacıyla, farklı ayrıntı düzeyleri (LoD) için geometrik olarak basitleştirilmesidir. Genelleştirme, yarı uzay modellemeye benzer bir süreçte gerçekleştirilir. Birbirine yaklaşan düzlemler orijinal bina modelinden belirlenir. Bu yüzeyler daha sonra nesneyi daha basit bir şekilde görselleştirebilmek adına, bir cephe ve

çatı yapısının yeniden şekillendirilmesi için uzayı bölme elemanları olarak kullanılır.

Geçmişte önerilen diğer 3B genelleştirme algoritmalarının aksine, 3B bina modeli yinelemeli bir şekilde basitleştirilmemiştir. Yani uygulama adımları tekrar ettirilmemiştir. Bunun yerine, ortaya çıkan 3B model, yarı uzay modellemesine benzer bir işlemle tek bir adımda üretilir [5].

Kada (2003)'e göre, 3B coğrafi verilerin otomatik olarak elde edilmesindeki ilerlemeler, günümüzde binlerce bina nesnesini kolayca oluşturabilen büyük ölçekli 3B kent modellerinin oluşmasına yol açmıştır. Foto-gerçekçi bir görselleştirme için, her bina modelinde oldukça ayrıntılı cephe yapıları mevcuttur. Çok sayıda nesne ve cephe görüntüsü nedeniyle, yüksek performanslı görselleştirme sistemlerinde bile bu sahneler oluşturulması mümkün değildir.

Kada, 3B şehir modellerinin grafik performansını artırmak için iki yöntem önermiştir. İlk yaklaşım, daha sonra yüksek ayrıntı düzeylerinde kullanılabilecek olan, 3B bina modellerinin basitleştirilmiş versiyonlarını otomatik olarak üreten bir genelleştirme algoritmasıdır. Grafikler üzerinde, bilinen yüzey basitleştirme algoritmaları ile karşılaştırıldığında sunulan çözüm, daha karmaşık yapı modelleri ortaya koymuştur. Yöntem yüzeysel düzenlemelerin, 3B görselleştirme için önemli olan bina modellerine entegre edilmesini sağlamaktadır.

Kada, diğer yaklaşımında; mevcut karede önceki görüntülerin bir kısmını yeniden kullanarak görüntü oluşturma işlemini hızlandıran bir görüntü önbellekleme tekniği önermiştir. Bu teknik kullanılarak günümüzde düşük maliyetli donanımlarda bile büyük ölçekli 3B kent modellerinin gerçek zamanlı görüntülenmesi mümkündür [6].

1.1.2 Ölçek Uzayı Teorisi ile 3B Genelleştirme

Forberg ve Mayer (2002)'ye göre, 3B şehir modellerinin etkileşimli bir şekilde görselleştirilmesi için bir ayrıntı düzeyi (LoD) gösterimi oldukça yararlıdır. Aynı nesnenin farklı ayrıntı düzeyindeki modelleri, nesnenin mesafesine bağlı olarak görüntülenir. Bu, daha az ayrıntılı modellerin karmaşık modellerden üretilmesi

gerektiği anlamına gelir. Karmaşık modellerden daha az ayrıntılı modellere geçiş genelleştirme ile sağlanır. Özellikle bina verileri için 3B genelleştirmenin otomasyonuna yönelik bir yaklaşım ortaya konmuştur. Yaklaşım, morfoloji ve eğrilik uzayını içeren, iyi tanımlanmış bir ölçek uzayı teorisini kullanır.

Birbirine dik olmayan bina sınırlarının “morfoloji” ve “kesikli eğrilik alanı” ölçek uzayını kullanarak genelleştirilmesine yönelik bir yaklaşım kullanılmıştır. Uygulamada ACIS adlı yazılım yardımıyla eklerin çıkarılabileceği veya nesnelerin ayrılabileceği veya toplanabileceği morfoloji için iyi sonuçlar elde edilmiştir. Kademeli yapıları ve dışbükey ve içbükey yapıları işleyebilen ayrık eğrilik uzay işlemlerinin uygulanması için ön çalışmalar sergilenmiştir. Hangi yüzeylerin hareket ettirilmesi gerektiği ve yüzeylerin hangi doğrultuda normal olduğu otomatik olarak belirlenmiştir. Pratik genelleştirme için morfoloji ve eğrilik uzayı birleştirilmesi sonucu vurgulanmıştır. 3B binaların çoğu için en uygun olan her iki işlem için bir sıralama belirlemektir. Ortaya konan uygulama birbirine dik olan modellerle sınırlı olduğundan, ek bir düzeltme yapılması gerekliliği savunulmuştur. Test modellerinin aksine, birçok durumda gerçek bina verilerinin birbirine dik sınırlardan oluşmayacağını göz ardı etmemek gerektiğini ortaya koymuşlardır. Bu çalışma, [8] numaralı yaklaşım ile benzerlikler göstermektedir [7].

Forberg (2007) çalışmasında, görüntü analizinde ölçek uzayı teorisini ortaya koymuştur. Ölçek uzayı teorisi nesne tanıma için kullanılır. Bir görüntüden farklı ölçeklerde daha kaba gösterimler elde edilerek bir ölçek uzayı elde edilir. Bununla beraber, görüntü özelliklerinin ölçekler üzerindeki davranışı analiz edilebilir. Ölçek uzayı, tepkime difüzyon boşluğu, doğrusal ölçek boşluğu ve matematiksel morfolojinin bir birleşimidir. Ölçek uzayları içsel bir soyutlama kabiliyetine sahip olduklarından, 3B bina modelleri için otomatik bir genelleştirme prosedürünün geliştirilmesinde kullanılırlar. 3B şehir modellerinin ayrıntı düzeyinde (LoD) temsillerini oluşturmak için kullanılabilirler. Pratik olarak, belirli boyutlarda bir 3B özelliği ortadan kalkana veya bir boşluk kapanana kadar paralel yüzeyleri birbirine doğru hareket ettirerek çalışır. Tüm

bina sınırları birbirine dik yüzeylerden oluşmadığından, birbirine dik olmayan bina sınırları yapılar için farklı yaklaşımlar kullanılır.

Görüntü analizi ve ölçek uzayı teorisinden esinlenilmiş olan 3B bina modellerinin genelleştirilmesi için ortaya konan çalışmalarda ilk düşünceler; reaksiyon-difüzyon-uzayına benzer şekilde matematiksel morfoloji ve eğrilik alanının bir kombinasyonunu oluştururken, Forberg'in çalışmasının sonuçları ile sınırları birbirine dik olan yapıların sadece basitleştirme yaklaşımına uygun olduğu ortaya çıkmıştır. Bina yüzeylerinin birbirleriyle kesit oluşturduğu modellerde ve ara kesit oluşmayan modellerde de yüzeyler birbirine ulaşana kadar paralel yüzeyleri birbirine doğru hareket ettirerek çalışır. Bu nedenle sadece birbirine dik bina sınırları için uygundur. Sınırları birbirine dik olmayan yapılarda çatılara ve duvarlara işlemlerinin farklı şekilde uygulanması gerekir. Bu çalışmada ayrıca ortogonal yapıların basitleştirilmesinin yanı sıra eğimli çatı yapılarının, modellerden elenebilmesi için yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. Her ikisi için de basitleştirme adımından sonra uygun bir ölçek seçilmesi gerektiği ortaya konmuştur [8].

1.1.3 BIM/IFC Modellerinin 3B Genelleştirilmesi ve CityGML

Geiger, Benner ve Häfele (2014) çalışmasında, Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)'nin temel olarak mimaride kullanılmasından hareket ederek, bir BIM modelinin tasarım değerlendirme, simülasyon ve binanın inşası için ayrıntılı geometrik ve semantik bilgiler içeriyor olmasından bahsetmiştir. Bölgesel ve şehir düzeyinde olabileceği gibi, birden fazla binanın olduğu düşünülürse, ayrıntılı BIM modellerinin bilgi içeriği çok yüksek seviyelere çıkabileceğinden; özellikle Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulamalarında kullanılan, gürültü simülasyonu veya acil durum yönetimi gibi uygulamalar için binaları blok modeller olarak temsil etmek, indirgenmiş dış cephe modelleri veya basitleştirilmiş iç mekan modellerine göre daha uygun olacağı savunulmuştur. BIM yapı modellerinde binalar ve yapı elemanları için farklı genel gösterimler çıkarma sürecinin ortaya konduğu çalışmada bu temsillerin tanımları, CityGML'in LoD kavramına dayandırılmaktadır.

IFC (Industry Foundation Classes) gibi mimari yapı modellerinin mekansal ortamlar veya enerji hesaplama gibi diğer uygulama alanlarında kullanılması için, IFC modellerinin semantik ve geometrik olarak genelleştirilmesi için bir yöntem tanıtılmıştır. Bu sürecin ilk örneği olarak, IFC'den CityGML'ye dönüşüm farklı ayrıntı düzeylerinde (LoD1, LoD2, LoD3) açıklanmış ve sonuçlar ortaya konmuştur. Uygulama IFCExplorer yazılımında prototip olarak gösterilmiştir. Model olarak; tek aileli evlerden daha karmaşık binaları idare edebilecek bir prototip elde etmek istenmiş olup, çalışmada basit ve küçük aile evleri kullanılmıştır. Yapılması hedeflenen prototip aynı zamanda binanın çıkıntılı kısımlarının ve binanın iç kısmının değerlendirilmesini de içermektedir. Prototipin uygulanabilmesi durumunda, enerji performansı simülasyonu için diğer gerekliliklerle ilgili genelleştirme sürecinin de genişletilebileceğinden bahsedilmiştir. Bu durumda, tek bölgeli veya çok bölgeli modeller oluşturulacak ve gbXML'ye aktarılacaktır [9].

Baig ve Rahman (2013)'e göre, 3B bina modelleri çok ölçekli özellikler göstermektedir. Farklı uygulamalar için farklı ayrıntı düzeyleri (LoD) çok büyük önem teşkil etmektedir. Bu nedenle, bu uygulamaların taleplerini yerine getirmek için 3B bina modellerinin çok ölçekli temsillerinin oluşturulması bir genelleştirme sorunudur. 3B binaları genelleştirmek için, belirli bir LoD'de temsil edilen veri miktarını sınırlandırmak için farklı bilgilerin parçalarının korunması veya kaldırılması gerekir. Uygulamada, CityGML'de temsil edilen genelleştirilmiş 3B yapıların basitleştirmesine, birleştirilmesine ve yeniden yapılandırılmasına dayanan üç aşamalı bir strateji önerilmiştir. Veri miktarının azaltılmasına yönelik, minimum kenar uzunluğu için belirlenen eşik değer, her bir ayrıntı düzeyi (LoD) için farklı doğruluklar ve en küçük nesne boyutları ile karakterize edilmiş olan CityGML'in genelleştirme spesifikasyonları ile sınırlıdır.

Uygulamanın esas noktası 2B planlarının sadeleştirilmesidir. Bu amaçla, belirli bir ayrıntı düzeyinde 3B bina modelinin, zemin planının kenarlarını, köşelerini ve varsa eğrisel kısımlarını sınırlandırmak için yeni bir yaklaşım önerilmiştir. LoD3 seviyesindeki 3B modelde yer alan bina dış cephelerinden, LoD1

seviyesindeki 3B modelin elde edilmesine yönelik basitleştirme algoritmaları birçok binada uygulanmış ve test edilmiştir.

3B kent modellerinin yüksek ayrıntı düzeylerinden düşük ayrıntı düzeylerine indirgenmesi için bir strateji geliştirilen bu uygulamada genelleştirme adımlarından: basitleştirme, birleştirme ve yeniden yapılandırma yaklaşımları uygulanmıştır [10].

Cheng, Deng ve Du (2013) çalışmasında, bir şehrin dijital olarak, üç boyutlu olarak modellenmesi navigasyon, şehir planlama, afet yönetimi ve enerji tüketimi analizlerini desteklemektedir. CityGML, son yıllarda dijital 3B şehir modellerinde binaların geometri ve coğrafi bilgilerini temsil eden bir coğrafi bilgi sistemi (CBS) veri standardı olarak geliştirilmiştir. CityGML, basit kutu şeklindeki modellerden, bina iç bölümlerine sahip modellere kadar çeşitli ayrıntı düzeyleri (LoD) üzerinde modellemeyi desteklemekte ve amaçlamaktadır. Industry Foundation Classes (IFC) formatındaki Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) modelleri ile farklı ayrıntı düzeylerindeki CityGML modelleri arasındaki geçiş ve eşleştirmeler için geliştirilen teoride, yakşalım iki ana bölümden oluşur: Birincisi, BIM modelleri ve en yüksek seviye CityGML LoD4 modelleri arasındaki dönüşümdür. İkincisi ise CityGML'in tanımlanan 4 ayrıntı düzeyi arasındaki uyumdur.

IFC formatındaki BIM modelleri ile CityGML modelleri arasında, semantik bilgilerin aktarılması için bir yöntem ortaya konmuştur. Oluşturulan CityGML modellerinin dosya boyutunu küçültmek için, BIM modellerinde yaygın olarak kullanılan “Swept Solid” (SS) veya “Constructive Solid Geometry” (CSG) gösterimlerinden, kullanılan BIM modellerinde sınır temsillerine (BRep) eşleme yapabilmek için CityGML modellerinde yeni bir geometrik dönüşüm algoritması geliştirilmiştir.

CityGML modellerini bir LoD'den diğer bir LoD'ye dönüştürmek için “Semantic City Model” (SCM) adlı bir uygulama uzantısı olan (ADE) geliştirilmiştir. SCM ADE, duvarlar ve bina arasındaki bağlantı ilişkisi gibi semantik bilgiler ile CityGML modellerini zenginleştirir [11].

1.1.4 3B Genelleştirmeye Yönelik Diğer Çalışmalar

Zhao, Stoter, Ledoux ve Zhu (2018)'e göre, birçok 3B coğrafi bilgi sistemi uygulaması, belirli kriterleri sağlayan farklı ayrıntı düzeyinde (LoD) 3B bina modellerine gereksinim duyar. Ancak, karmaşık yapıları nedeniyle, en ayrıntılı 3B bina modelleri hala manuel üretilmekte ve bu da kaçınılmaz geometrik ve topolojik hatalara neden olmaktadır. Bu hatalar, bu modellerin ayrıntı düzeylerindeki aşağı akış işlemlerini engellemektedir. Yani en detaylı gösterimden kaba gösterime geçişte birçok sorun ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle LoD üretimi ile ilgili mevcut araştırmalar ya düz çokgensel ağın sadeleştirilmesine ya da düzenli prizmatik bina modellerinin genelleştirilmesine odaklanmaktadır. Ayrıntılı 3B bina modellerinin genelleştirilmesi hala olgunlaşmamıştır. Manuel elde edilen 3B bina modelleri için farklı LoD modellerinden temizlenmiş, sadeleştirilmiş modeller üretmeyi amaçlayarak, 3B modellerin iki tipik modelleme hatası olan model elemanı eksikliğini ve model ayrılmasını araştırarak; hatasız basitleştirilmiş modeller üretmek için morfolojik işlemlere dayanan genelleştirme yöntemini kullanır. Yöntem esnasında modelde revizyon gerekmesi durumunda model onarımı yapılır.

Model onarımı ve genelleştirme, CBS uygulamalarında kullanılan, manuel olarak elde edilmiş 3B bina modellerinin temel süreçlerini temsil eder. Bu tür modellerin hatalarını incelemeyi ve varsa hata onarmayı amaçlayan bu yöntem ile eksiklik ve ayrılma hataları için model onarım algoritmaları önerilmiştir. Model onarıldıktan sonra ise farklı LoD seviyelerinde modelleri üretmek için, morfolojik işlemlere dayalı genelleştirme yöntemleri uygulanır. Bu yöntem ile farklı ölçek parametreleri atanarak, binanın önemsiz özellikleri kademeli olarak elimine edilebilir [12].

Liu, Li ve Li (2017)'ye göre, 3B bina modelleri, kentsel planlama, navigasyon ve sanal coğrafi ortamlar alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu modeller, kentsel ortamların karmaşıklığını ele almak için birçok ayrıntı içermektedir. Farklı ayrıntı düzeyleri (LoD) teknolojisi, aşamalı iletim ve görselleştirmeyi modellemek için yaygın olarak kullanılır. Bu ayrıntılı model grupları,

genelleştirme kullanılarak tek bir model ile değiştirilebilir. Çalışmasında, doku özellikleri ilk önce genelleştirme sürecine dahil edilmiştir ve doku sınıflandırması için kendi kendini düzenleyen haritalar (Self Organized Maps-SOM) tabanlı bir algoritma kullanılmıştır. İlk olarak, bir karayolu ağı tarafından bölünen, 3B bina modellerinin sınırları kullanılarak belirgin bir Delaunay üçgenlemesi (Constrainded Delanuay Triangulation-CDT) yapılmış ve görünürlük analizi ile üçgenlemeden yakınlık grafiği çıkarılmıştır. İkinci olarak, grafik doku özelliği ve modellerin birleşme noktaları ile kümelere ayrılmıştır. Üçüncü adımda kümelenmiş grafikten minimum örten ağaç (Minimum Spanning Tree-MST) yaratılır ve son gruplar doğrusal algılama ve ayrık modellerin birleştirilmesi ile elde edilir. Son olarak, bu sınıflar orijinal dokuları koruyarak küçük üçgen kaldırılmasıyla karıştırılır. Deneysel sonuçlar bu algoritmanın oldukça etkin sonuç verdiğini göstermektedir.

Bu yöntem, büyük ölçekli 3B bina modelleri görselleştirmesi için önerilmektedir; çok sayıda uygulama ve sistem, kentsel planlama ve iyileştirme, tesis yönetimi, güvenlik, telekomünikasyon, konum tabanlı hizmet vermek için ayrılmaz bir bileşen olarak 3B şehir modellerini içermektedir. Bu yaklaşımın küçük yerleşimlerdeki 3B bina modellerine entegre edilmesi şart değildir. Küçük bölgeler için 3B Bina modellerinin basitleştirmesi yeterli olacaktır. Bu yaklaşımda, model birleştirilmesi, çok miktarda üçgen nedeniyle çok zaman alıcıdır. Üçgenlerin düzenlenmesi, kaldırılması gibi manuel müdahaleler gereklidir. Kullanıcıya iletilmek istenen veri hacmi ilk üretilen modelden çok daha büyüktür [13].

Kremeike (2004) çalışmasında, sayısal ortamda oluşturulmuş olan peyzaj modelinde yolları geliştirmek için bir yaklaşım önermiştir. Bu yaklaşımla 3B bina modelleri için, yalnızca bazı binaların seçilerek ihmal edilmesi gibi çok basit yaklaşımlar ortaya konmuştur. Daha gelişmiş yeni yaklaşımlar, hangi binaların kullanıcı ortamında gösterileceğini belirlemek için amaç ve ölçeği dikkate almaktadır. Google Earth şu an bu yaklaşımı kullanmaktadır [14].

1.2 Tezin Amacı

Bu tez çalışması kapsamında, 3B BIM modellerinin harita ve harita bilgileri üretim sürecindeki genelleştirme yaklaşımlarına adaptasyonu ele alınmıştır. 3B BIM modellerinin genelleştirilmesinin amaçları aşağıda maddeler halinde açıklanmıştır.

- 3B harita ve harita bilgileri üretiminde BIM kullanımını incelemek,
- 2B mimari çizimlerden farklı ayrıntı düzeylerindeki (LoD) 3B BIM modellerinin üretilmesine yönelik genelleştirme işlemlerini uygulamak,
- Yüksek ayrıntı düzeyinden, düşük ayrıntı düzeyine doğru 3B BIM modellerinde 3B genelleştirme yaklaşımlarını irdelemek.

1.2.1 Çalışmanın Organizasyonu

3B BIM modellerinin oluşturulması kapsamında 3B bina genelleştirilmesinin ele alındığı bu çalışma, toplamda altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm, tez çalışmasının gerçekleştirilmesinin altında yatan faktörleri ile tez çalışmasının amacı, kapsamı ve organizasyonunu içermektedir. İkinci bölümde, BIM kavramı, literatürdeki tanımları, gelişim ve değişim süreci, özellikleri, kullanım alanları, faydaları, sürdürülebilirlikleri, kısıtlamaları yer almaktadır. Üçüncü bölümde, genelleştirmenin tanımı, amaçları, kullanım yöntemleri ile 3B genelleştirme adımlarına yer verilmiştir. Dördüncü bölümde, ayrıntı düzeyleri tanımları ortaya konmuştur. Beşinci bölüm, tez çalışmasındaki uygulama aşamalarını içermektedir. Altıncı ve son bölümde ise uygulama sonuçları özetlenerek ileride yapılacak çalışmalara yönelik önerilere yer verilmiştir.

1.3 Hipotez

Bu tez çalışması kapsamında ele alınan hipotez, BIM'de elde edilen 3B modellerin, genelleştirme sürecine adaptasyon durumunun saptanması ve bu çerçevede farklı ayrıntı düzeylerinde bina bilgi modellerinin oluşturulmasıdır.

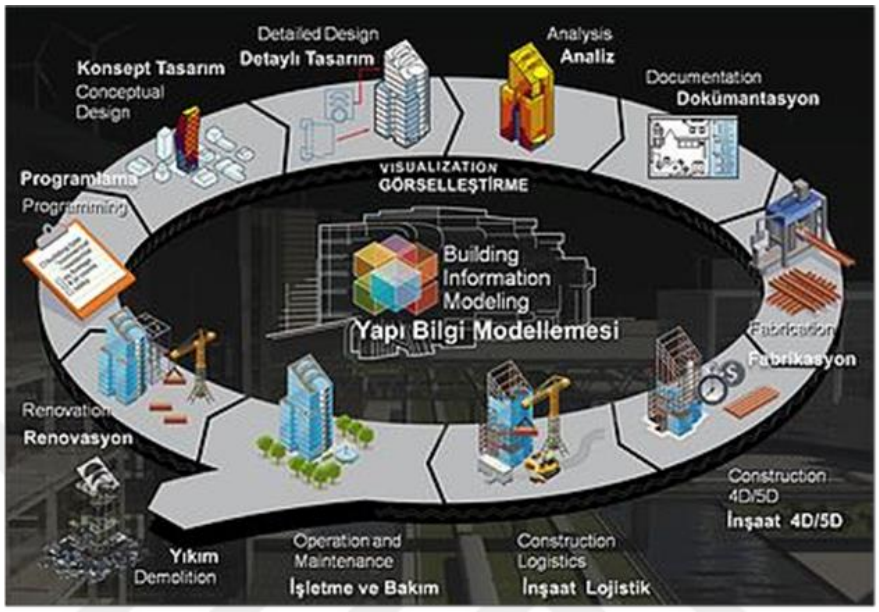
2
YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BIM)

2.1 BIM (Building Information Modeling)

Yapı Bilgi Modellemesi, tez çalışmasında amaç olarak belirlenen; Yıldız Teknik Üniversitesi, Davutpaşa Yerleşkesi, İnşaat Fakültesi binalarının, mimari çizimler taban alınarak 3B modellenmesi ve modelleme aşamasında genelleştirme yaklaşımlarının uygulanması için ele alınmaktadır. BIM tabanlı 3B modellerin üretim aşamasında genelleştirilmesi ve bu bağlamda farklı ayrıntı düzeylerinin manuel olarak üretilmesi ortaya konmuştur. Bu yaklaşıma paralel olarak, öncelikle BIM ve uygulama alanlarından bahsedilecektir. Uygulama alanları, etkileri, kullanım faydaları, kısıtlamaları, riskleri, sürdürülebilirlikleri, adaptasyon çalışmaları ve potansiyel kullanım alanlarından bahsedilerek, bölüm sonunda 3B bina modellerinin genelleştirilmesine dair yapılan araştırmalara yer verilecektir.

2.1.1 BIM Nedir?

Yapı Bilgi Modellemesi (BIM), en temel tanımıyla; birbirinden farklı mimari projelerin tasarımında, inşasında ve sürdürülmesinde tüm paydaşların ortak olarak yararlanabileceği 3 boyutlu bir bilgi paylaşım sürecidir.



Şekil 2.1 BIM yaşam döngüsü ve BIM tasarım süreci [15]

Yaşam döngüsü aşağıdaki adımları kapsar: [15]

- Konsept Tasarım
- Detaylı Tasarım
- Analiz
- Dokümantasyon
- Fabrikasyon
- İnşaat 4D/5D
- İnşaat Lojistik
- İşletme ve Bakım
- Yıkım
- Renovasyon

Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) yukarıda bahsedilen adımların tümünü içeren bir bilgi yönetim sistemidir. Sistem, yaşam döngüsü sürecinde ihtiyacı olan tüm veriyi sayısal bir veritabanında depolar ve farklı paydaşlar proje ile ilgili bilgileri bu veri tabanından elde eder. Verilerin kontrolleri bu sayısal veritabanında yapılmakta olup; proje dokümanlarında yapılmış olan herhangi bir değişiklik, veritabanında otomatik olarak üretilen tüm dokümanlara (görünüşler, listeler, vs.) yansır. Süreç boyunca elde edilen tüm veriler, daha sonra kullanılmak üzere saklanır. Erdik (2018)'e göre "Bu yalnızca tasarımcının değil, tüm proje paydaşlarının ortak olarak kullanabileceği bir bilgi deposu oluşturur." [16].

Günümüzde çok projede kullanılan bu sistem özellikle; tesis yönetimi, proje yönetimi ve yaşam döngüsü boyunca maliyet yönetimi süreçlerini desteklemektedir. Ülkemizde, Yapı Bilgi Modelleme (BIM) sisteminin farkındalığı ve kullanımı oldukça yeni olmakla birlikte global geçmişi aslında 1950 li yıllara dayanmaktadır. Çizimlerin elle yapılması ile başlayan süreç, gelişen teknolojiyle birlikte bilgisayar destekli çizim araçları ile devam etmiştir. Bilgisayar destekli çizim araçları ile birlikte bilginin dijital temsili mümkün hale gelmiştir. Erdik (2018)'e göre "BIM'in geçmişi bilgisayar destekli tasarım (CAD) araçlarına dayanmaktadır." [16].

1970'li yıllarda bilgisayar destekli tasarım (CAD) araçları sayesinde 3 boyutlu temsil ve modellemeye yönelik çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Yapılan çalışmalar neticesinde birçok farklı sektörde entegre analiz araçları ile nesne tabanlı parametrik modelleme gelişmiş; ancak yapı sektörü bu gelişimin dışında kalmıştır. Yapı sektörü 2 boyutlu klasik tasarım yöntemlerinden kurtulamamıştır [16].

Sayısal teknolojinin gelişimine devam etmesine paralel olarak süreçte de değişimler meydana gelmiştir. Erdik (2018)'e göre "1980 li yıllarda ise, kişisel bilgisayarların ucuzlaması ile elle çizim yapma tekniğinden ilham alan yapı geometrisiyle tasarım verilerini birleştirmeye çalışan bilgi tabanlı bilgisayar destekli çizim sistemleri geliştirilmiştir." [16]. Bilgisayar destekli çizim sistemleri ile birlikte projelerin tasarım aşamasında 3 boyutlu modelleme ve görselleştirme

kullanılmaya başlanmıştır. Görselleştirme de geliştirilerek 3 boyutlu simülasyonlar elde edilmiştir.

Erdik (2018)'e göre "1990'lı yıllarda grafiksel analizleri ve simülasyonları bütünleştirerek, farklı şartlar altında yapının uyumunu, geometrisini, malzeme özelliklerini ve sistemlerini de içerecek şekilde, yapının nasıl davranacağı hakkında bilgi sağlamak için sistemler geliştirilmiştir." [16]. Gelinen bu nokta ile birlikte BIM sisteminin temelleri atılmıştır.

BIM ifadesi, sanal tasarım, yapım ve tesis yönetimini tanımlamak için sanayi analisti Jerry Laiserin tarafından 2002 yılı başında ilk kez kullanılmıştır [16]. Günümüzde gelişmiş ülkelerde aktif olarak kullanılmakla beraber, ülkemizde henüz yaygın kullanım görünmemektedir.

2.1.2 BIM Sisteminin Tarihçesi, Kavramı, Tanımı ve Kapsamı

Erdik (2018)'e göre, "1980 li yıllarda geliştirilen bilgisayar destekli çizim sistemleri yakın geçmişe kadar elle çizimin daha hızlı ve ekonomik bir alternatifi olarak görülmüş, ancak mevcut çizim sistemleri ile entegre olarak çalışamadıkları ayrıca ara yüzlerinin ve çıktılarının mimarların alışık oldukları formatta olmaması sebebiyle uzun süre akademik çevrelerle sınırlı kalmışlardır." [16]. Teknolojiyle beraber gelişmekte olan sistemler ihtiyaçlara tam olarak karşılık verememiştir. Yapı sektöründe ürün tasarımı ve bu tasarımın uygulanması oldukça karmaşık bir yapıdadır. Çünkü yapı tasarımı yalnızca yapı geometri bilgisini içermez. Geometri bilgisine ek olarak kullanıcı ihtiyaçları, maliyet, estetik yaklaşımlar, çevresel koşullar, kısıtlamalar gibi birçok bilgi ile ilişkilidir. Yapı tasarım aşamasında çalışmakta olan mimar, mühendis vb. proje paydaşları, çok sayıda bilgiyi ilişkilendirerek koordinasyon sağlamak zorundadır. Bu noktada tasarım süreci oldukça karmaşıklaşmakta; zaman yönetme sorunu ile yapı maliyetlerine dramatik boyutlarda yansıyan hatalar ortaya çıkabilmektedir.

Yapı sektöründe 2B klasik yöntemler çerçevesinde önce 2B çizim yapılırken, bu 2B çizimler kullanılarak çeşitli yazılımlar ile katı modeller ve 3B görseller (maket vb.) elde edilmektedir. İhtiyaca yönelik olarak, daha karmaşık yapıların gerekli olması durumunda 3B görselleştirme ve modelleme büyük bir sorun haline

gelmiştir. Sorunun çözümü adına birçok yeni senaryo ortaya konulmuş ve sürekli çözüm aranmıştır. Teknolojik yenilikler ile geliştirilen BIM sistemi sorunları büyük ölçüde gidermiştir. Nesne tabanlı bir sistem olan BIM, yapı elemanını geometrik (kare, dikdörtgen, daire vb) özellikler ile geometrik olmayan (beton, demir, çelik, ahşap vb) özellikler ile ilişkilendirebilmektedir. Farklı disiplinlerce çizilen 2B plan ve kesitler yardımıyla 3B çizimler, modeller ve yapıya ait tüm disiplinleri (mimari, statik, elektromekanik, borulama) içeren bütünleşik bir 3B yapı modeli elde edilebilmektedir. Bu yaklaşımla BIM son dönemde tüm sektörde önemli bir yere sahiptir.

2.1.3 Literatürde Yer Alan BIM Tanımları

BIM'ye ilişkin geçmişten bugüne birçok farklı tanımlama yapılmıştır. Literatür araştırmaları dahilinde BIM sistemi hakkında yapılan bazı tanımlamalar aşağıda belirtilmiştir. Tanımlar geçmişten günümüze kronolojik sırayla belirtilmiştir.

Saraç (2013)'e göre, "BIM sistemi bir yapının sırasıyla planlanması, tasarımı, yapımı ve tesis yönetimi süreçlerinin bilgisayar ortamında üretilen nesne tabanlı parametrik bir model oluşturulması ve oluşturulan bu model yardımıyla yapının her türlü ihtiyaçlarını karşılayan ve teslim sürecini iyileştiren bir sistemdir. BIM sistemi; yapının geometrisi, mekânsal bilgileri, yapı elemanlarının özellikleri ve miktarları, maliyet tahmini ve projenin iş akışını sağlar; aynı zamanda projeyi yaşam döngüsü boyunca kontrol ederek yapının nitelikli bir şekilde inşa edilmesini sağlar." [17].

Yaman ve İlhan (2010)'a göre, "BIM, daha iyi görselleştirme ve proje bütünleşmesi yanında iş birliği gereksinimi, daha kaliteli çıktıların oluşturulması, proje risklerinin azaltılması, eşgüdüm eksikliği nedeniyle oluşabilecek süre kaybı ve maliyetin en aza indirilmesi ve çevreye daha az zararlı binaların üretilmesi amacıyla geliştirilmiştir." [18].

BIM; bir binanın yaşam süresi boyunca, bilgisayar ortamında tasarımını ve imalatını da içeren bir süreçtir. Aynı zamanda BIM farklı disiplinler arası bilgi paylaşımı ve iletişimi sağlayan bir platformdur [19].

BIM sistemi; inşaat endüstrisinde planlama, tasarlama, inşaat ve işletme aşamalarının hepsinde yer alan tüm elemanlarının akıllı nesnelerden oluştuğu aynı zamanda yapının proje aşamasında sanal olarak inşa edilmesi ve yapım aşamasında da normal inşaatın gerçekleştirilmesi ile 2 defa inşa edilmesini sağlayan bir teknolojidir [20].

Yapı sektöründeki farklı disiplinlerin ortak çalışmasından kaynaklanan, iletişim ve yönetim zorlukları ile küçük ve önemsiz görünen hatalar büyük sonuçlara sebep olmaktadır. Literatürde yer alan tanımlar ışığında BIM: sorunların çözümü noktasında, dinamik çözüm üretilen süreç ve işlem adımlarının tümü BIM olarak adlandırılabilir.

2.1.4 BIM ve CityGML

Günümüzde, Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) temel olarak mimaride kullanılmaktadır. Tipik olarak, bir BIM modeli tasarım değerlendirme, simülasyon ve binanın inşası için ayrıntılı geometrik ve semantik bilgiler içerir. Bölgesel ve kent düzeyinde olduğu gibi, birden fazla bina olduğu düşünülürse, ayrıntılı BIM modellerinin bilgi içeriği çok yüksek olabilir. Gürültü simülasyonu veya acil durum yönetimi gibi uygulamalar için binaları blok modeller olarak temsil etmek, azaltılmış dış cephe modelleri veya basit iç mekan modelleri daha uygundur. Bu modeller genellikle Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) uygulamalarında kullanılır.

BIM yapı modelleri için binalar ve yapı elemanları için farklı genel gösterimler ortaya konabilmektedir. Bu temsillerin tanımları, CityGML'nin LoD konseptine dayanmaktadır. Mimari yapı modelleri tipik olarak oldukça ayrıntılı olarak kabul edilir. Bununla birlikte, tasarım ve yapım sürecinin her aşamasında durum böyle değildir. Yapı modellerinin özelliklerini farklı işlem aşamalarında tanımlamak ve göstermek amacıyla, “Amerikan Mimarlar Enstitüsü” (AIA) tarafından geliştirme düzeyleri önerilmiştir.

Bu gelişim seviyeleri, bölgesel veya kent düzeyinde mekânsal veriler olması durumunda, farklı uygulama alanlarında ve farklı ölçeklerde bina modellerinin

ihtiyaçlarını tam olarak desteklememektedir. Bu sebeple, uygulamalar genellikle 3B bina verilerinin etki alanlarına özgü genelleştirmelerini gerektirir.

3B modellerin üretimine dair bir diğer yaklaşım da, CityGML yapı modülüdür. Bu modül, binaların beş farklı ayrıntı düzeyinde (LoD) ile temsil edilmesini sağlar. Yüksek LoD ile, geometrik temsil iyileştirilir ve anlamsal zenginlik potansiyel olarak artar. CityGML 3B binaları üretimi öngörülen ayrıntı düzeyine bağlı olarak otomatik, yarı otomatik veya manuel olarak üretilebilir [21].

3
2B BİNA GENELLEŞTİRMESİ

3.1 Genelleştirme

Gelişen teknoloji ile birlikte, 3B model kullanıcılar için artık amaç değil; araç olarak görülmektedir. Harita üretim sürecinde de 3B modeller görsel iletişim amaçlı kullanılmakta ve bilgi teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak uygulama alan yelpazesi oldukça genişlemektedir. Uygulama alanlarının genişlemesi ve ihtiyacın artması yeni yöntemlerin geliştirilmesi noktasında itici güç olmaktadır. Geliştirilen yeni yöntemler; gereksinimlere göre veri azaltma, farklı ayrıntı düzeylerinde model oluşturma (LoD), hızlı, doğru ve akıcı işlem sağlama, kolay anlaşılır olma gibi niteliklere olanak sağlamaktadır. Yine geliştirilen yöntemler ile 3B bina modelleri CBS ile ilişkilendirilebilmektedir. Bu yaklaşımla, 3B kent modelleri ile 3B kent bilgi sistemleri elde edilebilmektedir. 3B kent bilgi sistemlerinde veri miktarının fazla olması kullanım, iletişim ve paylaşım açısından sıkıntı yaratmaktadır. Farklı ayrıntı düzeylerinde gerçekleştirilen modelleme ile hem veri miktarı azaltılır hem de kullanım, iletişim ve paylaşımda meydana gelen olumsuzluklar ortadan kaldırılır. 3B modeli gereksinime göre; farklı ölçek ve içeriklerde oluşturarak iletişim ve paylaşıma açmak genelleştirme yaklaşımları ile sağlanmaktadır. Bu noktada 3B kent modelleri konusunda 3B bina genelleştirmesi yaklaşımları karşımıza çıkmaktadır.

Teknolojide yaşanan gelişmelere paralel olarak, 3B kartografik modelleme kavramı oldukça popüler hale gelmiştir. 3B kartografik modelleme ile işaret teorisi değişkenlerinin kullanıldığı 3B kent modelleri üretilmektedir. İşaret teorisi değişkenleri, 2B harita yapımında da kullanılan grafik değişkenlerle örtüşmektedir. Bunlar: biçim, büyüklük, renk, doğrultu, dolgu, renk tonu olarak

açıklanabilir. Bu değişkenler yardımıyla üretilen 3B modellerde, hedef kitle için vurgulanmak istenen özellikler daha iyi yansıtılabilmektedir.

3B kent modellerinin kartografik olarak modellenmesi ve 3B işaret teorisi değişkenlerinin kullanımı üzerine dünya üzerinde yapılan çalışmalarda karşımıza: binaların blok gösterimi yöntemi çıkmaktadır. Önerilen yöntemde LoD1 ayrıntı düzeyinde binaların blok gösterimi, 2B bina geometrilerinin genelleştirme işlemlerinden: basitleştirme ve birleştirme adımlarının uygulanmasını gerektirmektedir [1].

3.1.1 Sayısal Arazi Modellerinin Genelleştirilmesi

Sayısal arazi modeli (SAM)'nin, 3B görselleştirilmesi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. 3B kent modellerinde de etkin olarak kullanılmaları; bu modellerin farklı ayrıntı düzeylerinde oluşturulma gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

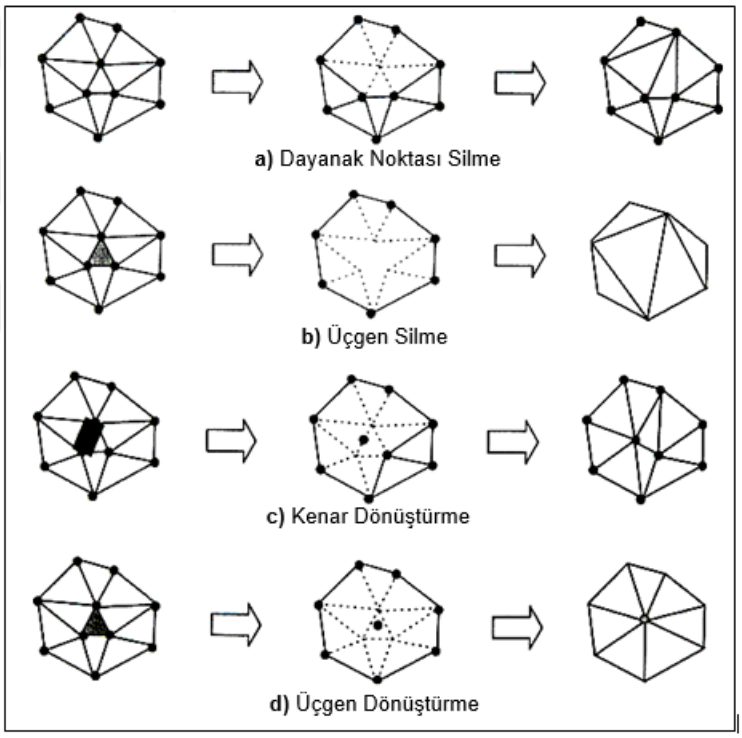
Farklı ayrıntı düzeylerinde sayısal arazi modellerinin oluşturulması, amaca yönelik olarak daha az ayrıntının gösterilmesini ve bu sayede daha büyük bölgelerin modellenmesine olanak sağlamaktadır. Bu da yapılan uygulamaların daha hızlı sonuca ulaşmasını beraberinde getirmektedir. SAM'lerde büyük ölçekli verilerden daha küçük ölçekli verilere geçiş genelleştirme yaklaşımları ile sağlanabilmektedir. Uygulamada kullanılacak olan SAM, TIN (Triangulated Irregular Network) tabanlı bir SAM olduğundan, TIN tabanlı SAM'lerin basitleştirilmesi yaklaşımı ele alınmaktadır.

Grid veriler ile modellenmiş bir SAM'da bakış açısından daha uzakta olan nesnelerin gösterimi için daha büyük grid hücreleri kullanılır. TIN ile modellenmiş SAM'da ise görüş açısından daha uzakta olan nesnelerin gösterimi için büyük üçgenler kullanılır. Yücel (2009)'a göre "Çözünürlüğün azaltılması ister grid ister üçgen olsun, dönüştürme (collapse) veya silme (removal) gibi geometrik işlemler sonrası yüzey elemanlarının büyütülmesi ile oluşturulur." [1].

3.1.2 TIN Tabanlı SAM'lerin Basitleştirilmesi

Yücel (2009)'in çalışmasında, TIN tabanlı SAM'lerin basitleştirilmesinde 4 yöntem kullanılmaktadır. Kullanılan yöntemler (Şekil 3.1):

- Dayanak noktası silme: Bir üçgen ağındaki dayanak noktası silinir ve üçgenleme yeniden yapılır.
- Üçgen silme: Bir üçgeninin tamamı silinir ve üçgenleme yeniden yapılır.
- Kenar dönüştürme: Bir sınır çizgisi iki köşesiyle birlikte bir noktaya dönüştürülür ve üçgenleme yeniden yapılır.
- Üçgen dönüştürme: Bir üçgen üç köşesiyle birlikte bir noktaya dönüştürülür ve üçgenleme yeniden yapılır.



Şekil 3.1 TIN tabanlı SAM'lerin basitleştirilmesi [1]

3.1.3 Bina Genelleştirme

3B bina genelleştirmesi amaca ve hedefe göre binaların 3B alt birimlerine ayrılması ile gerçekleştirilmektedir. Genelleştirme 2B bina sınırlarının ayrıntılarında yapılacak azaltım ile de sağlanabilmektedir. Görselleştirmenin çok önemli olduğu 3B kent modellerinde, binalar dış cephe ayrıntıları, balkon,

pencere ve çatı tipleri gibi daha ayrıntılı öğeler ile temsil edilir. Bu tarz uygulamaların içeriğinde binalar 3B olarak genelleştirilir.

Genelleştirmede binalar, alan, hacim, yükseklik, kat sayısı gibi özelliklerin önemli olduğu uygulamalarda ise binalar 2B genelleştirilir. Bu tarz uygulamalarda bina dış cephe ayrıntılarına gerek duyulmamaktadır. 2B genelleştirmede bina sınırlarında genelleştirme uygulandıktan sonra, bina temsil ettiği yükseklik kadar yükseltilerek 3B olarak görselleştirilir yani 3B modeli ortaya çıkarılır. 2B genelleştirme uygulamalarında, işlemler neticesinde matematiksel özniteliklerin; yani alan, hacim, yükseklik ve kat sayısı gibi değerlerin gerçek bina ile aynı olması çok önemlidir. Bu nedenle bina genelleştirmesi konusu 2B bina genelleştirme ve 3B bina genelleştirme birlikte düşünülerek incelenmiştir.

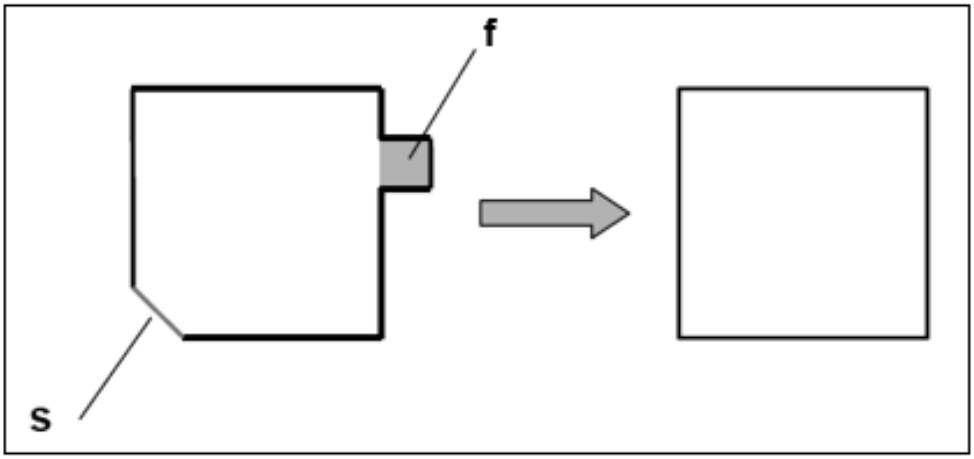
3B genelleştirme işlemleri 2B genelleştirme işlemlerine göre çok daha karmaşık bir yapıya sahiptir; bu noktada uygulanabilirliği de 2B genelleştirmeye göre daha zordur. Binaların karmaşık yapılarının getirisi olarak 3B modellerin genelleştirilmesi donanımsal açıdan da uygulanabilirlik noktasında sorun teşkil etmektedir. Özellikle bilgisayarın hızı ve görüntü akıcılığının sağlanması noktasında gerçekleştirilmesi zor bir işlemdir [1].

