

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**DÜŞEY MÜLKİYET HAKLARININ 3-BOYUTLU YÖNETİMİ İÇİN YAPI
BİLGİ MODELLEMESİ (BIM)-TABANLI BÜTÜNLEŞİK BİR MODELİN
GELİŞTİRİLMESİ VE ÜÇ-PARÇALI DÖNGÜ YAKLAŞIMI**

DOKTORA TEZİ

Doğuş GÜLER

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

AĞUSTOS 2022

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**DÜŞEY MÜLKİYET HAKLARININ 3-BOYUTLU YÖNETİMİ İÇİN YAPI
BİLGİ MODELLEMESİ (BIM)-TABANLI BÜTÜNLEŞİK BİR MODELİN
GELİŞTİRİLMESİ VE ÜÇ-PARÇALI DÖNGÜ YAKLAŞIMI**

DOKTORA TEZİ

**Doğuş GÜLER
(501162614)**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU

AĞUSTOS 2022

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 501162614 numaralı Doktora Öğrencisi Doğuş GÜLER, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “DÜŞEY MÜLKİYET HAKLARININ 3-BOYUTLU YÖNETİMİ İÇİN YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BIM)-TABANLI BÜTÜNLEŞİK BİR MODELİN GELİŞTİRİLMESİ VE ÜÇ-PARÇALI DÖNGÜ YAKLAŞIMI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Mustafa YANALAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Engin GÜLAL
İstanbul Atlas Üniversitesi

Prof. Dr. Reha Metin ALKAN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU
Gebze Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 5 Temmuz 2022
Savunma Tarihi : 1 Ağustos 2022





Demet ve Tuna'ya,



ÖNSÖZ

Sahip olduğu vizyon ile her zaman örnek aldığım tez danışmanım değerli hocam Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU'na tez süresince sahip olduğu bilgi ve deneyimleri açık bir şekilde paylaşarak akademik birikim anlamında bana kattıkları, pozitifliğiyle tez çalışması sürecinin verimli geçmesini sağladığı, bağımsız bir araştırmacı olarak akademik anlamda kendimi geliştirebilmem için her zaman destek olduğu ve yalnızca bir doktora tez öğrencisinden ziyade bana karşı tutumuyla ortak çalışma yürüten bir araştırmacı olarak hissetmemi sağladığı için teşekkürü borç bilirim.

Tez izleme komitesinde yer alan ve doktora tezi kapsamındaki isteklerime her zaman olumlu yanıt vererek çalışmalarına destek olan Prof. Dr. Mustafa YANALAK'a teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme komitesinin diğer üyesi Prof. Dr. Engin GÜLAL'a ve jüri üyeleri Prof. Dr. Reha Metin ALKAN ile Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU'na değerli görüş ve katkıları için teşekkür ederim.

Yükseköğretim Kurulu (YÖK)'na tez kapsamında yurtdışında araştırma yapmam üzere sağladığı Araştırma Görevlileri için Yurt Dışı Araştırma Bursları (YUDAB) desteği için teşekkür ederim. Bu destek kapsamında 1 yıl süre ile beraber çalışma fırsatı bulduğum akademik anlamdaki yüksek birikimine rağmen sahip olduğu alçakgönüllülükle çok şey öğrendiğim Colorado Boulder Üniversitesi Coğrafya Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Barbara (Babs) BUTTENFIELD'a teşekkürlerimi sunarım.

Uluslararası Ölçmeciler Birliği (International Federation of Surveyors-FIG)'ne doktora tez çalışmalarım için sağladıkları FIG Foundation PhD Scholarship desteği için teşekkürü bir borç bilirim. Bu destek kapsamında Delft Teknoloji Üniversitesi'ne gerçekleştirdiğim kısa süreli araştırma ziyareti için kendisinden davet aldığım ve tanışma fırsatı bulduğum Prof. Dr. Peter van OOSTEROM'a açık yüreklilikle bilgilerini paylaştığı ve ziyaretim sırasında yaptığımız tartışmalar için teşekkür ederim.

İstanbul Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne tez çalışmasını MDK-2019-42092 kodlu proje ile desteklediğinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışması sırasında bana her türlü destek olan İTÜ Geomatik Mühendisliği Bölümü'ndeki çalışma arkadaşlarım ve hocalarıma teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca verdikleri destekten dolayı annem Fatmanur GÜLER ve babam Sebahattin GÜLER'e özel teşekkürü bir borç bilirim. Hem akademik özelliklerine hem de hayata bakış açısına hayran olduğum sevgili eşim Demet ÇILDEN GÜLER'e tez çalışmam boyunca beni her zaman dinleyip hiçbir zaman karamsarlığa düşmememi sağladığı için teşekkürlerimi sunarım. Son olarak tezin yazımı sırasında dünyaya gelip bana motivasyon veren biricik oğlum Tuna GÜLER'e sevgi ve teşekkürlerimi iletirim.

Ağustos 2022

Doğuş GÜLER
(Yüksek Geomatik Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xix
ÖZET	xxiii
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1 Problem Tanımı.....	2
1.2 Çalışmanın Amacı	5
1.3 Metodoloji	7
1.4 Literatür Araştırması	8
1.4.1 3B kadastro ve ilişkili olarak kat mülkiyetine dair çalışmalar	8
1.4.2 Üç parçalı döngüye dair çalışmalar.....	11
1.4.2.1 Dijital yapı ruhsatlandırma süreçleri.....	13
1.4.2.2 Üç boyutlu kent modellerinin güncellenmesi	18
1.4.2.3 Mülkiyet hakkının üç boyutlu tescili	20
2. GENEL BİLGİLER: TEMEL TANIM VE KAVRAMLAR.....	25
2.1 Arazi Yönetimi ve Arazi İdaresi	25
2.1.1 Mülkiyet ve kadastro tanımları	29
2.1.1.1 Mülkiyet nedir ve temel bileşenleri	29
2.1.1.2 Kadastro nedir?	30
2.1.1.3 Kadastro çeşitleri.....	31
2.1.2 Türkiye'deki kadastral sistem	32
2.1.3 Düşey mülkiyet	35
2.1.3.1 Taşınmazlarda üçüncü boyutun oluşumu.....	35
2.1.3.2 Kat mülkiyeti.....	37
2.1.3.3 Üç boyutlu kadastro	38
2.1.4 Arazi idaresi alan modeli	39
2.2 Yapı Ruhsatlandırma Süreçleri	41
2.2.1 Başvuru süreci.....	42
2.2.2 İnceleme süreci	43
2.2.3 İnşaat ve denetim süreci.....	44
2.2.4 Yapı kullanma izni süreci	44
2.3 Yapı Bilgi Modellemesi	44
2.3.1 Mevcut problemler ve yapı bilgi modellemesi ihtiyacı	44
2.3.2 Yapı bilgi modellemesinin tanımı, kapsamı ve faydaları	49
2.3.3 Birlikte çalışabilirlik ve standartlar	54
2.3.3.1 Industry foundation classes	55
2.3.3.2 buildingSMART data dictionary.....	66
2.3.3.3 Information delivery manual.....	66
2.3.3.4 Model view definitions	67

2.3.3.5 Information delivery specification	67
2.3.3.6 BIM collaboration format.....	68
2.4 Coğrafi Bilgi Teknolojileri	68
2.4.1 Coğrafi bilgi sistemi kavramı ve bileşenleri	68
2.4.2 Coğrafi veri standartları	69
2.4.2.1 Infrastructure for spatial information in Europe	70
2.4.2.2 Türkiye ulusal coğrafi bilgi sistemi.....	71
2.4.2.3 CityGML	73
2.4.2.4 CityJSON	75
2.4.2.5 LandInfra/InfraGML	77
2.4.2.6 IndoorGML	77
2.4.2.7 3D Tiles	79
2.4.3 Üç boyutlu kent modelleri ve akıllı kentler.....	79
2.5 Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Yapı Bilgi Modellemesi Entegrasyonu	82
2.6 Veri Modelleme.....	84
3. YAPILAN ÇALIŞMALAR	87
3.1 Kat Mülkiyetine Dair Mevcut Durum Analizi	87
3.1.1 Dünya’da kat mülkiyeti uygulamaları.....	87
3.1.1.1 Hollanda	87
3.1.1.2 İsveç	90
3.1.1.3 Suudi Arabistan	92
3.1.1.4 Çin	96
3.1.1.5 Kanada.....	97
3.1.1.6 Fransa	101
3.1.1.7 Avustralya	103
3.1.2 Türkiye’de kat mülkiyeti uygulamaları.....	105
3.1.2.1 Mevcut mevzuat yapısı.....	105
3.1.2.2 Temel sorunlar ve iyileştirebilir yönler.....	146
3.2 Kat Mülkiyetinin Üç Boyutlu Kaydı ve Yönetimi için Model Geliştirilmesi	162
3.2.1 Entegre bir kavramsal model oluşturulması.....	162
3.2.2 Geliştirilen kavramsal modelin örneklenmesi.....	178
3.2.2.1 Üç boyutlu BIM/IFC modeli üretilmesi ve zenginleştirilmesi.....	178
3.2.2.2 Kat mülkiyetine konu olan hakların üç boyutlu görselleştirilmesi ..	189
3.3 Üç Parçalı Döngü Önerisi.....	196
3.3.1 Parça 1: dijital yapı ruhsatlandırma süreçleri.....	197
3.3.2 Parça 2: üç boyutlu kent modellerinin güncellenmesi	209
3.3.3 Parça 3: mülkiyet hakkının üç boyutlu tescili	216
3.3.4 Üç parçalı döngünün detaylandırılması.....	228
3.3.5 Türkiye bağlamında üç parçalı döngünün değerlendirilmesi.....	233
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	237
4.1 Kat Mülkiyetine Yönelik Geliştirilen Modelin İrdelenmesi	237
4.1.1 Hukuki açıdan irdeleme	237
4.1.2 Teknik açıdan irdeleme	239
4.1.3 Sosyal açıdan irdeleme.....	242
4.1.4 Yapı ruhsatlandırma ile ilişkisi açısından irdeleme	242
4.1.5 Üç boyutlu kent modellerinin güncellenmesi potansiyeli açısından irdeleme	245
4.2 Üç Parçalı Döngünün İrdelenmesi.....	246
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	249
KAYNAKLAR	255