3B genelleştirmede önce 2B genelleştirmenin uygulanıp, modelin sonradan 3 boyuta taşınması ile işlem yapma hızı artmaktadır. Bu nedenle tez uygulamasında seçilen yöntem bu olmuştur. Uygulama 5. Bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

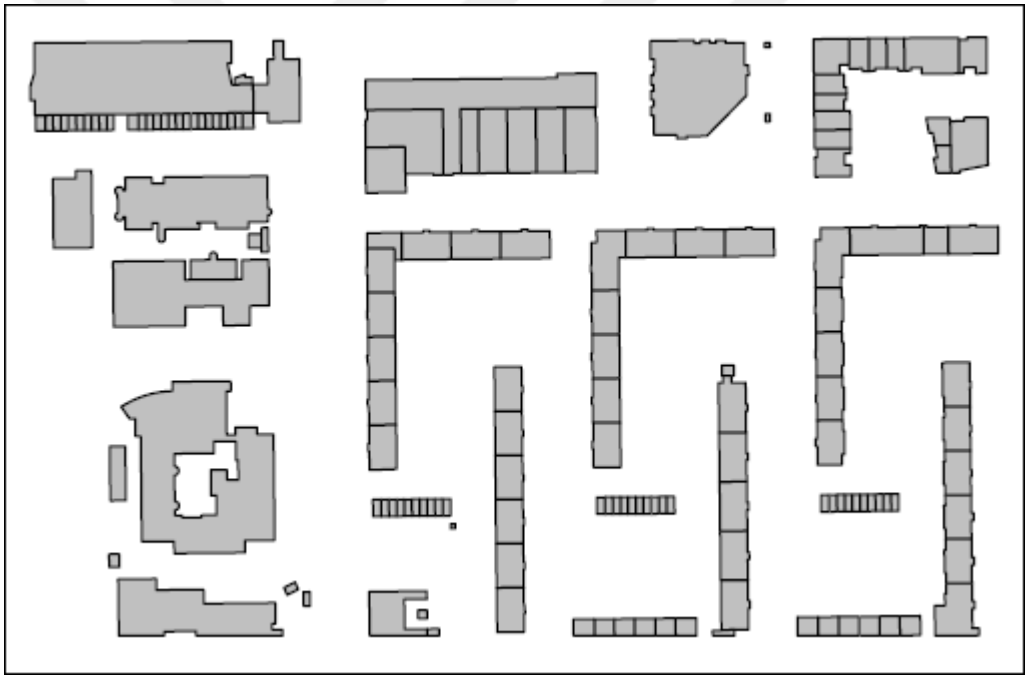
3.1.4 2B Bina Genelleştirme

2B bina genelleştirme uygulamaları genellikle büyük ölçekli haritalarda yer alan bina sınırlarına uygulanır. Büyük ölçekten küçük ölçeğe geçildikçe tek bina gösterimleri azılır ve bu noktada gösterimlerde bloklar halindeki binalar kullanılır. Önemli binalar ise noktalar ile belirtilerek işaretleme ile temsil edilir. Bina geometrilerinin genelleştirilmesinin temel amacı, bina sınır çizgilerinde grafik limitlerin altına düşen kenarları, girinti ve çıkıntıları binanın karakterine uygun olarak elemektir. Şekil'de görülen s kenarı ve f alanı grafik limitlerin

altında kaldıklarından, başka bir ifade ile türetme harita ölçeğinde gösterilebilir olmadıklarından elenmektedir [1], [21].



Şekil 3.2 Bina sınırların genelleştirilmesi [1], [21]

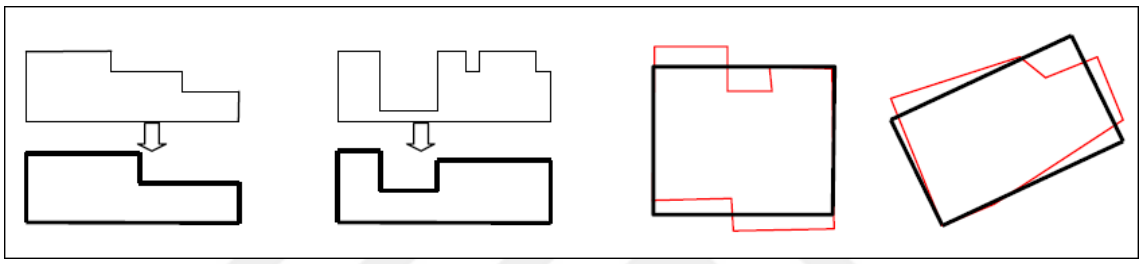


Şekil 3.3 Genelleştirilmesi gereken bina geometrileri [1]

3.1.5 Bina Sınırlarının Basitleştirilmesi

Bina sınırlarının basitleştirilmesi işlemi, binanın gerçek şekli ve ölçülerinin korunarak; bina sınırlarında yer alan ayrıntıların azaltılması ile çok daha kolay anlaşılır bir biçimde temsilini amaçlamaktadır. Bu yaklaşımda 3 temel kıstas vardır. Bunlar, bina alanlarının korunması, bina karakteristik özelliklerinin

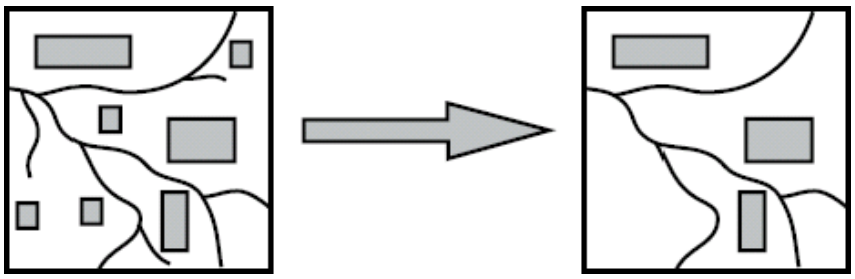
korunması ve mümkün olduğunca dikdörtgen şeklinde binaların oluşturulmasıdır. Bina sınırlarının basitleştirilmesinde belirlenen eşik değer altındaki kısa kenarlar silinir. Binalar genellikle dik açılı sınırlardan oluşur ve basitleştirme adımından sonra da bu özellik mutlaka korunmalıdır. Eğer bina sınırları birbirine dik değilse mümkün olduğunca dik hale getirilir. Bina basitleştirildikten sonra bir dikdörtgene dönüşür ise dikdörtgenin uzun kenarının doğrultusu, binanın gerçek uzun kenarının doğrultusu ve alanı dikkate alınarak oluşturulur. Basitleştirilen bina tam bir dikdörtgene dönüşür ise aynı bina bir daha basitleştirilemez; ölçeğe bağlı olarak nokta veya işaretle temsil edilebilir [1].



Şekil 3.4 Bina sınırlarının basitleştirilmesi [1]

3.1.6 Binaların Elenmesi

Eleme, nesnelerin sayısını azaltarak; basit ancak amaca yönelik olarak istenen bölgelerde boş alan oluşturan etkili bir genelleştirme yaklaşımıdır. Burada da yine bir eşik değer belirlenerek; harita ölçeğine ve uygulama amacına bağlı olarak eleme işlemi gerçekleştirilir [2].



Şekil 3.5 Eleme işlemi öncesi ve sonrası binalar [2]

3.1.7 Binaların Birleştirilmesi

Birleştirme öznitelikler dikkate alınarak ya da alınmayarak iki şekilde yapılabilir. Öznitelikler dikkate alınmazsa, geometrik koşullar uygun oldukça birleştirme yapılır. Öznitelikler dikkate alındığında nesneler ikişer ikişer karşılaştırılarak öznitelikler uyuşuyorsa birleştirme yapılır, uyuşmuyorsa yapılmaz [1], [21].



Şekil 3.6 Binaların basitleştirilmesi ve birleştirilmesi [1]

4
3B BİNA GENELLEŞTİRMESİ

4.1 3B Genelleştirme

3B gösterimlerin, kullanım alanlarının da artmasıyla birlikte genelleştirme kavramı 3B modellerde de kullanılmaya başlamıştır. Bu noktada, haritalara üçüncü boyutun eklenmesiyle birlikte bina modelleri 2B modellere göre daha karmaşık bir hale gelmiştir. Bu karmaşıklık hem geometrik hem de semantik bağlamda karşımıza çıkmıştır. Büyük ölçekte bir bina 2B'de geometrik olarak bir tek yüzey ile gösterilirken, 3B'de çok sayıda yüzey elemanıyla gösterilmektedir. Semantik bilgilerin 3B'de geometrik bilgiler ile ilişkilendirilmesi bu karmaşık yapı nedeniyle daha zordur. Yücel 2009'a göre, "2B binalar arasındaki ilişki, konum, şekil, yön, yakınlık ve yatay paralellikler ile belirlenirken, 3B binalarda, bunlara ek olarak düşeydeki paralellikler, çatı şekli, yükseklik bilgisi veya yüzey dokusuyla belirlenir." [1].

4.2 3B Bina Genelleştirme

3B bina genelleştirmesi ve farklı ayrıntı düzeylerinde modelleme birbirine bağlı iki kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. 3B bina verilerinin amaca ve hedef kitleye uygun olarak uygun ölçek ve çözünürlükte 3B olarak modellenmesi, 3B bina genelleştirmenin çıkış noktasıdır. Bu bağlamda genelleştirme tipik teknikler ile gereksiz ayrıntıları aynı anda ortadan kaldırarak, karmaşık model özelliklerini basitleştirerek veya düzelterek, küçük özelliklerin bir araya getirilmesiyle en önemli bina özelliklerinin seçilmesi olarak açıklanabilir.

Yücel 2009'a göre "3B bina genelleştirme işlemi, binaların geometrik alt birimlerine ayrıştırılması, bina tanıma, tanımlanmış binaların daha düşük ayrıntı düzeyine indirgenmesi (model genelleştirme) ve farklı ayrıntı düzeyindeki 3B bina modellerinin grafik olarak iyileştirilmesi ve gösterimi (grafik genelleştirme) gibi konularda yoğunlaşmıştır." [1].

Genelleştirme sürecinde mesh modelleri basitleştirmek için, birkaç genel yaklaşım mevcuttur. Yaklaşımların birçoğu, farklı meshleri karşılaştırmak için özel ölçümlere dayanır.

Mesh modellerin sadeleştirilmesi için diğer yaklaşımlar, binaların karakteristik yapılarının korunması için daha uygun olan, geometrik olarak tanımlanmış özelliklerin çıkarılmasına dayanır. Basitleştirme işlemi sırasında, çıkarılan geometrik özellikler değerlendirilir ve gerekirse modelden kaldırılır.

Genel mesh basitleştirmenin yanı sıra, 3B bina modellerini genelleştirmek için bir takım özel yaklaşımlar da vardır. Kada (2003), bir yüzey modelinde, yüzey parçalarının birleşme sürecinde korunmuş olan, düzlemsel, dikey ya da paralel karakteristik yapı kısımlarını tanımlar. Kada (2006)'ya göre bir bina modeli ölçek aralığı kullanılarak yeni bir gösterime dönüştürülmüştür. Elde edilen yeni temsil, küçük bina parçalarının elimine edilmesine dayanmaktadır.

Yukarıda belirtilen teknikler tamamen geometrik bir 3B yapı modeline dayanmaktadır. Veriler CityGML veya IFC/BIM gibi semantik bir veri formatında mevcutsa, genelleştirme işlemi için kullanılabilecek ilave bilgiler de mevcuttur. Bu tür çalışmaların çoğu CityGML'nin yüksek LoD verilerini (3 veya 4) başlangıç noktası olarak kullanır ve onları LoD1 veya LoD2 temsillerine dönüştürmeye çalışır [4], [6], [10].

4.2.1 3B Binalarda Ayrıntı Düzeyi (LoD) Kavramı

LOD ayrıntı düzeyi bir çok farklı disiplinde kullanılan bir kavramdır. Modellenmeye tabi tüm objelerin kullanım alanlarına göre bu disiplinler farklılık gösterebilmektedir. Haritacılıkta ayrıntı düzeylerinin en çok ve en efektif kullanıldığı alan 3 boyutlu kent modelleri olarak ortaya çıkmaktadır. Tez,

konusu itibariyle, BIM sisteminde elde edilen 3 boyutlu modellerde ölçek kavramı ile yakından ilgilidir. 2 boyutta ortaya konan topografik haritalarda, genel olarak ölçek kavramı olmakla beraber, 3 boyutlu BIM modellerinde ölçek kavramı ise ayrıntı düzeyleri (Level of Detail - LoD) ile ortaya konmaktadır.

A. Uyar (2016)'a göre, "3 boyutlu kent modelleri; kentsel alanların geometrik bir temsilinden öte mekânsal detayların hem geometrik hem de semantik özelliklerini aynı ortamda birleştiren ve mekânsal analiz yapabilen modeller olarak tanımlanabilir." 3 boyutlu kent modelleri için oldukça önemli bir kavram olan ayrıntı düzeyi (LoD); gerçek dünyadaki objelerin özetlenme derecesi veya öncelikli temsili olarak tanımlanabilir. 3B kent modellemede çok ölçekli temsilin otomatik oluşturulmasını sağlamak genelleştirme işleminin problemidir. [22] Geçmişten günümüze uygulama ve amaca paralel olarak, ayrıntı düzeyleri farklı bilim insanlarınca tanımlanmıştır.

4.2.2 Literatürde Yer Alan Ayrıntı Düzeyi (LoD) Tanımları

Farklı bilim insanlarının standart olmayan ancak birbirlerine paralel olarak ortaya koydukları tanımlar aradaki farklılıklara rağmen düşük çözünürlükten yüksek çözünürlüğe geçişi temsil etmektedir.

Yücel (2009)'a göre, 3 boyutlu bina modelleri yersel veya havadan lazer tarama, fotogrametrik yöntemler ve yersel ölçmelere dayanan jeodezik yöntemler ile elde edilen verilerden türetilmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte 3 boyutlu binalar BIM sistemi çerçevesinde de akıllı objeler yardımıyla elde edilebilmektedir. Elde edilen bina modelleri çeşitli ayrıntı düzeyleri ile gösterilebilir. Bu düzeyler; blok modeller (LoD1), geometrik modeller (LoD2), mimari modeller (LoD3) ve ayrıntılı iç mekan nesnelerini de içeren 3 boyutlu bina modelleridir (LoD4).

Bina ayrıntı düzeyleri, farklı disiplinlerce hazırlanan verilerin aynı ortamda depolanabilmesine olanak sağlamaktadır. Amaca yönelik elde edilmekte olan 3 boyutlu modele dair veri analizinin ve görselleştirme işlemlerinin daha kolay ve efektif olmasına da yardımcı olmaktadır. Ancak tüm LOD tanımlarının düşük çözünürlükten yüksek çözünürlüğe geçişi anlatmasına karşın tanımlarda

standartın olmaması bazı sorunlara yol açabilmektedir. Bu nedenle ayrıntı düzeylerini standardize etmek adına CityGML dili geliştirilmiştir.

Günümüzde yapılmakta olan uygulamalarda, ayrıntı düzeyleri CityGML kapsamında ele alınmaktadır. Bir CityGML veri setinde nesnenin farklı çözünürlükteki görünümleri dikkate alınarak temsili, analizi ve görselleştirilmesi aynı anda farklı ayrıntı düzeylerinde birlikte gerçekleştirilebilir [1].

CityGML'de belirtilen LoD tanımları [1],[23]:

- LoD0: Ayrıntının en az olduğu ayrıntı düzeyi olarak tanımlanmıştır. 3 boyutlu model yalnızca 3 boyutlu sayısal arazi modelini içermektedir. Elde edilen sayısal arazi modeline harita ya da hava fotoğrafları giydirilebilir. LoD0 düzeyindeki sayısal arazi modeli 3 boyutlu olmasına rağmen binaların 3 boyutlu gösterilmemesi sebebiyle elde edilecek sonuç ürün 2.5 boyutta kabul edilir.

- LoD1: 3 boyutlu modellemede özellikle kent modellerine oldukça fazla kullanılan ayrıntı düzeyidir. Bu düzeyde elde edilen modellerde binalar çok basit olarak temsil edilir. Harita sınırlarından mevcut kotuna kadar yükseltilerek elde edilen 3 boyutlu bina modelleri düz bir çatı elemanı ile tamamlanır. Binalar genellikle dikdörtgenler prizması şeklinde temsil edilir.

- LoD2: LoD1 seviyesinde elde edilen 3 boyutlu modele çatı tipi ve bina dış cephesinde yer alan girinti çıkıntıların da eklenmesi ile elde edilen ayrıntı düzeyidir. Bu seviyede temsil edilen binaların artık dikdörtgenler prizması şeklinde temsili gerçekçi olmayacaktır.

- LoD3: Mimari özelliklerin dikkate alınmasıyla oluşturulan 3 boyutlu modelin ayrıntı düzeyidir. Binalarda yer alan balkonlar, duvar detayları ve çatı özelliklerinin LoD2 seviyesindeki modele entegrasyonu sonucu elde edilir. Bu düzeyde binalar gerçeğe çok yakın bir temsildedir. LoD3 düzeyinde elde edilen model bitki örtüsü ve fotoğraflar ile desteklenebilir.

- LoD4: Dış cephe olarak gerçeğe çok yakın bir temsili gösteren LoD3 seviyesindeki modele iç odaların, iç kapı, iç pencere, merdivenler, eşyalar vb bina içi detayların eklenmesi ile ortaya çıkan ayrıntı düzeyidir. Bu düzeyde,

modelin son ayrıntı düzeyinde olduğu düşünülerek amaca uygun olarak birçok nesne 3 boyutlu modele entegre edilebilir.

LoD'ler, 3 boyutlu bina modeli üzerinde temsil edilen en küçük obje boyutu ve elimine edilebilir; en büyük nesne boyutu ile de ilişkilendirilmektedir. Elimine edilecek model elemanına dair en büyük nesne büyüklüğü her LoD düzeyinde farklıdır ve bu değerden daha küçük boyutta olan objeler 3 boyutlu modelden elenir. Bu işleme 3 boyutlu binalarda genelleştirme işlemi denir.

3 Boyutlu bina genelleştirme uygulamalarında LoD'ler uygulamadan uygulamaya farklılık gösterebilir. Bazı uygulamalarda ayrıntı düzeyleri ve ayrıntı düzeylerinde kullanılan veri çözünürlükleri için bazı standart yaklaşımlar ortaya konmuştur.

Tablo 4.1 CityGML'in ayrıntı düzeyleri ve ayrıntı düzeylerinde kullanılan veri çözünürlükleri için getirdiği standartlar [23]

	LoD0	**LoD1**	**LoD2**	**LoD3**	**LoD4**
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
Yapı donatıları	-	-	-	Dış elemanların gösterimi	elemanların gösterimi
Çatı şekilleri	-	Düz	Basit yapıda	Basit yapıda	Gerçek görünümde
Çatı çıkıntıları (Saçaklar)	-	-	Henüz yok	Henüz yok	Var
Dış mekan nesneleri	-	Önemli nesneler	Prototipler	Prototipler	Gerçek görünümde

Bir bina, yapı parçaları halinde yapılandırılabilir. Binanın dış görünüş özellikleri üzerinde büyük etkisi olan balkon veya bacalar gibi dış bileşenler bina tesisatı olarak modellenir. LoD4'te CityGML, odaları iç mekân için mekânsal bir yapı olarak kullanır. Yine binalar, bina parçaları, odalar ve bina tesisatları (elektrik, su, mekanik), yüzeyler veya katı objelerle temsil edilebilir. Bütün bu özellikler, duvar, çatı veya zemin yüzeyleri ile anlamsal olarak yapılandırılabilir. Duvarlar, çatılar veya döşemeler gibi hacimsel yapı elemanları CityGML tarafından desteklenmemektedir.

CityGML modülünün yanı sıra, Industry Foundation Classes (IFC), binaları özellikleri ve ilişkileri olan temel objeler olarak tanımlar ve bu nedenle kavramsal Yapı Bilgi Modeli (BIM) olarak kabul edilebilir. Uygulama alanları, kullanılan modelleme teknikleri ve standartları destekleyen iki farklı yapı (IFC ve CityGML) nedeniyle, modeller arasında önemli farklılıklar mevcuttur.

4.2.3 BIM/IFC CityGML 3B Genelleştirme Uygulamaları

Tanımlanan genelleştirme süreci, Open BIM standardı IFC'ye dayanmaktadır. Mümkünse, tüm sonuçlar IFC veri modelinde ek gösterimler olarak saklanır. İkinci bir işlemde, sonuçlar CityGML hedef biçimine dönüştürülebilir.

IFC (ISO16739: 2013), BuildingSMART (bSI 2014) tarafından geliştirilen Open BIM standartıdır. Bir varlık-ilişki modelini temsil eden, STEP (ISO 10303) ve EXPRESS ürün modellemesi için standardize veri modelleme dilidir (ISO 10303-11: 2004). IFC4 versiyonundan bu yana ISO 16739 (ISO16739: 2013) resmi uluslararası bir standarttır. IFC, model verileri için iki farklı kodlamayı tanımlar: ISO 10303-21 (ISO10303-21: 2002) tarafından tanımlanan SPF (STEP Fiziksel Dosya) ve ISO 10303-28 (ISO10303-28: 2007) tarafından tanımlanan STEP XML'dir. En sık kullanılan format, kompakt boyut avantajına sahip olan ve kullanıcı tarafından okunabilen bir ASCII dosyası olan SPF'dir. XML tabanlı sürüm çoğunlukla kısmi modelleri değiştirmek için kullanılır. Modellerin büyük dosya boyutu nedeniyle, yalnızca XML araçlarıyla birlikte çalışma gerektiğinde kullanılır.

IFC2x3 versiyonu bir binanın yaşam döngüsünün tüm aşamalarını kapsayan 653 varlık içermektedir. Mimari, Mühendislik ve İnşaat (AEC) modellerinde, fiziksel yapı elemanlarının varsayılan geometrik gösterimi vektördür. Bu, parametrik bir temsil (örneğin, bir yapının çıkması), Construction Solid Geometry (CSG) veya bir sınır temsili (B-rep) olabilir.

IFC modellerinde yerel kartezyen koordinatlar kullanır. Model nesnesi için isteğe bağlı olarak global bir coğrafi konum da belirlenebilir. Bir veya daha fazla bina ve bina kompleksi, komple bina yapılarıyla temsil edilebilir. Fiziksel yapı elemanları, öznitelikleri olan nesneler olarak temsil edilir. Bunlar, örneğin: maddi bilgiler, özellikler veya yapı elemanları arasındaki bağlantılar ve ilişkiler için kullanılabilir.

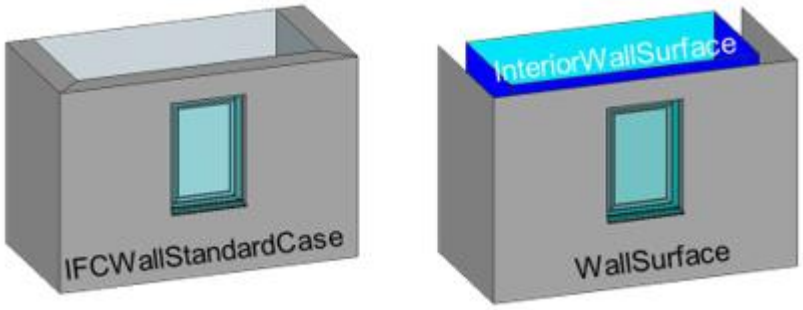
IFC'de, bir yapı elemanı, bir tanımlayıcı ile farklılaştırılmış çok sayıda geometrik temsile sahip olabilir. Bu noktada önceden belirlenmiş tanımlayıcılar vardır; örneğin: “Gövde”, “Eksen” veya “Sınır-İzdüşüm”. Bu yaklaşım, CityGML'nin LoD yaklaşımı ile karşılaştırılamaz, çünkü esas olarak ilgili CAD araçlarının modelleme yönlerini yansıtır.

CityGML, 3B nesneyi semantik anlamlarına, özelliklerine ve diğer özelliklerle olan ilişkilerine göre tanımlar. Bir kentin ana temalarını ele almak için, standartlar 13 tematik modülde düzenlenir. CityGML'nin en sık kullanılan modülü, binaları temsil etmek için beş ayrı ayrıntı seviyesini destekleyen bina modülüdür (LOD). [9]

4.2.4 BIM/IFC ve CityGML Karşılaştırılması

Geiger, Benner ve Haefele (2015)’e göre, IFC ve CityGML arasında veri dönüşümü ile ilgili en önemli fark, IFC’de binaların duvar, döşeme veya çatı gibi yapı elemanları ile modellenmesidir. [9]

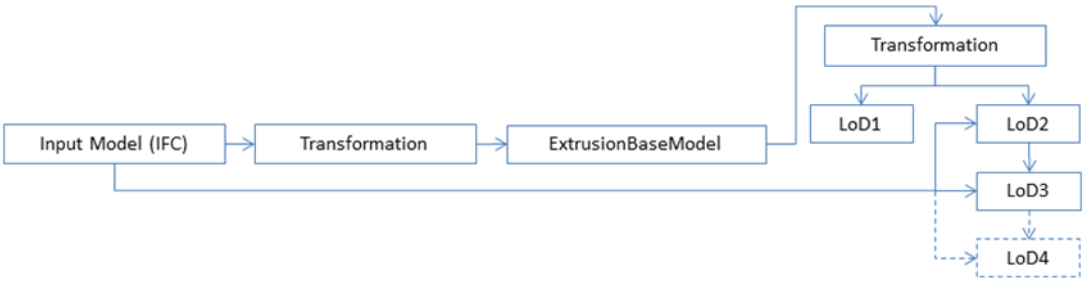
Industry Foundation Classes (IFC) genellikle “ifcBuilding”'i yapı elemanları için baz model olarak kullanır. Yapı elemanları, özellikleri, ilişkileri ve genellikle hacimsel geometri temsilleri olan objelerdir. CityGML, bir binanın belirgin bir kat veya yüzey geometrisine sahip olmasını sağlar. Yapı elemanları, obje olarak değil; diğer sınırlar ile ilişkileri olmayan yüzeyler ile temsil edilmektedir.



Şekil 4.1 IFC yüzey gösterimi- CityGML yüzey gösterimi [9]

IFC, coğrafi koordinatlar ile yerel kartezyen koordinat sistemlerini; CityGML ise verilen referans koordinat sistemine ilişkin, doğrudan global koordinatları kullanmaktadır.

IFC ile CityGML arasında gerçekleştirilen veri dönüşümünün temel amacı, bir bina modelinin geometrik ve anlamsal karmaşıklığını ilgili bilgiyi kaybetmeden azaltmaktır. Dönüşümün ilk adımı olarak "ExtrusionBaseModel" adı verilen bir ara veri modeli üretilir. Bu modele dayanarak, LoD1 ve LoD2 gösterimleri elde edilebilir. LoD3 ve LoD4, LoD2 baz modeline göre art arda üretilebilir.

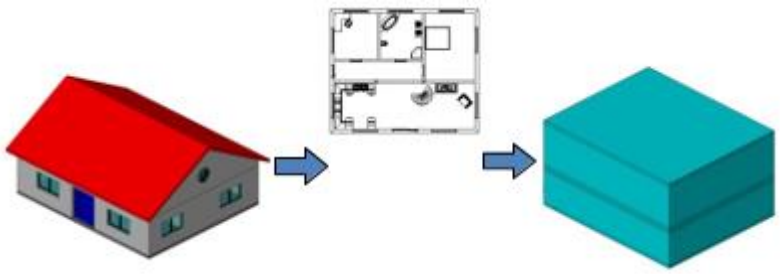


Şekil 4.2 Genelleştirme sürecine şematik genel bakış [9]

Başarılı bir 3B genelleştirme uygulaması için uygun bir IFC modeli şarttır. Bu, bina modelinin kapalı bir dış cepheye sahip olması gerektiği ve genellikle duvarlar, döşemeler ve çatılarla temsil edildiği anlamına gelir. Modelde, binanın üst sınırı, döşeme veya çatı elemanları ile modellenmelidir.

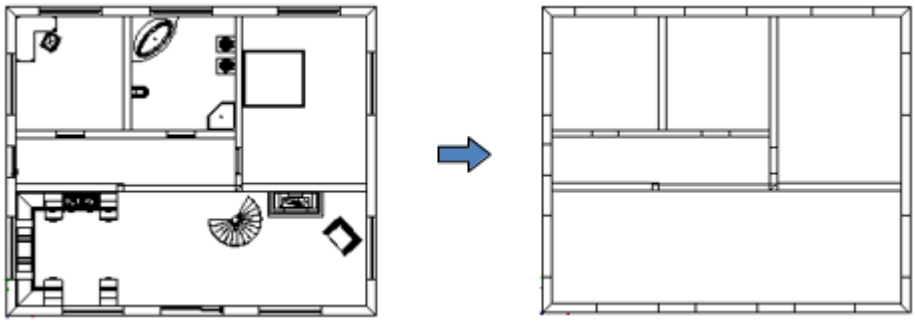
IFC veri modelinden baz modele dönüşüm:

IFC veri modelinin genelleştirilmesine yönelik işleminin ilk adımı olarak, sadece ilgili yapı elemanları göz önünde bulundurularak bir ara veri modeli üretilir. Bu aşamada 2B mimari çizimlerden de yararlanılır.



Şekil 4.3 IFC'den ExtrusionBaseModel'e dönüşüm [9]

IFC modellerinde farklı temsil türlerine izin verilir ve dönüşüm süreci için temsil türlerinin mutlak suretle dikkate alınması gerekir. Tüm süreçte, tek tip bir geometri tabanı elde etmek için, ele alınan her yapı elemanı ayrıca sınır geometrisi ile temsil edilir. 2B mimari çizimler sınır geometrilerinin düzgün oluşturulabilmesi adına önem teşkil etmektedir.



Şekil 4.4 IFC verilerinin semantik olarak filtrelemesi (sol: orijinal model; sağ: sadece IFCdöşeme, IFCduvar, IFCkiriş) [9]

Semantik olarak filtrelendirilen IFC veri modeli, orijinal geometrideki model koordinat sisteminin (x, y, z) → (x, y, 0) x-y düzlemine düşey olarak yansıtılmasıyla oluşturulur. Yükseklik bu filtreleme işlemi sırasında elimine edilir. Filtreleme sonucu elde edilen sınırlara dayanarak, yükseklik verisi girilecek objeler belirlenir.

Bina kat sayısı göz önüne alınarak tüm bina katları için filtreleme ile çıkma objeleri ortaya çıkarılır. Mümkünse tüm bunlar binanın güncel yapısından ya da

2B mimari çizimlerden elde edilir ve yatay döşeme elemanlarından gelen bilgilerle birleştirilir.

Model üretimini tamamladıktan sonra, daha sonraki işlemler için farklı boyutlarda filtreleme sonucu elde edilen çıkma objeleri kütüphanesi hazırlanır. Oluşturulan kütüphane; balkonlar, merdiven, asansör boşluğu gibi bina iç detaylarındaki yapı bileşenlerini tanımlamak için kullanılır. 3B genelleştirme sürecinde için bu yapılar modelden elenebilir veya tutulabilir. En son adımda basitleştirme yaklaşımı ile model genelleştirilirerek “ExtrusionBaseModel” elde edilir.

LoD1 ve LoD2 modelinin üretilmesi;

ExtrusionBaseModel'e dayanarak, LoD1 genelleştirme süreci için farklı stratejiler uygulanabilir. Bina sınırları, duvar sınırları veya döşeme sınırları, sonuç ürün olacak LoD1 modeli için bir veya daha fazla düşey çıkma belirlemek için kullanılır.

İlk yaklaşımla tüm bina için bir çıkma hesaplanır. Böylece, ilgili bina elemanlarının tüm sınırları kullanılır. İkinci yaklaşım sadece bina duvarlarına odaklanır. Bu durumda, aynı seviyelerde ve aynı yükseklikte duvarların sınırları birleştirilir. Üçüncü yaklaşımda ise çıkma geometrilerini oluşturmak için yatay döşemelerin sınırları kullanılır. Yatay döşemelerin sınırları 2B mimari projeler üzerinden elde edilebilir.

“ExtrusionBaseModel”in geometrik temsili, bir LoD1 modeli temsiline çok yakın olduğu için bu dönüşüm ve genelleştirme adımının amacı, model üretim stratejisi için düşey çıkmaları ayarlamaktır. İsteğe bağlı olarak, ortaya çıkan LoD1 geometrilerini açık bir kat yapısıyla oluşturmak da mümkündür. Bu, her kat için, katların sınırları aynı olsa bile, ekstra bir çıkmanın üretildiği anlamına gelir.



(a) (b)

Şekil 4.5 a) “ExtrusionBaseModel” den LoD1 modelinin üretilmesi, b) “ExtrusionBaseModel” den LoD2 modelinin üretilmesi [9]

LoD1'e kıyasla, LoD2 için üretim süreci tamamen farklıdır. Temel yine “ExtrusionBaseModel”dir; ancak bina doğru bir çatı şekli ve dış cephe yüzeylerinin ayrıntılı bir sınıflandırması ile daha detaylıdır.

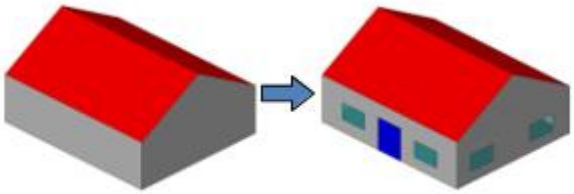
Model üretiminde, ilk adım çatı şeklini atamaktır. “ExtrusionBaseModel”'in çıkma objeleri için, IFC yapı elemanlarının orijinal geometrisine dayanarak “IfcÇatı” ve “IfcDöşeme” nin “çatı” olarak ayarlanmış olan orijinal geometrisini temel alan bir kırpma algoritması geliştirilmiştir. Bu süreçte desteklenen geometri türleri çıkma ve B-rep'dir.

B-rep geometrileri için, tüm cepheler analiz edilir. Analiz sonucu cephelerin dış sınırları, kırpma düzlemlerine dönüştürülür. Çıkma geometrileri için ise: çıkma yerleşimi, çıkma yönü ve büyüklüğü ile başlayarak çıkma geometrisinin üst düzlemi, bir matris ile hesaplanır. Sınır, düzleme dönüştürülen çıkma profilinden türetilir.

Bir sonraki adımda yapı elemanları, çıkma geometrilerinin semantik sınıflandırılması için kullanılır. Bunun için IFC yapı elemanlarının ve “ExtrusionBaseModel” nesnelerinin birbirleriyle eşleşen elemanlarının yüzeyleri tanımlanır. Yüzeyleri sınıflandırırken, bir algoritma, yüzeylerin IFC yapı elemanlarından “ExtrusionBaseModel” in oluşturulan yüzeylerine olan mesafesini eşleştirmeyi doğru yapabilmek adına karşılaştırır.

LoD3 modelinin üretilmesi:

Bir LoD2 modelinden bir LoD3 modeline dönüşüm süreci temel olarak kapılar, pencereler ve bina geometrisindeki açıklıklar için boşluklar uygulanması ile uygun elemanların yaratılmasında farklılık gösterir. Bu adımda, “ExtrusionBaseModel” artık kullanılmamaktadır.



Şekil 4.6 LoD2 modelinin LoD3 modeline dönüştürülmesi [9]

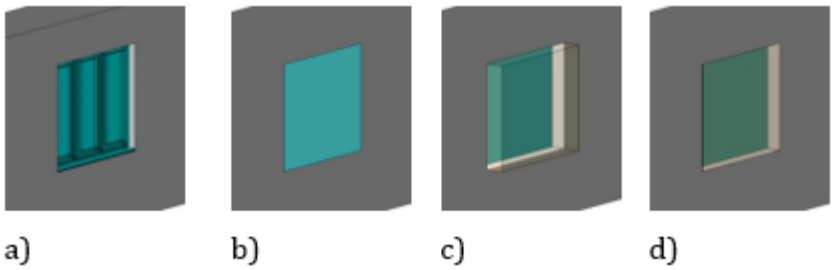
Süreç IFC'nin ilişkileri yorumlanarak gerçekleştirilir. Detaylar, IFC geometri gösterimlerinde açıkça belirtilmemiştir. Yapı elemanları, boşluklu elemanlar (merdiven, asansör boşluğu) ve bir kapı ya da pencere elemanı arasındaki ilişkilerle tanımlanmaktadır.

İlk ilişki, bir duvar ile bir açılış elemanı (kapı, pencere) kesişiminin çıkarılmasını tanımlar. İkinci ilişki, çıkarılan açılış elemanının boşluğunun içine bir kapı veya pencere elemanı yerleştirmektir. IFC'deki kapı ve pencereler farklı şekillerde geometrik olarak gösterilebilir. Açık bir geometrik gösterimde olacağı gibi; tipi, özellikleri, kaplaması gibi paneli tanımlayan parametrelerle de belirtilebilir. Dikdörtgen olmayan elemanlar için, ek olarak, kapı veya pencerenin dış sınırını tanımlamak için bir 2B dosyaya ihtiyaç duyulmaktadır. Genelleştirme sürecinde, bu elemanların geometrik karmaşıklığını kontrol etmenin en iyi çözümü, eğer varsa, parametreleri yorumlamaktır.

IFC'den farklı olarak, CityGML'deki açılış elemanları bir öğeyi temsil etmemekte olup; ilgili cephe yüzeyinden çıkarılır. Kapı ve pencere elemanları, cephe yüzeyinin alt elemanları olarak tanımlanır ve geometrik olarak cephe yüzeyinin içine yerleştirilir.

Kapı veya penceresiz açıklıklar (merdiven boşluğu, asansör boşluğu) herhangi bir sınır yüzeyi ile ilişkilendirilememektedir.

Kırpma işlemlerinin yapılması sonrası kapı veya pencere yüzeyi ile cephe yüzeyinin üst kenarı arasındaki boşluğun doldurulması ile sonuçlanır. Bu nedenle, yüzeylerin normları bilinmelidir. Son olarak, çerçevenin yüzeyleri, cephe yüzeyinin tipiyle tanımlanmalıdır.



Şekil 4.7 a) Pencere elemanlı IFC duvarı, b) CityGML duvar düzleminde pencere elemanı ile yüzey, c) CityGML doğru konumda pencere elemanı ile ve IFC kırpma elemanı, d) Kırpma ile gerçekleştirilen pencere elemanı ve duvar düzlemi [9]

Bahse konu örnek: Karlsruhe Teknoloji Enstitüsü'ndeki Uygulamalı Bilgisayar Bilimleri Enstitüsü'nde geliştirilen "IFCExplorer" yazılım platformunda bir prototip olarak uygulanmaktadır. IFCExplorer farklı uygulamalardan mekânsal verilerin açık standart veri formatları (örneğin, IFC, cityGML, gbXML) ile görselleştirilmesi, analiz edilmesi, dönüştürülmesi ve entegrasyonu için bir araçtır. Örnek çalışmada 3B bina genelleştirme sürecinin gerçekleştirilmesinin temeli ortaya konmuştur.

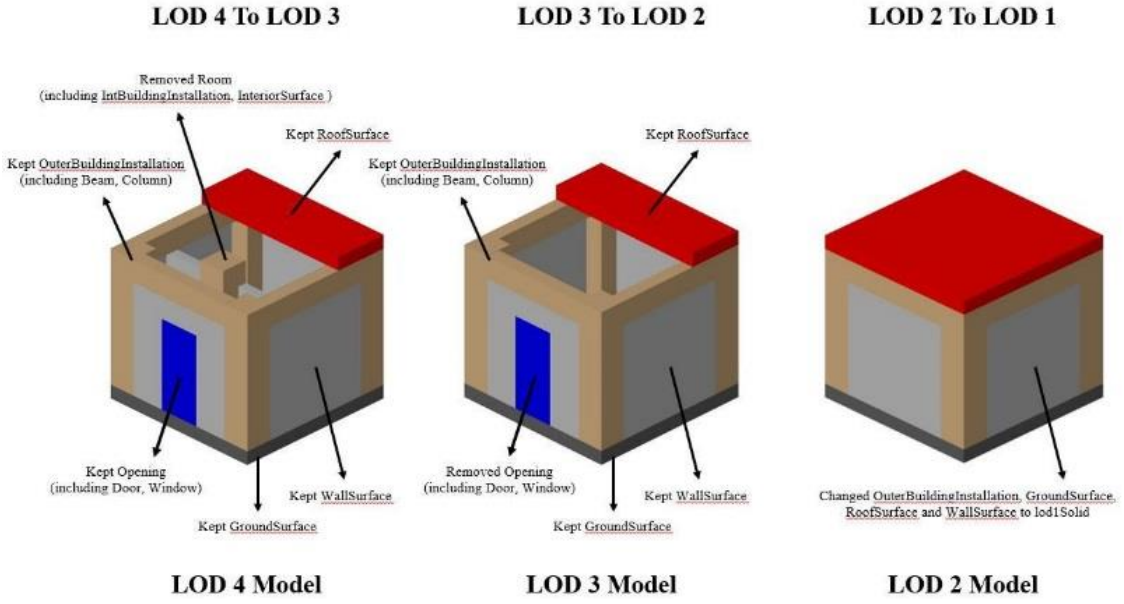
IFC gibi mimari yapı modellerini mekânsal uygulamalar veya enerji hesaplama, 3B analizler gibi diğer uygulama alanlarında kullanmak için, IFC modellerinin anlamsal ve geometrik olarak genelleştirilmesi için bir yöntem önerilmiştir. Bu sürecin ilk örneği olarak, IFC'den CityGML'ye dönüşüm açıklanmıştır. Bu bağlamda, LoD1, LoD2 ve LoD3 modelleri oluşturulmuştur. Yöntem, IFCExplorer yazılımında bir prototip olarak uygulanmaktadır. Basit geometrili yapılarda uygulanmakta olan yaklaşım teknolojik gelişmelere paralel olarak daha karmaşık yapılar üzerinde de sonuç vermeye başlayacaktır [9].

LOD 4 Modelinin Basitleştirilmesi:

Uygulamada, Quartierdaten-Managementsystem (QUASY) kavramı ve yapısı ile nesne varlıklarının dönüşümünün doğru olmasını sağlamak için IFC'nin çerçevesi ve varlık tanımları da ortaya koyulmuştur. Sonuç olarak, IFC modelleri başarıyla

QUASY'ye dönüştürebilir ve görüntüleme ve analiz için kullanılabilir olmakla beraber; ancak yine de bazı eksiklerin olduğu görülmektedir. [24]

- BIM / IFC modelini kullanarak bina oluşturmak
- Arazi modelini kullanarak yerel koordinat sistemini dünya koordinat sistemine dönüştürmek
- IFC ve CityGML arasındaki saha ilişkilerini analiz etmek
- Ticari yazılım kullanarak dönüşüm noktalarının koordinatlarını hesaplamak ve ardından geometrik dönüşümü tamamlamak için bunları CityGML'de saklamak
- Özellik bilgilerini IFC sınıflarında ayıklamak ve nitelik dönüşümünü tamamlamak için bunları CityGML'de saklamak
- CityGML LOD 4 modelini oluşturmak için geometrik ve nitelik bilgisini bütünleştirmek
- LOD 4 modelini basitleştirerek LOD 3'ten LOD 1'e sırayla LOD modelleri oluşturmak



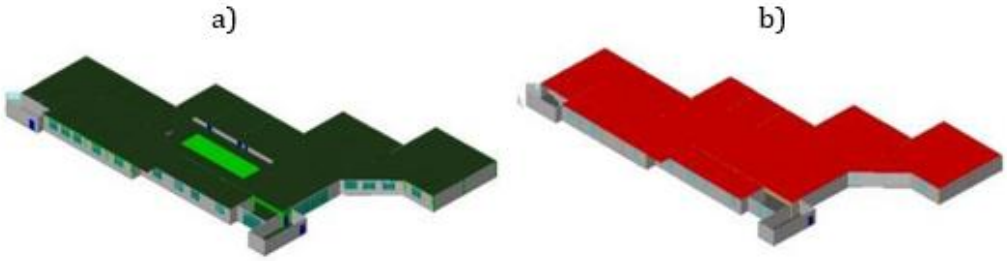
Şekil 4.8 LoD'lerin basitleştirilmesi [24]

IFC modellerinde, genellikle katı obje olarak sunulan nesneler, CityGML de temel olarak B-Rep prensibine dayanmaktadır. Bu yüzden, katı objeler eğer geometrik dönüşümü yapılmak isteniyorsa B-rep'e dönüştürülmelidir. İlk adımda geometrik dönüşümü sağlayabilmek adına düğüm noktalarının koordinatlarını hesaplanması ve geometrik bilgileri düzenlenmesi gerekir.