KISALTMALAR

2B	: İki Boyutlu
3B	: Üç Boyutlu
3P	: Üç Parçalı
4B	: Dört Boyutlu
5B	: Beş Boyutlu
ABS	: Arazi Bilgi Sistemleri
ADE	: Application Domain Extension
AEC	: Mimarlık, Mühendislik ve İnşaat
İİS	: Arazi İdare Sistemleri
ALS	: Hava Lazer Tarama
ANN	: Yapay Sinir Ağları
BCF	: BIM Collaboration Format
BIM	: Yapı Bilgi Modellemesi
bSDD	: buildingSMART Data Dictionary
CAD	: Bilgisayar Destekli Tasarım
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CBSGM	: Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü
CGA	: Conformal Geometric Algebra
CIM	: City Information Modeling
CSG	: Constructive Solid Geometry
ÇŞİDB	: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
ETL	: Extract, Transform, and Load
FDM	: Fuzzy Delphi Method
FME	: Feature Manipulation Engine
GUID	: Globally Unique Identifier
HAKAR	: Harita-Kadastro Reform
HBB	: Harita Bilgi Bankası
IAI	: International Alliance for Interoperability
IDM	: Information Delivery Manual
IdS	: Information Delivery Specification

IDSS	: Integrated Design and Delivery
IFC	: Industry Foundation Classes
INSPIRE	: Infrastructure for Spatial Information in Europe
ISO	: Uluslararası Standartlar Teşkilatı
İHA	: İnsansız Hava Aracı
JSON	: JavaScript Object Notation
KMK	: Kat Mülkiyeti Kanunu
KVA	: Konumsal Veri Altyapısı
LADM	: Arazi İdaresi Alan Modeli
LİDAR	: Light Detection and Ranging
LİKHAB	: Lisanslı Harita Kadastro Mühendisleri ve Büroları
LOD	: Level of Development
LoD	: Level of Detail
MAKS	: Mekânsal Adres Kayıt Sistemi
MEGSİS	: Mekânsal Gayrimenkul Sistemi
MVD	: Model View Definitions
NLP	: Doğal Dil İşleme
NLTK	: Natural Language Toolkit
OCL	: Object Constraints Language
OWL	: Web Ontology Language
RASE	: Requirement, Applicability, Selection, Exception
RDF	: Resource Description Framework
SSS	: Sahiplik, Sınırlamalar ve Sorumluluk
STEP	: Standard for the Exchange of Product
SVT	: Semantic Volume Texture
SWRL	: Semantik Web Kural Dili
TAKBİS	: Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi
TCA	: Türkiye Cumhuriyeti Anayasası
TDK	: Türk Dil Kurumu
TGG	: Triple Graph Grammar
TKGM	: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TMK	: Türk Medeni Kanunu
TUCBS	: Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UBM	: Unified Building Model

UK	: Birleşik Krallık
UML	: Bütünleşik Modelleme Dili
VIM	: Değerleme Bilgi Modeli
XML	: Extensible Markup Language





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Türkiye’de yönetmelik ve kanunlara göre yapı ruhsatı alınabilmesi için gerekli belgeler.	43
Çizelge 2.2 : BIM teknolojisinin genel anlamda faydaları.	51
Çizelge 2.3 : LOD seviyeleri ve açıklamaları.	53
Çizelge 2.4 : Kaynak şemasındaki en önemli şemalar ve içerikleri.	60
Çizelge 2.5 : <i>IfcObject</i> varlığı ve doğrudan ilişkili alt varlıkları.	61
Çizelge 2.6 : <i>IfcRelationship</i> varlığının alt varlıkları ve açıklamaları.	62
Çizelge 2.7 : Literatürde en çok kaynak gösterilen akıllı şehir tanımlarından birkaçı.	80
Çizelge 2.8 : Akıllı kent bileşenleri ve ilgili yönleri.	80
Çizelge 3.1 : Kat Mülkiyeti Kanunu’na düzenleme getiren yasal mevzuatların numaraları, değişiklik getirdiği maddeler ve yürürlüğe giriş tarihleri.	106
Çizelge 3.2 : Farklı mevzuatlardaki yapı inşaat alanı tanımları.	137
Çizelge 3.3 : Bağımsız bölümlerin alanlarına ilişkin PAİY’de yer alan tanımlar.	138
Çizelge 3.4 : TKGM tarafından 3B yapı modellerinin CityGML formatında üretiminde uyulacak bağımsız bölüm objelerinin içermesi gereken özellikler.	150
Çizelge 3.5 : TKGM tarafından 3B yapı modellerinin CityGML formatında üretiminde uyulacak bağımsız bölüm kısım objelerinin içermesi gereken özellikler.	153
Çizelge 3.6 : “partUsage” kod listesi.	155
Çizelge 3.7 : TKGM tarafından 3B yapı modellerinin CityGML formatında üretiminde uyulacak bağımsız bölüm kısım / ortak alan iç yapı objelerinin içermesi gereken özellikler.	156
Çizelge 3.8 : TKGM tarafından 3B yapı modellerinin CityGML formatında üretiminde uyulacak ortak alan objelerinin içermesi gereken özellikler.	156
Çizelge 3.9 : Geliştirilen entegre modelin <i>Party</i> ve <i>Administrative</i> paketlerinde kullanılan özellik seti adı (<i>property set name</i>), özellik adı (<i>property name</i>), özellik türü (<i>property type</i>) ve veri türü (<i>data type</i>).	174
Çizelge 3.10 : Geliştirilen entegre modelin <i>Spatial</i> paketi ve <i>Surveying and Representation</i> alt paketinde kullanılan özellik seti adı (<i>property set name</i>), özellik adı (<i>property name</i>), özellik türü (<i>property type</i>) ve veri türü (<i>data type</i>).	175