IFC'yi özellik sınıfına dönüştürmek için ticari bir yazılım olan Safe Software'in (FME) yazılımı kullanılarak dönüşüm noktalarının koordinatları hesaplanır. Dönüşümden sonra, saha ilişkileri kontrol edilerek ve B-Rep temel alınarak koordinatlar CityGML'de kaydedilir. CityGML de kayıt yapıldıktan sonra geometrik dönüşüme geçilebilir. Öznitelik dönüşümünde yöntem, IFC sınıflarındaki öznitelik bilgilerini ayıklamak ve ardından dBASE tablo dosyalarına ".dbf" formatında kaydetmek şeklindedir. Öznitelik dönüşümü yaparken alan ilişkileri de kontrol edilmelidir.

Örnek çalışmada BIM / IFC modeli, NCTU Second Engineering Building'in birinci katıdır ve deneysel veriler, BIM / IFC modelini yeniden inşa etmek ve koordinat dönüşümünde kullanılan noktalarını ölçmek için binanın 2B mimari çizimlerini ve arazi modelini içermektedir.

BIM / IFC modelinin CityGML LoD 4 modeline dönüştürülmesinin sonucu:

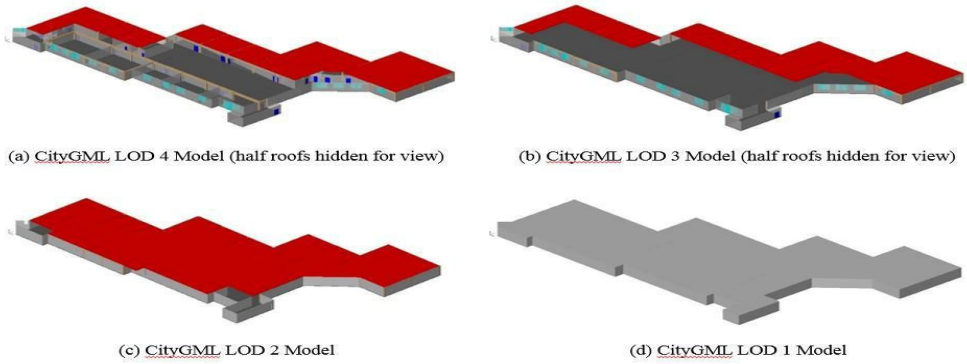


(a) BIM/IFC Model (1.40 MB) (b) CityGML LOD 4 Model (1.97 MB)

Şekil 4.9 (a) Revit 2014 tarafından yeniden oluşturulmuş BIM / IFC modeli, (b) Dönüştürülmüş olan CityGML LoD 4 modeli [24]

Kapı ve pencerelerin ayrıntılı görünümlerini görüntülemek noktasında bazı sorunlar ortaya çıkmaktadır. En önemli fark ise CityGML modelinin dosya boyutu BIM / IFC modelinden çok daha büyük olmasıdır. Bunun nedeni, CityGML modelinin nesne üretmek için B-Rep kullanmasıdır.

CityGML'de farklı LoD'ler arasında basitleştirmenin sonuçları şekilde gösterilmektedir. Şekil (a) ila (d), sırasıyla LoD 3 ila LoD 1 arasındaki modelleri temsil etmektedir. Bu modeller önceki en yüksek seviyedeki LoD 4 modelinden basitleştirilmiştir. Sonuç olarak, otomatize yahut manuel yöntemler kullanılarak farklı LOD modelleri başarıyla oluşturabilir.



Şekil 4.10 CityGML'de farklı LOD'ler arasında basitleştirilme sonuçları [24]

Farklı LoD modellerinin dosya boyutu ve göreceli istatistikler aşağıdaki tabloda gösterilmektedir. Tablo 4.2'de, basitleştirme çalışmaları ile dosya boyutunun küçüldüğünü görmekteyiz. Özellikle LoD 4 modelindeki veri boyutu LoD1 e geçişte yaklaşık % 98.6 azalmaktadır.

Tablo 4.2 Dönüşüm sonuçlarına göre dosya boyutları [24]

Ayrıntı düzeyleri	LoD 4	LoD 3	LoD 2	LoD 1
Dosya boyutu	1,97 MB	1,17 MB	1,06 MB	27,4 KB

Yüzdesel Azalma	LoD4'e göre	40,61%	46,19%	98,64%

Koordinat sistemleri, alanlar, geometriler ve nitelikler arasındaki ilişkiyi içeren BIM / IFC modelinden CityGML LOD 4 modelini üretilebilmektedir. Dönüşümden sonra, farklı LOD modelleri oluşturmak için LOD 4 modelini de genelleştirme yaklaşımı ile basitleştirilebilmektedir.

5
UYGULAMA

5.1 LoD Modellerinin Üretilmesi

BIM modellerinin üretiminde genelleştirme yaklaşımlarının uygulanması ile farklı ayrıntı düzeylerinde (LoD) modellerin üretilmesi uygulaması: Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü Yerleşkesi, İnşaat Fakülte Binalarının BIM modellerinin 2B mimari projeler yardımıyla elde edilmesini amaçlar. Sonraki adımda elde edilen en yüksek ayrıntı düzeyindeki modelin (LoD4) diğer detay seviyelerdeki modellere (LoD3, LoD2, LoD1) Düşük ayrıntı düzeylerindeki modellerin elde edilebileceğinden bahsedilecektir. 2B çizimlerden elde edilirken genelleştirme yaklaşımları ile 2B çizimde gerekli olmayan veriler elimine edilmektedir. Bu sayede 3 boyutlu model elde edildiğinde aslında LoD4'e göre genelleştirilmiş LoD3, LoD2 ve LoD1 ayrıntı düzeyindeki modeller türetilmiş olacaktır. 3B bina genelleştirmesinin manuel olarak gerçekleştirileceği bu uygulamada: büyük ve karmaşık bina yapılarında 2B genelleştirmeden sonra 3B model üretimi yapmanın avantajları ortaya konacaktır.

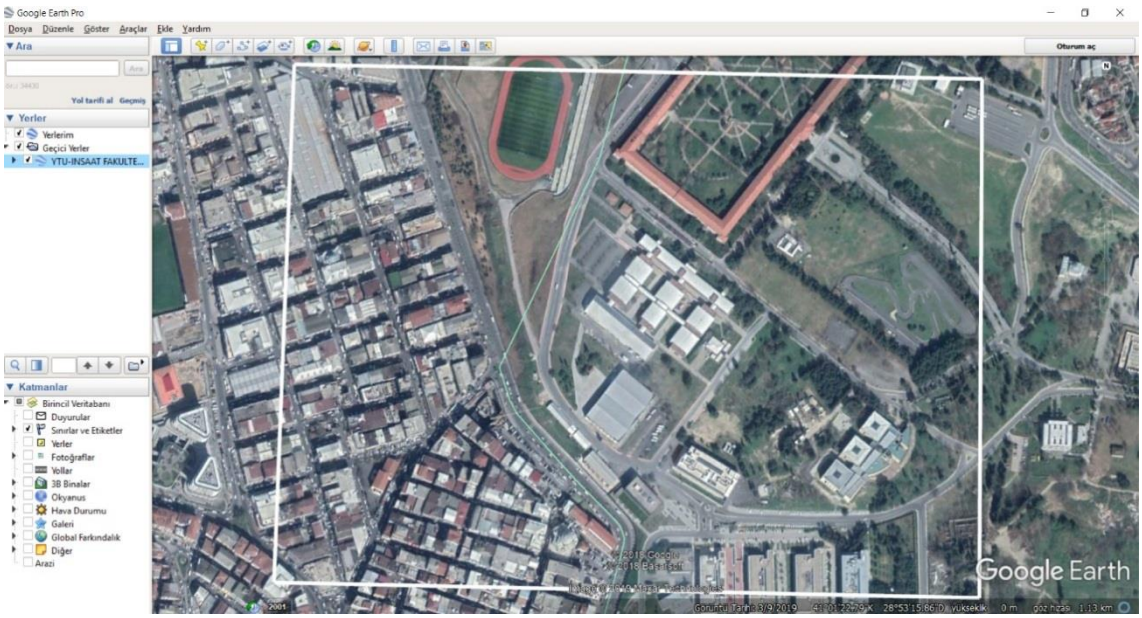
Model üretimi esnasında ortaya çıkabilecek, eksik ve yanlış modelleme adımları, operatörün geriye dönük model onarımı yapabiliyor olmasıyla; çok kısa sürede onarılabilir ve güncellenebilir.

Uygulamada Autodesk Revit2017, Autodesk Autocad 2017, Autodesk Autocad Raster Design 2017, Autodesk Autocad Civil3D 2017 ile GlobalMapper programları kullanılmıştır. Süreçte Google Earth de aktif olarak yararlanılan başka bir program olmuştur. 2B mimari çizimlerin temini ile başlayan uygulama sürecinde ilk olarak CityGML LoD tanımları çerçevesinde farklı ayrıntı düzeylerinde modeller manuel olarak türetilmiştir.

Şekil 5.1 Uygulama akış diyagramı

5.1.1 LoD0 Modelinin Üretilmesi

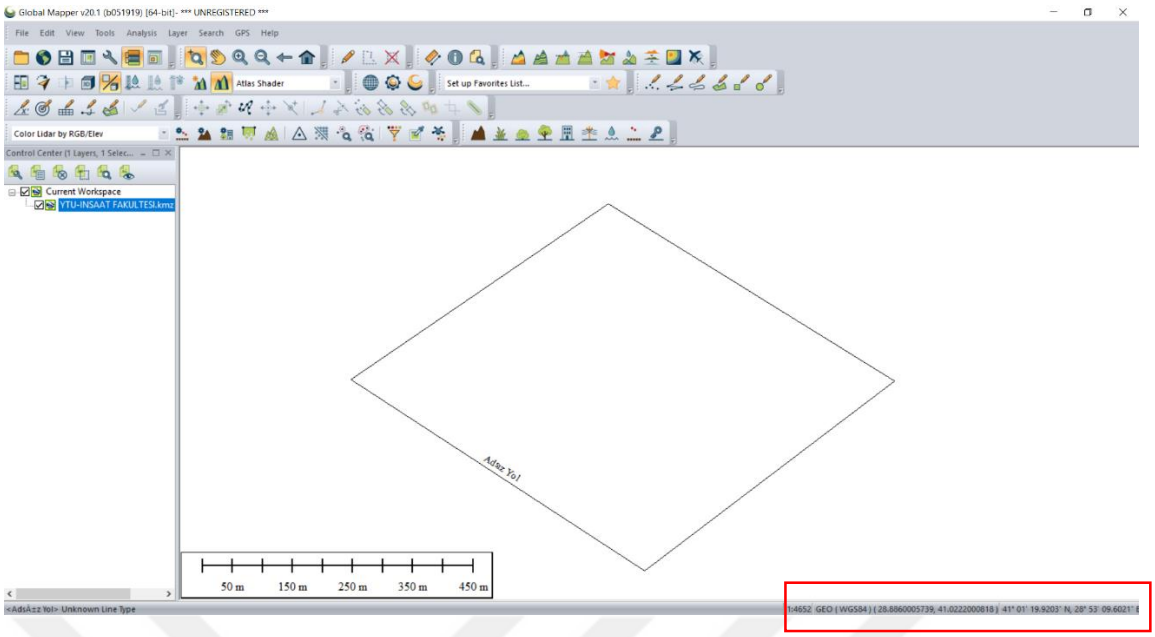
CityGML'de detayın en az olduğu ayrıntı düzeyi olarak tanımlanan LoD0 yalnızca 3 boyutlu arazi modeline hava fotoğrafının giydirilmesi ile elde edilmiştir. Yıldız Teknik Üniversitesi Davutpaşa Kampüsü, İnşaat Fakültesi binalarının yeri Google Earth'te tespit edilerek; yeterli olabileceği düşünülen alan kapalı bir poligon yardımıyla belirlenmiştir.



Şekil 5.2 Çalışmada kullanılacak alanın belirlenmesi

Sınırlar belirlenirken amaç ve hedef kitle gözetilirken, kullanılan bilgisayarların özellikleri de göz önüne alınmıştır.

Global Mapper yazılımında coğrafi koordinatlar ile yeniden görüntülenmiştir. Aşağıdaki görselin sağ alt köşesinde, kırmızı ile belirtilen kısımda datanın koordinat bilgileri belirtilmiştir.



Şekil 5.3 Global Mapper yazılımında çalışma alanının coğrafi koordinatlarda görüntülenmesi

Coğrafi koordinat sisteminde ve WGS 84 datumunda açılan sınırların altına, Google Earth görüntüsü getirilerek koordinat doğruluğu teyit edilmiş ve projeksiyon sistemi değiştirilmiştir. Coğrafi koordinatlar, Universal Transverse Mercator Projeksiyonuna dönüşüm uygulanarak UTM projeksiyonunda 35 derece diliminde ve WGS84 datumuna dönüştürülmüştür.

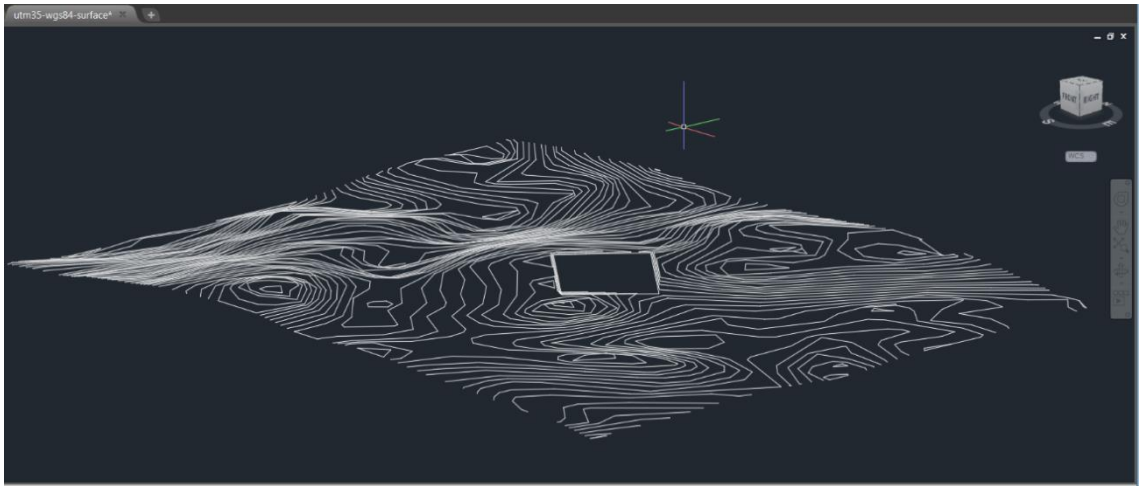
Aster GDEM uydusu veri tabanından çalışma alanının gridler ile oluşturulmuş sayısal yükseklik modeli elde edilmiş ve 1 m aralıklar ile yükseklik eğrileri türetilmiştir. Koordinat dönüşüm adımları sınırlara uygulandığı gibi hem altlık olarak kullanılacak uydu görüntüsüne, hem de yüksek eğrilerine uygulanarak tüm uygulama dokümanlarının aynı koordinat sistemine getirilmesi sağlanmıştır.

Bu noktada, çalışma alanı sınırları x düzleminde 919,63 m, y düzleminde ise 681,07 m olarak ölçülmüş ve görselleştirme adımında kullanılmak üzere saklanmıştır.



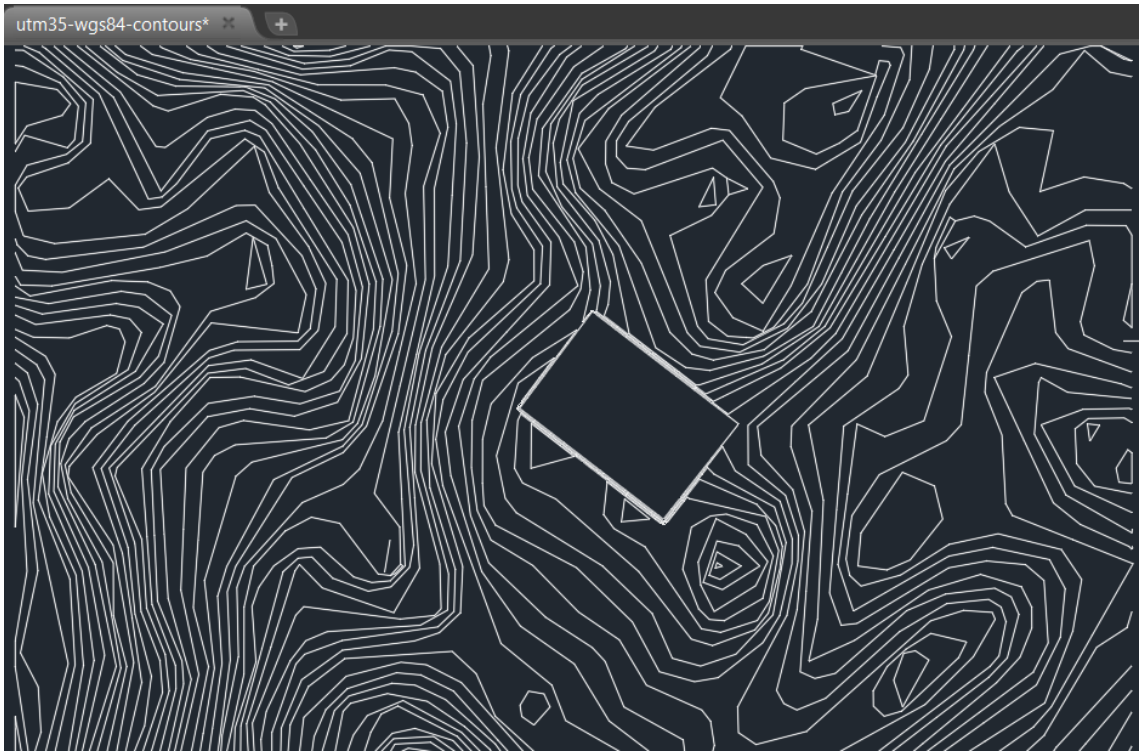
Şekil 5.4 Autocad 2017 de koordinatına getirilen uydu görüntüsü

Uygulama koordinat sistemine göre dönüştürülerek elde edilen, yükseklik eğrilerinden bir arazi modeli elde edilerek uygulamanın diğer adımlarında kullanmak üzere saklanmıştır. Arazi modeli Autocad Civil3D 2017 programı kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 5.5 Çalışma alanına ait arazi modeli

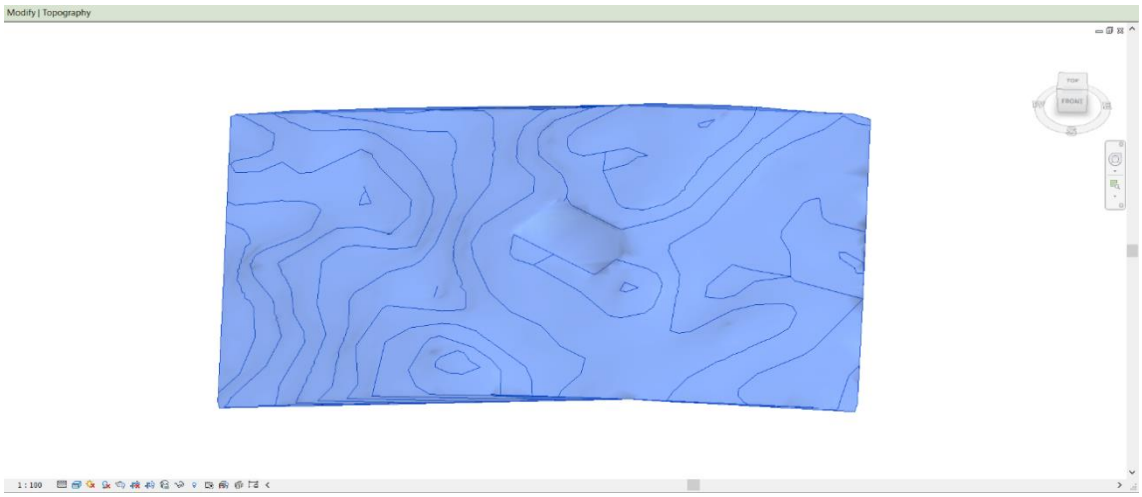
Elde edilen arazi modelinde, 3B modellenecek olan fakülte binalarının, kapladığı alandaki eğriler; arazi modeli ile 3B bina modelinin örtüşebilmesi adına silinerek ortadan kaldırılmıştır. 2B mimari çizimler esas alınarak belirlenen bina sınırları, yükseklik eğrileri ile çakıştırılarak, ilgili alandaki yükseklik eğrileri silinmiştir.



Şekil 5.6 İnşaat fakültesi binalarına ait alan içerisindeki yükseklik eğrilerinin silinmesi

Sayısal arazi modelinin basitleştirilerek genelleştirilmesi işlemi 3B bina modelinin sayısal arazi modeli ile birlikte görüntülenebilmesinde uygulanacak temel adımlardan birini teşkil etmektedir. Bu adım uygulanmadığı takdirde 3B bina modeli SAM'den kolay bir şekilde ayırt edilemez ve bu da kullanıcılara sorun teşkil eder. Bu kapsamda üçgen silme işlemi uygulanarak SAM basitleştirilmiştir.

Elde edilen veriler, Autodesk Revit 2017 yazılımında aşağıda belirtilen adımlar izlenerek bir araya getirilmiştir. İlk olarak koordinatlandırılmış ve genelleştirilmiş olan sayısal yükseklik eğrileri dokümanı açılmıştır. Yükseklik eğrilerinden tekrar bir sayısal arazi modeli elde edilerek genelleştirilmiş sayısal arazi modelinin 3B görünümü kontrol edilmiştir.



Şekil 5.7 Seçme/eleme ile genelleştirilen yükseklik eğrileri

İnşaat Fakültesi yerleşimi için genelleştirilmiş olan bölge çizimde ok ile belirtilmiştir. Yükseklik eğrileri, genelleştirmede seçme/eleme işlemi ile 5 m aralık ile çizdirilerek, yükseklik değişiminin daha rahat gözlenebilmesi sağlanmıştır. Oluşturulan sayısal yükseklik modeli üzerinde seçim yapıldıktan sonra görselleştirme seçeneklerinden koordinatlandırılmış uydu görüntüsü seçilerek, ölçülen topografya sınırları girilerek, model üzerine uydu görüntüsünün giydirilmesi sağlanmıştır.

Uydu görüntüsünün giydirilmesi ile 3B model detayının en az olduğu ayrıntı seviyesi LoD0 modeli elde edilmiştir. 3 boyutlu modellenmesine rağmen 3 boyutlu model içerisine girildiğinde; model içerisinde herhangi bir noktada, bir yükseklik bilgisi olmadığından aslında elde edilen sonuç ürün 2.5 boyutta kabul edilmiştir. LoD0 modelinin Revit 2017 dosya boyutu 3,552 kb tır



Şekil 5.8 3B model üzerine giydirilmiş uydu görüntüsü ile LoD0 modeli

5.1.2 LoD1 Modelinin Üretilmesi

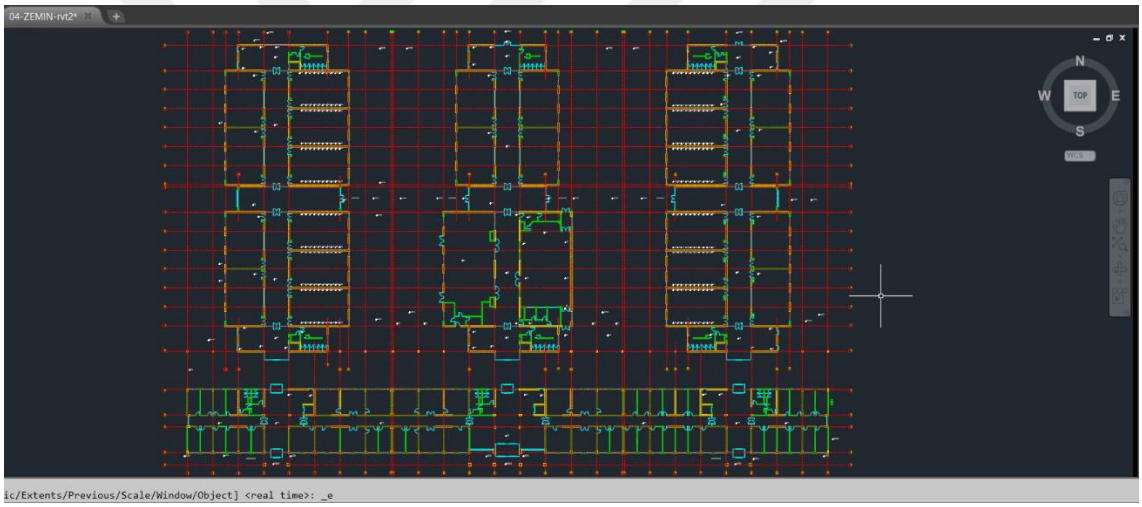
Uygulamaya başlamadan temin edilen 2B mimari CAD çizimleri yardımıyla oluşturulan LOD1: 3 boyutlu modellemede özellikle kent modellerine oldukça fazla kullanılan ayrıntı düzeyidir. Bu düzeyde manuel olarak elde edilen modellerde binalar çok basit olarak temsil edilmiştir. Binalar 2B CAD çizimlerindeki sınırlarından, mimari çizimlerde yer alan maksimum yüksekliğine kadar yükseltilerek elde edilen 3 boyutlu bina modelleri düz bir çatı elemanı ile tamamlanmıştır.

LoD1 modelinin üretilmesi uygulamasında, 3B modelleme 2B zemin kat mimari çizimleri esas alınarak başlanmıştır. Mimari çizimler Autocad 2017 de açılarak tüm çizim elemanları sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma işlemi tabakalandırma ile sağlanmıştır.

Çizim elemanları tabakalandırılırken semantik seçme ve semantik gruplandırma yaklaşımları ortaya konmuştur. Manuel olarak seçilen çizim elemanları semantik seçme ve gruplandırma yaklaşımları ile sınıflandırıldıktan sonra sadece

modellemede kullanılacak çizim elemanlarının görselde kalması sağlanmıştır. Böylece Revit 2017 yazılımında kullanılacak doküman, 2B mimari çizim elemanlarının genelleştirilmesi ile 3B modellemede altlık olarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Açık bırakılan tabakalardan: “Aks-Grid” modellenecek bölgenin tespiti adına yardımcı olması için kullanılmıştır. Kot tabakası ise modellenecek kat ve detayları hakkında yükseklik bilgilerini temin edebilmek adına açık bırakılmıştır. “Beton”, “Bina Duvarı”, “Cam Doğrama” tabakaları ise “Bina Sınırı” adı altında semantik olarak gruplandırılarak tek tabakaya indirgenmiştir. 2B genelleştirilme yaklaşımları ile genelleştirilen çizim dosyasında 3B modellemeye esas 3 tabaka bırakılmıştır. “Aks-grid”, “Kot” ve “Bina Sınırı” içerikleri LoD1 3B modelinin üretimi için yeterli kabul edilmiştir.



Şekil 5.9 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş zemin kat 2B mimari çizimi

Sonraki adımda LoD1 seviyesindeki 3B modelde ihtiyaç duyulan sayıda kat seviyesi oluşturulmuştur. LoD1 ayrıntı düzeyinde model yalnızca bina zemini, mimari çizim yüksekliği ve düz bir çatı ile temsil edildiği için 2 adet kat seviyesi tanımlamanın yeterli olacağı düşünülmüştür.

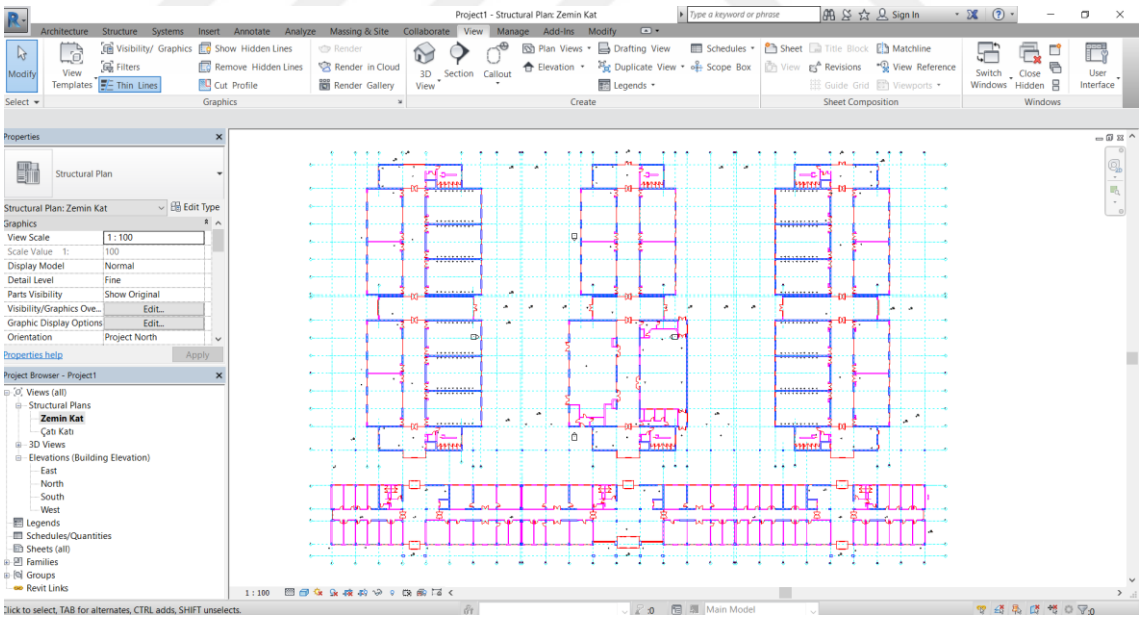
Zemin kat yüksekliği, 2B çizimdeki kot tabakasından okunarak, zemin kat seviyesi 0,00 m yüksekliğinde oluşturulmuştur. Çatı katı için de bir seviye

tanımlanıp; seviyesi 10,00 m girilmiştir. Bu değer çatı katı mimari çiziminin genelleştirilmesi sonrasında revize edilmiştir.



Şekil 5.10 Oluşturulan seviyeler ve kot bilgileri

Zemin kat ve çatı katı olmak üzere; 2 adet kat planı oluşturulduktan sonra her bir seviye için genelleştirilmiş 2B çizimler Autocad Revit 2017 yazılımına aktarılmıştır.



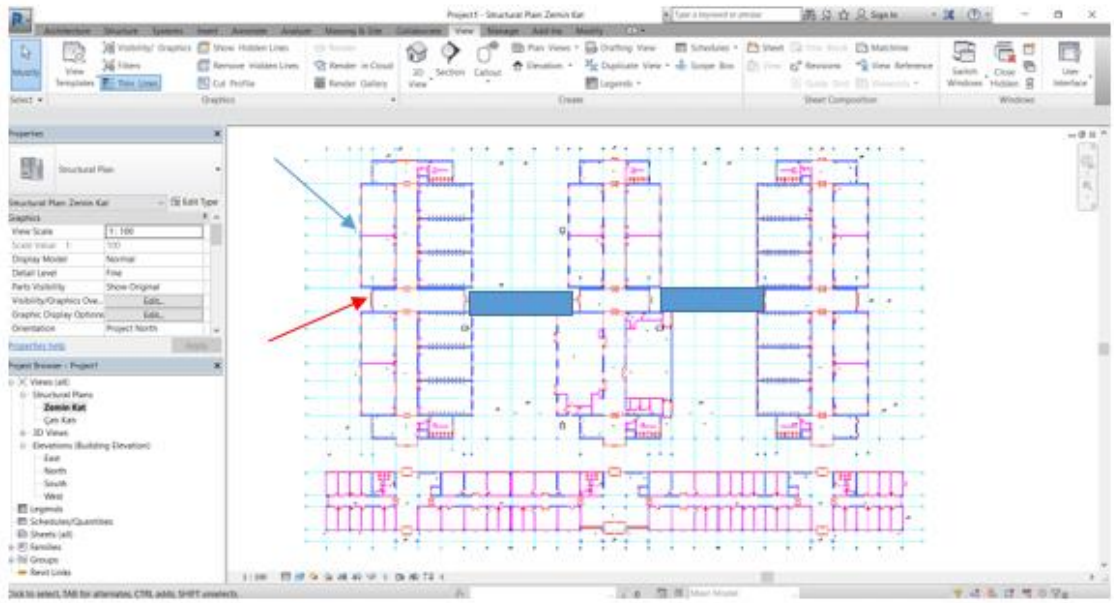
Şekil 5.11 Zemin kat 2B genelleştirilmiş mimari çizim Autodesk Revit 2017

Zemin kata ait çizim dosyasının, çağrılmasından sonraki ilk adım: açık mavi renk ile belirtilen gridlerin çizilmesi olmuştur. Gridler yani akslar çizim üzerindeki

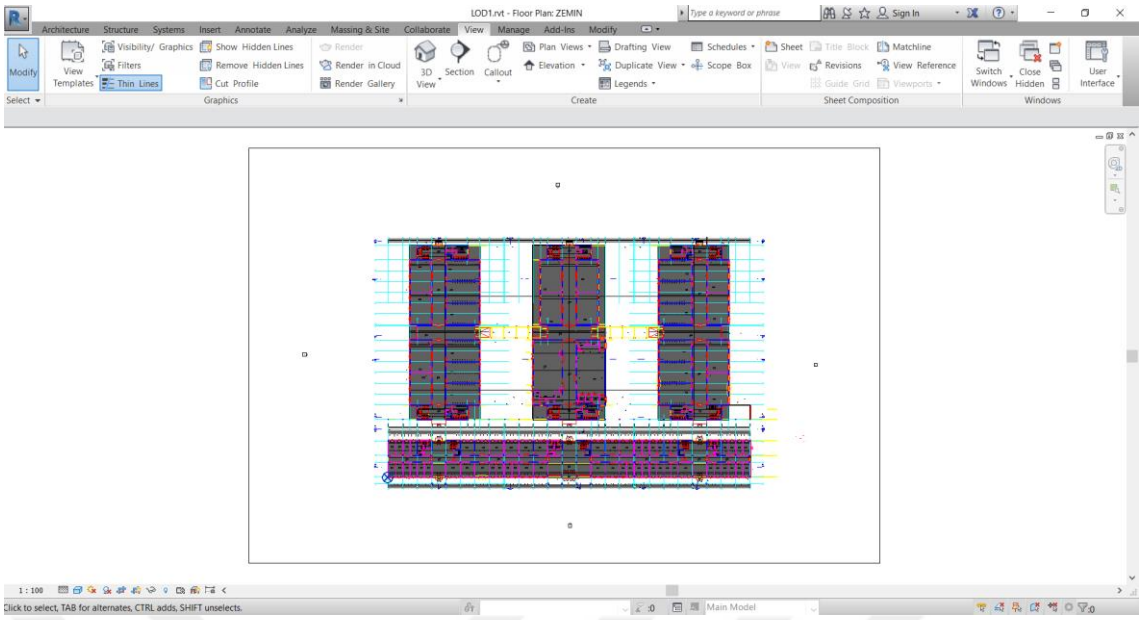
izler takip edilerek, teker teker yerleştirilmiştir. Çizilen bu akslar, modellenecek bölgenin tespit edilmesi noktasında yardımcı elemanlar olarak kullanılmıştır.

Referans gridleri yani akslar oluşturulduktan sonra 3B modellemeye geçilmiştir. Zemin katın ilk modellenen elemanı, taban döşemesi olmuştur. Bina taban döşemeleri modellenirken; bina sınırlarının basitleştirilmesi yaklaşımı ile dış cephede yer alan detaylar basitleştirilerek ortadan kaldırılmıştır. Bu işlem adımında, basitleştirme manuel olarak uygulanmıştır. Uzun olan dış kenarın, binayı daha iyi temsil ettiğine karar verildiği için uzun kenara ait doğrultu boyunca girinti ve çıkıntı detayları, basitleştirme yaklaşımı ile elimine edilmiştir. Şekil 5.12'de uzun kenar mavi ok ile kısa ve basitleştirilen kenar ise kırmızı ok ile belirtilmiştir.

Yine bu noktada, birbirlerine ara geçişler ile bağlı olan binalar birleştirilmiş, binalar arasındaki yatay geçiş koridorları ise binaların elenmesi yaklaşımı ile modelden elenmiştir. Modelden elenen binalar şekil 5.12'de mavi renkli kutucuklar ile belirtilmiştir.



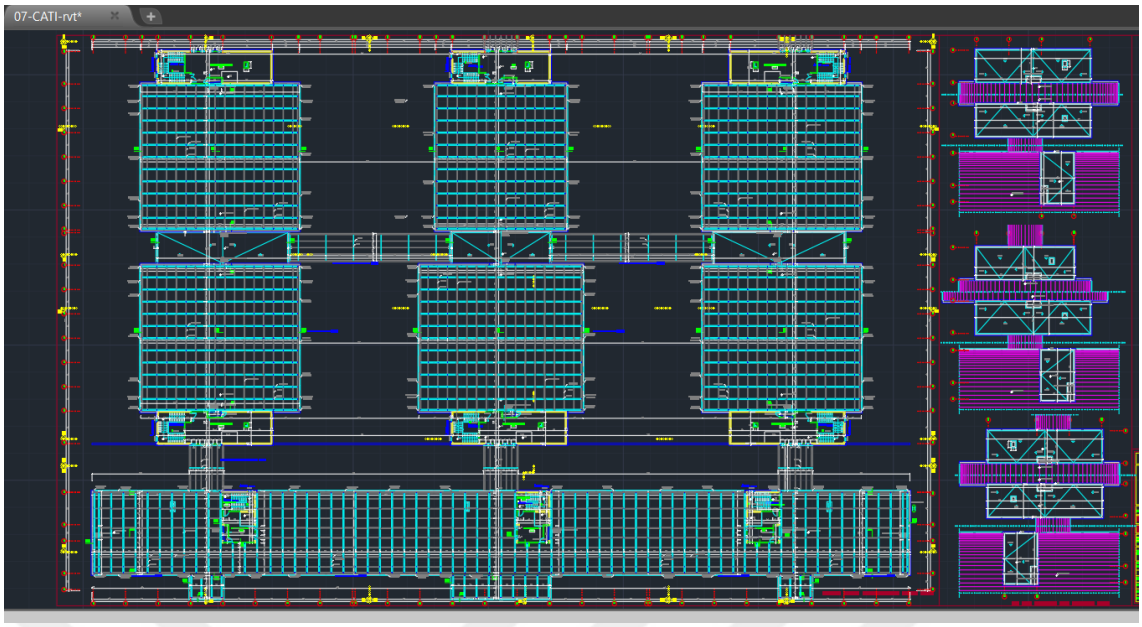
Şekil 5.12 Basitleştirmede kullanılan bina doğrultularının temsili gösterimi-zemin kat



Şekil 5.13 Bina sınırlarının basitleştirilmesi ile taban döşemesinin oluşturulması

Yapılacak uygulamadaki detaylandırma seviyesine göre döşeme tabakası özellikleri geliştirilerek, farklı modelleme elemanları oluşturulabilir. Oluşturulan her bir elemana yeni isim verilerek, boyut ve malzeme türü belirlenerek, ihtiyaç duyulan şekilde döşeme elemanı oluşturulur, her bir eleman obje kütüphanesini zenginleştirir.

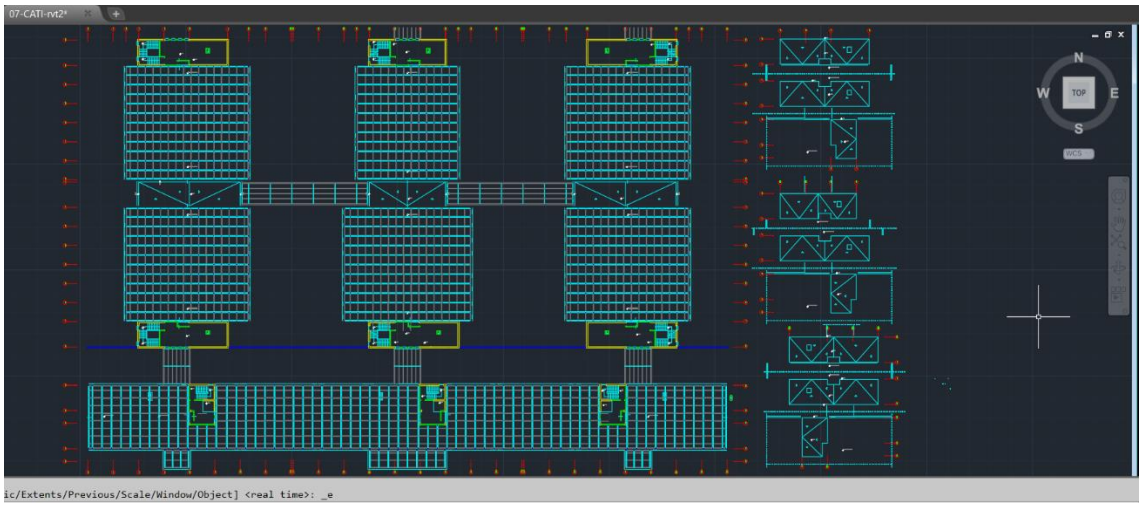
Bina sınırları, zemin kat genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak, döşeme çizilirken de bina basitleştirme yaklaşımı uygulanarak netleştirilmiştir. LoD1 ayrıntı düzeyinde, bina yüksekliklerini elde etmek adına çatı katına ait 2B mimari çizimler kullanılmıştır.



Şekil 5.14 Çatı katı 2B mimari çizimi

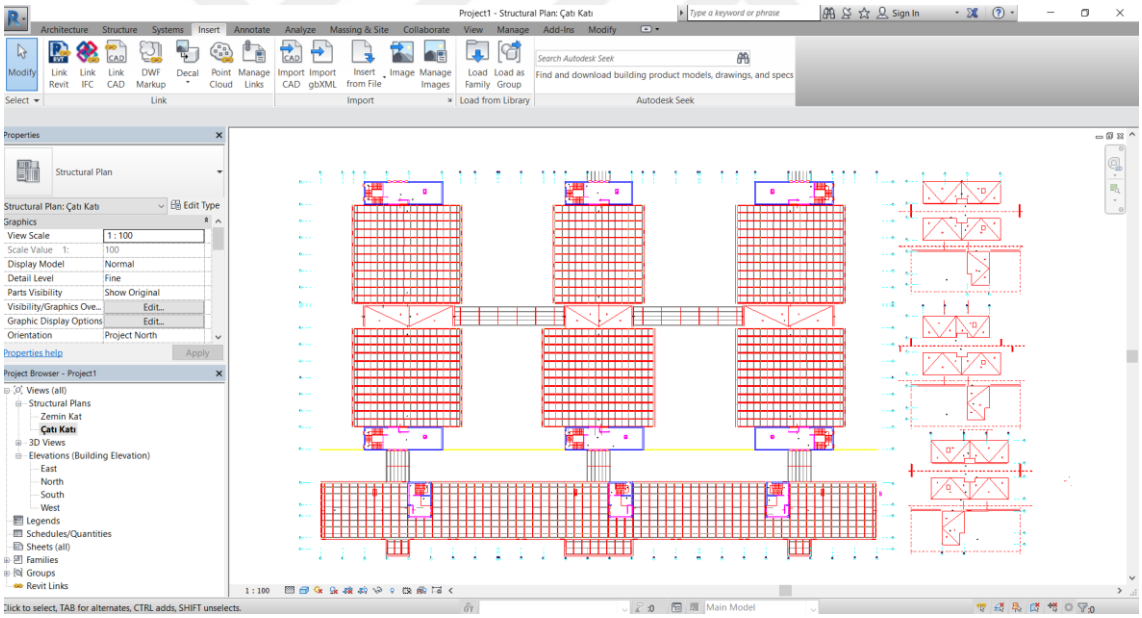
Çizim elemanları tabakalandırılırken semantik seçme ve semantik gruplandırma yaklaşımları ortaya konmuştur. Manuel olarak seçilen çizim elemanları semantik seçme ve gruplandırma yaklaşımları ile sınıflandırıldıktan sonra modellemede kullanılacak çizim elemanlarının görselde kalması sağlanmıştır. Böylece Revit 2017 yazılımında kullanılacak doküman, 2B mimari çizim elemanlarının genelleştirilmesi ile 3B modellemede altlık olarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Açık bırakılan tabakalardan: Aks-Grid modellenecek bölgenin tespiti adına yardımcı olması için kullanılmıştır. Kot tabakası ise modellenecek kat ve detayları hakkında yükseklik bilgilerini temin edebilmek adına açık bırakılmıştır. Beton, Bina Duvarı, Görünüş tabakaları ise Çatı Sınırı adı altında semantik olarak gruplandırılarak tek tabakaya indirgenmiştir. 2B genelleştirilme yaklaşımları ile genelleştirilen çizim dosyasında 3B modellemeye esas 3 tabaka bırakılmıştır. Aks-grid, kot ve çatı sınırı içerikleri, LoD1 3B modelinin üretimi için yeterli kabul edilmiştir.



Şekil 5.15 Aks-Grid-Kot-Çatı Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş çatı katı 2B mimari çizimi

Çatı katı için oluşturulan 2B genelleştirilmiş mimari çizimi, zemin katta uygulanan adımlar izlenerek Autodesk Revit 2017 yazılımına aktarılmıştır.



Şekil 5.16 Çatı katı 2B genelleştirilmiş mimari çizim Autodesk Revit 2017

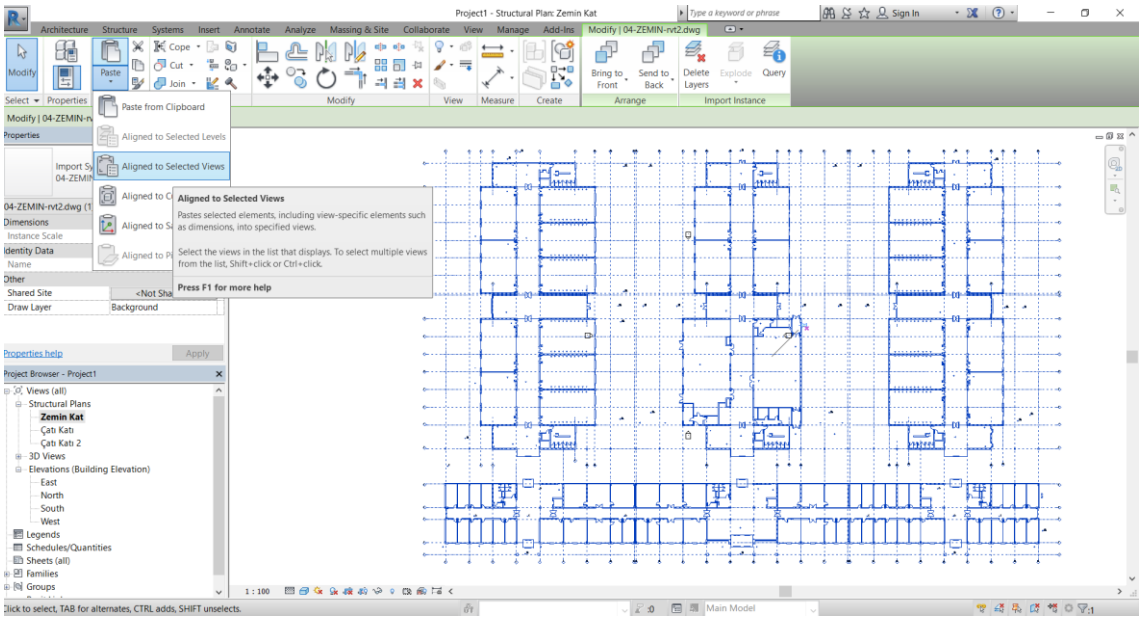
Çatı katına ait çizim dosyasının çağrılmasından sonraki ilk adım: uygulama başında belirlenen kat seviyelerini kontrol etmek olmuştur. Yapılan kontrolde, A,B,C blok binasının çatı yüksekliği ile D,E,F blok binalarının çatı yüksekliğinin farklı olduğu tespit edilmiştir. Bu sebeple, zemin kat ve çatı katına ek olarak; çatı katı_2 adında farklı bir kat seviyesi daha tanımlanmıştır. Çatı katı, A, B, C blok

binasının çatısını temsil eden seviye olup; çatı katı_2 ise diğer binalar için tanımlanan kat seviyesi olmuştur.



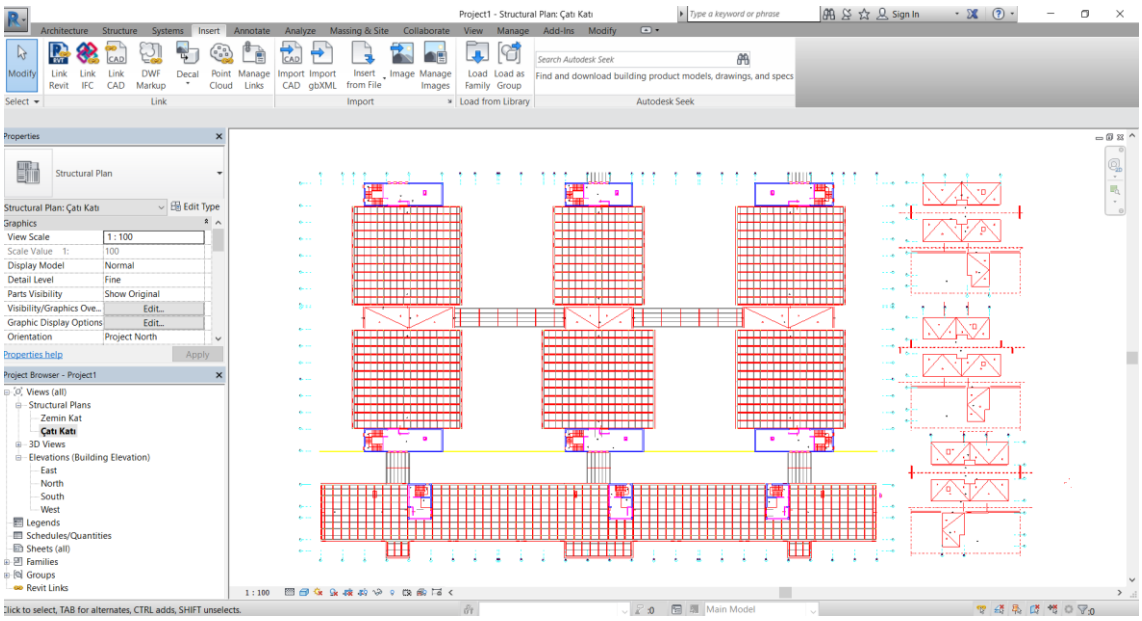
Şekil 5.17 Çatı katı mimar çizimine göre revize edilen kat seviyeleri

Uygulama başında çatı katı için girilmiş olan 10,00 m kot bilgisi, 10,40 m olarak revize edilmiştir. Çatı katı 2 kat seviyesi için de 11,45 m kot bilgisi girilmiştir. Seviyeler belirlendikten sonra, zemin kat için çizilen akslar seçilerek çatı katı ve çatı katı 2 'ye kopyalanmıştır. Referans çizim noktalarının her katta aynı olmasının LoD1 modeli üretim aşamasında sorun yaratmayacağı düşünülmüştür. Bu yaklaşım genelleştirmede fraktallaştırma yaklaşımı ile örtüştürülmüştür.



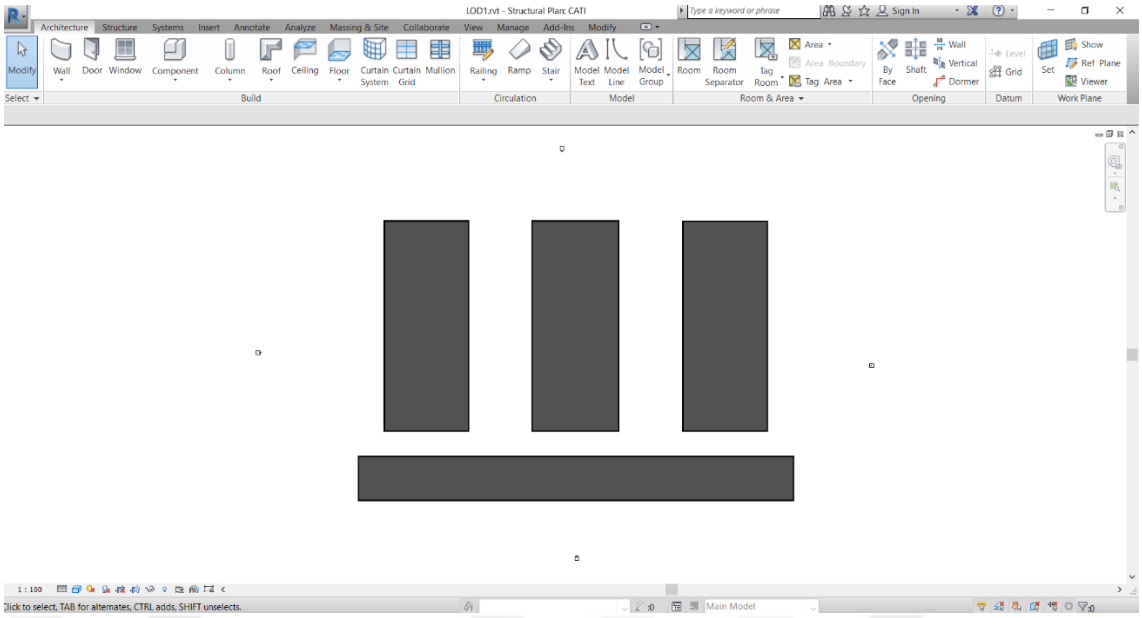
Şekil 5.18 Zemin kat planından aksların kopyalanması

Akslar diğer 2 kat planında da fraktallaştırıldıktan sonra ilk olarak çatı katı seviyesi ele alınmıştır. Çatı katları modellenirken; bina sınırlarının basitleştirilmesi yaklaşımı ile çatı cephesinde yer alan detaylar basitleştirilerek ortadan kaldırılmıştır. Bu işlem adımında basitleştirme manuel olarak uygulanmıştır. Uzun olan dış kenarın, çatıyı daha iyi temsil ettiğine karar verildiği için uzun kenara ait doğrultu boyunca girinti ve çıkıntı detayları basitleştirme yaklaşımı ile elimine edilmiştir.



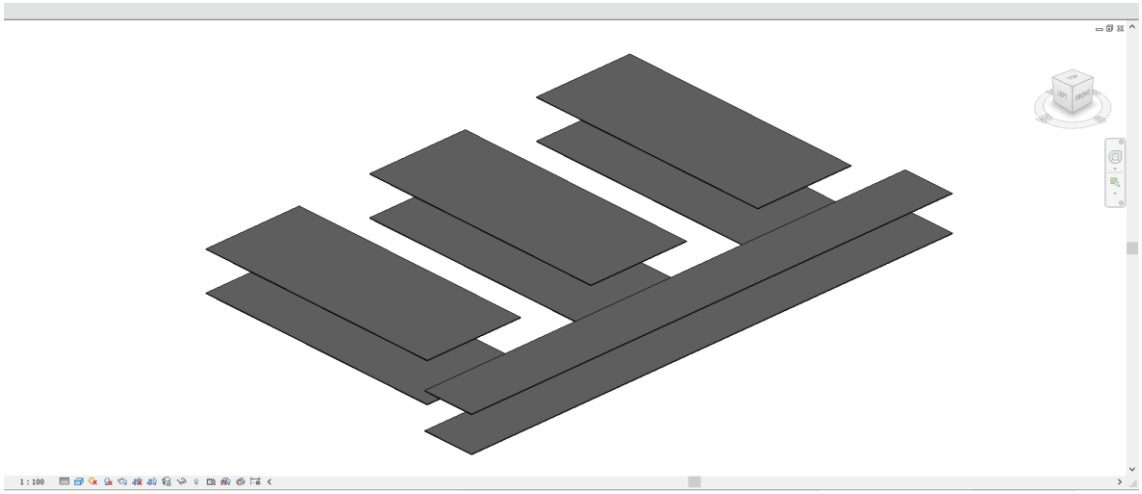
Şekil 5.19 Basitleştirilmede kullanılan çatı doğrultularının temsili gösterimi – Çatı Katı, Çatı Katı_2

Çatı sınırları, binalar basitleştirildikten sonra dikdörtgene dönüştüğü için dikdörtgenin uzun kenarı boyunca olan doğrultusu, orijinal binanın en uzun kenarının doğrultusu ve alanı dikkate alınarak belirlenmiştir. Çatı döşemelerinin modellenmesi buna göre sağlanmıştır.



Şekil 5.20 Genelleştirme uygulanmış kat planlarına göre modellenmiş çatı döşemesi

Döşeme modellenirken, D, E, F blok binaları için seviye çatı katı_2 seçilirken, A, B, C blok binası için ise seviye, çatı katı olarak seçilmiştir. Bu noktada hata yapılması çatının gerçek yüksekliğinde olmamasına sebep olacağından modelleme süresince sürekli kontrol yapılmıştır. Zemin kat, çatı katı ve çatı katı_2 için tamamlanan döşemeler neticesinde 3B görselleştirme yapılmıştır.



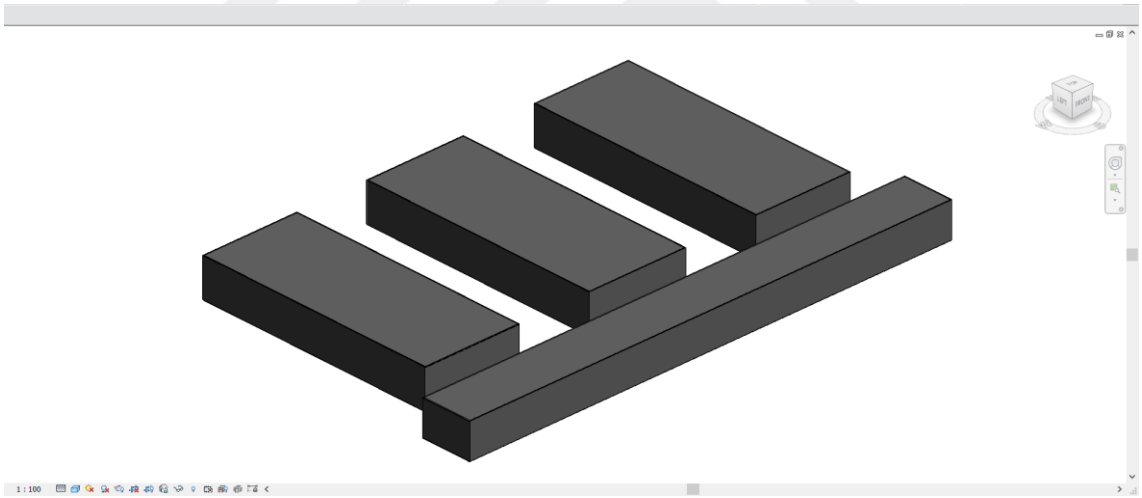
Şekil 5.21 Genelleştirme uygulanmış kat planlarına göre modellenmiş döşemeler

Zemin kat ile çatı katları modellenmiş binaların LoD1 detay seviyelerinde temsili için son adım olarak, dış cephe duvarları modellenmiştir. Perde duvarlar, çatı

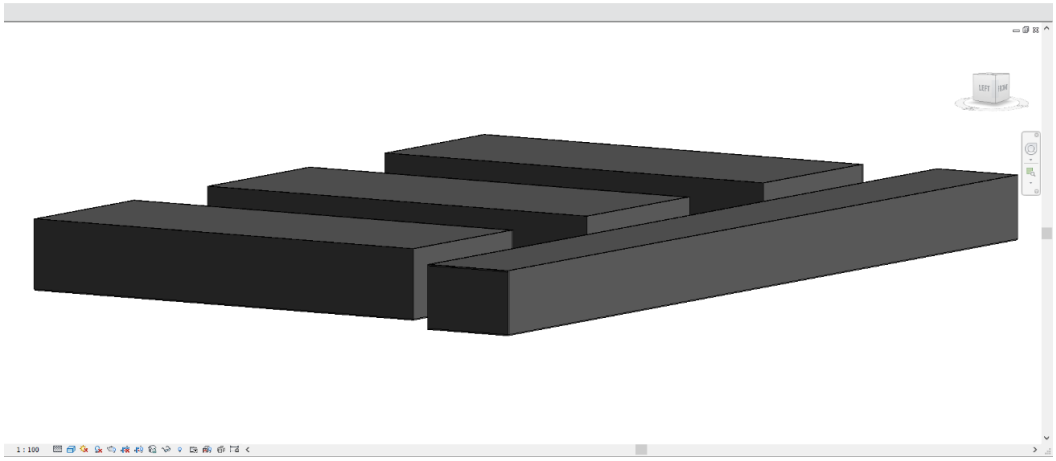
katından zemin kata derinlik verisi girilerek modellenebileceği gibi zemin kattan da çatı katına yükseklik verisi girilerek modellenebilmektedir. Bu uygulamada zemin kattan çatı katına modelleme yöntemi seçilmiştir.

Yapılacak uygulamadaki detaylandırma seviyesine göre duvar tabakası özellikleri geliştirilerek, farklı modelleme elemanları oluşturulabilir. Oluşturulan her bir elemana yeni isim verilerek, boyut ve malzeme türü belirlenerek, ihtiyaç duyulan şekilde döşeme elemanı oluşturulur, her bir eleman obje kütüphanesini zenginleştirir.

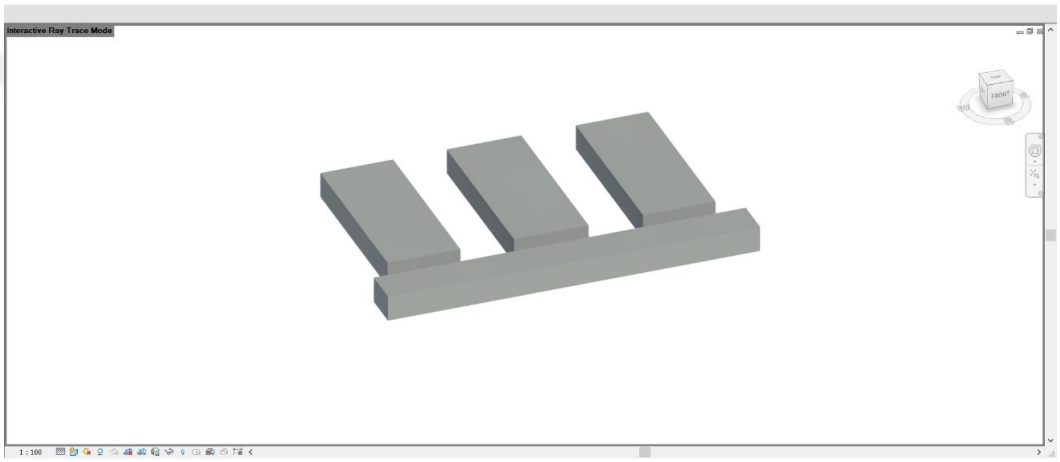
Perde duvarların modellenmesinde zemin kat 2B çiziminde yer alan bina içindeki bağımsız birimlere ait diğer duvarlar, eleme yöntemiyle genelleştirilmiştir. LoD1 seviyesindeki bir modelde bina iç detaylarının gösterimi yapılmadığından tüm diğer duvarlar bu aşamada modelden elenmiştir. Perde duvarların da modelinin bitirilmesiyle birlikte LoD1 ayrıntı düzeyinde, genelleştirilmiş 3B bina modelimiz ortaya çıkmıştır.



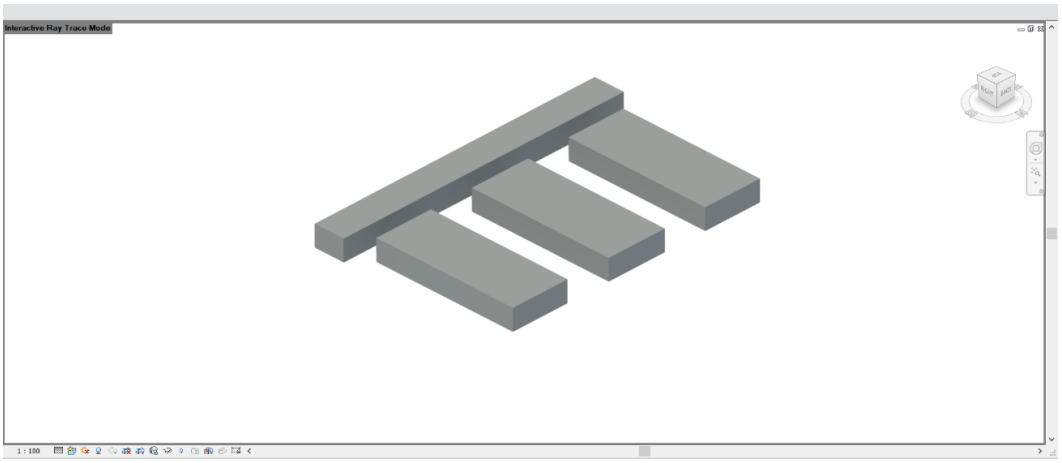
Şekil 5.22 LoD1 ayrıntı düzeyindeki 3B inşaat fakülte binaları



Şekil 5.23 LoD1 seviyesinde farklı yükseklikteki binaların 3B modelleri



Şekil 5.24 LoD1 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak önden görüntülenme sonucu



Şekil 5.25 LoD1 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak arkadan görüntülenme sonucu

2B mimari CAD çizimlerinin genelleştirilmesiyle başlayan süreç, genelleştirilen 2B mimari çizimler üzerinden modelleme yapılırken de, bina sınırlarının manuel olarak basitleştirilmesi ile devam etmiştir. Yine uygulama sırasında seçme/eleme ve fraktallaştırma yaklaşımları ile de bazı adımlarda genelleştirme yapılmıştır. Tüm bu işlemler ile elde edilen sonuç ürün LoD1 detay düzeyindeki 3B model de aslında genelleştirilmiş bir 3B bina temsilini oluşturmuştur. Sonuç ürün olan, LoD1 modelinin Revit 2017 dosya boyutu 17,996 kb tır.

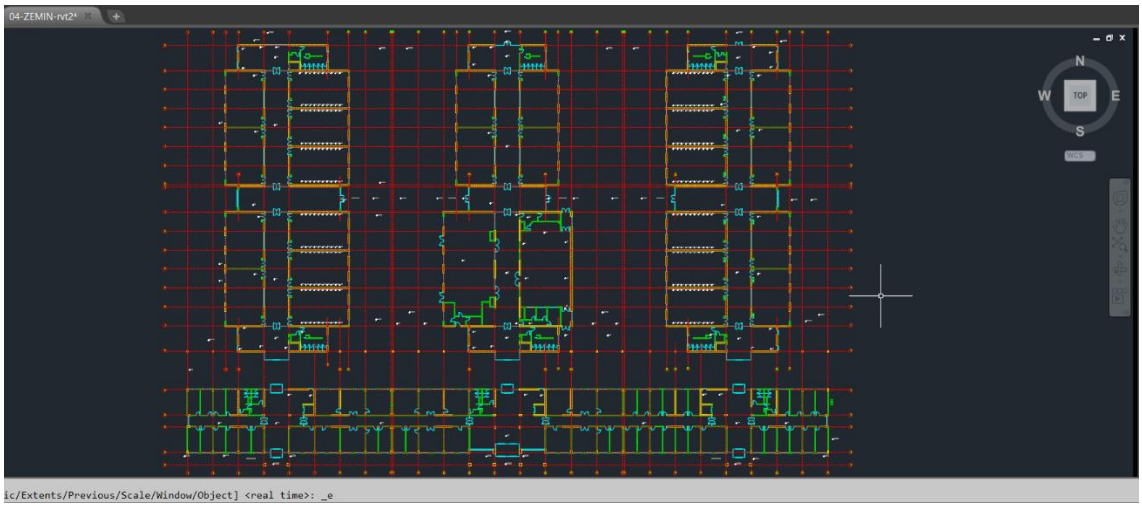
5.1.3 LoD2 Modelinin Üretilmesi

LoD1 seviyesinde elde edilen 3B genelleştirilmiş modellere çatı tipi ile ve bina dış cephesinde yer alan girinti çıkıntıların da eklenmesi ile elde edilmiştir. Bu ayrıntı düzeyinde temsil edilen binalar, LoD1 seviyesinde olduğu gibi artık dikdörtgenler prizması şeklinde değil; dış cephe ayrıntıları da dikkate alınarak temsil edilmiştir. Tüm katlar 2B mimari çizimleri baz alınarak ayrı ayrı modellenmiştir. Model çatı elemanı eklenerek, LoD1 ayrıntı düzeyindeki modele göre daha zengin hale getirilmiştir.

LoD2 modelinin üretilmesi uygulamasında 3B modelleme, LoD1 modelinin üretiminde de olduğu gibi 2B mimari çizimler esas alınarak başlamıştır. LoD2 modelinde kullanılacak mimari çizimler: zemin kat ve çatı katı olarak belirlenmiştir. İlk olarak zemin kat mimari çizimi Autocad 2017 de açılarak tüm çizim elemanları sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma işlemi uygulamanın diğer bölümlerinde de olduğu gibi tabakalandırma ile sağlanmıştır. LoD1 uygulamasında sınıflandırılmış olan 2B zemin kat çizimi bu uygulamada da kullanılmıştır.

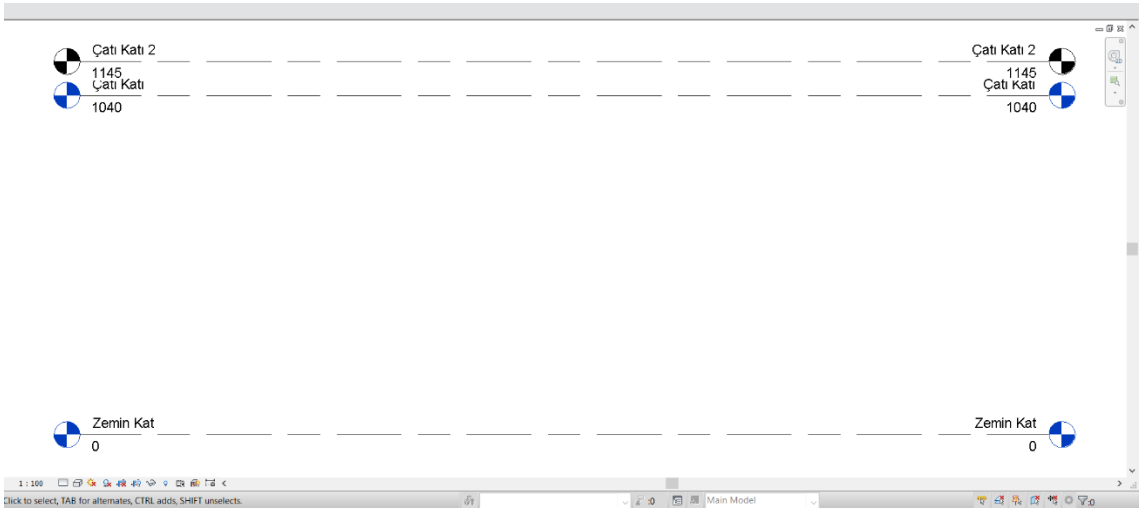
Çizim elemanları tabakalandırılırken semantik seçme ve semantik gruplandırma yaklaşımları ortaya konmuştur. Manuel olarak seçilen çizim elemanları semantik seçme ve gruplandırma yaklaşımları ile sınıflandırıldıktan sonra sadece modellemede kullanılacak çizim elemanlarının görselde kalması sağlanmıştır. Böylece, Revit 2017 yazılımında kullanılacak doküman, 2B mimari çizim elemanlarının genelleştirilmesi ile 3B modellemede altlık olarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Açık bırakılan tabakalardan: Aks-Grid modellenecek bölgenin tespiti adına yardımcı olması için kullanılmıştır. Kot tabakası ise modellenecek kat ve detayları hakkında yükseklik bilgilerini temin edebilmek adına açık bırakılmıştır. Beton, Bina Duvarı, Cam Doğrama tabakaları ise Bina Sınırı adı altında semantik olarak gruplandırılarak tek tabakaya indirgenmiştir. 2B genelleştirilme yaklaşımları ile genelleştirilen çizim dosyasında, 3B modellemeye esas 3 tabaka bırakılmıştır. Aks-grid, kot ve bina sınırı içerikleri LoD2 3B modelinin üretimi için yeterli kabul edilmiştir. Uygulamada, 2B genelleştirilmiş çizimden üretilen 3B modelin de genelleştirilmiş bir 3B model olacağı ortaya konmuştur.



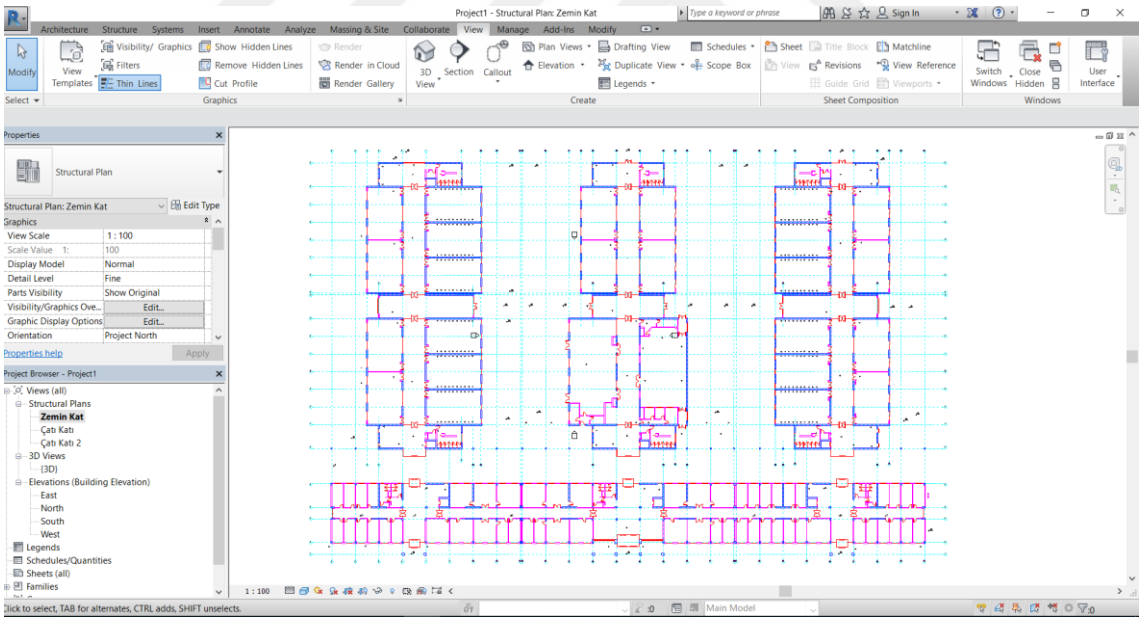
Şekil 5.26 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş zemin kat 2B mimari çizimi

İlk adımda, LoD1 modelinin üretiminde kullanılan 2B genelleştirilmiş çizim kullanılmıştır. Çizim üzerinde, LoD2 seviyesindeki 3B modelde ihtiyaç duyulan sayıda "Kat Seviyesi" oluşturulmuştur. LoD2 ayrıntı düzeyinde model, zemin kat ve çatı katı ile temsil edildiği için 2 adet "Kat Seviyesi" tanımlamanın yeterli olacağı düşünülmüştür. Zemin kat yüksekliği, kot tabakasından okunarak, zemin kat seviyesi 0,00 m yüksekliğinde oluşturulmuştur. Çatı katı için de 2 farklı "Kat Seviyesi" tanımlanıp; kot bilgileri girilmiştir. Çatı katı için 2 farklı "Kat Seviyesi" belirlenmesinin sebebi; binaların çatı yüksekliklerinin aynı olmamasından ileri gelmiştir.



Şekil 5.27 Oluşturulan 3 kat seviyesinin görüntülenmesi

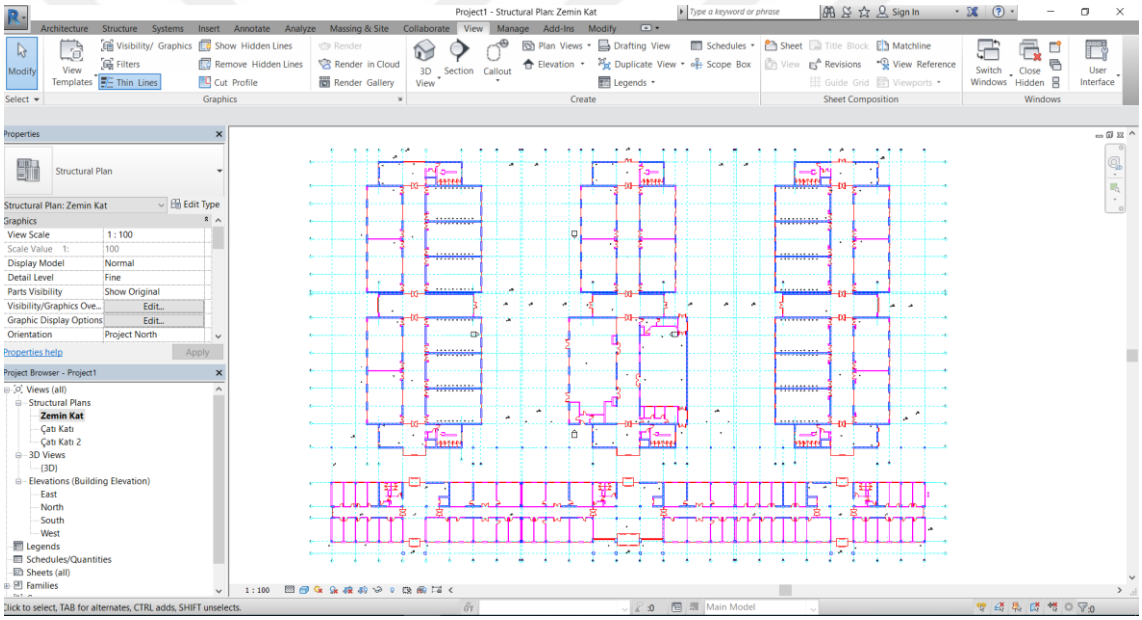
Belirlenen kat seviyelerine paralel olarak, 3 adet kat planı oluşturulduktan sonra her bir seviye için genelleştirilmiş 2B çizimler Autocad Revit 2017 yazılımına aktarılmıştır. 3B modelleme işlemine, zemin kattan başlanacağı için ilk olarak zemin kat planı ele alınmıştır.



Şekil 5.28 Zemin kat 2B genelleştirilmiş mimari çizim Autodesk Revit 2017

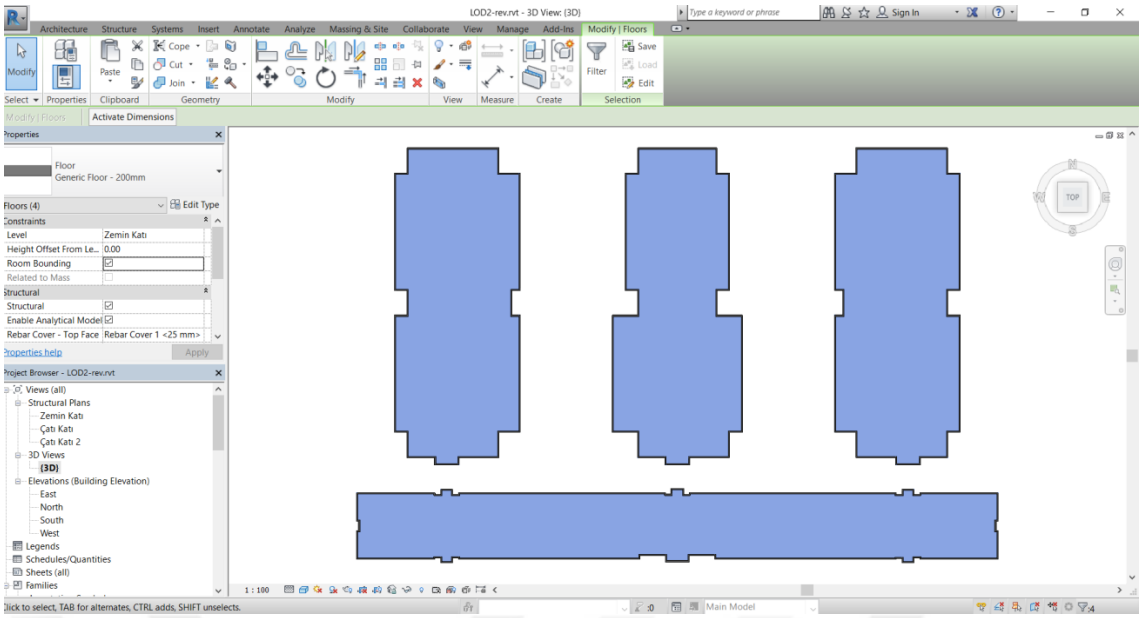
Zemin kata ait çizim dosyasının çağrılmasından sonraki ilk adım: açık mavi renk ile belirtilen gridlerin çizilmesi olmuştur. Akslar çizim üzerindeki izler takip edilerek yerleştirilmiştir. Çizilen bu akslar, modellenecek bölgenin tespit edilmesi noktasında yardımcı elemanlar olarak kullanılmıştır.

Referans gridleri yani akslar oluşturulduktan sonra 3B modellemeye geçilmiştir. Zemin katın ilk modellenen elemanı, zemin kat döşeme yapısı olmuştur. Döşeme elemanı modellenirken bu ayrıntı düzeyinde bina sınırlarının basitleştirilmesi yaklaşımı uygulanmamıştır. LoD1 ayrıntı düzeyinde uygulanıp bu seviyede uygulanmamasının sebebi: binaların LoD2 ayrıntı düzeyinde dış cephe ayrıntılarıyla temsil edilme gerekliliği olmuştur. Bu işlem adımında ara geçişler ile birbirine bağlı binalar; bina birleştirme yaklaşımı ile birleştirilerek manuel genelleştirilmiştir. Orijinal çizimdeki bina şekillerinin bozulmamasına ve toplam bina alanlarının değişmemesine dikkat edilerek binalar birleştirilmiştir. Döşeme elemanı tüm bu yaklaşımlara uygun olacak şekilde her bir bina için tek parça halinde modellenmiştir.



Şekil 5.29 İnşaat fakültesi binalarının birleştirilmesi

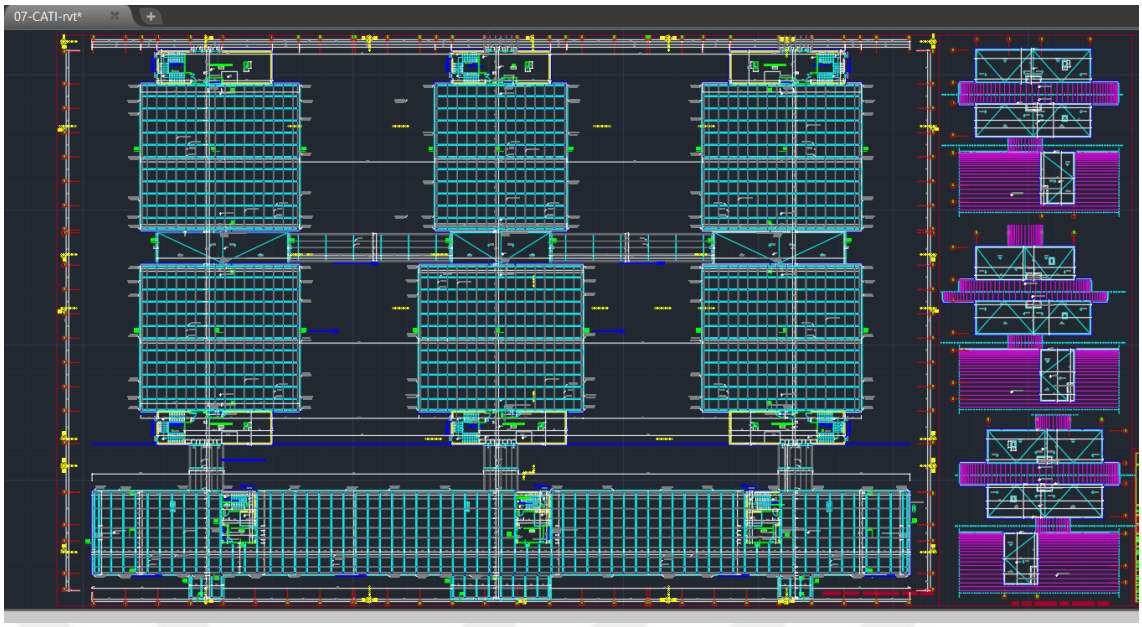
Kırmızı çerçeve ile belirtilen sınırlan içerisinde, birbirine ara geçiş elemanları ile bağlı olan 6 adet bina bulunmasına rağmen LoD2 ayrıntı düzeyinde, döşeme elemanının modelleme işlemi yapılırken binalar birleştirilerek; bina sayısı 3 e indirgenmiştir. Yaklaşım döşeme elemanı sınırları çizilirken manuel olarak ortaya konmuştur.



Şekil 5.30 Binaların birleştirilmesi ile taban döşemesinin oluşturulması

Yapılacak uygulamadaki detaylandırma seviyesine göre döşeme tabakası özellikleri geliştirilerek, farklı modelleme elemanları oluşturulabilir. Oluşturulan her bir elemana yeni isim verilerek, boyut ve malzeme türü belirlenerek, ihtiyaç duyulan şekilde döşeme elemanı oluşturulur, her bir eleman obje kütüphanesini zenginleştirir. Bu şekilde zemin kata ait LoD2 seviyesinde genelleştirilmiş bir taban döşemesi ortaya çıkmıştır.

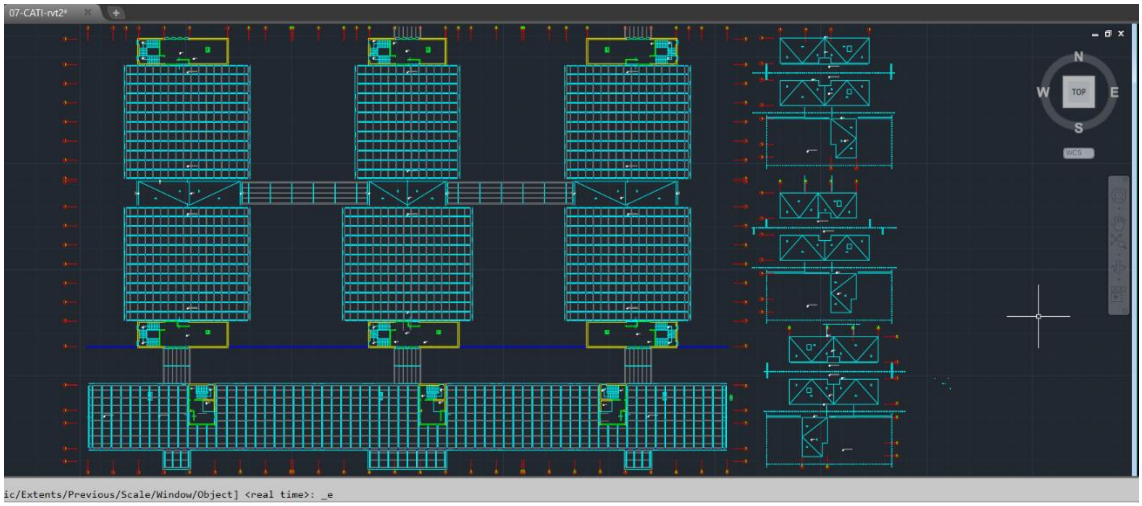
Bina sınırları, zemin kat genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak, döşeme çizilirken de bina birleştirme yaklaşımı uygulanarak netleştirilmiştir. Sonraki adımda, LoD2 ayrıntı düzeyinde, bina yüksekliklerini elde etmek adına çatı katına ait 2B mimari çizimler kullanılmıştır.