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : 3P döngünün ana parçaları ve parçaların incelenen alt kategorileri.....	12
Şekil 1.2 : 3P döngünün parçalarıyla ilişkili olarak 2010-2020 yılları arasındaki yayın sayıları.....	13
Şekil 1.3 : 2010-2020 yılları arasında incelenen yayınlarda toplamda en az 4 kez kullanılan anahtar kelimelerin yıllara göre dağılımı.....	14
Şekil 2.1 : Arazi yönetimi paradigması.....	27
Şekil 2.2 : Sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen global arazi idaresi paradigması.....	28
Şekil 2.3 : Mülkiyetin bileşenleri.....	30
Şekil 2.4 : Kadastro parseli ve mülkiyet hakları.....	31
Şekil 2.5 : TKGM organizasyon şeması.....	33
Şekil 2.6 : Türkiye'deki kadastro haritalarının sahip oldukları koordinat sistemine göre dağılımı.....	34
Şekil 2.7 : Türkiye'deki kadastral sistem ile yakından ilgili gelişmelerin zaman çizelgesi.....	36
Şekil 2.8 : Kat mülkiyetine dair temel fiziksel birimler.....	37
Şekil 2.9 : Yıllara göre Türkiye'de oluşturulan yapı ruhsatı sayıları.....	41
Şekil 2.10 : Yıllara göre Türkiye'de oluşturulan yapı kullanma izin belgesi sayıları... ..	42
Şekil 2.11 : Bir yapıya ait örnek BIM modeli gösterimi.....	47
Şekil 2.12 : Gelişmiş bir yapıya ait örnek BIM modelinden bir kesit.....	48
Şekil 2.13 : Bir yapının tüm yaşam döngüsü boyunca dijital bilginin devamlı olarak kullanımına dayanan BIM konsepti.....	50
Şekil 2.14 : IFC standardının gelişiminin zaman çizelgesi.....	56
Şekil 2.15 : EXPRESS-G diyagramı örneği.....	57
Şekil 2.16 : IFC veri modelindeki katmanlar.....	58
Şekil 2.17 : IFC şemasındaki hiyerarşiden bir bölüm.....	61
Şekil 2.18 : IFC modeline bağlı olarak örnek diyagramındaki mekânsal objeler arasındaki hiyerarşik toplama ilişkisini gösteren bir örnek.....	63
Şekil 2.19 : CBS bileşenleri.....	69
Şekil 2.20 : INSPIRE 3B bina şeması.....	72
Şekil 2.21 : CityGML 3.0 modülleri.....	74
Şekil 2.22 : CityGML 3.0 LoD sınıflandırmalarının temsili.....	75
Şekil 2.23 : CityJSON şehir objeleri ve seviyeleri.....	76
Şekil 2.24 : CityJSON dosyası içeriği örneği.....	76
Şekil 2.25 : LandInfra Condominium sınıfı.....	78
Şekil 2.26 : IndoorGML mekân modeli.....	78
Şekil 2.27 : Cesium ile görselleştirilen 3D Tiles verisi örneği.....	79
Şekil 2.28 : 3B / 4B kent modellerinin farklı disiplinlerde kullanımı ile bu disiplinlerin yaklaşımları.....	82
Şekil 2.29 : CBS ve BIM alanları arasındaki örtüşme.....	83
Şekil 2.30 : UML ilişki ve çokluk türleri.....	85
Şekil 3.1 : Noter senedindeki 2B çizim örneği.....	88