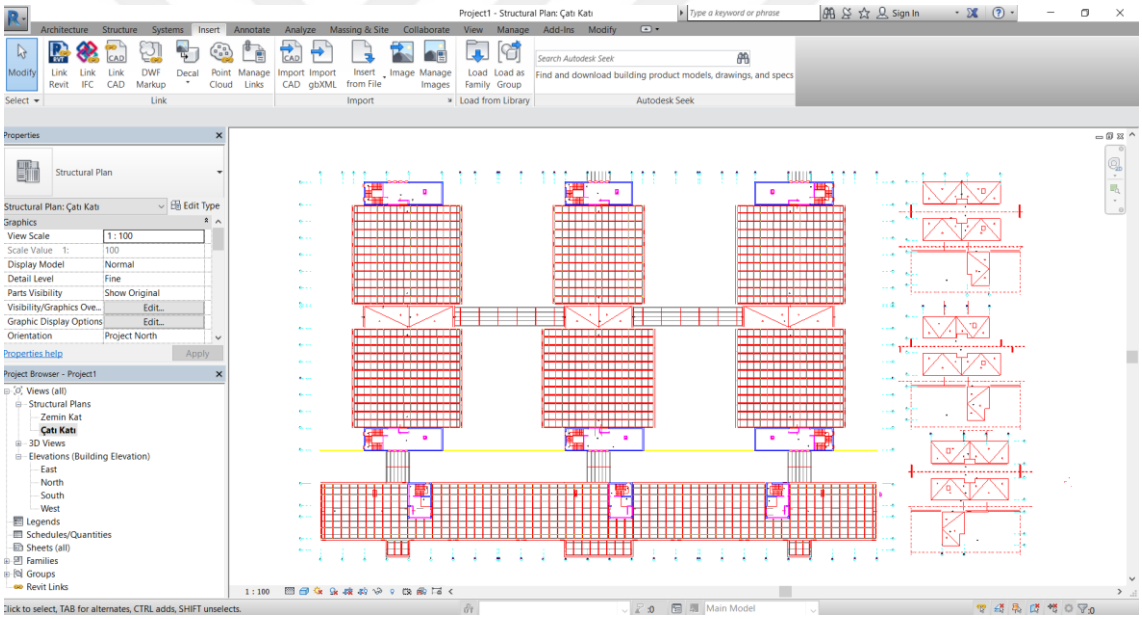
Şekil 5.31 2B çatı katı mimari çizimi

Çizim elemanları tabakalandırılırken, zemin kat çiziminde de uygulandığı gibi semantik seçme ve semantik gruplandırma yaklaşımları ortaya konmuştur. Manuel olarak seçilen çizim elemanları semantik seçme ve gruplandırma yaklaşımları ile sınıflandırıldıktan sonra modellemede kullanılacak çizim elemanlarının görselde kalması sağlanmıştır. Böylece Revit 2017 yazılımında kullanılacak doküman, 2B mimari çizim elemanlarının genelleştirilmesi ile 3B modellemede altlık olarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Açık bırakılan tabakalardan: “Aks-Grid” modellenecek bölgenin tespiti adına yardımcı olması için kullanılmıştır. “Kot” tabakası ise modellenecek kat ve detayları hakkında yükseklik bilgilerini temin edebilmek adına açık bırakılmıştır. “Beton”, “Bina Duvarı”, “Görünüş” tabakaları ise “Çatı Sınırı” adı altında semantik olarak gruplandırılarak tek tabakaya indirgenmiştir. 2B genelleştirilme yaklaşımları ile genelleştirilen çizim dosyasında 3B modellemeye esas 3 tabaka bırakılmıştır. “Aks-grid”, “Kot” ve “Çatı Sınırı” içerikleri, LoD2 seviyesinde 3B modelin üretimi için yeterli kabul edilmiştir. Uygulamada, 2B çizimin genelleştirilmiş çiziminden üretilen 3B modelin de genelleştirilmiş bir 3B model olacağı ortaya konmuştur.



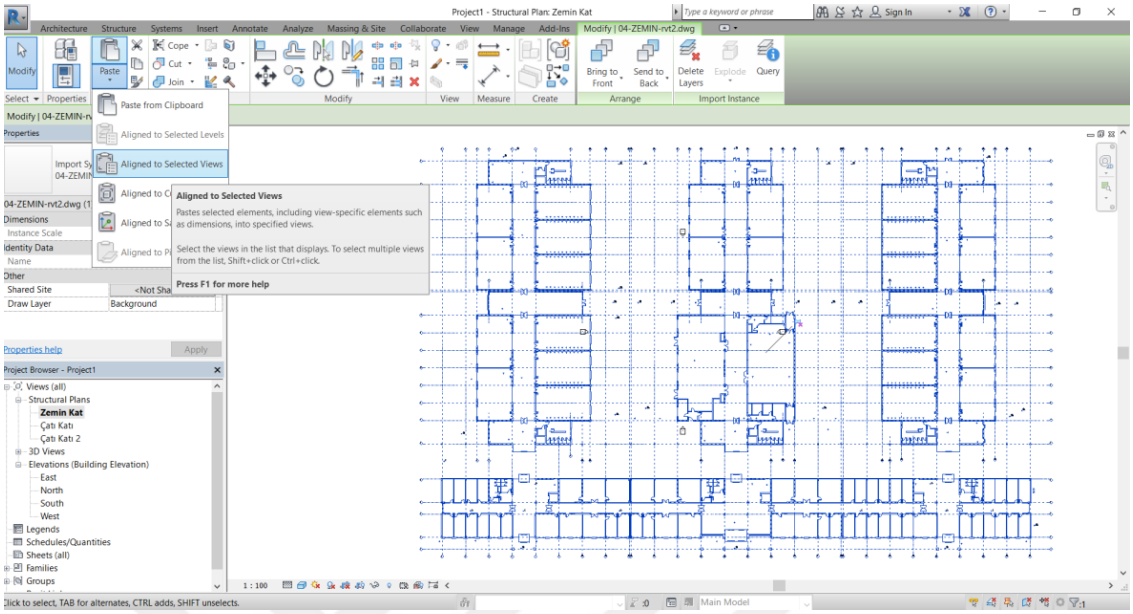
Şekil 5.32 Aks-Grid-Kot-Çatı Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş çatı katı 2B mimari çizimi



Şekil 5.33 Çatı katı 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017

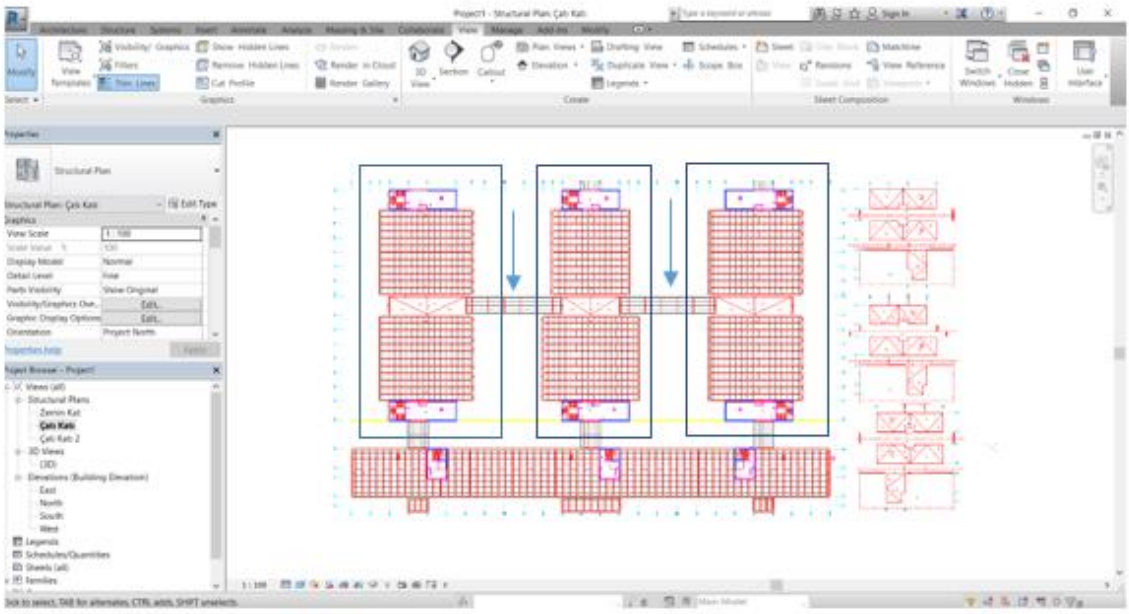
Çatı katı için oluşturulan 2B genelleştirilmiş mimari çizimi, diğer kat seviyelerindeki adımlar izlenerek Autodesk Revit 2017 yazılımına aktarılmıştır. Çatı katına ait çizim dosyasının çağrılmasından sonraki ilk adım: uygulama başında belirlenen kat seviyelerini kontrol etmek olmuştur. Kat seviyelerinin doğruluğundan emin olunduktan sonra, zemin kat planında oluşturulan akslar fraktallaştırılarak, çatı katı ile çatı katı 2 seviyelerine aktarılmıştır. Referans

çizim noktalarının her katta aynı olmasının LoD2 modeli üretim aşamasında sorun yaratmayacağı düşünülmüştür.



Şekil 5.34 Zemin kat planındaki aksların fraktallaştırılması

Akslar diğer 2 kat planında da fraktallaştırıldıktan sonra ilk olarak çatı katı seviyesi ele alınmıştır. Çatı katları modellenirken; binaların birleştirilmesi yaklaşımı ile çatı cephesinde yer alan detaylar birleştirilerek çatı sayısı, döşeme elemanın modellenmesinde olduğu gibi manuel azaltılmıştır. Birleştirilen çatı elemanları şekil… mavi sınırlar içerisinde belirtilmiştir.

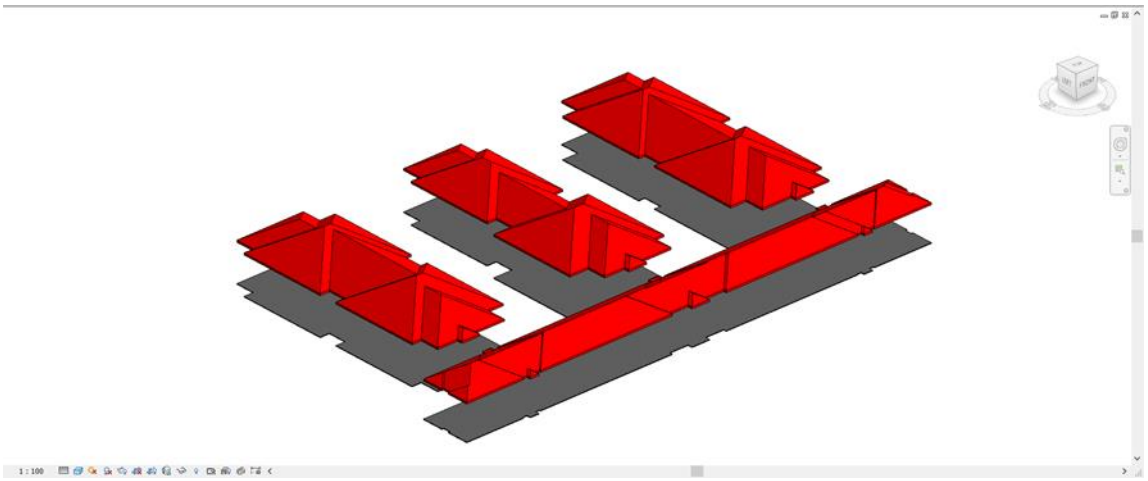


Şekil 5.35 Çatıların birleştirilmesi ve basitleştirilmesi temsili gösterimi – Çatı Katı, Çatı Katı_2

Çatı modeli kullanıcı tarafından daha iyi fark edilmesi adına, mimari çizimlerde yer alan eğime göre daha yüksek eğimle oluşturulmuştur. Genelleştirmede abartma yaklaşımı, LoD2 ayrıntı düzeyinde çatı modeli oluşturulurken bu şekilde uygulanmıştır. Binalar arasında yer alan geçiş koridorlarının çatıları bina sınırlarının basitleştirilmesi işlemi ile elimine edilerek modellemede dikkate alınmamıştır. Görsel basitleştirme modelden elenen geçiş koridorlarının çatıları mavi ok ile belirtilmiştir.

Yapılacak uygulamadaki detaylandırma seviyesine göre çatı elemanı özellikleri geliştirilerek, farklı modelleme elemanları oluşturulabilir. Oluşturulan her bir elemana yeni isim verilerek, boyut ve malzeme türü belirlenerek, ihtiyaç duyulan şekilde döşeme elemanı oluşturulur, her bir eleman obje kütüphanesini zenginleştirir.

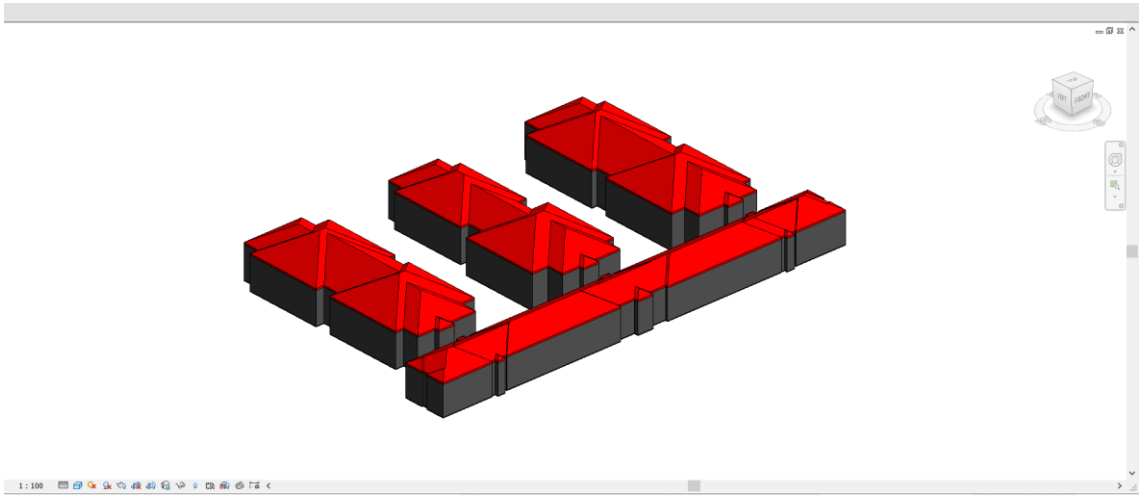
Çatı modellerinin oluşturulması ile; 2 farklı seviyede tanımlanmış olan çatı katına ait LoD2 seviyesinde genelleştirilmiş bir 3B model ortaya çıkmıştır. Bu ayrıntı düzeyinde çatılar abartma tekniği ile gerçek durumundan farklı bir gösterimle oluşturulmuştur.



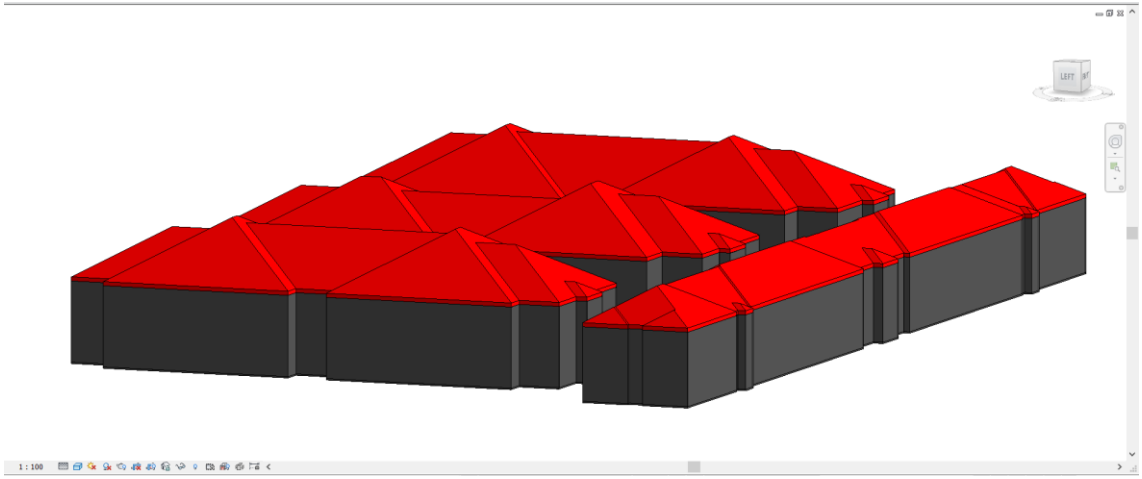
Şekil 5.36 Genelleştirme teknikleri uygulanarak modellemesi yapılan çatı ve taban döşemeleri

Zemin kat ile çatı katları modellenmiş binaların LoD2 detay seviylerinde temsili için son adım olarak, dış cephe duvarları modellenmiştir. Perde duvarlar, çatı katından zemin kata derinlik verisi girilerek modellenebileceği gibi zemin kattan da çatı katına yükseklik verisi girilerek modellenebilmektedir. Bu uygulamada, LoD1 uygulamasında kullanılmayan, çatı katından zemin katına modelleme yöntemi seçilmiştir. Çatı katında 2 farklı kat seviyesi yer aldığından, modelleme yapılırken 2 farklı seviyeden zemin kata derinlik verilerek çalışılmıştır. Yapılacak uygulamadaki detaylandırma seviyesine göre duvar tabakası özellikleri geliştirilerek, farklı modelleme elemanları oluşturulabilir. Oluşturulan her bir elemana yeni isim verilerek, boyut ve malzeme türü belirlenerek, ihtiyaç duyulan şekilde döşeme elemanı oluşturulur, her bir eleman obje kütüphanesini zenginleştirir.

Perde duvarların modellenmesinde zemin kat ve çatı katında 2B çizimlerinde yer alan bina içindeki bağımsız birimlere ait diğer duvarlar, eleme yöntemiyle genelleştirilmiştir. LoD2 seviyesindeki bir modelde bina iç detaylarının gösterimi yapılmadığından tüm diğer duvarlar bu aşamada modelden elenmiştir. Perde duvarların da modelinin bitirilmesiyle birlikte LoD2 ayrıntı düzeyinde, genelleştirilmiş 3B bina modelimiz ortaya çıkmıştır.

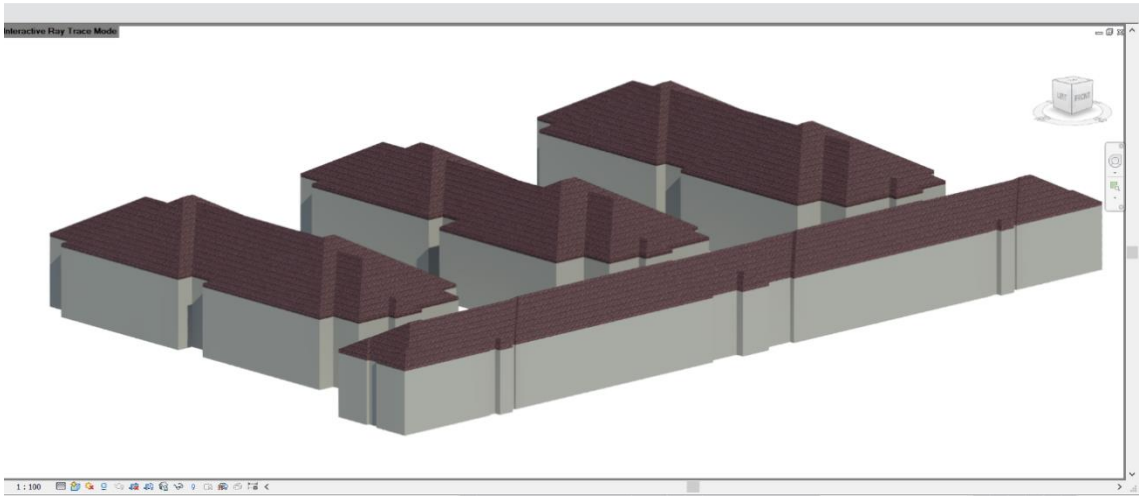


Şekil 5.37 LoD2 ayrıntı düzeyindeki 3B fakülte binaları

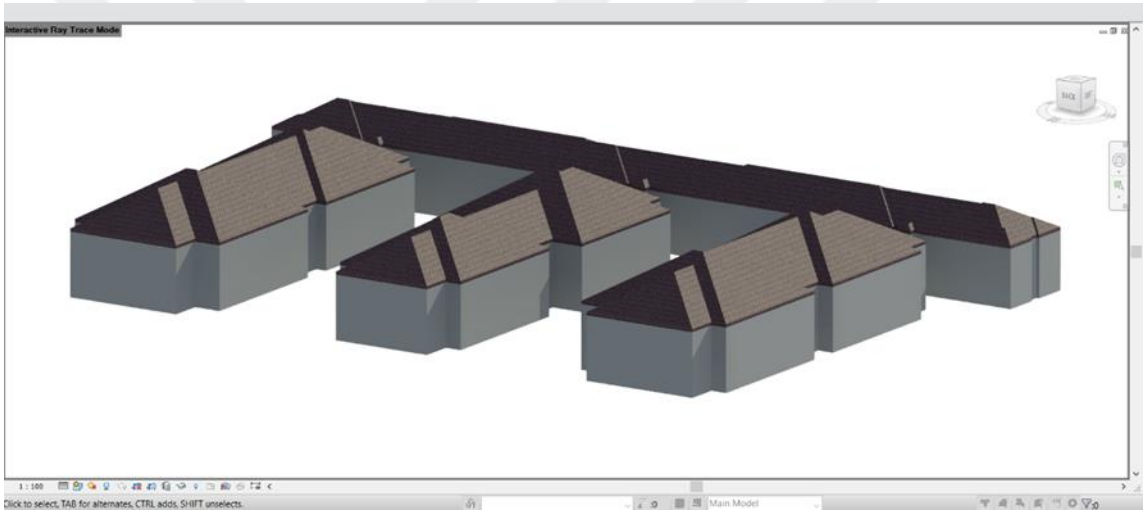


Şekil 5.38 LoD2 seviyesinde farklı yükseklikteki binaların 3B modelleri

Şekil 5.38'de binaların çatı yükseklikleri arasındaki fark ortaya konmuştur. Çatı sınırları, çatı katı genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak, çatı elemanı çizilirken de bina birleştirme ve bina basitleştirme yaklaşımı uygulanarak netleştirilmiştir. Abartma işlemi uygulanarak, çatının gerçek görüntüsünden daha abartılı bir görüntüye ulaşması model üzerinde sağlanmıştır. LoD2 ayrıntı düzeyinde, bina yüksekliklerini elde etmek adına çatı katına ait 2B mimari çizimler kullanılmıştır.



Şekil 5.39 LoD2 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak önden görüntülenme sonucu



Şekil 5.40 LoD2 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak arkadan görüntülenme sonucu

2B mimari CAD çizimlerinin genelleştirilmesiyle başlayan süreç, genelleştirilen 2B mimari çizimler üzerinden modelleme yapılırken de binaların manuel olarak birleştirilmesi ile devam etmiştir. Yine uygulama sırasında seçme/eleme ve fraktallaştırma yaklaşımları ile de bazı adımlarda genelleştirme işlemleri uygulanmıştır. Çatı elemanı modellenirken de bina birleştirme ile abartma teknikleri ortaya konmuştur. Tüm bu işlemler ile elde edilen, sonuç ürün olan, LoD2 detay düzeyindeki 3B model de aslında genelleştirilmiş bir 3B bina

temsilini oluşturmuştur. LoD2 3B modelinin Revit 2017 dosya boyutu 19,056 kb tır.

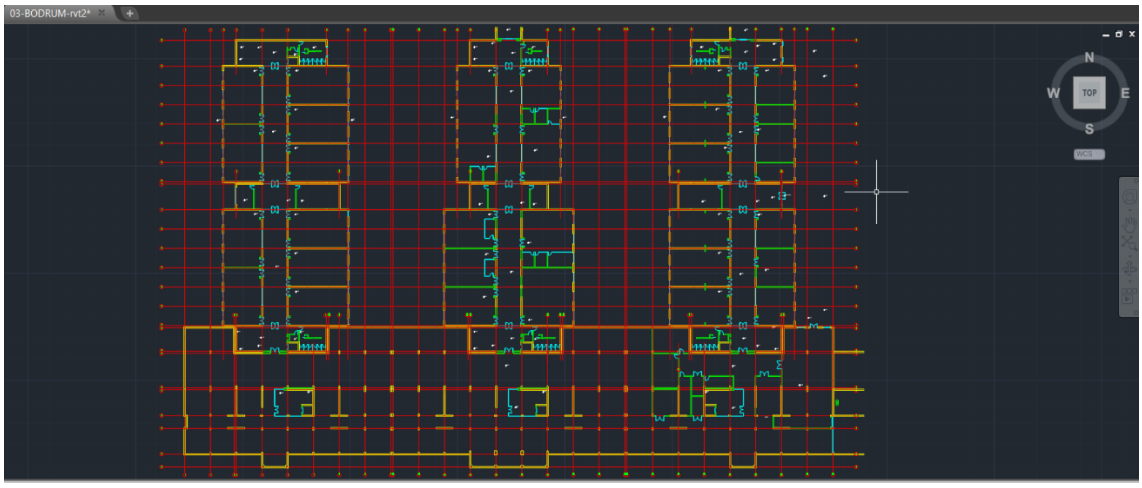
5.1.4 LoD3 Modelinin Üretilmesi

LoD3: 2B CAD çizimlerinde yer alan mimari özelliklerin dikkate alınmasıyla oluşturulan 3 boyutlu modelin ayrıntı düzeyidir. Fakülte binalarında yer alan dış cephe pencere ve kapıları ile diğer duvar detayları ve çatı özelliklerinin LoD2 seviyesindeki modele entegrasyonu sonucu elde edilmiştir.

LoD3 modelinin üretilmesi uygulamasına, LoD2 modelinin üretiminde de olduğu gibi 2B mimari çizimler esas alınarak başlanmıştır. LoD3 modelinde kullanılacak mimari çizimler: bodrum kat, zemin kat, 1.kat, 2.kat ve çatı katı olarak belirlenmiştir. İlk olarak bodrum kat mimari çizimi Autocad 2017 de açılarak tüm çizim elemanları sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma işlemi uygulamanın diğer bölümlerinde de olduğu gibi tabakalandırma ile sağlanmıştır.

Çizim elemanları tabakalandırılırken semantik seçme ve semantik gruplandırma yaklaşımları ortaya konmuştur. Manuel olarak seçilen çizim elemanları semantik seçme ve gruplandırma yaklaşımları ile sınıflandırıldıktan sonra modellemede kullanılacak çizim elemanlarının görselde kalması sağlanmıştır. Böylece, Revit 2017 yazılımında kullanılacak doküman, 2B mimari çizim elemanlarının genelleştirilmesi ile 3B modellemede altlık olarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Açık bırakılan tabakalardan: “Aks-Grid” modellenecek bölgenin tespiti adına yardımcı olması için kullanılmıştır. “Kot Tabakası” ise modellenecek kat ve detayları hakkında yükseklik bilgilerini temin edebilmek adına açık bırakılmıştır. “Beton”, “Bina Duvarı”, “Cam Doğrama” tabakaları ise “Bina Sınırı” adı altında semantik olarak gruplandırılarak tek tabakaya indirgenmiştir. 2B genelleştirme yaklaşımları ile genelleştirilen çizim dosyasında 3B modellemeye esas 3 tabaka bırakılmıştır. “Aks-Grid”, “Kot” ve “Bina Sınırı” içerikleri LoD3 3B modelinin üretimi için yeterli kabul edilmiştir. Uygulamada, 2B çizimin genelleştirilmiş çiziminden üretilen 3B modelin de genelleştirilmiş bir 3B model olacağı ortaya konmuştur.



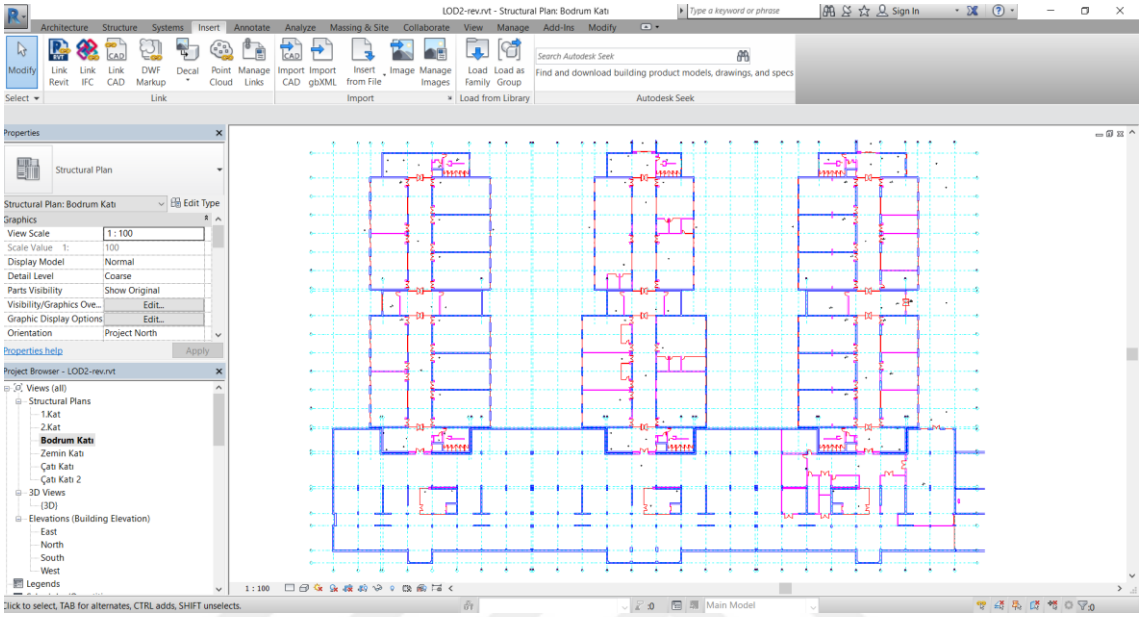
Şekil 5.41 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş bodrum kat 2B mimari çizimi

Bodrum kat için oluşturulan 2B genelleştirilmiş mimari çizimi, diğer uygulamalardaki adımlar izlenerek Autodesk Revit 2017 yazılımına aktarılmıştır. Sonraki adımda, LoD3 seviyesindeki 3B modelde ihtiyaç duyulan sayıda "Kat Seviyesi" oluşturulmuştur. LoD3 seviyesinde model tüm katları ile temsil edileceğinden bodrum kat, zemin kat, 1.kat, 2.kat, çatı katı ve yükseklik farkından dolayı çatı katı_2 olmak üzere 6 kat seviyesinin yeterli olacağı düşünülmüştür. Çatı katı için 2 farklı seviye belirlenmesinin sebebi; bina çatı yüksekliklerinin aynı olmamasından ileri gelmiştir.



Şekil 5.42 Oluşturulan kat seviyeleri ve kot bilgileri

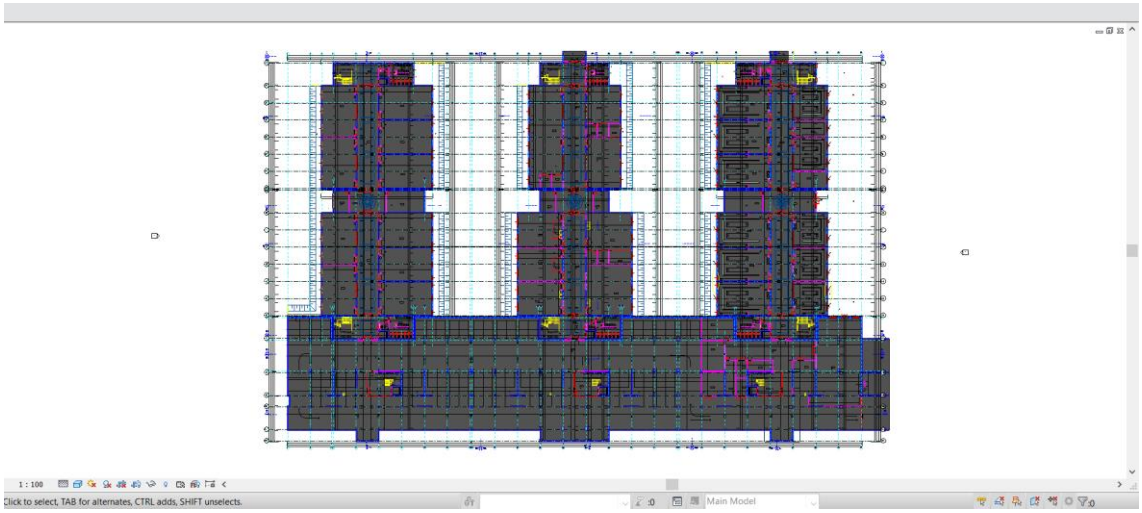
Belirlenen kat seviyelerine paralel olarak, kat planları oluşturulduktan sonra her bir seviye için genelleştirilmiş 2B çizimler Autocad Revit 2017 yazılımına aktarılmıştır. 3B modelleme işlemine, bodrum kattan başlanacağı için ilk olarak bodrum kat planı ele alınmıştır.



Şekil 5.43 Bodrum kat 2B genelleştirilmiş mimari çizim Autodesk Revit 2017

Bodrum kata ait çizim dosyasının çağrılmasından sonraki ilk adım: açık mavi renk ile belirtilen gridlerin çizilmesi olmuştur. Akslar çizim üzerindeki izler takip edilerek yerleştirilmiştir. Çizilen bu akslar, modellenecek bölgenin tespit edilmesi noktasında yardımcı elemanlar olarak kullanılmıştır.

Referans gridleri yani akslar oluşturulduktan sonra 3B modellemeye geçilmiştir. Bodrum katın ilk modellenen elemanı, taban döşemesi olmuştur. Bina taban döşemeleri modellenirken bina sınırlarının mimari çizimler ile birebir olarak örtüşmesine oldukça dikkat edilmiştir. Bu ayrıntı düzeyinde, üretilen modellerin mimari çizimleri temsili oldukça büyük önem teşkil etmektedir.



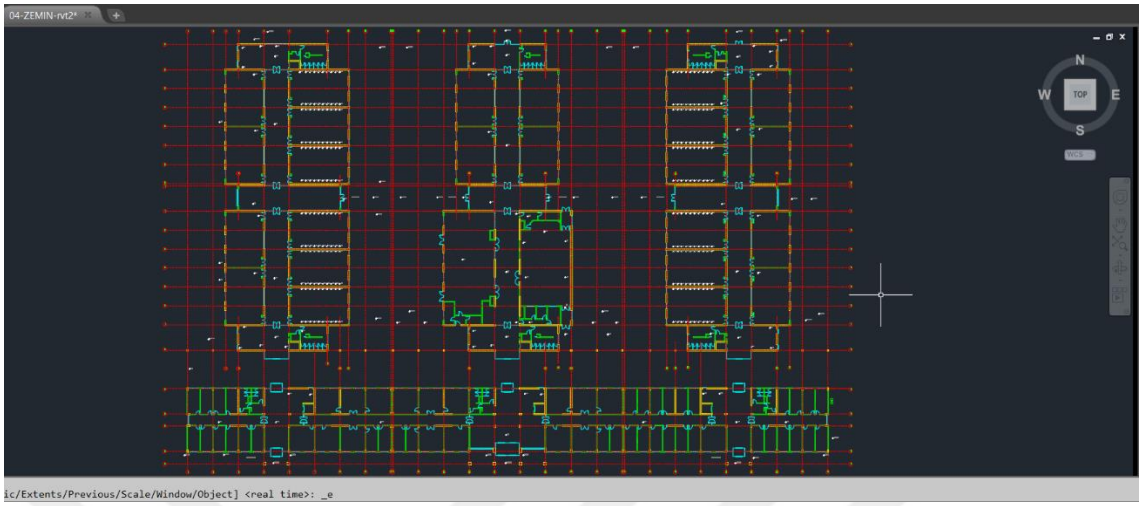
Şekil 5.44 2B mimari çizimlere göre bodrum kat taban döşemelerinin oluşturulması

Yapılacak uygulamadaki detaylandırma seviyesine göre döşeme tabakası özellikleri geliştirilerek, farklı modelleme elemanları oluşturulabilir. Oluşturulan her bir elemana yeni isim verilerek, boyut ve malzeme türü belirlenerek, ihtiyaç duyulan şekilde döşeme elemanı oluşturulur, her bir eleman obje kütüphanesini zenginleştirir.

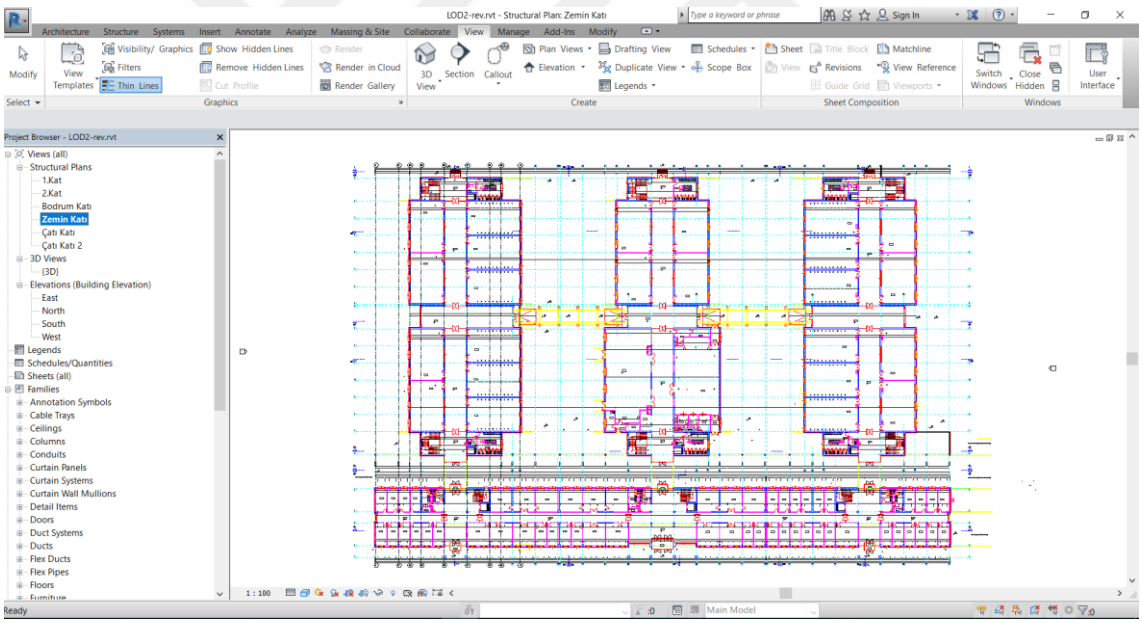
Bina sınırları, bodrum kat genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak ve döşeme çizilirken de mimari çizimlere mutlak uyum gözetilerek netleştirilmiştir. LoD3 ayrıntı düzeyinde, bodrum kat döşemesi modellendikten sonra, zemin kat planı ele alınmıştır. Bodrum kat, için yapılan tüm adımlar sırasıyla zemin kat için de ortaya konmuştur.

Açık bırakılan tabakalardan: “Aks-Grid” modellenecek bölgenin tespiti adına yardımcı olması için kullanılmıştır. “Kot Tabakası” ise modellenecek kat ve detayları hakkında yükseklik bilgilerini temin edebilmek adına açık bırakılmıştır. “Beton”, “Bina Duvarı”, “Cam Doğrama” tabakaları ise “Bina Sınırı” adı altında semantik olarak gruplandırılarak tek tabakaya indirgenmiştir. 2B genelleştirilme yaklaşımları ile genelleştirilen çizim dosyasında, 3B modellemeye esas 3 tabaka bırakılmıştır. “Aks-Grid”, “Kot” ve “Bina Sınırı” içerikleri LoD3 3B modelinin üretimi için yeterli kabul edilmiştir. Uygulamada, 2B çizimin genelleştirilmiş

çiziminden üretilen 3B modelin de genelleştirilmiş bir 3B model olacağı ortaya konmuştur.



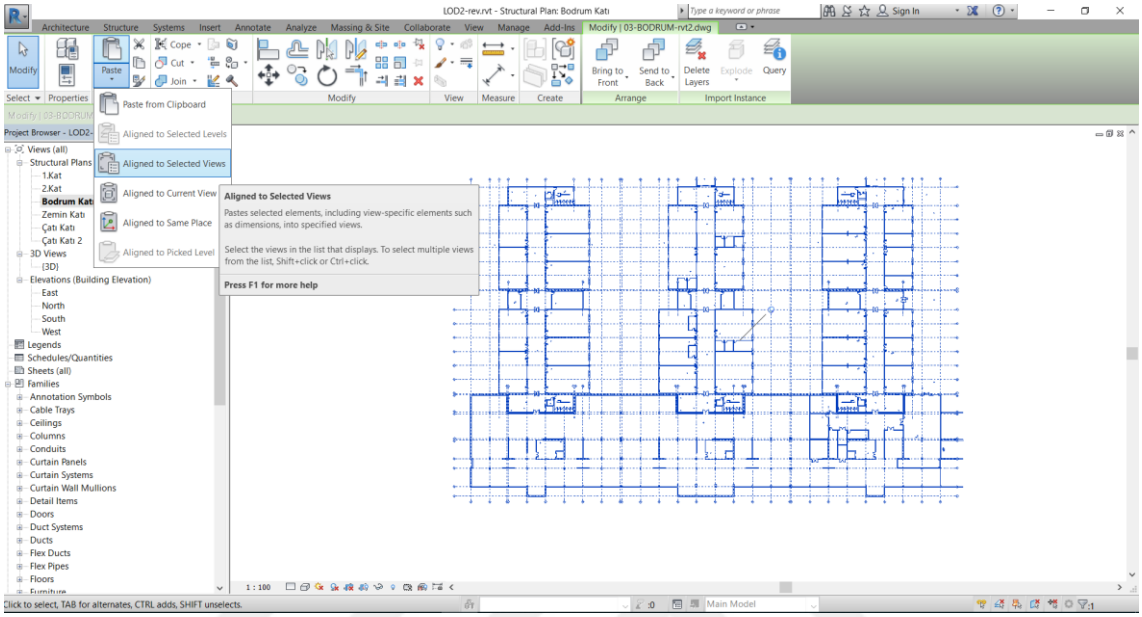
Şekil 5.45 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş zemin kat 2B mimari çizimi



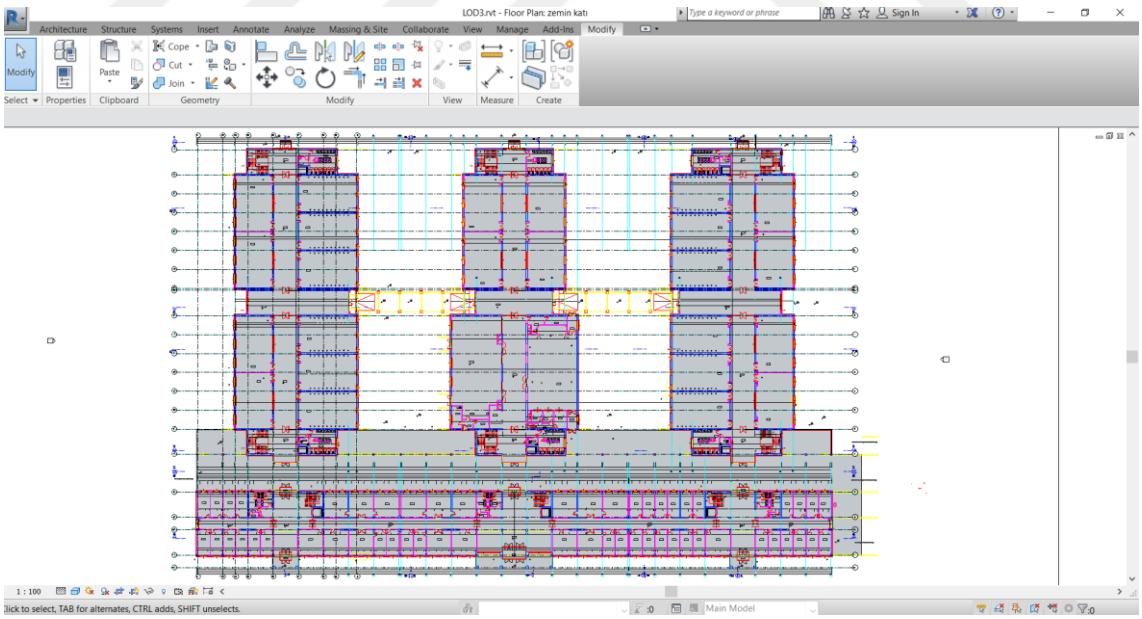
Şekil 5.46 Zemin kat 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017

Bu adımda da LoD1 modelinin üretiminde kullanılan 2B genelleştirilmiş çizim kullanılmıştır. Zemin kata ait çizim dosyasının çağrılmasından sonraki ilk adım: uygulama başında belirlenen kat seviyelerini kontrol etmek olmuştur. Kat seviyelerinin doğruluğundan emin olunduktan sonraki adımda, bodrum kat planında oluşturulan akslar fraktallaştırılarak zemin kat dahil olmak üzere diğer

5 seviyeye aktarılmıştır. Referans çizim noktalarının her katta aynı olmasının LoD3 modeli üretim aşamasında sorun yaratmayacağı düşünülmüştür. Akslar diğer 5 kat planında da fraktallaştırıldıktan sonra ilk olarak zemin kat seviyesinde taban döşemesi modellenmiştir.