Şekil 3.2 : Yasal haklarla zenginleştirilmiş BIM modeli örneği.....	89
Şekil 3.3 : 3B arazi idaresi kapsamında BIM tabanlı mülkiyet hakları gösterimi örneği.	89
Şekil 3.4 : Kat mülkiyeti kurulmuş bir binanın kadastral planları ile Dijital Kadastral İndeks Haritası'ndaki görünümü.....	91
Şekil 3.5 : 3B bağımsız bölümler içeren binanın kesiti ve Dijital Kadastral İndeks Haritası'ndaki 3B görselleştirmesi.....	92
Şekil 3.6 : Örnek kat planı.	94
Şekil 3.7 : Örnek kesit planı.....	94
Şekil 3.8 : Ortak mekanların 3B modellenmesi örneği.....	95
Şekil 3.9 : Yapıdaki bağımsız bölümlerin yasal mekanları.	95
Şekil 3.10 : Mülkiyet objelerinin geometrilerinin ve öz niteliklerinin gösterimi.....	97
Şekil 3.11 : Depo odasının öz nitelikleriyle 3B gösterimi.	97
Şekil 3.12 : Tamamlayıcı plana atıfta bulunulan bir kadastral plan örneği.	99
Şekil 3.13 : Yatay plan (a) ve düşey profil (b).....	100
Şekil 3.14 : Üç farklı bağımsız bölüm içeren bir apartmanın 3B hacimsel gösterimi..	100
Şekil 3.15 : Fransa'daki kadastral plan örneği.....	101
Şekil 3.16 : Bir ortak kısım için tanımlayıcı doküman örneği.....	102
Şekil 3.17 : Örnek bağımsız bölüm planı.	102
Şekil 3.18 : İç (a), orta (b), dış (c) ve diğer (d) sınırlar.....	104
Şekil 3.19 : İç (a), orta (b) ve dış (c) sınırların 3B gösterimi.....	105
Şekil 3.20 : Yapı aplikasyon projesi örneği.	126
Şekil 3.21 : Vaziyet planı örneği.	129
Şekil 3.22 : Örnek bağımsız bölüm planı.	135
Şekil 3.23 : Yapı ruhsatı formunun “yapı ile ilgili özellikler” kısmı.....	139
Şekil 3.24 : Yapı kullanma izin belgesi formunun “konut ile ilgili özellikler” kısmı..	139
Şekil 3.25 : Düzenlemeden önceki kat mülkiyeti tapu senedi örneği.....	140
Şekil 3.26 : Mevcut durumda kullanılan tapu senedi örneği.	141
Şekil 3.27 : FZKViewer yazılımında görselleştirilen örnek bağımsız bölüm objesi ve sahip olduğu özellikler.	157
Şekil 3.28 : FZKViewer yazılımında görselleştirilen örnek bağımsız bölüm kısım objesi ve sahip olduğu özellikler.....	158
Şekil 3.29 : FZKViewer yazılımında görselleştirilen örnek ortak alan objesi ve sahip olduğu özellikler.	159
Şekil 3.30 : IFC şemasının kat mülkiyetine konu hakların 3B modellenmesinde kullanılabilecek varlıklara ilişkin özet gösterimi.	163
Şekil 3.31 : Geliştirilen modelin LADM standardının <i>Party</i> ve <i>Administrative</i> paketlerine karşılık gelen bölümü.	165
Şekil 3.32 : Geliştirilen modelin LADM standardının <i>Party</i> ve <i>Administrative</i> paketlerine karşılık gelen bölümünde kullanılan kod listeleri.	166
Şekil 3.33 : Geliştirilen modelin <i>Spatial</i> paketi ve <i>Surveying and Representation</i> alt paketi.	169
Şekil 3.34 : Geliştirilen modelin LADM standardının <i>Spatial</i> paketi ve <i>Surveying</i> <i>and Representation</i> alt paketine karşılık gelen bölümünde kullanılan kod listeleri.....	171
Şekil 3.35 : Modellenen örnek yapının kat planından bir kesit.	179
Şekil 3.36 : Örnek yapıya ait üretilen BIM modelinin ön cepheden görünüşü.	180
Şekil 3.37 : Örnek yapıya ait üretilen BIM modelinin arka cepheden görünüşü.....	181

Şekil 3.38 : Autodesk Revit yazılımında örnek yapıdaki farklı mekanların (<i>spaces</i>) gösterimi.	182
Şekil 3.39 : Autodesk Revit yazılımında örnek yapı bünyesinde oluşturulan farklı alanların (<i>zones</i>) gösterimi.	184
Şekil 3.40 : IFC verisinin dışa aktarılmasında ilgili özellik setlerinin modele eklenebilmesi için oluşturulan dosya içeriğinin ilk kısmı.	185
Şekil 3.41 : IFC verisinin dışa aktarılmasında ilgili özellik setlerinin modele eklenebilmesi için oluşturulan dosya içeriğinin ikinci kısmı.	186
Şekil 3.42 : IFC dosyasında yer alan özellik seti örneğine ilişkin bir kesit.	187
Şekil 3.43 : Elde edilen IFC dosyasında yer alan <i>IfcZone</i> örneğine (<i>instance</i>) ilişkin bir kesit.	188
Şekil 3.44 : Modellenen örnek yapıdaki ortak alanlara ait 3B yasal mekanlar (<i>legal spaces</i>).	190
Şekil 3.45 : Modellenen örnek yapıdaki ortak kullanıma sahip olunan yapı elemanları.	191
Şekil 3.46 : Modellenen örnek yapıdaki 4 farklı bağımsız bölümün ana birimlerine ait yasal mekanlar (<i>legal spaces</i>).	193
Şekil 3.47 : Modellen yapıda 1 ana birime ve 2 farklı eklentiye dair kullanım hakkına sahip 2 farklı bağımsız bölüm örneği.	194
Şekil 3.48 : Üzerinde oluşan kullanım hakkı türüne göre yapı elemanlarının görselleştirilmesi.	195
Şekil 3.49 : 3P kavramsal gösterimi.	196
Şekil 3.50 : Otomatikleştirilmiş ve entegre edilmiş yapı ruhsatlandırma süreci.	203
Şekil 3.51 : BIM tabanlı otomatik yönetmelik kontrolü işlemi.	204
Şekil 3.52 : Kat mülkiyetinin 3B kaydı.	217
Şekil 3.53 : 3P döngü vizyonunun genel şeması.	229
Şekil 3.54 : 3P döngünün Türkiye bağlamında özelleştirilmiş versiyonu.	234
Şekil 3.55 : Dijital yapı ruhsatlandırma ile 3B kadastral tescil süreçlerini kapsayan BIM/IFC temelli iş akışı.	244



DÜŞEY MÜLKİYET HAKLARININ 3-BOYUTLU YÖNETİMİ İÇİN YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (BIM)-TABANLI BÜTÜNLEŞİK BİR MODELİN GELİŞTİRİLMESİ VE ÜÇ-PARÇALI DÖNGÜ YAKLAŞIMI

ÖZET

Etkin bir arazi yönetimi yaşadığımız çevrenin sürdürülebilirliğinin sağlanması için hayati öneme sahiptir. Bununla ilişkili olarak etkin bir arazi yönetiminin gerçek uygulamalara yansıtılabilmesi için güçlü Arazi İdare Sistemleri (*Land Administration Systems-AİS*)’ne ihtiyaç vardır. Sözü edilen sistemler arazilerin yer altı ve yer üstünde oluşabilecek mülkiyet haklarının bileşenleri olarak Sahiplik, Sorumluluk ve Sınırlamalar (*Rights, Responsibilities, and Restrictions-SSS*)’a ilişkin bilgilerin kadastral bir altyapıda kayıt altında tutulmasıyla ilgilenmektedir. Kentsel alanlardaki arazilerde ise hızlı göç ve bunun sonucu olarak hızlı nüfus artışıyla birlikte çok sayıda yapı inşa edilmektedir. Geçmişten günümüze bu dönüşüm kentsel alanların da genişlemelerinin belli kesimlerine kadar devam ettiği göz önüne alındığında çok katlı yapıların inşa edilmesine neden olmuştur. Gelişen teknolojiler sayesinde bahsedilen çok katlı yapıların karmaşıklığı gün geçtikçe de artmaktadır. AİS kapsamında kayıt altına alınan mülkiyet haklarının bir diğer biçimi de düşey yönde yapılarda oluşabilen kat mülkiyetidir. Yapıların bünyesindeki kendi başına kullanılmaya elverişli bağımsız bölümlerde oluşabilen kat mülkiyeti mevcut durumda tescil edilen önemli mülkiyet haklarından biridir. AİS’ler dünya genelinde yaygın olarak iki boyutlu (2B) konumsal verilerin kullanımına dayalı olarak uygulansalar da mevzuatta tanımlandığı üzere doğası gereği 3. boyuta sahip hakların tesciliyle de ilgilenmektedirler. Ancak geçmişte yaşanan sosyo-ekonomik, çevresel ve hukuki gelişmeler AİS’lerin halihazırda oluşan arazi yönetim sorunlarıyla başa çıkmada yetersiz kalabildiklerini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda AİS’lerin mülkiyet haklarına ilişkin tescil süreçlerinde üç boyutlu (3B) verileri işleme ve yönetebilme kapasitesine sahip bir şekilde geliştirilmelerine ihtiyaç olduğu uluslararası literatürde hâkim görüş olarak yer bulmaktadır. Diğer bir ifadeyle günümüzdeki hızlı kentleşme sürecinde çok katlı ve karmaşık yapılarda kat mülkiyetine konu olan temel hakların eksiksiz bir biçimde tapu siciline tescil edilmesinde 2B verilerin yetersiz kaldığı bir gerçektir. Kat mülkiyetiyle ilgili olarak tüm bağımsız bölümlerin, ortak alanların ve her türlü eklentinin detaylarıyla tescilinde 2B gösterimler ve bilgi notlarının kullanımı düşey mülkiyet haklarına ilişkin gerçek durumu tam olarak yansıtamamaktadır. Bu nedenle kat mülkiyetine konu olan düşey yönlü hakların 3B ve bilgi teknolojisi destekli olarak temsiline gereksinim vardır.

Günümüzde özellikle mimarlık, mühendislik ve inşaat (*Architecture, Engineering, and Construction-AEC*) endüstrisinde bilgisayar destekli tasarımın (*Computer Aided Design-CAD*) yerini alan Yapı Bilgi Modellemesi (*Building Information Modeling-BIM*) teknolojisine yönelik giderek artan bir eğilim görülmektedir. BIM teknolojisiyle yapılara ait modeller obje tabanlı modelleme yaklaşımı kullanılarak ayrıntılı bir şekilde 3B olarak elde edilebilmektedir. Bunun yanında, BIM modellerinin farklı paydaşlar ve uygulamalar arasında birlikte çalışabilirliği ise aynı zamanda bir Uluslararası Standartlar Teşkilatı (*International Organization for Standardization-ISO*) standardı olan açık veri standardı Industry Foundation Classes (IFC) ile

sağlanmaktadır. Etkin bir arazi idaresi uygulaması için ise yine bir ISO standardı olan Arazi İdaresi Alan Modeli (*Land Administration Domain Model-LADM*) ortak bir dayanak oluşturmak amacıyla arazi idaresine ilişkin aktiviteleri, paydaşları, mekânsal objeleri ve aralarındaki ilişkileri kapsayacak şekilde kavramsal bir model sağlamaktadır.

Yukarıda aktarılan tüm bilgiler bağlamında bu tez çalışmasının temel amacı düşey mülkiyete dair kat mülkiyetine konu olan bütün haklara ilişkin hem fiziksel (*physical*) yapı elemanları hem de mantıksal mekanları (*logical spaces*) içerecek şekilde, kadastral tescile ilişkin semantiklerle birlikte, 3B olarak modellenenebilmesi amacıyla LADM ve IFC standartları arasındaki bütünleşik yapıyı sağlamaktadır. Bu amaçla öncelikle dünyadaki 3B kat mülkiyeti uygulamaları incelenerek mevcut duruma ilişkin bir analiz gerçekleştirilmiştir. Ardından Türkiye’deki kat mülkiyeti uygulamalarına ilişkin mevzuat altyapısı ayrıntılı incelenerek kat mülkiyetinin 3B tescili ve yönetimi için ihtiyaçlar belirlenmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında LADM standardındaki özellik sınıflarıyla IFC şemasındaki varlıklar arasında uygun ilişkilerin kurulduğu bir entegre model geliştirilmiştir. Modelin uygulanabilirliğini test etmek amacıyla örnek bir yapının BIM modeli oluşturulmuş ve geliştirilen modelin içeriği zenginleştirilerek nihai IFC modeli elde edilmiştir. Bu anlamda kat mülkiyetine konu olan yasal mekanların (*legal spaces*) yanında çeşitli yapı elemanlarına ilişkin olarak da kadastral tescil bağlamında SSS’lerin bütüncül yapıda modellenmesi mümkün kılınmıştır. Bilhassa yapı ruhsatlandırma sürecinin bir parçası olarak yapı kullanma izni sürecinde onaylanan inşa edilmiş BIM modellerinin yeniden kullanılmasıyla kat mülkiyetine konu olan hakların belirsizliğe mahal vermeyecek bir şekilde betimlenmesinin ve tapu-siciline tescilinin imkân dahilinde olduğu ortaya konmuştur.