Şekil 5.47 Bodrum kat planından aksların fraktallaştırılması

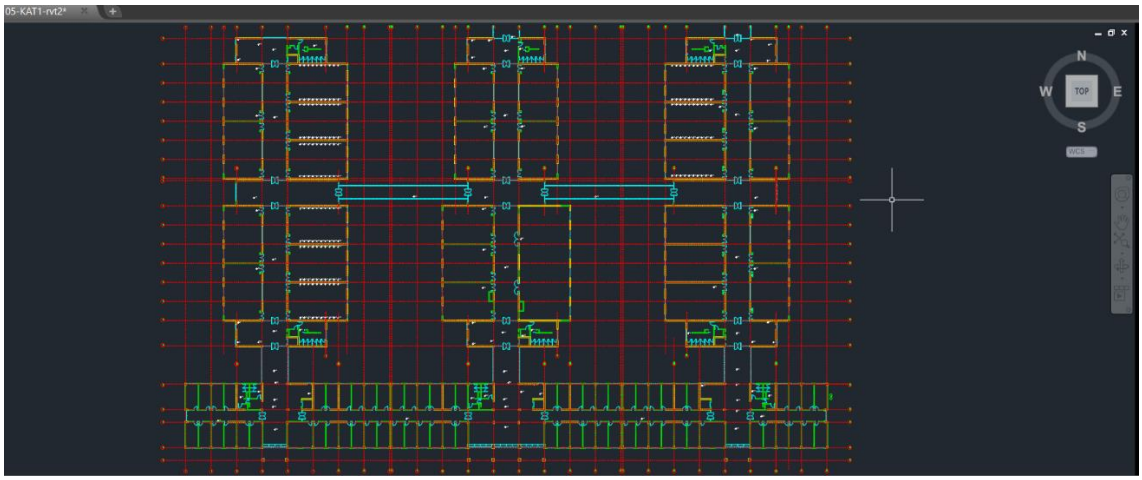


Şekil 5.48 2B mimari çizimlere göre zemin kat taban döşemelerinin oluşturulması

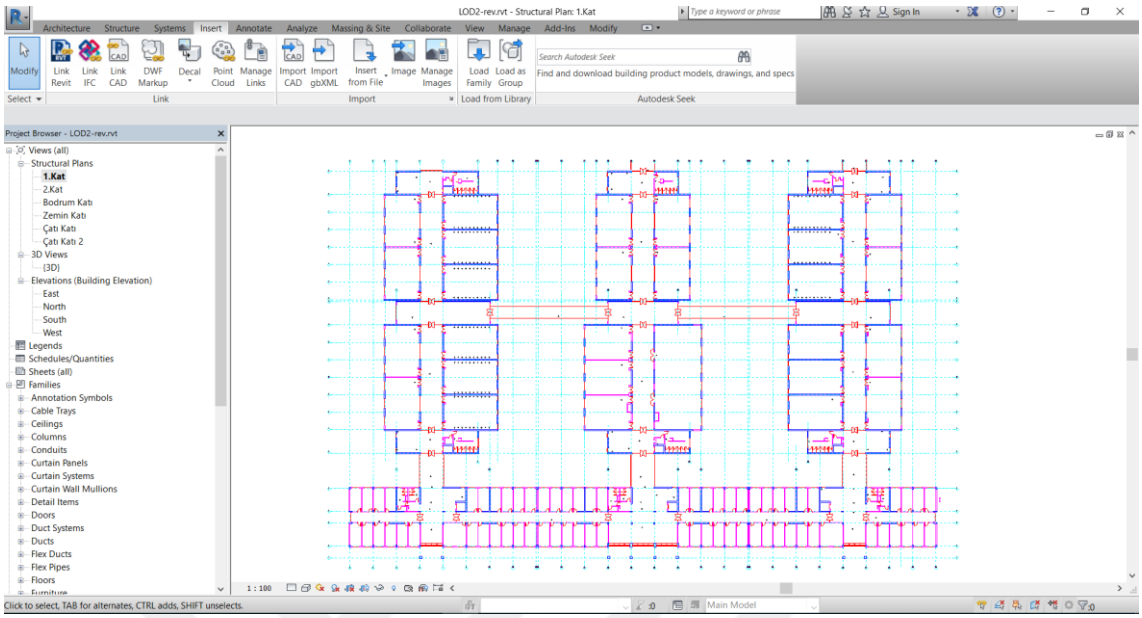
Modelleme işleminde bina sınırları, zemin kat genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak ve döşeme çizilirken de mimari çizimlere mutlak uyum gözetilerek netleştirilmiştir. LoD3 ayrıntı düzeyinde, zemin kat döşemesi modellendikten sonra, 1. kat döşemesine geçilmiştir. Bodrum kat ve zemin kat için yapılan tüm adımlar sırasıyla 1.kat için de ortaya konmuştur.

1.kat çizim elemanları tabakalandırılırken semantik seçme ve semantik gruplandırma yaklaşımları ortaya konmuştur. Manuel olarak seçilen çizim elemanları semantik seçme ve gruplandırma yaklaşımları ile sınıflandırıldıktan sonra sadece modellemede kullanılacak çizim elemanlarının görselde kalması sağlanmıştır. Böylece, Revit 2017 yazılımında kullanılacak doküman, 2B mimari çizim elemanlarının genelleştirilmesi ile 3B modellemede altlık olarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Açık bırakılan tabakalardan: “Aks-Grid” modellenecek bölgenin tespiti adına yardımcı olması için kullanılmıştır. “Kot Tabakası” ise modellenecek kat ve detayları hakkında yükseklik bilgilerini temin edebilmek adına açık bırakılmıştır. “Beton”, “Bina Duvarı”, “Cam Doğrama” tabakaları ise “Bina Sınırı” adı altında semantik olarak gruplandırılarak tek tabakaya indirgenmiştir. 2B genelleştirilme yaklaşımları ile genelleştirilen çizim dosyasında, 3B modellemeye esas 3 tabaka bırakılmıştır. “Aks-Grid”, “Kot” ve “Bina Sınırı” içerikleri LoD3 3B modelinin üretimi için yeterli kabul edilmiştir. Uygulamada, 2B çizimin genelleştirilmiş çiziminden üretilen 3B modelin de genelleştirilmiş bir 3B model olacağı ortaya konmuştur.



Şekil 5.49 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş 1.kat 2B mimari çizimi



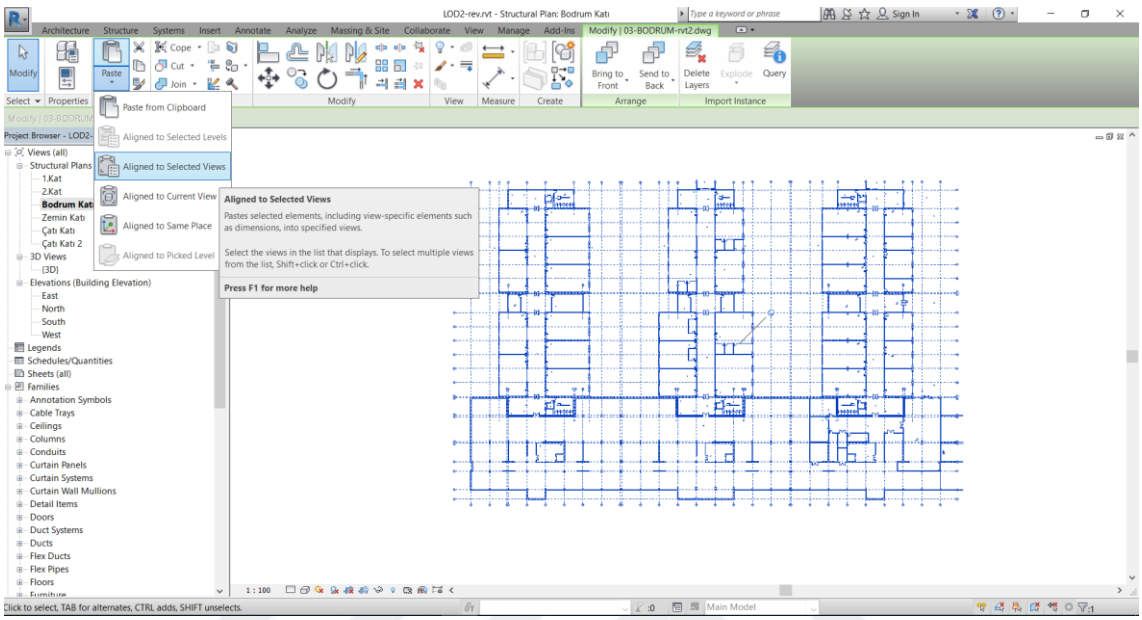
Şekil 5.50 1.kat 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017

1.kata ait genelleştirilmiş 2B mimari çizim oluşturulduktan sonra, diğer 2 kat planında olduğu gibi doküman Autodesk Revit 2017 yazılımına aktarılmıştır. 1. kata ait çizim dosyasının çağrılmasından sonraki ilk adım: uygulama başında belirlenen kat seviyelerini kontrol etmek olmuştur. Kat seviyeleri kontrol edildiğinde 1.katta tanımlı 2 ayrı kot bilgisi olduğundan, 1.Kat_2 seviyesi oluşturulmuştur. 1.Kat_2 seviyesinin kot bilgisi 4,50 m olarak girilmiştir.



Şekil 5.51 1.Kat_2 seviyesinin kat seviyelerine eklenmesi

Kat seviyelerinin doğruluğundan emin olunduktan sonraki adımda, bodrum kat planında oluşturulan akslar fraktallaştırılarak, 1.kat_2 seviyesine aktarılmıştır. Referans çizim noktalarının her katta aynı olmasının LoD3 modeli üretim aşamasında sorun yaratmayacağı düşünülmüştür.

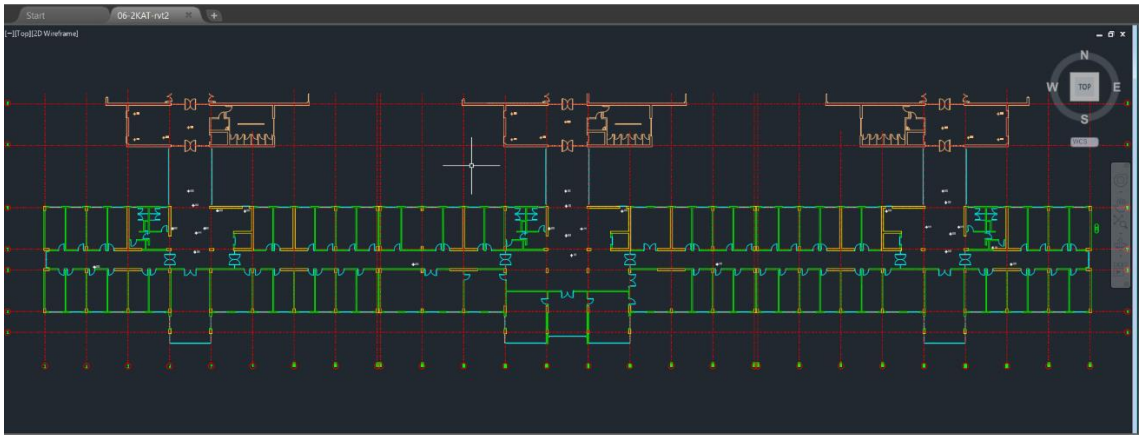


Şekil 5.52 Fraktallaştırılan aksların 1.kat planına aktarılması

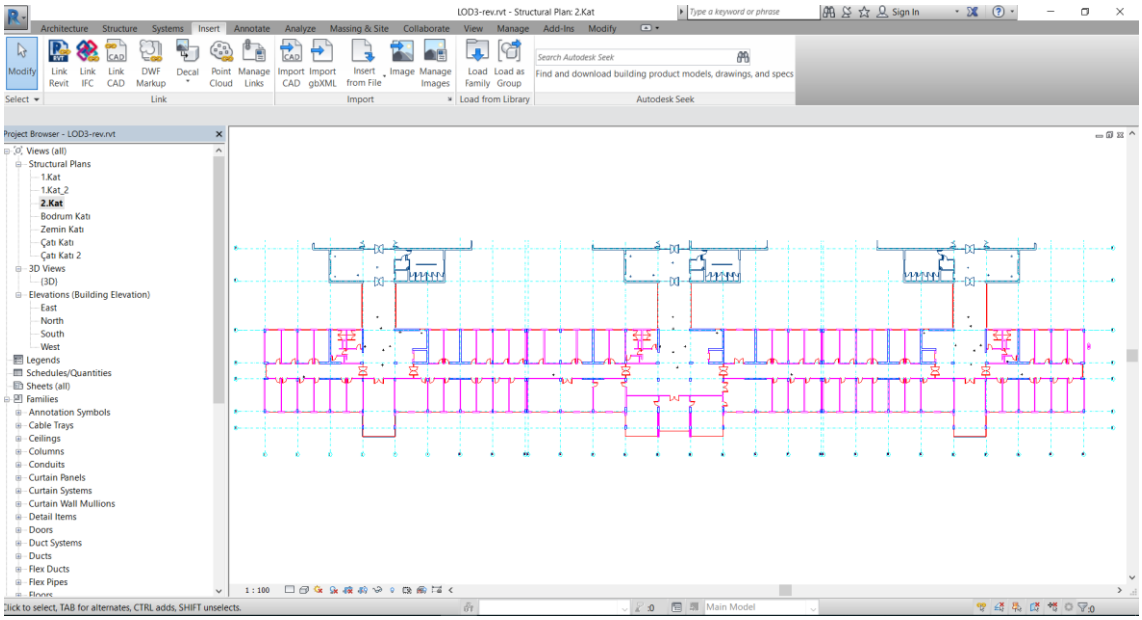
Akslar yeni kat planında da fraktallaştırıldıktan sonra ilk olarak 1.kat ve 1.kat_2 seviyesinde taban döşemesi modellenmiştir. Modelleme işleminde bina sınırları, 1. kat genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak ve döşeme çizilirken de mimari çizimlere mutlak uyum gözetilerek netleştirilmiştir. LoD3 ayrıntı düzeyinde, 1.kat döşemeleri modellendikten sonra, 2. kat döşemesine geçilmiştir. Diğer tüm kat planları için yapılan tüm adımlar sırasıyla 2.kat için de ortaya konmuştur.

2.kat çizim elemanları tabakalandırılırken semantik seçme ve semantik gruplandırma yaklaşımları ortaya konmuştur. Manuel olarak seçilen çizim elemanları semantik seçme ve gruplandırma yaklaşımları ile sınıflandırıldıktan sonra sadece modellemede kullanılacak çizim elemanlarının görselde kalması sağlanmıştır. Böylece, Revit 2017 yazılımında kullanılacak doküman, 2B mimari çizim elemanlarının genelleştirilmesi ile 3B modellemede altlık olarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Açık bırakılan tabakalardan: “Aks-Grid” modellenecek bölgenin tespiti adına yardımcı olması için kullanılmıştır. “Kot” tabakası ise modellenecek kat ve detayları hakkında yükseklik bilgilerini temin edebilmek adına açık bırakılmıştır. “Beton”, “Bina Duvarı”, “Cam Doğrama” tabakaları ise “Bina Sınırı” adı altında semantik olarak gruplandırılarak tek tabakaya indirgenmiştir. 2B genelleştirilme yaklaşımları ile genelleştirilen çizim dosyasında, 3B modellemeye esas 3 tabaka bırakılmıştır. “Aks-Grid”, “Kot ve “Bina Sınırı” içerikleri LoD3 3B modelinin üretimi için yeterli kabul edilmiştir. Bu şekilde, 2B çizimin genelleştirilmiş çiziminden üretilen 3B modelin de genelleştirilmiş bir 3B model olacağı ortaya konmuştur.

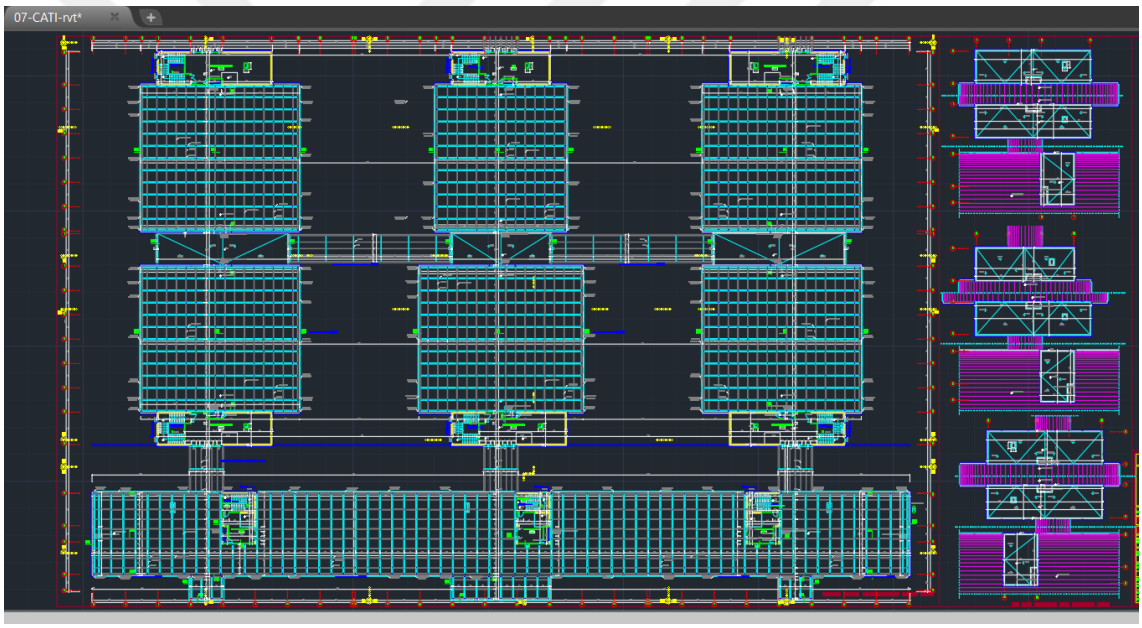


Şekil 5.53 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş 2.kat 2B mimari çizimi



Şekil 5.54 2.kat 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017

2.kata ait genelleştirilmiş 2B mimari çizim oluşturulduktan sonra, diğer 2 kat planında olduğu gibi doküman Autodesk Revit 2017 yazılımına aktarılmıştır. 2. kata ait çizim dosyasının çağrılmasından sonraki ilk adım: belirlenen kat seviyelerini kontrol etmek olmuştur. Kat seviyelerinin doğruluğundan emin olunduktan sonra 2.kat seviyesindeki taban döşemesi modellenmiştir. Modelleme işleminde bina sınırları, 2. kat genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak ve döşeme çizilirken de mimari çizimlere mutlak uyum gözetilerek netleştirilmiştir. LoD3 ayrıntı düzeyinde, 2. kat döşemesi modellendikten sonra, çatı katı döşemesine geçilmiştir. Diğer tüm kat planları için yapılan tüm adımlar sırasıyla çatı katı için de ortaya konmuştur.

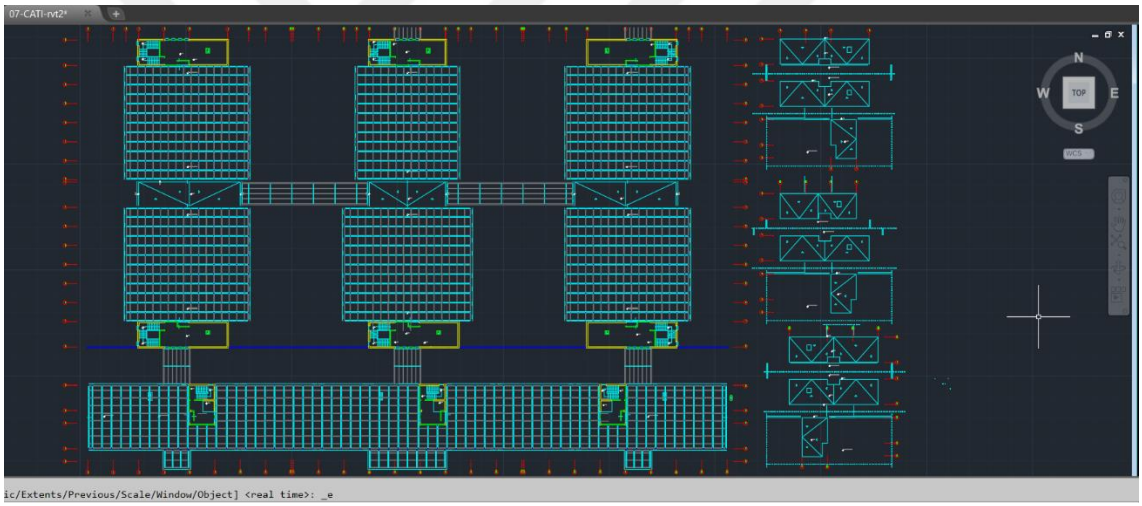


Şekil 5.55 2B çatı katı mimari çizimi

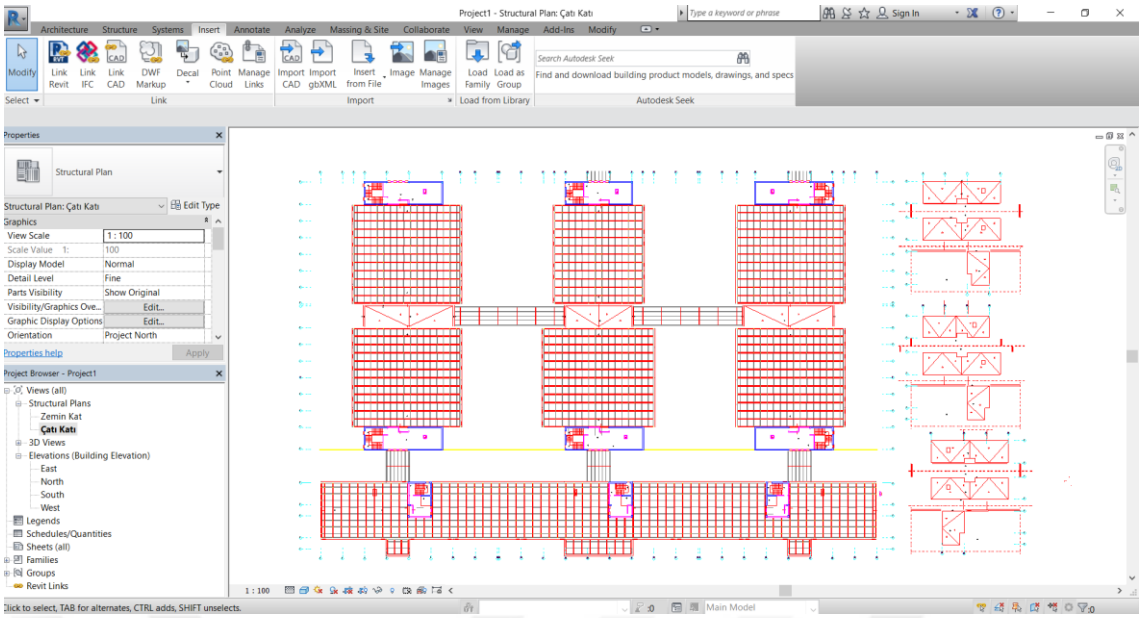
Çatı katı çizim elemanları tabakalandırılırken, diğer kat çizimlerinde de uygulandığı gibi semantik seçme ve semantik gruplandırma yaklaşımları ortaya konmuştur. Manuel olarak seçilen çizim elemanları semantik seçme ve gruplandırma yaklaşımları ile sınıflandırıldıktan sadece modellemede kullanılacak çizim elemanlarının görselde kalması sağlanmıştır. Böylece, Revit 2017 yazılımında kullanılacak doküman, 2B mimari çizim elemanlarının

genelleştirilmesi ile 3B modellemede altlık olarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Açık bırakılan tabakalardan: “Aks-Grid” modellenecek bölgenin tespiti adına yardımcı olması için kullanılmıştır. “Kot” tabakası ise modellenecek kat ve detayları hakkında yükseklik bilgilerini temin edebilmek adına açık bırakılmıştır. “Beton”, “Bina Duvarı”, “Görünüş” tabakaları ise “Çatı Sınırı” adı altında semantik olarak gruplandırılarak tek tabakaya indirgenmiştir. 2B genelleştirilme yaklaşımları ile genelleştirilen çizim dosyasında 3B modellemeye esas 3 tabaka bırakılmıştır. “Aks-Grid”, “Kot” ve “Çatı Sınırı” içerikleri, LoD3 3B modelinin üretimi için yeterli kabul edilmiştir. Uygulama genelinde olduğu gibi, 2B çizimin genelleştirilmiş çiziminden üretilen 3B modelin de genelleştirilmiş bir 3B model olacağı ortaya konmuştur.

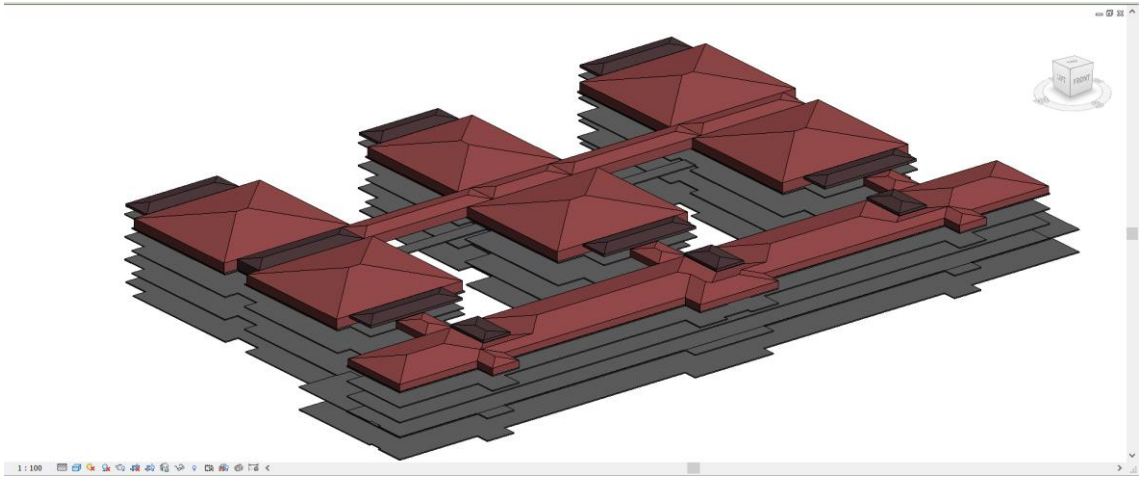


Şekil 5.56 Aks-Grid-Kot-Çatı Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş çatı katı 2B mimari çizimi



Şekil 5.57 Çatı katı 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017

Çatı katı için oluşturulan 2B genelleştirilmiş mimari çizimi, diğer kat planlarında da uygulanan adımlar izlenerek, Autodesk Revit 2017 yazılımına aktarılmıştır. Çatı katına ait çizim dosyasının çağrılmasından sonraki ilk adım: belirlenen kat seviyelerini kontrol etmek olmuştur. Kat seviyelerinin doğruluğundan emin olunduktan sonra çatı katı seviyesindeki çatı elemanı modellenmiştir. Modelleme işleminde bina sınırları, çatı katı genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak ve çatı elemanı modellenirken de mimari çizimlere mutlak uyum gözetilerek netleştirilmiştir.

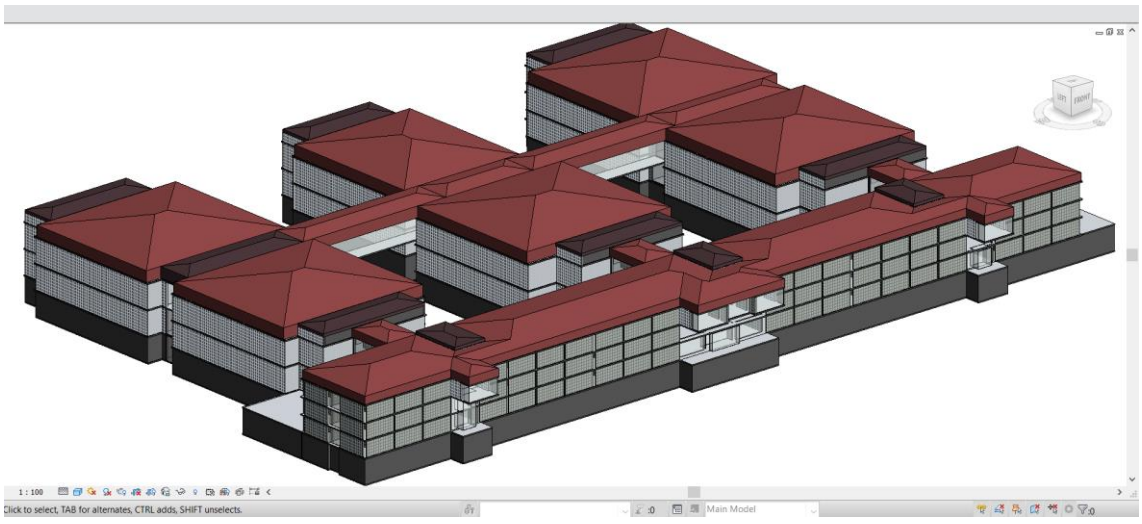


Şekil 5.58 LoD3 ayrıntı düzeyinde taban döşemelerinin ve çatı döşemelerinin modeli

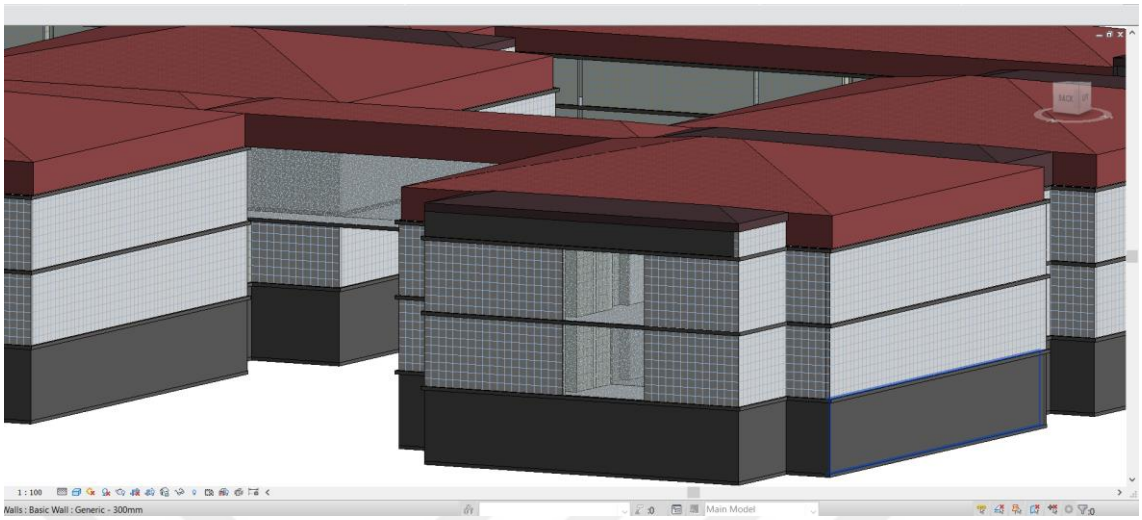
Tüm kat planlarının taban döşemeleri ve çatı elemanları modellendikten sonra bina cephe duvarlarının modellenmesi işlemine geçilmiştir. Uygulamada en alt seviyeden üst seviyeye modelleme yöntemi seçilmiştir. Bu nedenle ilk olarak bodrum katı planı 3B model üretimine devam edilmiştir. Perde duvarlar, belirlenen kat sınırlarından bir üst kat seviyesine kadar yükseklik girilerek manuel olarak modellenmiştir. LoD3 ayrıntı düzeyinde iç duvarların temsili gerekmediğinden her kat planında iç duvarlar eleme yöntemiyle genelleştirilmiştir.

Yapılacak uygulamadaki detaylandırma seviyesine göre duvar tabakası özellikleri geliştirilerek, farklı modelleme elemanları oluşturulabilir. Oluşturulan her bir elemana yeni isim verilerek, boyut ve malzeme türü belirlenerek, ihtiyaç duyulan şekilde döşeme elemanı oluşturulur, her bir eleman obje kütüphanesini zenginleştirir.

Perde duvarların modellenmesinde zemin kat ve çatı katında 2B çizimlerinde yer alan bina içindeki bağımsız birimlere ait diğer duvarlar, eleme yöntemiyle genelleştirilmiştir. Mimari çizime esas olarak, balkon ve geçiş koridorlarında cam duvar tipi oluşturularak modelleme cam duvar elemanı ile yapılmıştır. LoD3 seviyesindeki bir modelde bina iç detaylarının gösterimi yapılmadığından tüm diğer bina içi objeleri bu aşamada modelden elenmiştir. Perde duvarların da modelinin bitirilmesiyle birlikte LoD3 ayrıntı düzeyinde ortaya çıkan 3B model aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 5.59 LoD3 ayrıntı düzeyinde perde duvar ve cam duvarların modele eklenmesi



Şekil 5.60 Bina cephelerinde ve geçiş koridorlarında kullanılan cam duvarların gösterimi

Cephe duvarlarının tümüyle modellenmesi bitirildikten sonra: dış cephede yer alan kapı ile pencerelerin modellenmesi işlemine geçilmiştir. Mimari çizimde yer alan farklı kapıların tespiti yapılarak; ihtiyaç duyulan sayıda kapı elemanının, eleman kütüphanesine kazandırılması sağlanmıştır. Dış cephede sadece çift açılır kapılar kullanıldığından çift açılır kapı elemanı oluşturulmuştur.

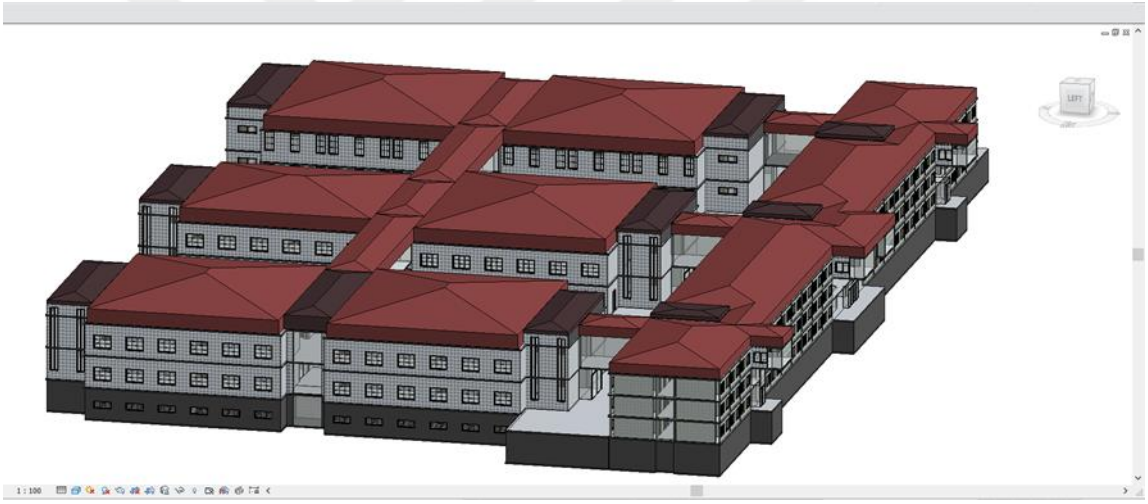
Uygulamada, birçok kapı stili oluşturulmuş olup; mimari çizime uygun boyutlara göre modelleme işlemi yapılmıştır. Kapıların, tümüyle modellenmesi bitirildikten sonra: dış cephede yer alan pencerelerin modellenmesi işlemine geçilmiştir. Mimari çizimde yer alan farklı pencerelerin tespiti yapılarak; ihtiyaç duyulan sayıda pencere elemanının, eleman kütüphanesine kazandırılması sağlanmıştır. Dış cephede kullanılan pencerelere örnek aşağıda belirtilmiştir.

Uygulamada, birçok pencere stili oluşturulmuş olup; mimari çizime uygun boyutlara göre modelleme işlemi yapılmıştır. Son olarak pencerelerin de, tümüyle modellenmesi bitirildikten sonra LoD3 ayrıntı düzeyinde 3B modelimiz ortaya çıkmıştır. Kapı ve pencereler modellenirken, yalnızca dış cephe detayları modele dahil edilmiştir. Mimari çizimde yer alan ancak 3B modele dahil edilmeyen kapı ve pencereler eleme işleminin manuel uygulanması ile

genelleştirilmiştir. Sonuç ürün olan 3B bina modelleri de genelleştirilmiş birer 3B model olarak ortaya çıkmıştır.



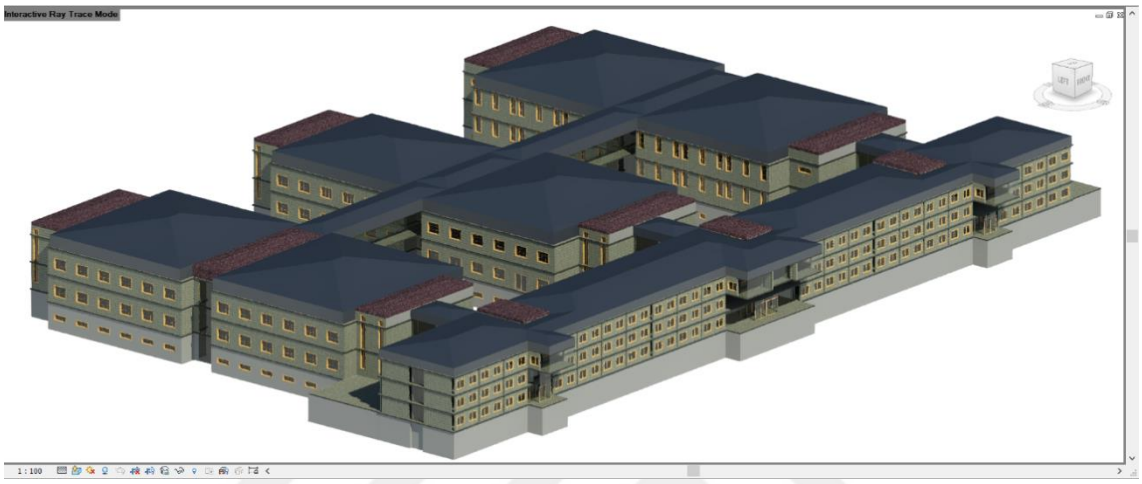
Şekil 5.61 LoD3 ayrıntı düzeyindeki 3B fakülte binaları



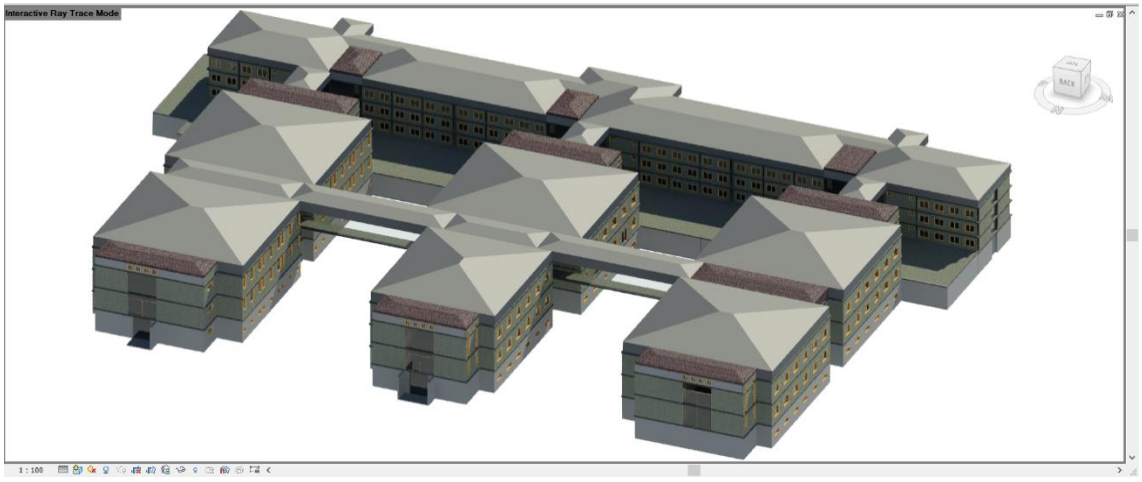
Şekil 5.62 LoD3 seviyesinde farklı yükseklikteki binaların 3B modelleri

Şekil 5.62'de binaların çatı yükseklikleri arasındaki fark ortaya konmuştur. LoD3 ayrıntı düzeyinde, her bir kat döşemesi ayrı ayrı modellenmiştir. Sınırlar, genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak ve mimari çizimlere mutlak suretle uyularak netleştirilmiştir. Her çatı elemanı ayrı ayrı modellenmiş olup; abartma işlemi uygulanarak, gerçek görüntüsünden daha farklı bir görüntüye ulaşması sağlanmıştır. LoD3 ayrıntı düzeyinde, perde duvarlar mimari çizimlerde yer alan özellikleri ile modele dahil edilmiştir. Bina giriş çıkışları, balkon yapıları ve geçiş koridorları 2B mimari çizimlere uygun olacak şekilde cam duvarlar ile

görselleştirilmiştir. Kapı ve pencere modelleme işlemlerinde de yine tüm işlemler mimari CAD çizimlerine paralel olarak uygulanmıştır. Perde duvar, kapı ve pencerelerin: bina içi temsilinde yer alan tüm detayları eleme yöntemi ile modelden elenerek genelleştirilmiştir. Tüm işlem adımları neticesinde, LoD3 ayrıntı düzeyinde mimari projeye uygun ve genelleştirilmiş 3B bina modelleri ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.63 LoD3 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak önden görüntülenme sonucu



Şekil 5.64 LoD3 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak arkadan görüntülenme sonucu

Bu ayrıntı düzeyinde binalar gerçeğe çok yakın bir temsildedir. LoD 3 seviyesindeki model uygulamanın başında seçilen koordinat sisteminde uydu görüntüsü ile zengileştirilmiştir. LoD3 seviyesinde üretilen kampüs binalarının

önden görünüşü şekil 5.63'te belirtilmiştir. Şekil 5.64'te ise kampüs bina modellerinin arkadan görünüşüne yer verilmiştir.



Şekil 5.65 LoD3 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak yandan görüntülenme sonucu

İnteraktif olarak görüntülenen LoD3 modelinde binalar arasındaki geçiş köprülerinin güneş ışığı ve açıya bağlı olarak gölgelendirilmesi ile gerçeğe oldukça yakın bir görüntü ortaya çıkmıştır. LoD3 ayrıntı düzeyindeki 3B modelin Revit 2017 dosya boyutu 34,296 kb tır.



Şekil 5.66 Uydu görüntüsü ve bitki örtüsü ile zenginleştirilmiş LoD3 ayrıntı düzeyindeki 3B model

5.1.5 LoD4 Modelinin Üretilmesi

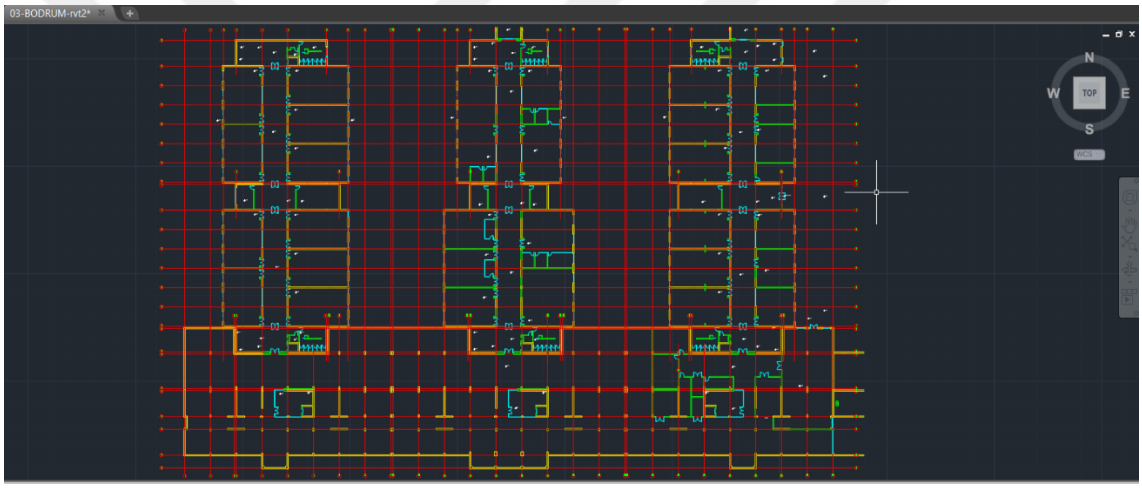
LoD4: Dış cephe olarak olarak gerçeğe çok yakın bir temsili gösteren LoD3 seviyesindeki bina modellerine dersliklerin, iç kapı, iç pencere, merdivenler, öğretim görevlileri odaları, kapıları, bağımsız birimler, merdivenler, asansör boşlukları gibi bina içi detayların eklenmesi ile oluşturulan ayrıntı düzeyidir. Bu düzeyde, modelin son ayrıntı düzeyinde olduğu düşünülerek hedef kitle olan öğrencilere ve kullanım amacına uygun olarak birçok nesne 3 boyutlu modele entegre edilebilir. Bu seviyede model, LoD0 modeli ile entegre edilerek görselleştirme sağlanmıştır.

LoD4 modelinin üretilmesi uygulamasında, 3B modelleme LoD3 modelinin üretiminde de olduğu gibi 2B mimari çizimler esas alınarak başlamıştır. LoD4 modelinde kullanılacak mimari çizimler: bodrum kat, zemin kat, 1.kat, 2.kat ve çatı katı olarak belirlenmiştir. İlk olarak bodrum kat mimari çizimi Autocad 2017 de açılarak tüm çizim elemanları sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma işlemi uygulamanın diğer bölümlerinde de olduğu gibi tabakalandırma ile sağlanmıştır.

3B bina modellerinde bodrum kat dahil olmak üzere tüm katların gösterimi sağlanmıştır. Tüm katlar 2B mimari çizimleri baz alınarak ayrı ayrı modellenmiştir. Bu adımda statik modellemeye ek olarak mimari detaylara dair mimari modelleme işlemleri de uygulanmıştır. LoD3 ayrıntı düzeyindeki uygulamaya kıyasla en önemli farkı kat planlarının, 2B mimari çizimlere göre tümüyle modellenmesi olmuştur. Bu anlamda, genelleştirme işlemlerinin en az uygulandığı ayrıntı düzeyi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu nedenle, dosya boyutu olarak da diğer ayrıntı düzeylerinden daha yüksek olduğu görünmektedir.