Yapılara ilişkin düşey mülkiyet haklarının 3B tescilinin yanı sıra dikkate alınması gereken diğer bir konu da kamu hizmetlerinin dijitalleştirilmesi hususudur. Yeni inşaat başlangıcında, çevresel faktörleri de dikkate alarak yapı projelerinin mevzuatlara uygunluğunun denetlendiği ruhsatlandırma süreçlerinin iyileştirilmesi amacıyla dijitalleştirilmesi ve otomatikleştirilmesine ihtiyaç vardır. İlaveten, inşa edilmiş çevreye dair alınan kararlara bilimsel bir dayanak oluşturan ancak şehirlerde meydana gelen hızlı değişimler nedeniyle güncelliklerinin korunması hayli zorlaşan 3B dijital kent modelleri de gereklidir. Bu nedenle BIM ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı modeller arasındaki etkileşim kaçınılmazdır. Bahsedilen konularla ilgili olarak ortak nokta 3B dijital yapı modelleridir. Bu bağlamda tez kapsamında dijital yapı ruhsatlandırma süreçleri, 3B kent modellerinin güncellenmesi ve mülkiyet haklarının 3B tescilini içeren bir “Üç-Parçalı (3P)” döngü vizyonu önerisi sunulmuştur. Konuyla ilişkili olarak 3P döngüsün her bir parçasına ilişkin ayrıntılı incelemeler gerçekleştirilerek döngünün Türkiye’de uygulanma potansiyeli ortaya konularak, değerlendirme sonuçları verilmiştir.

DEVELOPMENT OF A BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)- BASED INTEGRATED MODEL FOR 3-DIMENSIONAL MANAGEMENT OF VERTICAL PROPERTY RIGHTS AND TRIPARTITE CYCLE PROPOSAL

SUMMARY

In these days, the sustainable development of the smart cities has become crucial due to climate change and excessive urbanization that substantially force the governments to practice complex strategies. These strategies that contain the improvement of the infrastructure facilities, city services, and environmental quality aim to secure the wealth, habitability, and healthiness for citizens.

Effective land management is vital for the sustainability of the built environment. In relation to this, solid Land Administration Systems (LAS) are needed in order to put into practice effective land management. These systems deal with recording the information on Rights, Responsibilities, and Restrictions (RRR) in a cadastral database as components of property rights that may occur both underground and aboveground.

With rapid migration and, as a result, rapid population growth, a large number of buildings are being built on the lands in urban areas. This transformation has led to the construction of multi-storey buildings, considering that the expansion of urban areas continues in certain regions.

Because of the developing technologies, the complexities of these multi-storey buildings are increasing day by day. A type of property rights registered under the LAS is condominium rights that can occur in buildings. Condominium rights, which can be formed in the independent sections of the buildings that are suitable for use on their own, are currently one of the most important property rights registered.

Although LAS are widely implemented around the world based on the use of two-dimensional (2D) data, they deal with the registration of rights that have 3rd dimension by nature, as defined in laws and regulations. However, the legal, social, economic, and environmental developments experienced in the past years reveal that LAS in its present form might be insufficient to cope with the problems that may arise.

At this point, it is the dominant view in the international literature that LAS need to be developed such that they have the capacity to process and manage three-dimensional (3D) data in the registration of property rights. In other words, it is a fact that 2D data is insufficient for the complete registration of the property rights subject to condominiums in today's multi-storey and complex buildings.

Regarding the condominium, the use of 2D representations and information notes cannot fully reflect the real situation regarding vertical property rights in the registration of all condominium units, common areas, and all kinds of annexes with details. For this reason, there is a need for a 3D and information technology-supported representation of the vertical property rights that are subject to condominium ownership.

Today, there is increasing adoption of Building Information Modeling (BIM) technology, which replaces Computer-Aided Design (CAD), especially in the Architecture, Engineering, and Construction (AEC) industry. By means of BIM technology, building models can be obtained in 3D in detail by using an object-based modeling approach. Further, the interoperability of the obtained BIM models between different stakeholders and applications is ensured by the open data standard named Industry Foundation Classes (IFC), which is also an International Organization for Standardization (ISO) standard. For an effective land administration practice, the Land Administration Domain Model (LADM), which is also an ISO standard, provides a conceptual model that includes activities related to land administration, stakeholders, spatial objects, and relations between them in order to create a common basis.

In the light of the information, the main purpose of the thesis is to provide the integration between LADM and IFC standards in order to be modeled the condominium rights in 3D including both physical building elements and logical spaces, together with the semantics regarding their cadastral registration. For this purpose, first of all, 3D condominium applications around the world are examined and an analysis of the current situation is carried out. Then, the legislative basis regarding the condominium practices in Turkey is examined in detail and the needs for the 3D registration and management of the condominium are determined. In the light of the information obtained, an integrated model is developed in which appropriate relationships are established between the features in the LADM standard and the entities in the IFC schema.