Çizim elemanları tabakalandırılırken semantik seçme ve semantik gruplandırma yaklaşımları ortaya konmuştur. Manuel olarak seçilen çizim elemanları semantik seçme ve gruplandırma yaklaşımları ile sınıflandırıldıktan sonra modellemede kullanılacak çizim elemanlarının görselde kalması sağlanmıştır. Böylece, Revit 2017 yazılımında kullanılacak doküman, 2B mimari çizim elemanlarının genelleştirilmesi ile 3B modellemede altlık olarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Açık bırakılan tabakalardan: “Aks-Grid” modellenecek bölgenin tespiti adına yardımcı olması için kullanılmıştır. “Kot” tabakası ise modellenecek kat ve detayları hakkında yükseklik bilgilerini temin edebilmek adına açık bırakılmıştır. “Beton”, “Bina Duvarı”, “Cam Doğrama” tabakaları ise “Bina Sınırı” adı altında semantik olarak gruplandırılarak tek tabakaya indirgenmiştir. 2B genelleştirme yaklaşımları ile genelleştirilen çizim dosyasında 3B modellemeye esas 3 tabaka bırakılmıştır. “Aks-“Grid”, “Kot” ve “Bina Sınırı” içerikleri LoD4 3B modelinin üretimi için yeterli kabul edilmiştir. Bu tabakalara ek olarak, ilerleyen adımlarda “Elektrik Şaft” tabakası da açılarak şaftların modellenebilmesi sağlanmıştır. Uygulamada, 2B çizimin genelleştirilmiş çiziminden üretilen 3B modelin de genelleştirilmiş bir 3B model olacağı ortaya konmuştur.



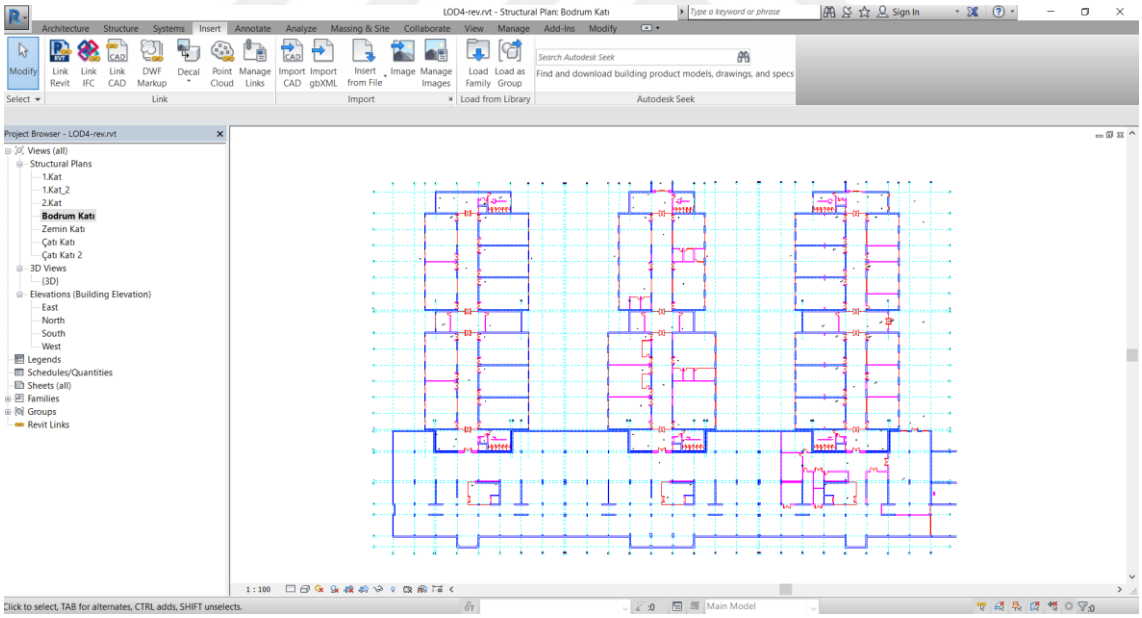
Şekil 5.67 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş bodrum kat 2B mimari çizimi

Bodrum kat için oluşturulan 2B genelleştirilmiş mimari çizimi, diğer uygulamalardaki adımlar izlenerek Autodesk Revit 2017 yazılımına aktarılmıştır. Sonraki adımda LoD4 seviyesindeki 3B modelde ihtiyaç duyulan sayıda “Level” oluşturulur. LoD4 ayrıntı düzeyinde model tüm katları ile temsil edileceğinden bodrum kat, zemin kat, 1.kat, 1.kat_2, 2.kat, çatı katı ve yükseklik farkından dolayı çatı katı_2 olmak üzere 7 kat seviyesinin yeterli olacağı düşünülmüştür. 1.kat ile çatı katı için 2 farklı seviye belirlenmesinin sebebi; binaların 1.kat ve çatı yüksekliklerinin aynı olmamasından ileri gelmiştir.



Şekil 5.68 Oluşturulan seviyeler ve kot bilgileri

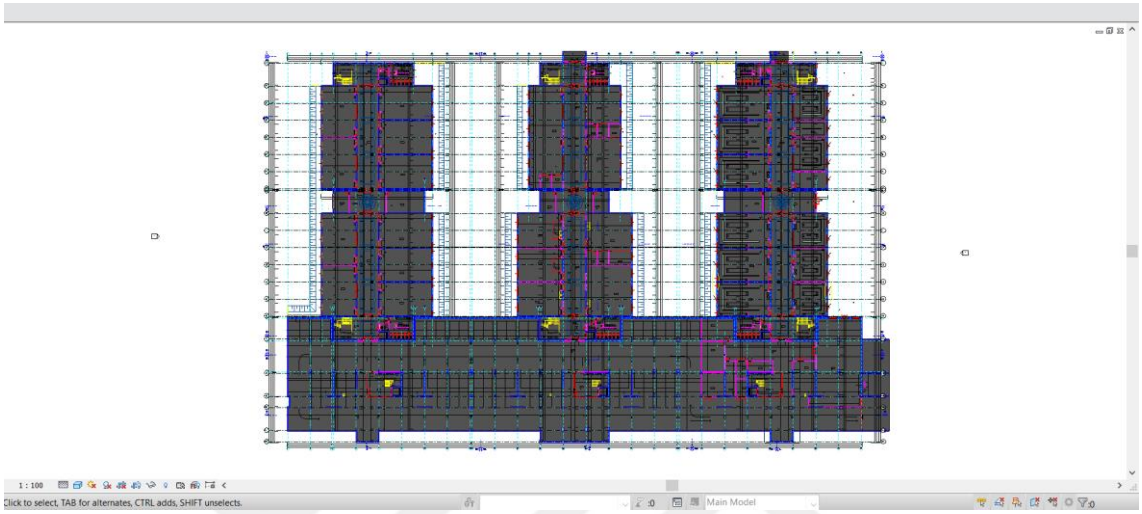
Belirlenen kat seviyelerine paralel olarak, kat planları oluşturulduktan sonra her bir seviye için genelleştirilmiş 2B çizimler Autocad Revit 2017 yazılımına aktarılmıştır. 3B modelleme işlemine, bodrum kattan başlanacağı için ilk olarak bodrum kat planı ele alınmıştır.



Şekil 5.69 Bodrum kat 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017

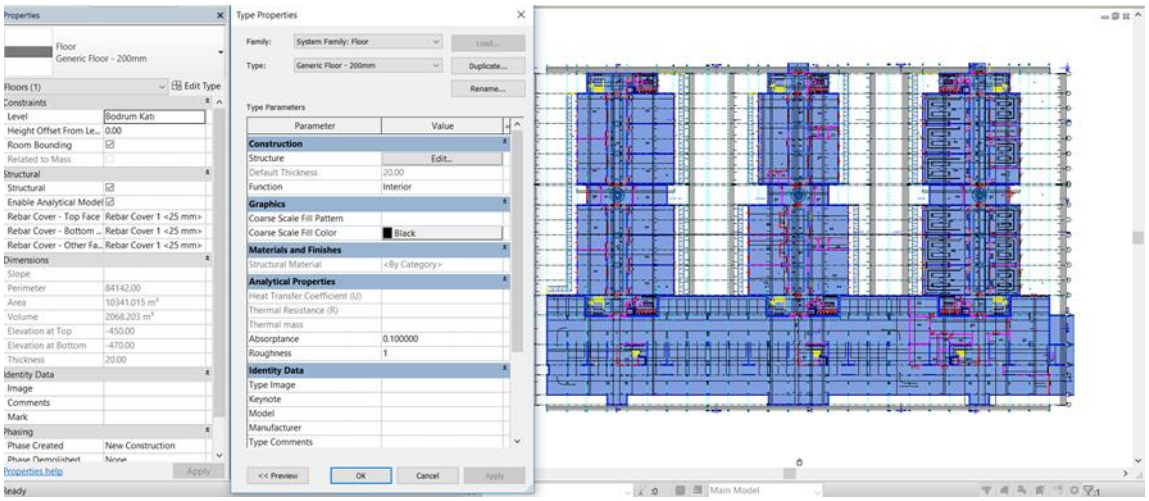
Bodrum kata ait çizim dosyasının çağrılmasından sonraki ilk adım: açık mavi renk ile belirtilen gridlerin çizilmesi olmuştur. Akslar çizim üzerindeki izler takip edilerek yerleştirilmiştir. Çizilen bu akslar, modellenecek bölgenin tespit edilmesi noktasında yardımcı elemanlar olarak kullanılmıştır.

Referans gridleri yani akslar oluşturulduktan sonra 3B modellemeye geçilmiştir. Bodrum katın ilk modellenen elemanı, taban döşemesi olmuştur. Bina taban döşemeleri modellenirken bina sınırlarının mimari çizimler ile birebir olarak örtüşmesine oldukça dikkat edilmiştir. Bu ayrıntı düzeyinde, üretilen modellerin mimari çizimleri temsili oldukça büyük önem teşkil etmektedir.



Şekil 5.70 2B mimari çizimlere göre bodrum kat taban döşemelerinin oluşturulması

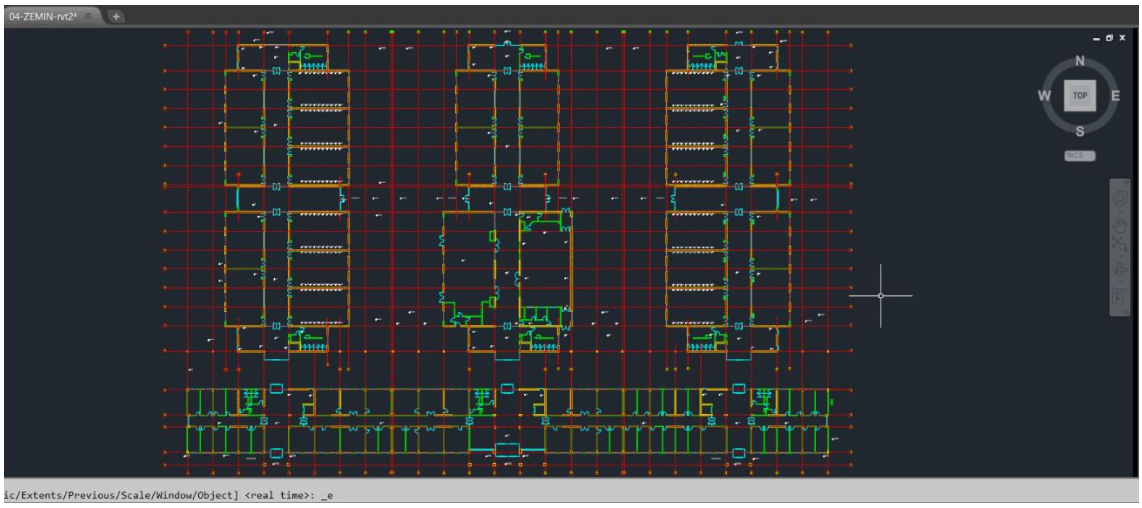
Yapılacak uygulamadaki detaylandırma seviyesine göre döşeme tabakası özellikleri geliştirilerek, farklı modelleme elemanları oluşturulabilir. Oluşturulan her bir elemana yeni isim verilerek, boyut ve malzeme türü belirlenerek, ihtiyaç duyulan şekilde döşeme elemanı oluşturulur, her bir eleman obje kütüphanesini zenginleştirir.



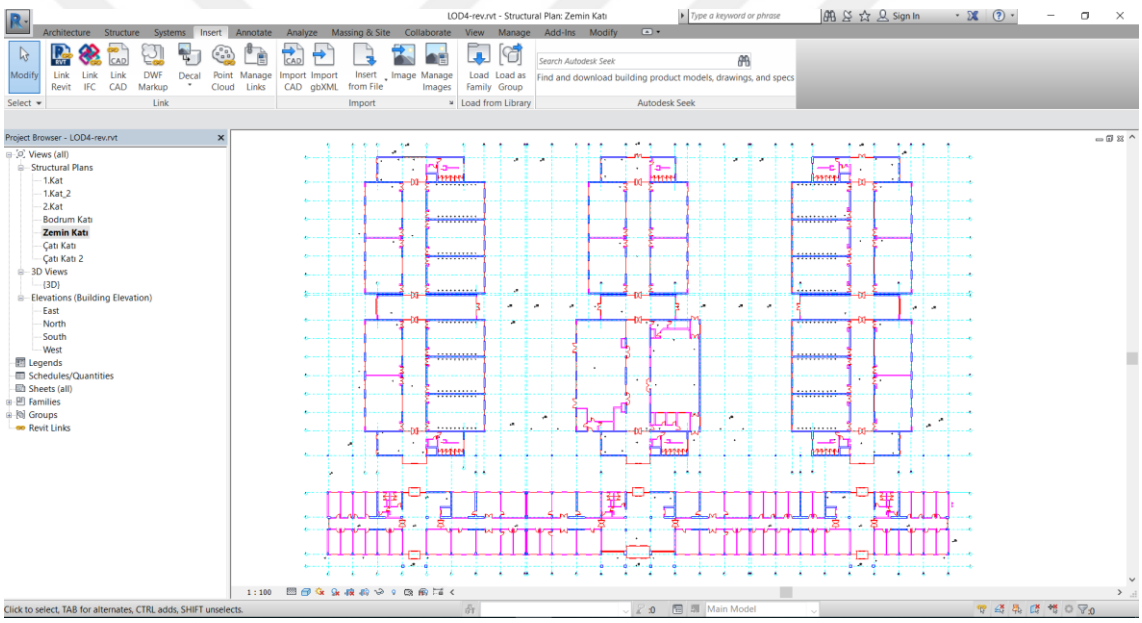
Şekil 5.71 Döşeme elemanı tipi ve özellikleri

Bina sınırları, bodrum kat genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak, döşeme çizilirken de mimari çizimlere mutlak uyum gözetilerek netleştirilmiştir. LoD4 ayrıntı düzeyinde, bodrum kat döşemesi modellendikten sonra, zemin kat planı ele alınmıştır. Bodrum kat, için yapılan tüm adımlar sırasıyla zemin kat için de ortaya konmuştur.

Açık bırakılan tabakalardan: “Aks-Grid” modellenecek bölgenin tespiti adına yardımcı olması için kullanılmıştır. “Kot” tabakası ise modellenecek kat ve detayları hakkında yükseklik bilgilerini temin edebilmek adına açık bırakılmıştır. “Beton”, “Bina Duvarı”, “Cam Doğrama” tabakaları ise “Bina Sınırı” adı altında semantik olarak gruplandırılarak tek tabakaya indirgenmiştir. 2B genelleştirilme yaklaşımları ile genelleştirilen çizim dosyasında, 3B modellemeye esas 3 tabaka bırakılmıştır. “Aks-Grid”, “Kot” ve “Bina Sınırı” içerikleri LoD4 3B modelinin üretimi için yeterli kabul edilmiştir. Bu şekilde, 2B çizimin genelleştirilmiş çiziminden üretilen 3B modelin de genelleştirilmiş bir 3B model olacağı ortaya konmuştur. Bu adımda da LoD1 modelinin üretiminde kullanılan 2B genelleştirilmiş çizim kullanılmıştır.

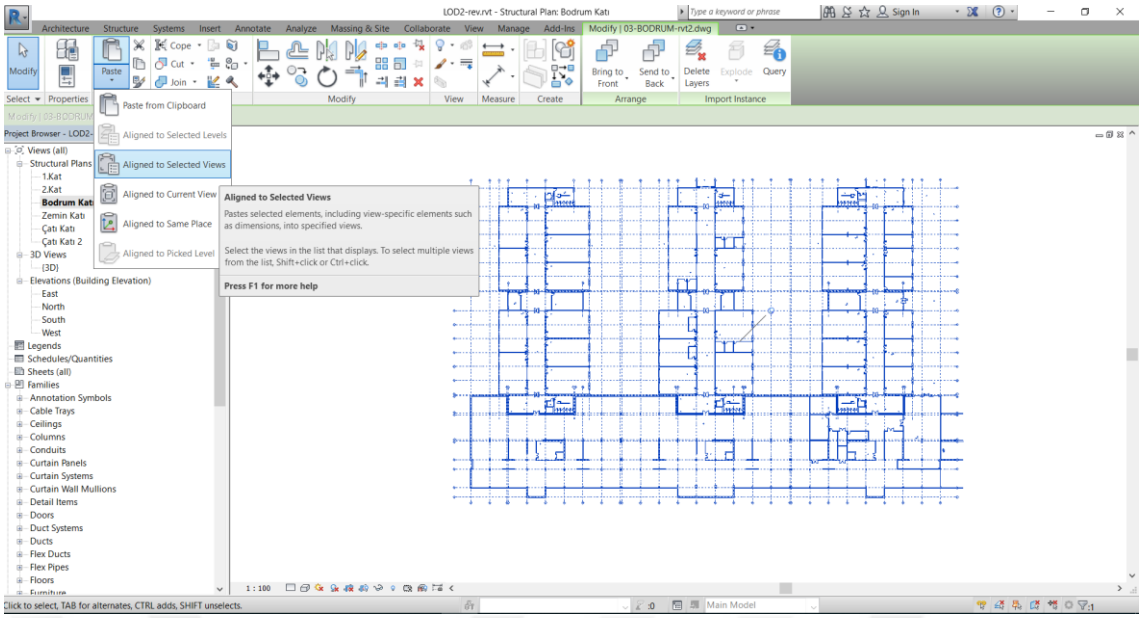


Şekil 5.72 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş zemin kat 2B mimari çizimi

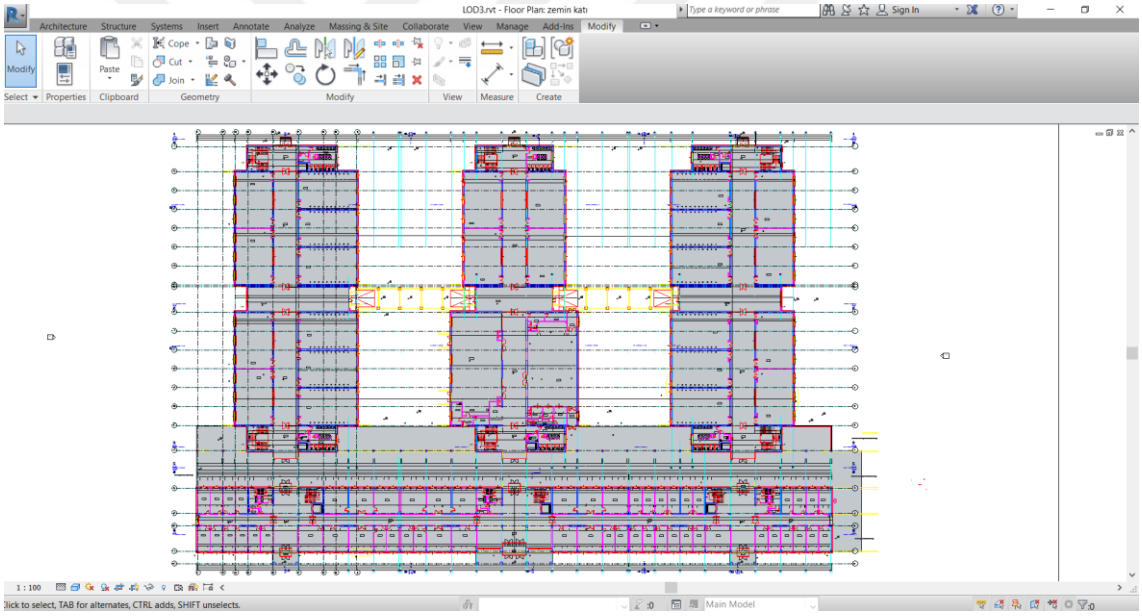


Şekil 5.73 Zemin kat 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017

Zemin kata ait çizim dosyasının çağrılmasından sonraki ilk adım: uygulama başında belirlenen kat seviyelerini kontrol etmek olmuştur. Kat seviyelerinin doğruluğundan emin olunduktan sonraki adımda, bodrum kat planında oluşturulan akslar fraktallaştırılarak, zemin kat dahil olmak üzere diğer 6 seviyeye aktarılmıştır. Referans çizim noktalarının her katta aynı olmasının LoD4 modeli üretim aşamasında sorun yaratmayacağı düşünülmüştür.



Şekil 5.74 Bodrum kat planından aksların fraktallaştırılması

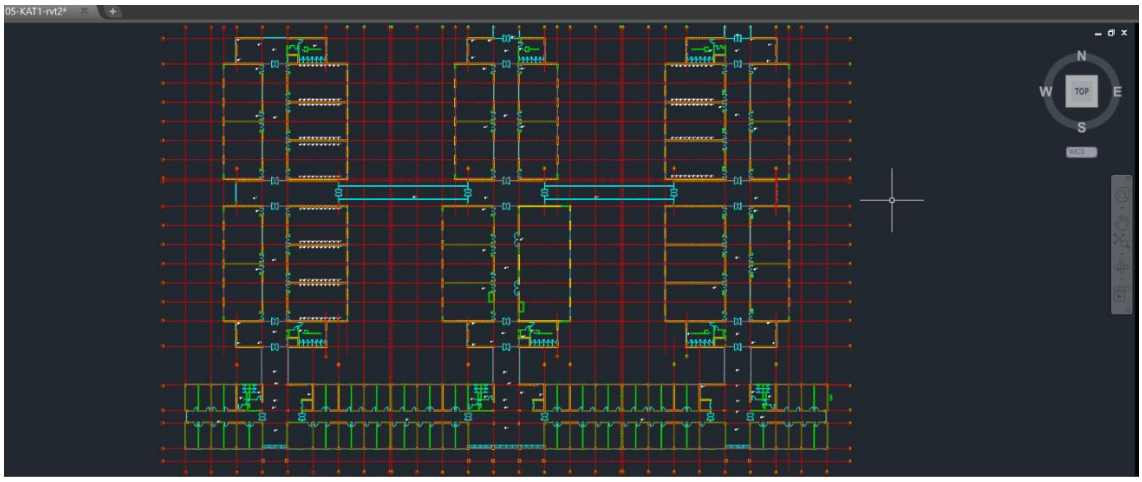


Şekil 5.75 2B mimari çizimlere göre zemin kat taban döşemelerinin oluşturulması

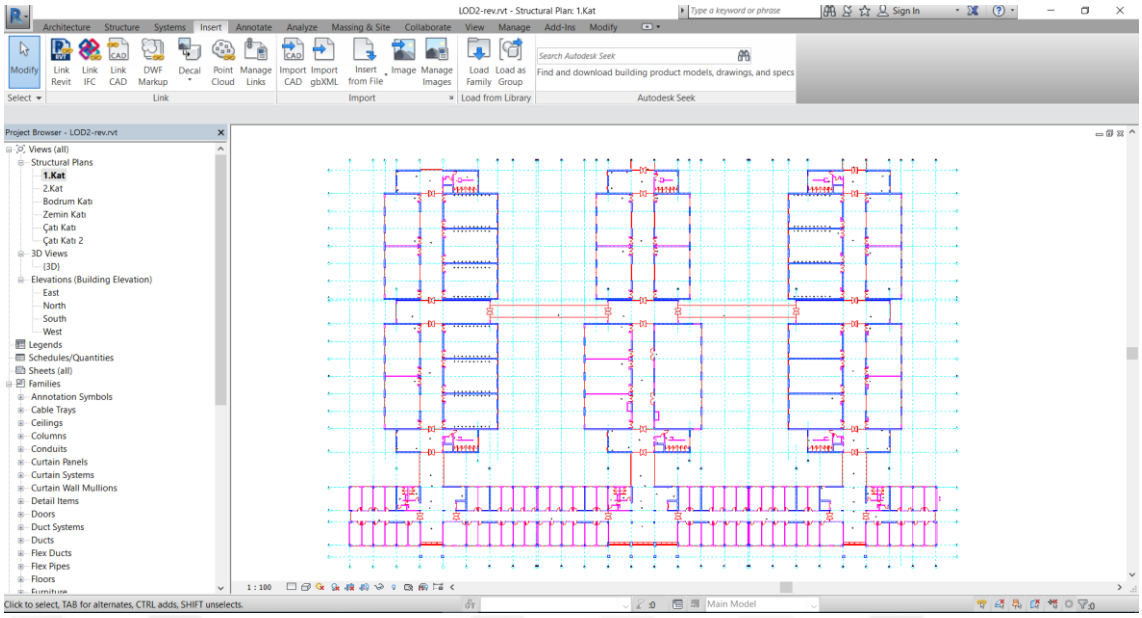
Modelleme işleminde bina sınırları, zemin kat genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak, döşeme çizilirken de mimari çizimlere mutlak uyum gözetilerek netleştirilmiştir. LoD4 ayrıntı düzeyinde, zemin kat döşemesi modellendikten sonra, 1. kat döşemesine geçilmiştir. Bodrum kat ve zemin kat için yapılan tüm adımlar sırasıyla 1.kat için de ortaya konmuştur.

1.kat çizim elemanları tabakalandırılırken semantik seçme ve semantik gruplandırma yaklaşımları ortaya konmuştur. Manuel olarak seçilen çizim elemanları semantik seçme ve gruplandırma yaklaşımları ile sınıflandırıldıktan sonra sadece modellemede kullanılacak çizim elemanlarının görselde kalması sağlanmıştır. Böylece, Revit 2017 yazılımında kullanılacak doküman, 2B mimari çizim elemanlarının genelleştirilmesi ile 3B modellemede altlık olarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Açık bırakılan tabakalardan: “Aks-Grid” modellenecek bölgenin tespiti adına yardımcı olması için kullanılmıştır. “Kot Tabakası” ise modellenecek kat ve detayları hakkında yükseklik bilgilerini temin edebilmek adına açık bırakılmıştır. “Beton”, “Bina Duvarı”, “Cam Doğrama” tabakaları ise “Bina Sınırı” adı altında semantik olarak gruplandırılarak tek tabakaya indirgenmiştir. 2B genelleştirilme yaklaşımları ile genelleştirilen çizim dosyasında, 3B modellemeye esas 3 tabaka bırakılmıştır. “Aks-Grid”, “Kot” ve “Bina Sınırı” içerikleri LoD4 3B modelinin üretimi için yeterli kabul edilmiştir. Uygulamada, 2B çizimin genelleştirilmiş çiziminden üretilen 3B modelin de genelleştirilmiş bir 3B model olacağı ortaya konmuştur.



Şekil 5.76 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş 1.kat 2B mimari çizimi



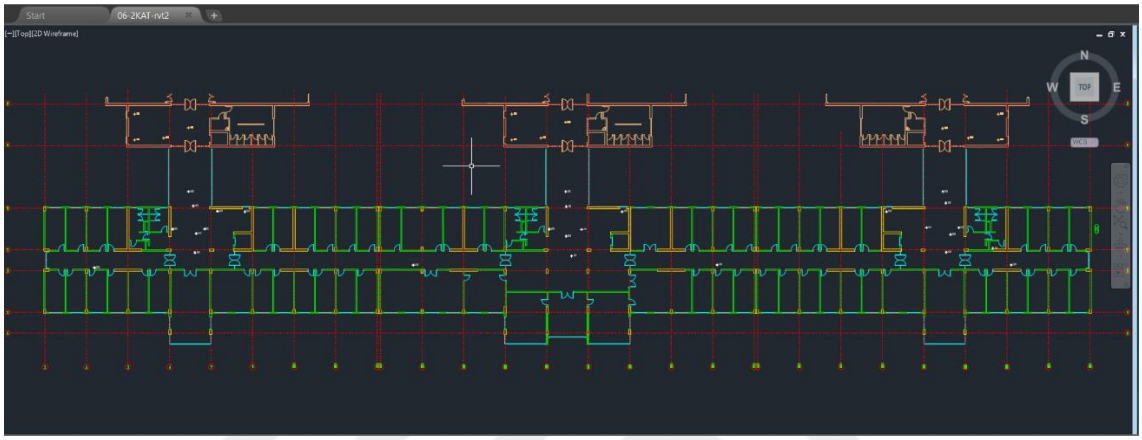
Şekil 5.77 1.kat 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017

1. kata ait çizim dosyasının çağrılmasından sonraki ilk adım: uygulama başında belirlenen kat seviyelerini kontrol etmek olmuştur. Kat seviyelerinin doğruluğundan emin olunduktan sonraki adımda, 1.kat ve 1.kat_2 seviyesindeki taban döşemeleri modellenmiştir. Modelleme işleminde bina sınırları, 1. kat genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak, döşeme çizilirken de mimari çizimlere mutlak uyum gözetilerek netleştirilmiştir. 1.kat döşemeleri modellendikten sonra, 2. kat döşemesine geçilmiştir. Diğer tüm kat planları için yapılan tüm adımlar sırasıyla 2.kat için de ortaya konmuştur.

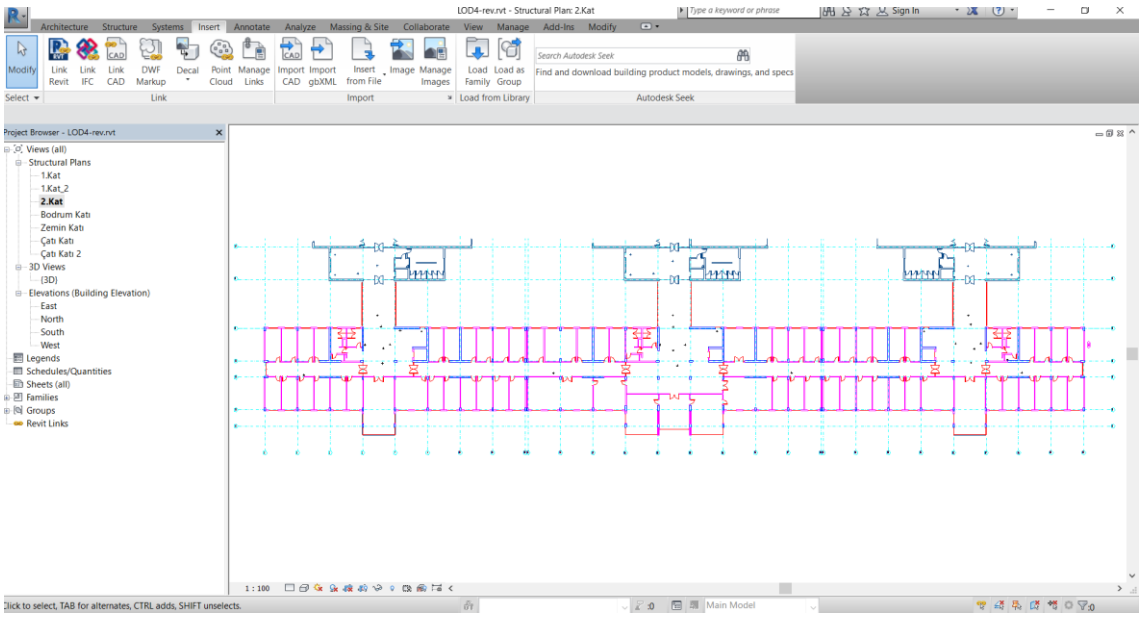
2.kat çizim elemanları tabakalandırılırken semantik seçme ve semantik gruplandırma yaklaşımları ortaya konmuştur. Manuel olarak seçilen çizim elemanları semantik seçme ve gruplandırma yaklaşımları ile sınıflandırıldıktan sonra sadece modellemede kullanılacak çizim elemanlarının görselde kalması sağlanmıştır. Böylece, Revit 2017 yazılımında kullanılacak doküman, 2B mimari çizim elemanlarının genelleştirilmesi ile 3B modellemede altlık olarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Açık bırakılan tabakalardan: “Aks-Grid” modellenecek bölgenin tespiti adına yardımcı olması için kullanılmıştır. “Kot” tabakası ise modellenecek kat ve detayları hakkında yükseklik bilgilerini temin edebilmek adına açık bırakılmıştır.

“Beton”, “Bina Duvarı”, “Cam Doğrama” tabakaları ise “Bina Sınırı” adı altında semantik olarak gruplandırılarak tek tabakaya indirgenmiştir. 2B genelleştirilme yaklaşımları ile genelleştirilen çizim dosyasında, 3B modellemeye esas 3 tabaka bırakılmıştır. “Aks-Grid”, “Kot ve “Bina Sınırı” içerikleri LoD4 3B modelinin üretimi için yeterli kabul edilmiştir. Bu şekilde, 2B çizimin genelleştirilmiş çiziminden üretilen 3B modelin de genelleştirilmiş bir 3B model olacağı ortaya konmuştur.



Şekil 5.78 Aks-Grid-Kot-Bina Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş 2.kat 2B mimari çizimi

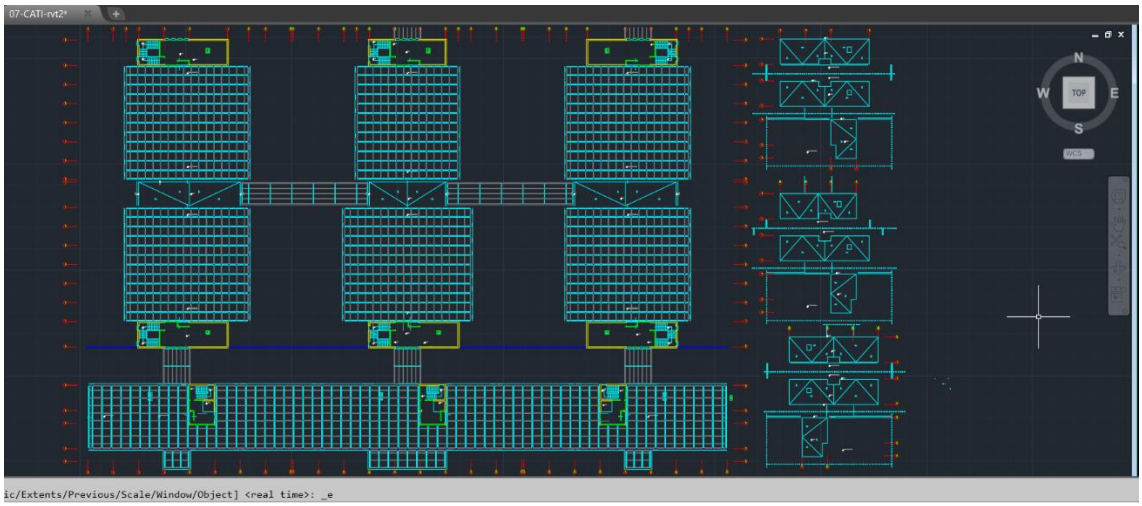


Şekil 5.79 2.kat 2B genelleştirilmiş mimari çizimi Autodesk Revit 2017

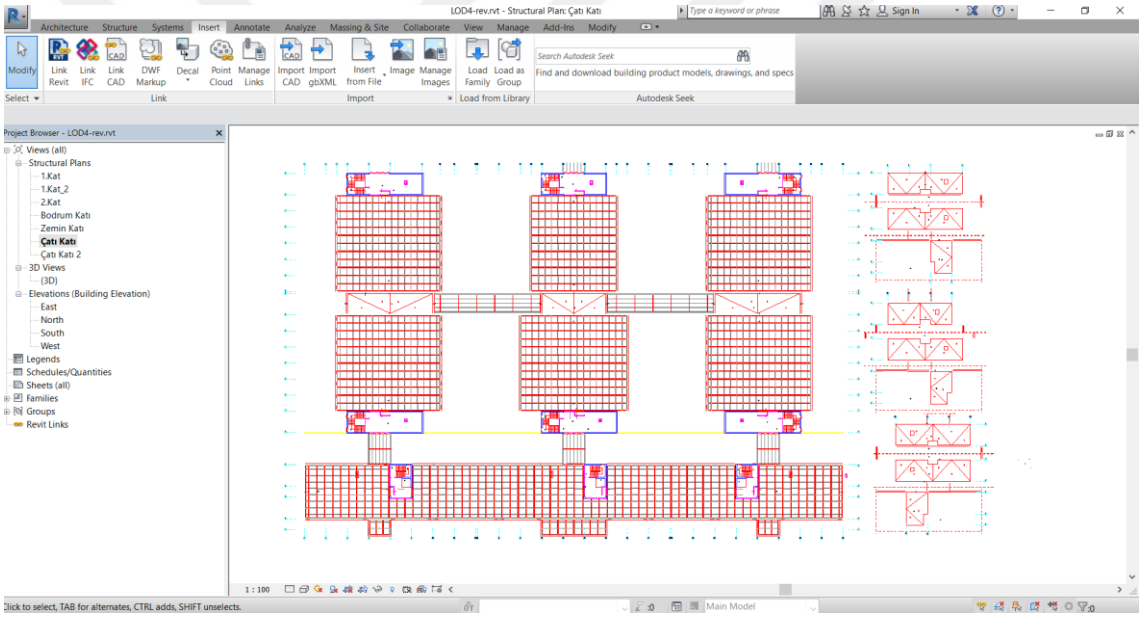
2. kata ait çizim dosyasının çağrılmasından sonraki ilk adım: belirlenen kat seviyelerini kontrol etmek olmuştur. Kat seviyelerinin doğruluğundan emin olunduktan sonra 2.kat seviyesindeki taban döşemesi modellenmiştir. Modelleme işleminde bina sınırları, 2. kat genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak, döşeme çizilirken de mimari çizimlere mutlak uyum gözetilerek netleştirilmiştir. LoD4 ayrıntı düzeyinde, 2. kat döşeme elemanları modellendikten sonra, çatı katı döşemesine geçilmiştir. Diğer tüm kat planları için yapılan tüm adımlar sırasıyla çatı katı için de ortaya konmuştur.

Çatı katı çizim elemanları tabakalandırılırken, diğer kat çizimlerinde de uygulandığı gibi semantik seçme ve semantik gruplandırma yaklaşımları ortaya konmuştur. Manuel olarak seçilen çizim elemanları semantik seçme ve gruplandırma yaklaşımları ile sınıflandırıldıktan sadece modellemede kullanılacak çizim elemanlarının görselde kalması sağlanmıştır. Böylece, Revit 2017 yazılımında kullanılacak doküman, 2B mimari çizim elemanlarının genelleştirilmesi ile 3B modellemede altlık olarak kullanılmaya hazır hale getirilmiştir.

Açık bırakılan tabakalardan: “Aks-Grid” modellenecek bölgenin tespiti adına yardımcı olması için kullanılmıştır. “Kot” tabakası ise modellenecek kat ve detayları hakkında yükseklik bilgilerini temin edebilmek adına açık bırakılmıştır. “Beton”, “Bina Duvarı”, “Görünüş” tabakaları ise “Çatı Sınırı” adı altında semantik olarak gruplandırılarak tek tabakaya indirgenmiştir. 2B genelleştirilme yaklaşımları ile genelleştirilen çizim dosyasında 3B modellemeye esas 3 tabaka bırakılmıştır. “Aks-Grid”, “Kot” ve “Çatı Sınırı” içerikleri, LoD4 3B modelinin üretimi için yeterli kabul edilmiştir. Uygulama genelinde olduğu gibi, 2B çizimin genelleştirilmiş çiziminden üretilen 3B modelin de genelleştirilmiş bir 3B model olacağı ortaya konmuştur.



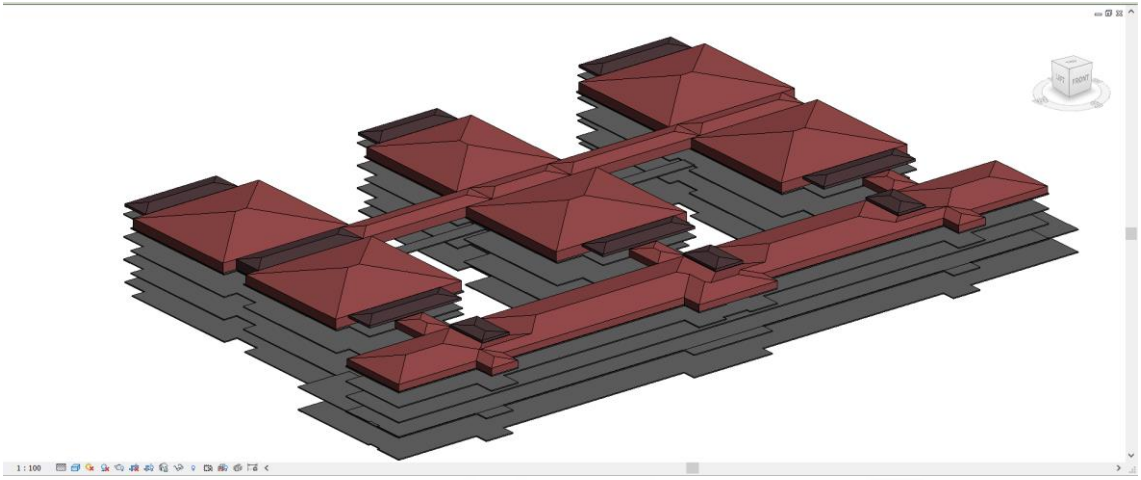
Şekil 5.80 Aks-Grid-Kot-Çatı Sınırı tabakaları ile genelleştirilmiş çatı katı 2B mimari çizimi



Şekil 5.81 Çatı katı 2B genelleştirilmiş mimari çizim Autodesk Revit 2017

Çatı katı için oluşturulan 2B genelleştirilmiş mimari çizimi, diğer kat planlarında da uygulanan adımlar izlenerek, Autodesk Revit 2017 yazılımına aktarılmıştır. Çatı katına ait çizim dosyasının çağrılmasından sonraki ilk adım: belirlenen kat seviyelerini kontrol etmek olmuştur. Kat seviyelerinin doğruluğundan emin olunduktan sonra çatı katı seviyesindeki çatı elemanı modellenmiştir. Modelleme işleminde bina sınırları, çatı katı genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak ve çatı

elemanı modellenirken de mimari çizimlere mutlak uyum gözetilerek netleştirilmiştir.



Şekil 5.82 LoD4 ayrıntı düzeyinde taban döşemelerinin ve çatı döşemelerinin modeli

Tüm kat planlarının taban döşemeleri ve çatı elemanları modellendikten sonra bina cephe duvarları ile bina içi duvarların modellenmesi işlemine geçilmiştir. Uygulamada en alt seviyeden üst seviyeye modelleme yöntemi seçilmiştir. Bu nedenle bodrum katı planı açılarak; "Structure" menüsü altında "Wall" araç çubuğu seçilerek 3B model üretimine başlanmıştır. Perde duvarlar, belirlenen kat sınırlarından bir üst kat seviyesine kadar yükseklik girilerek manuel olarak modellenmiştir. LoD4 ayrıntı düzeyinde iç duvarların temsili de gerekli olduğundan duvarlar modellenirken eleme işlemleri diğer detay düzeylerindeki kadar genel yapılmamıştır. Uygulamada, diğer ayrıntı düzeyindeki çalışmalardan farklı olarak duvar kalınlıkları mimari çizimde yer alan bina içi duvarlara da uygun olarak belirlenmiştir.

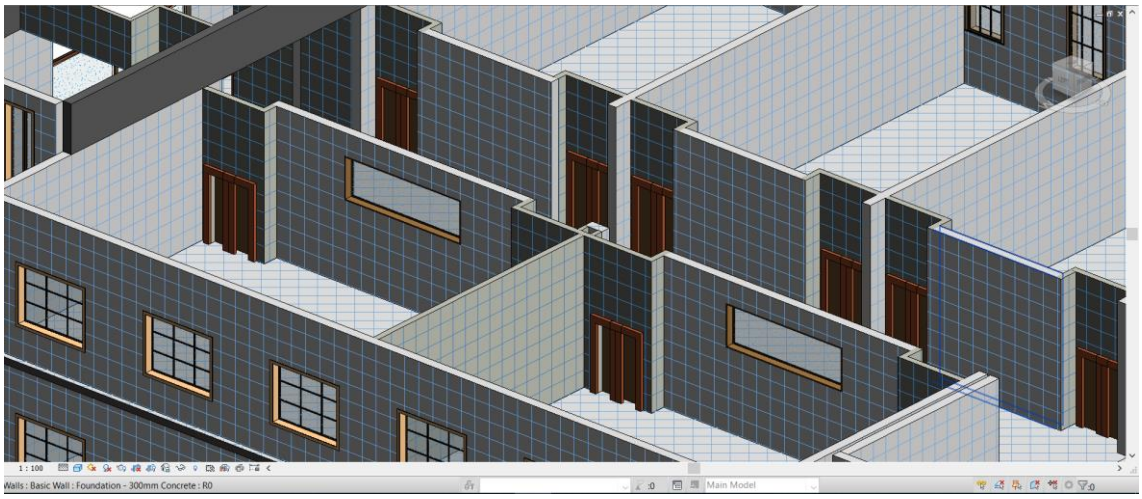
Yapılacak uygulamadaki detaylandırma seviyesine göre duvar tabakası özellikleri geliştirilerek, farklı modelleme elemanları oluşturulabilir. Oluşturulan her bir elemana yeni isim verilerek, boyut ve malzeme türü belirlenerek, ihtiyaç duyulan şekilde döşeme elemanı oluşturulur, her bir eleman obje kütüphanesini zenginleştirir.

Duvarların modellenmesinde, her kat seviyesinde modelleme işlemi ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Duvar modellerinin bitirilmesi ile kolonların modellenmesi işlemine geçilmiştir. Kiriş elemanlarının tümü eleme yöntemiyle modelden elimine edilerek genelleştirilmiştir. Mimari çizimde yer alan farklı kolon tiplerinin tespiti yapılarak; ihtiyaç duyulan sayı ve boyutlarda kolon oluşturulmuştur. Oluşturulan kolonların hepsi mimari çizimdeki konumlarında modele eklenmiştir. Modelleme aşamasında kolonların bazıları modelden elenmiştir. Kolonlar, model üzerine eklenirken, bazı bölgelerde öteleme işlemi uygulanarak genelleştirilmiştir. Perde duvarların ilk olarak modellendiği bölgelerde kolon yerleşimi yapılamadığından bu bölgelerde öteleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Ötelemenin diğer model elemanları sebebiyle yapılamadığı bölgelerde ise kolonlar, perde duvar şeklinde geçilerek tipikleştirilmiştir. Kolonların tüm bu işlem adımları dahilinde modellenmesinden sonra kapıların modellenmesine geçilmiştir.

Mimari çizimde yer alan farklı kapıların tespiti yapılarak; ihtiyaç duyulan sayıda kapı elemanının, eleman kütüphanesine kazandırılması sağlanmıştır. Dış cephede sadece çift açılır, içerde ise tek kapı kullanıldığından 2 obje için de eleman oluşturulup; boyutlara göre türetme işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulamada, birçok kapı stili oluşturulmuş olup; mimari çizime uygun boyutlara göre modelleme işlemi yapılmıştır.

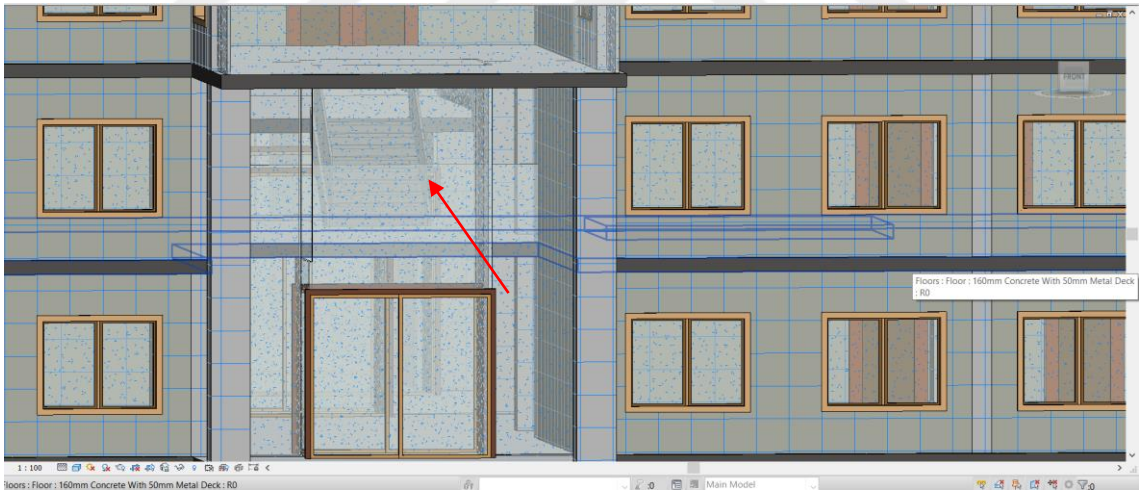
Kapıların, tümüyle modellenmesi bitirildikten sonra: 2B çizimlerde yer alan iç ve dış pencerelerin modellenmesi işlemine geçilmiştir. Mimari çizimlerde yer alan farklı pencerelerin tespiti yapılarak; ihtiyaç duyulan sayıda pencere elemanının, eleman kütüphanesine kazandırılması sağlanmıştır. Dış cephede ve içerde kullanılacak tüm farklı tipler için elemanlar oluşturulup; boyutlara göre türetme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Uygulamada, birçok pencere stili oluşturulmuş olup; mimari çizime uygun boyutlara göre modelleme işlemi yapılmıştır. Yapılacak uygulamadaki detaylandırma seviyesine göre pencere objesi özellikleri geliştirilerek, farklı modelleme elemanları oluşturulabilir.



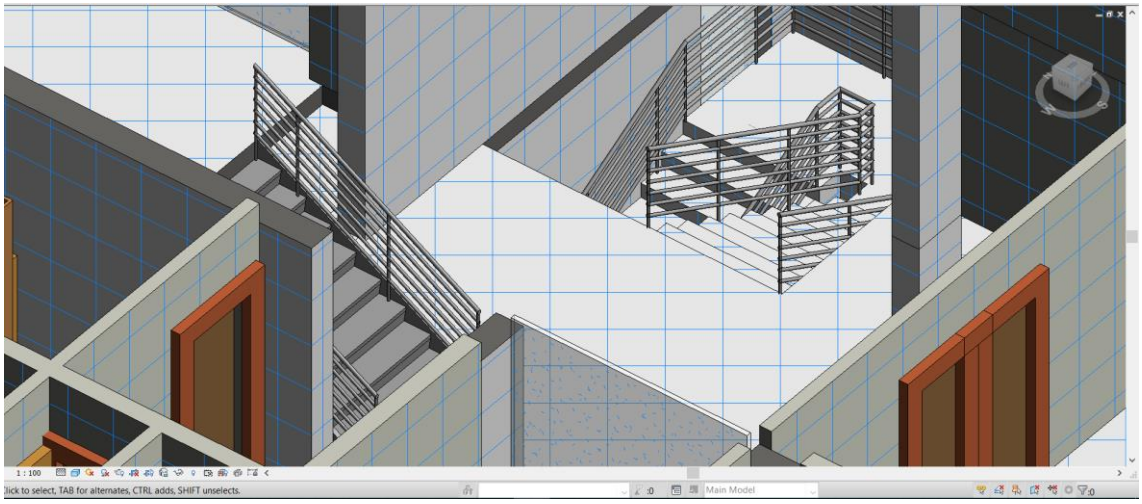
Şekil 5.83 LoD4 seviyesinde kat planlarındaki bağımsız birimler ile bina içi detayların görünümü

İç ve dış pencerelerin de tümüyle modellenmesi bitirildikten sonra bina içi merdivenlerin modellenmesine geçilmiştir. Mimari çizimde yer alan farklı merdivenlerin tespiti yapılarak; ihtiyaç duyulan sayıda merdiven elemanının, eleman kütüphanesine kazandırılması sağlanmıştır.



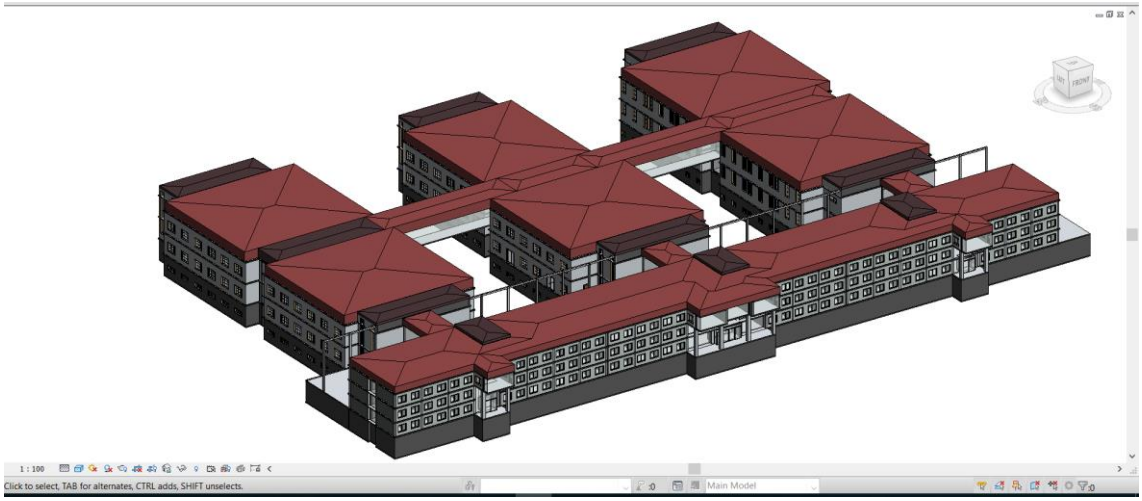
Şekil 5.84 LoD4 ayrıntı düzeyindeki 3B modelde bina içi merdivenin görüntüsü

Uygulamada, sadece 2 merdiven stili oluşturulmuş olup; mimari çizime uygun boyutlara göre modelleme işlemi yapılmışıtır. Yapılacak uygulamadaki detaylandırma seviyesine göre merdiven objesi özellikleri geliştirilerek, farklı modelleme elemanları oluşturulabilir.

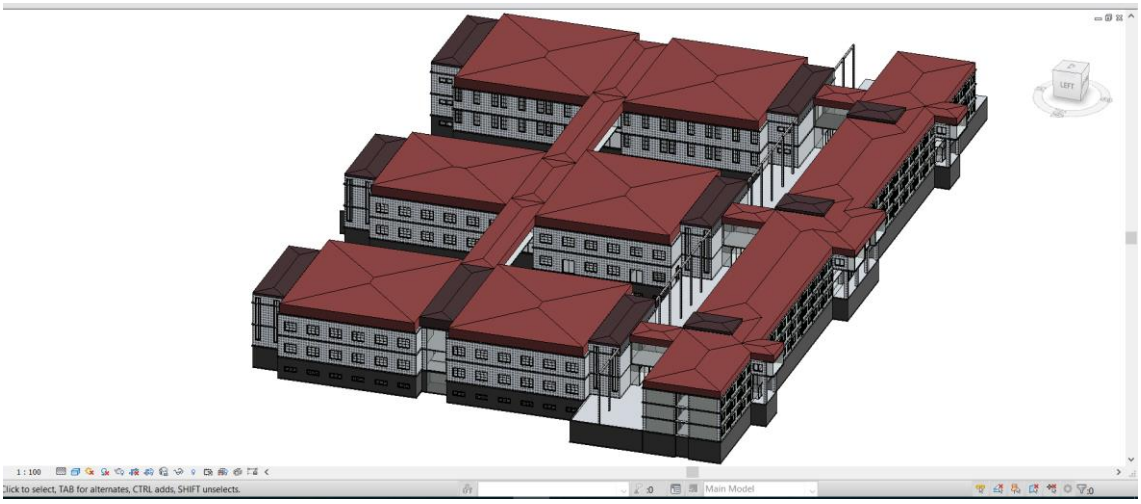


Şekil 5.85 LoD4 ayrıntı düzeyindeki 3B modelde bina içi merdivenin ve şaft görüntüsü

Merdivenlerin de modele eklenmesinden sonra, temsiline sonradan karar verilen elektrik şaftlarının ve asansör boşluklarının yerlerinin tespiti sağlanarak, modellemesi yapılmıştır. Bu son adımla birlikte, LoD4 ayrıntı düzeyinde 3B modelimiz ortaya çıkmıştır. Genelleştirme işlemlerinin en az uygulandığı bu ayrıntı düzeyinde; kolonların oluşturulması işleminde dönüştürme ve tipikleştirme işlemleri ortaya konmuştur. Bu bağlamda sonuç ürün olan 3B bina modelleri de genelleştirilmiş birer 3B model olarak ortaya çıkmıştır.

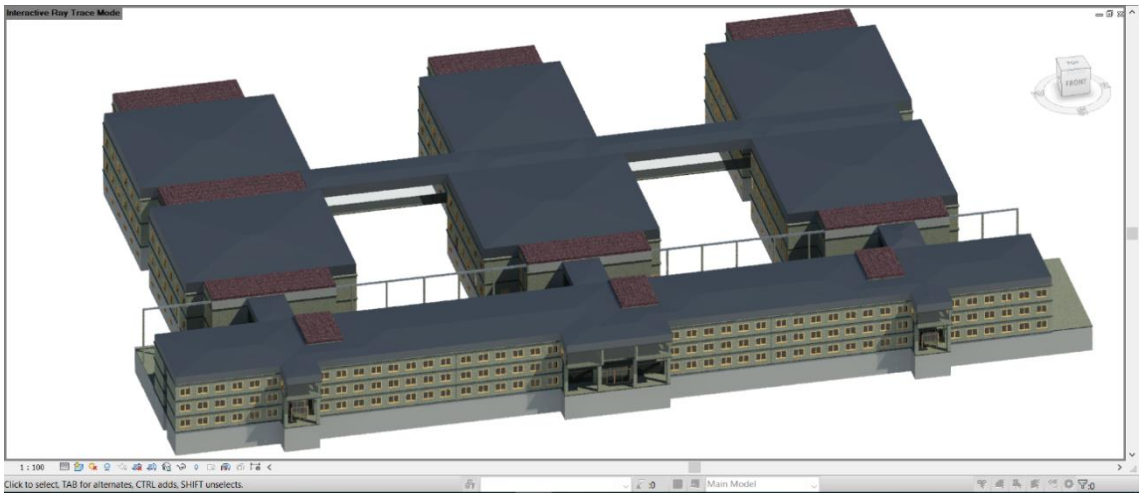


Şekil 5.86 LoD4 ayrıntı düzeyindeki 3B fakülte binaları

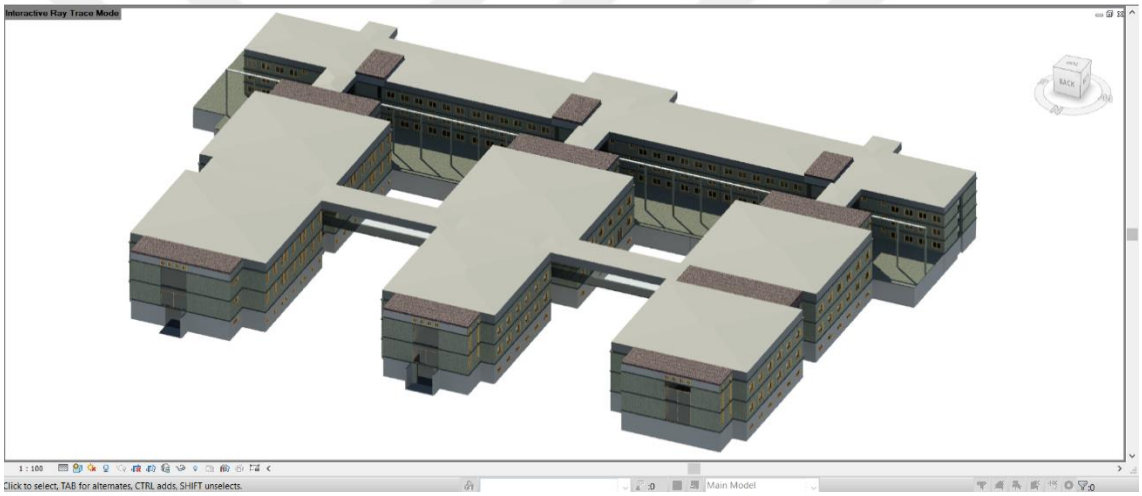


Şekil 5.87 LoD4 seviyesinde farklı yükseklikteki binaların 3B modelleri

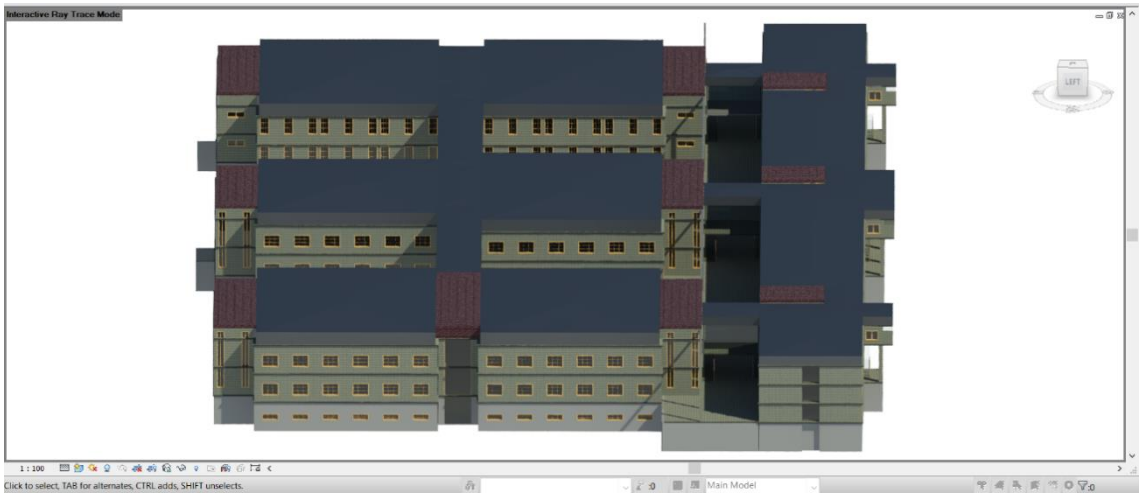
LoD4 ayrıntı düzeyinde, her bir kat döşemesi ayrı ayrı modellenmiştir. Sınırlar, genelleştirilmiş çizimleri baz alınarak, mimari çizimlere mutlak suretle uyularak netleştirilmiştir. Her çatı elemanı ayrı ayrı modellenmiş olup; abartma işlemi uygulanmayarak gerçek görüntüsüne yakın bir temsile ulaşması sağlanmıştır. LoD4 ayrıntı düzeyinde, perde duvarlar ve iç duvarlar mimari çizimlerde yer alan özellikleri ile modele dahil edilmiştir. Bina giriş çıkışları, balkon yapıları ve geçiş koridorları 2B mimari çizimlere uygun olacak şekilde cam duvarlar ile görselleştirilmiştir. Kapı, pencere, kolon, merdiven ve şaft modelleme işlemlerinde de yine tüm işlemler mimari CAD çizimlerine paralel olarak uygulanmış ve bazı detaylar modelden manuel olarak elenmiştir. Kolonlar modellenirken, öteleme ve tipikleştirme yöntemleri kullanılmıştır. Tüm işlem adımları neticesinde, LoD4 ayrıntı düzeyinde mimari projeye uygun ve genelleştirilmiş 3B bina modelleri ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.88 LoD4 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak önden görüntülenme sonucu



Şekil 5.89 LoD4 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak önden görüntülenme sonucu

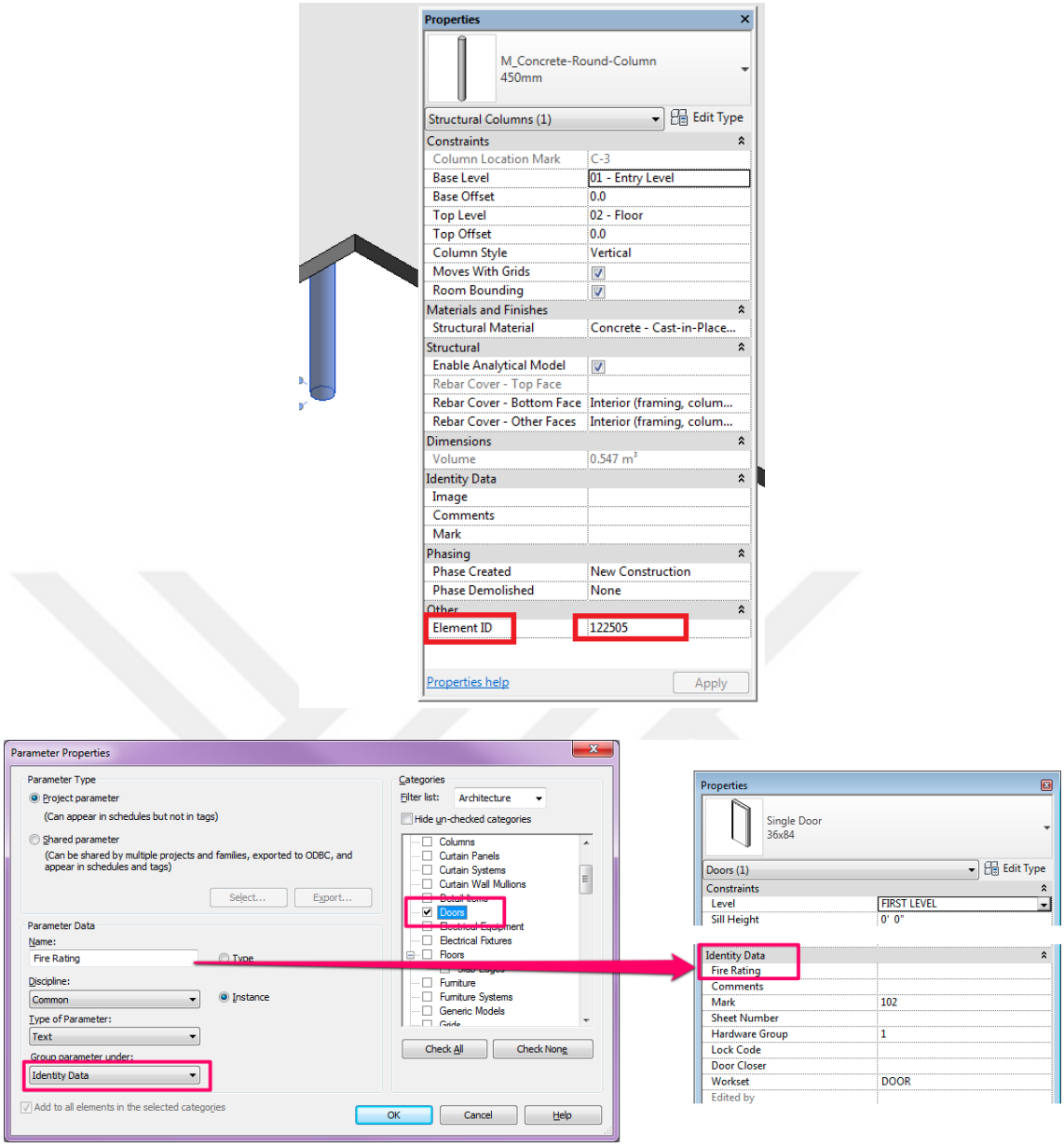


Şekil 5.90 LoD4 ayrıntı düzeyindeki modellerin interaktif olarak yandan görüntülenme sonucu



Şekil 5.91 LoD0 modeli entegre edilmiş olan LoD4 modeli

Tüm ayrıntı düzeylerindeki modeller bu şekilde LoD0 modeli ile entegre edilebilmektedir. LoD4 ayrıntı düzeyindeki 3B modelin Revit 2017 dosya boyutu 37,326 kb tır. Uygulamaların tümünde, kullanılan elemanlar birer kimlik numarası (ID) ile tanımlanmış nesneler ile modellenmiştir. Öznitelik bilgileri, istenen sayı ve özellikte eklenebilir olup, kolon ve kapı örnekleri şekil 5.91'de belirtilmiştir.



Şekil 5.92 Model elemanlarının öznitelik bilgileri

6
SONUÇ VE ÖNERİLER

6.1 Sonuç ve Öneriler

Tez çalışmasında hedef olarak belirlenen, 2B genelleştirme işlemleri uygulanan mimari çizimler üzerinden; genelleştirilmiş 3B bina modellerinin üretilebilmesi manuel olarak gerçekleştirilmiştir. Farklı ayrıntı düzeylerinde (LoD) üretilen modellerin ayrıntı düzeylerinin belirlenmesinde, CityGML LoD tanımları baz alınmıştır. Uygulama sırasında 2B genelleştirilen mimari CAD çizimleri üzerinden, 3B model üretimi gerçekleştirilirken operator tarafından tekrar bir genelleştirme yapılabileceği de uygulamalı olarak gösterilmiştir. Farklı ayrıntı düzeylerinde elde edilen, tüm modellerin 2B genelleştirilmiş çizimler üzerinden üretilmesiyle birlikte 3B genelleştirilmiş bina modellerinin elde edilebildiği ortaya konmuştur.

CityGML'in LoD tanımları çerçevesinde modellenen binaların; en düşük ayrıntı düzeyi olan LoD0'dan, en yüksek ayrıntı düzeyi olan LoD4 dahil 5'er tane 3B modeli elde edilmiştir. Ayrıntılı detay düzeyinden daha kaba detay düzeylerine geçişin genelleştirme ile sağlandığı noktada; en düşük ayrıntı düzeyinden en yüksek ayrıntı düzeyine doğru genelleştirilmiş 3B bina modelleri elde edilmiştir. Üretim aşamasında genelleştirmenin ele alınması ile detayların birçoğu 3B modele dahil olmadan ortadan kaldırılmıştır.

Uygulamada izlenen metodun tersi, yani önce en yüksek ayrıntı düzeyindeki model olan LoD4 ün üretimi ile; sırasıyla LoD3, LoD2, LoD1 ve LoD0 ayrıntı düzeylerindeki modellerin türetilmesi de mümkündür. Bu noktada 3B bina genelleştirmesi adımları günümüzde otomatik olarak yapılabildiğinden uygulama farklı bir bakış açısıyla ortaya konmuştur. BIM' de üretilen yüksek ayrıntı düzeyindeki 3 boyutlu model otomatik yazılımlar kullanılarak ya da manuel olarak daha düşük ayrıntı düzeylerine de indirgenebilmektedir.

3 boyutlu karmaşık bina modellerinde; amaca ve hedefe yönelik olarak binaların önce 2B genelleştirilmesi 3 boyuta geçmeyi daha da kolaylaştırmaktadır. Bu yöntem ile 3B bina genelleştirilmesi adımlarıyla elde edilen sonuç ürün ile genelleştirilmiş 2B bina modeli üzerinden elde edilen: 3B genelleştirilmiş bina modellerinin yakın temsillerde olduğu görünmektedir.

3B bina genelleştirme, model üzerinde elimine edilebilecek en küçük obje boyutu ve elimine edilebilir en büyük obje boyutu ile de ilişkilendirilmektedir. Modelden elenecek en küçük boyuttaki model elemanına dair en büyük nesne büyüklüğü her LoD seviyesinde farklıdır ve bu değerden daha küçük boyutta olan objeler 3 boyutlu modelden elenir. Otomatik olmayan yani manuel uygulamalarda ise buna kullanıcı yorumu da dahil olmaktadır.

Uygulamada, 3B genelleştirme ile genelleştirilmiş 3B bina modelleri arasında 2B çizimlerin de aslında çok önemli bir noktada olduğunu göstermek ve bu noktadan hareketle, dünya genelinde birçok ülkede yaygın kullanım gösteren BIM ile harita üretim sektörünün oldukça yakınsak paydalarda olduğu gösterilmektedir. 2B'da çizimlerden 3B modellerin türetildiği BIM uygulamalarında farkında olarak ya da olmayarak aslında birçok genelleştirme işlemi gerçekleştirilmektedir. 2B gerçekleştirilen genelleştirme sonucu olarak dünya genelinde üretilen 3B modellerin birçoğu aslında birer genelleştirilmiş 3B modeldir.

3B bina genelleştirilmesinde, BIM in rolünün ilerleyen dönemde daha da artacağı görülmektedir. Henüz manuel olarak gerçekleştirilen modelleme adımlarının teknolojik gelişmeler ile daha da gelişeceği aşikardır.

2B boyutlu çizimlerden, üç boyutlu modellere geçiş başarılı bir şekilde devam etmektedir. Geliştirilmiş iş akışlarından elde edilen ve bilançoya yansıyan somut getirileri sayesinde mimarlık, mühendislik ve inşaat sektörlerinde üç boyutlu modelleme kullanımı hızla artmaktadır. Bu noktada BIM inşaat ve altyapı projelerinde zaman ve bütçe tasarrufu sağlamaktadır.

BIM Kullanımı Sonuçları

Harita üretim sektöründe; gelişmiş haritalandırma araçları ve uydu görüntüleri sayesinde, proje alanıyla ilgili kolay erişilebilir bilginin zenginliği, büyük oranda artmıştır. Günümüzde proje başlangıcında, hava araçlarının sağladığı görüntüler, sayısal yükseklik verileri, mevcut altyapının lazer taramaları incelenip hesaplanmakta ve böylece proje hazırlıkları büyük ölçüde kolaylaşmaktadır. BIM sayesinde tasarımcılar, kâğıt üzerinde gösterilemeyen ancak modelde derlenen ve paylaşılan bu girdilerin tümünden faydalanırlar.

Oluşturulan paylaşımlı bir 3B model sayesinde, yapı disiplinlerinin farklı gerekliliklerine yanıt verecek çizimlerin yeniden yapılmasına ve çoğaltılmasına olan ihtiyaç azalır. Bu model, her bir disiplinin projeye yorum yaparak ve de bilgi birikimiyle destek olmasını sağlayarak 2B çizim setlerine kıyasla daha fazla bilgi içerir. BIM çizim araçları, 2B boyutlu çizim araçlarından daha hızlıdır ve her bir nesne veri tabanına bağlıdır. Veri tabanı, metrajda kullanılan pencere boyutu ve sayısında olduğu gibi, 3B model değiştikçe otomatik olarak güncellenen adımlara yardımcı olur. Sadece bileşenlerin bilgisayar yardımıyla hızlı bir şekilde sayılması dahi işgücünde ve harcamalarda dikkate değer bir tasarruf sağlamaktadır.

Kontrol Sağlama

Sayısal 3B model tabanlı iş akışı, otomatik kaydetme ve proje geçmişine bağlantılar gibi yardımcılar içerir. Bu sayede kullanıcılar, projenin üzerinde ne kadar süre harcadıklarının kaydedildiğinden emin olurlar. Modelin sürüm geçmişine bağlantı imkânı, felaket niteliğinde sorunlar doğuran veri kayıplarını veya dosyaların bozulması gibi moralleri sıfırlayan, sinir bozucu olayları ve verimliliği etkileyen tehlikeleri önlemenize yardımcı olur.

İş Birliği Sağlama

Birçok işlev yalnızca dijital iş akışıyla mümkün olduğundan modellerle paylaşım ve iş birliği, çizim setlerine kıyasla daha kolaydır. Bu ekli proje yönetimi fonksiyonelliğinin büyük kısmı, örneğin Autodesk'in BIM 360 çözümleri, artık bulutta sağlanmaktadır. Burada, farklı disiplinlerin karmaşık proje modellerini paylaşması ve çalışma arkadaşlarıyla entegrasyonu koordine etmesi için araçlar

bulunur. İnceleme ve biçimlendirme adımları iki konuda emin olmamızı sağlar: Tüm ekip üyeleri tasarıma katkıda bulunmuştur; konsept tamamlandığında herkes hazırdır ve artık inşaat aşamasına geçilebilir.

Simüle Edilebilme ve Görselleştirme

BIM'in sunduğu bir diğer avantajı ise tasarımcıların farklı mevsimlerdeki güneş ışığı gibi değişkenleri görselleştirmesini sağlayan veya bina enerji performansı hesabının yapılmasına imkân veren simülasyon araçlarının giderek artan sayısıdır. Yazılımın fiziğe dayalı kuralları ve en başarılı uygulamaları kullanma zekâsı, mühendisler ve diğer proje ekibi üyeleri için tamamlayıcı bir unsurdur. Bilgiyi ve kuralları tek bir seçimle hizmete dönüştüren yazılım, performansı en üst düzeye çıkarmak için analiz ve modelleme uygulamalarının büyük kısmını yapabilir.

Çakışmaların Çözülmesi

BIM, örneğin kirişe rast gelen bir su borusu veya kanal sistemi gibi elemanların çakışma tespitini otomatikleştirmeye yardımcı olur. Tüm sistemlerin en başta modellemesi kaydıyla, kesişim ve çakışmalar erkenden fark edilebilir ve bu sayede meydana gelebilecek maliyet ve zaman kaybı azaltılabilir.

Adımların Sıralanması

İnşaat sürecini daha verimli kılmak için malzemelerin ve ekibin koordineli biçimde hareket edebilmesi sağlanmalıdır. Animasyonlarla da desteklenebilen model, adımların ve süreçlerin koordinasyonunu kolaylaştırarak beklenen sonuca doğru öngörülebilir bir yol sağlar.

Tüm Detayları Gösterimi

Model, pek çok bilginin transferi için ortak ve önemli bir noktadır; ancak ihtiyaç durumunda geleneksel bir plan, kesit ve görünüşün yanı sıra diğer raporların da proje ekibiyle paylaşılması gerekliliği söz konusu olabilir. Bu noktada da istenen veriler 3B BIM modeli üzerinden temin edilebilir.

Eksiksiz Biçimde Sunum

Tasarımın tek kaynakta tamamlanmasıyla ve mevcut gerçekliğin değiştirilmesiyle model, projenin kapsamını, adımlarını ve sonucunu iletmek için en ideal iletişim aracıdır. Tasarımın tamamen üç boyutlu olması, ticari alan satmak veya gerekli yasal onayları almak için bir yandan daha az adım atarak etkileyici görüntüler elde etmemizi mümkün kılmaktadır. Diğer yandan da kullanılabilecek 3B model gezinti simülasyonuna (fly-through) kavuşmamıza olanak sağlamaktadır.

Her Zaman Ulaşılabilme

Veri tabanına bağlı bir model sunması BIM'in inşaat alanındaki ek faydalarından biridir. Bu, parmaklarınızın ucunda muazzam miktarda bilginin olması anlamına gelmektedir. Bu becerinin bulutla birleştirilmesi, Autodesk BIM 360 Build yazılımında olduğu gibi, modele ve proje detaylarına her yerde ve tüm cihazlardan erişebilirliği mümkün kılmaktadır.

Bölünmeyi Önleme

BIM'den önce, bir projeyi eksiksiz biçimde görebilmek oldukça zordu; projedeki birbiriyle bağlantısız binlerce doküman nedeniyle tasarım ekibinin büyük resmi görmesi kimi zaman yıllar alıyordu. BIM, projenin tüm dokümanlarını tek bir görünümde toplayarak ekiplerin daha verimli iş birliği yapmasını ve iletişim kurmasını sağlamaktadır.

BIM'in yukarıda belirtilen sebeplere paralel olarak gelişimi, farklı disiplinlerde önemli bir eğilim olarak görülmektedir. Sadece görselleştirme için üç boyutlu bir model olmamakla beraber; bina modellerinin geometrisinin değiştirilebilmesi ve bilgilerin sorunsuz şekilde nitelenebilmesini sağlamasıyla dünya genelinde birçok alanda oldukça fazla kullanılmaktadır.

BIM bilgi paylaşımını kullanarak; sürdürülebilir kalkınma kavramlarına cevap verebilmek için BIM'in CBS alanıyla bütünleştirilmesi ve buna dair takip uygulamaları ile ilgili çalışmalar teknolojiye paralel olarak artmaktadır. BIM ve CBS'nin entegrasyonu sadece birlikte çalışabilirliği artırmakla kalmaz, aynı zamanda birçok noktada zaman kazandırır.

Bentley Systems ve Autodesk gibi firmaların hem BIM hem de CBS uygulamalarını eş zamanlı olarak geliştirmesi sayesinde, pek çok kullanıcı artık, BIM mi CBS mi tarzında rekabetçi yaklaşımdan ziyade, BIM ve CBS'nin yüksek verimli sonuçları birlikte getireceğine inanmaktadır. BIM ve CBS teknolojilerinin, rekabetçi değil birbirlerini tamamlayıcı olduğu düşünülmektedir.

Bir inşaat projesinin yaşam döngüsünde, BIM'in benimsenmesi çok sayıda fayda sağlar; önemli olan, her aşamanın çıktısı olan sayısal bilgileri, bir sonraki aşamanın girdisi haline getirebilmektir. Paydaşların aralarındaki bilgileri daha kolay paylaşabilmeleri sayesinde, her aşamada daha koordineli ve bilgiye dayalı kararlar alınması sağlanır.

Coğrafi bilgiler, yapım sürecindeki tüm karar verme sürecinin önemli bir bileşenidir ve herkesin mekânsal olarak farkındalığını sağlar. CBS kullanımı ve CBS tarafından oluşturulan haritalar, inşaat yaşam döngüsünün farklı aşamalarındaki kullanıcılarına, projenin ortak bir resmini sağlar. CBS bu anlamda, mutlaka geliştirme alanlarında ortak görselleştirme aracı haline gelmelidir.

CBS, görselleştirme yoluyla sayısal anlamda BIM'in değerini artırmaktadır. BIM ve CBS'nin zaman bilgisi ile entegrasyonu, proje katılımcılarının bir projenin inşaatı öncesinde, sırasında ve sonrasında kararların etkilerini daha iyi anlamalarını sağlamaktadır.

BIM ve CBS entegrasyonu, kullanıcılara vatandaşların durumu, sürdürülebilirlik analizi, afet hazırlığı ve çok daha fazla operasyonel ve yönetimsel kullanım uygulamalarını mümkün kılmaktadır. 3B şehir modelleri de bu noktada oldukça önemli bir noktada yer almaktadır.

CBS'lerin özellikle 3B modelleme konusunda, BIM alanında yaşanan gelişmeleri göz önünde bulundurarak, BIM 3B içeriğini, görselleştirmelerini ve analizini daha iyi adapte etmek ve işlemek için geliştirilmesi gerekmektedir. Bu iyileştirmeler, CBS platformlarının, bu yönde gelişmesi birçok çalışmada birçok farklı kapının kilidini açacaktır. Hiç kuşkusuz ki büyük ölçekli 3B şehir modelleri de bu gelişimden olumlu yönde etkilenecektir.

Yapı sektörü, son gelişmeleri göz önünde bulundurmazsak tarihsel olarak kendisini 2B çizimler ile sınırlandırdı ve mekansal altyapıyla bağlantı kuramamıştır. Bu noktada günümüzde CBS, mekansal altyapı ile geometrik ve hiyerarşik ihtiyaçları destekleyen veri modelleri oluşturabildiğinden senaryo farklı bir yöne doğru gitmektedir. Birçok proje teslimde; tasarımın son halinin sayısal ortamda teslim edilmesi ve projenin uzun süreli takibini kolaylaştırması açısından koordinatlandırılmış veri talep edilmektedir. CBS, tasarımlar oluşturulmadan önce, yer seçiminde ve verilerin süreç boyunca entegrasyonunda önemli rol oynamaktadır. Özetlemek gerekirse; sayısal ortamdaki proje, BIM ve CBS'nin verimli entegrasyonu ile çok üst noktalara taşınabilir.

Bu nedenle, BIM / IFC ve CBS'nin dönüşümü bu iki alanın entegrasyonu için önemli bir çalışmadır. Bu noktada genelleştirme ise veri boyutunu belirleyebilmek adına mutlaka kullanılacaktır. Çalışmamızda koordinat sistemleri, alanlar, geometriler ve nitelikler arasındaki ilişkiyi içeren BIM / IFC modelinden farklı CityGML LOD modelleri manuel olarak üretilmiştir. Öncelikle, kullanıcı tanımlı koordinat sistemini BIM'deki dünya koordinat sistemine dönüştürmek için dönüşüm adımları kullanılmıştır. BIM modeli ayrıntılı bir model olduğu için, BIM modelinin CityGML'de farklı LoD’lere dönüştürülmesi otomatik olarak da yapılabilmektedir. Ancak uygulamada CityGML tanımları ile örtüşen modellerin tümü manuel olarak oluşturulmuştur. Bu çalışma ile IFC modelindeki geometri ve öznitelikleri beş farklı ayrıntı düzeyinde, CityGML LoD modeline dönüştürerek ilerde yapılması muhtemel olan binaların geliştirilmesi, binaların yönetimi, kentsel dönüşüm uygulamaları ve farklı uygulamalar için CBS'ye entegrasyonun mümkün hale geleceği ortaya konmuştur.

KAYNAKÇA

[1] M. A. Yücel, “Farklı Ayrıntı Düzeylerinde Üç Boyutlu Kent Modelleme ve Uygulanabilirliğinin Araştırılması,” Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.

[2] A. M. Başaraner, “Nesne Yönelimli Coğrafi Bilgi Sistemi Ortamında Orta Ölçekli Topografik Haritalar için Bina ve Yerleşim Alanlarının Otomatik Genelleştirilmesi,” Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.

[3] M. Sester, “3D Visualization and Generaliztaion,” Photogrammetric Week ’07, 2007, s. 285–295.

[4] M. Kada, “3D Building Generalization Based on Half-Space Modeling,” Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci., cilt 36, no. 2, s. 58–64, 2006.

[5] M. Kada, “3D Building Generalisation,” Proc. 22th Int. Cartogr. Conf. s. 1-6, 2005.

[6] M. Kada, ”3D Building Generalisation and Visualisation,” In: Fritsch, Dieter (ed.): Proceedings of Photogrammetric Week '03, s. 29-38, 2003.

[7] A. Forberg, Generalization of 3D building data based on a scale-space approach, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, cilt 62. 2007.

[8] A. Forberg ve H. Mayer, “Generalızatıon Of 3D Buılding Data Based On Scale-Spaces,” Geoinformatica, 2002.

[9] A. Geiger, J. Benner, ve K. H. Haefele, “Generalization of 3D IFC Building Models,” in 3D Geoinformation Science: The Selected Papers of the 3D GeoInfo 2014, M. Breunig, M. Al-Doori, E. Butwilowski, P. V Kuper, J. Benner, and K. H. Haefele, Eds. Cham: Springer International Publishing, s. 19–35, 2015.

[10] S. U. Baig ve A. A. Rahman, “A three-step strategy for generalization of 3D building models based on CityGML specifications,” GeoJournal, cilt 78, no. 6, s. 1013–1020, 2013.

[11] J. Zhao, J. Stoter, H. Ledoux, ve Q. Zhu, “Repair and generalization of hand-made 3D building models,” 15th ICA Generalisation Workshop, Istanbul, Türkiye, s. 1–10, 2012.

[12] J. C. P. Cheng, Y. Deng, ve Q. Du, “Mapping Between Bim Models and 3D Gis City Models of Different Levels of Detail,” 13th Int. Conf. Constr. Appl. Virtual Real. (CONVR 2013), London, United Kingdom, no. Ekim, s. 502–514, 2013.

[13] P. Liu, C. Li, ve F. Li, “Texture-Cognition-Based 3D Building Model Generalization,” ISPRS Int. J. Geo-Information, cilt 6, no. 9, s. 260, 2017.

[14] K. Kremeike, Generalization of dense digital terrain models while enhancing important objects. Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci., 2004.

[15] The Daily Life of Building Information Modeling (BIM), K. Dispenza, 2010. http://buildipedia.com/aec-pros/design-news/the-daily-life-of-building-information-modeling-bim , 25 Haziran 2019.

[16] M. Erdik, "Yapı Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesinin Adaptasyonu," Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir, 2018.

[17] A. Saraç, "İnşaat Sektöründe Elektronik İhale Sistemleri ve Yapı Enformasyonu Modellemesi Entegrasyonu Örnek Bir Çalışma," Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.

[18] H. Yaman, B. İlhan, "İnşaat Sektörü'nde Bina Enformasyonu Modellemesi Kavramına Genel Bir Bakış," 1. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2010.

[19] M. Hergünsel, "Benefits of Building Information Modeling for Construction Managers and BIM Based Scheduling," Yüksek Lisans Tezi, Faculty of Worcester Polytechnic Institute, 1-89, 2010.

[20] T. Akkoyunlu, "Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi," Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.

[21] İ.Ö. Bildirici, "1:1000-1:25000 Ölçek Aralığında Bina ve Yol Objelerinin Sayısal Ortamda Kartografik Genelleştirmesi", Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2000.

[22] A. Uyar, N. Uluğtekin, "3B Modellemede Genelleştirme Problemleri ve LOD Kavramı," Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.

[23] M. A. Yücel, M. Selçuk, "Üç Boyutlu Kent Modellerinde Ayrıntı Düzeyi (LoD) Kavramı," 2009/2, Jeodezi, Jeoinformasyon Arazi Yönetimi Dergisi, Sayı 101.

[24] S.-C. Yu and T.-A. Teo, "The Generalization of Bim/Ifc Model for Multi-Scale 3D Gis/Citygml Models," Asian Assoc. Remote Sens., 2014.