In order to test the applicability of the developed model, a BIM model of a sample building is created and the final IFC model is obtained by enriching the content of the created building model. In this sense, it is made possible to model RRR in the context of cadastral registration for various building elements as well as legal spaces subject to condominium rights. It is demonstrated that it is possible to unambiguously represent the property rights subjecting to condominium and to register those in the land registry through the reuse of the especially as-built BIM models approved in the occupancy permit process as a part of the building permit issuing.

In addition to the 3D registration of vertical property rights to buildings, another issue to consider is the digitization of public services. At the start of new construction, there is a need to digitize and automate the licensing processes in order to improve the compliance checking of construction projects by considering environmental factors. Moreover, it is required that 3D digital city models that provide a scientific basis for the decisions taken on the built environment, but that are difficult to keep up to date due to the rapid changes in cities. Therefore, the interplay between BIM and Geographic Information Systems (GIS) based models is inevitable. The common point regarding the mentioned issues is 3D digital building models.

In this context, a tripartite (3P) cycle vision is presented within the scope of the thesis, which includes digital building permit procedures, 3D city model updating, and 3D registration of property ownership. In this regard, detailed analyzes are carried out on each part of the 3P cycle by revealing the potential of the cycle to be implemented in Turkey, and the results of the evaluation are given.

The study provides current and fundamental information about relevant issues by conducting a thorough examination. The detailed description and evaluation of the 3P cycle can be used in forward-looking plannings and policies. The present work puts forward a significant viewpoint that focuses on the efficient use of the 3D digital

building models. Accordingly, this thesis contributes to the body of knowledge by considering the building permit procedures, 3D registration of property ownership, and update of 3D urban models as an integrated concept.





1. GİRİŞ

Günümüzde idareleri ciddi anlamda kompleks stratejileri uygulamaya zorlayan iklim değişikliği ve ölçüsüz kentleşmeden dolayı akıllı şehirlerin sürdürülebilir kalkınması hayati bir öneme sahiptir. Altyapı tesislerinin, kent servislerinin ve çevresel kalitenin iyileştirilmesini içeren bu stratejiler vatandaşlar için refahın, barınma ve sağlıklı yaşamın garanti altına alınmasını amaçlamaktadır (Macke ve diğ., 2019). Akıllı şehirler giderek daha yaygın hale geldiğinden dolayı mekânsal verinin yönetimi ve etkin kullanımı da kayda değer bir unsur olmaktadır (Ma ve Ren, 2017). Bu bağlamda Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Yapı Bilgi Modellemesi (*Building Information Modeling- BIM*) arasındaki etkileşim sürdürülebilir inşa edilmiş çevre (*built environment*) için hem mekânsal verinin farklı seviyelerde entegrasyonunu hem de etkin ve standartlaştırılmış kentsel planlamayı kolaylaştırma potansiyeline sahiptir (Marzouk & Othman, 2020). Bu nedenle bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde ortaya çıkan etkin süreçler ile CBS ve BIM alanları akıllı şehir konseptinin hayata geçirilmesi için kayda değer bir role sahiptir (Wang ve diğ., 2019).

Akıllı inşa edilmiş çevre, arazinin ve doğal kaynaklar ile su kaynaklarının etkin yönetimi ile yakından ilişkilidir. Bahsedilen yönetim için bakış açısı son 50 yıldaki çok sayıda çevresel, sosyal, politik ve teknolojik faktörlerden dolayı derinden değişikliğe uğramıştır. Bunun bir sonucu olarak arazinin ve ilişkili kaynaklarının değeri, mülkiyeti ve kullanımı ile ilgili verilerin tescili ve dağıtımına ilişkin işlemler evrensel olarak arazi idaresi (*land administration*) ile ifade edilmektedir (de Vries ve diğ., 2015; Kalogianni ve diğ., 2020c; Williamson ve diğ., 2010). Konuyla ilişkili olarak Sürdürülebilir Kalkınma 2030 Ajandası global ve kent ölçeğinde sürdürülebilir kalkınmanın gerçeğe dönüştürülebilmesi için oldukça önemli olmalarından dolayı mülkiyetin garanti ve kayıt altına alınmasını içermektedir (United Nations, 2015). Bu nedenle mevcut bilgi ve iletişim teknolojilerinden yararlanan arazi idaresi sürdürülebilir kalkınma amaçları bağlamında planlı kentleşme ve daha iyi bir yerleşimin devamlılığının yanı sıra yüksek verim kalitesinin de sağlanması için

oldukça önemlidir (Aydinoglu ve Bovkir, 2017; Bennett ve diğ., 2019; Orozco ve Steudler, 2017).

Özetle, dijital bilgi teknolojileri ve bilimsel teknikler verimliliğin artırılması, erişilebilirliğin kapsamının genişletilmesi, büyük verinin kullanımına imkân sağlanması ve kamu hizmetlerinin daha kolay ulaşılabilir yapılmasına katkı vermektedir. Ayrıca üretim maliyetlerinin ve zararlı emisyonların azaltılması, kaynak verimliliğinin iyileştirilmesi ile sıfır karbon enerji sistemlerine geçişin kolaylaştırılması için büyük bir potansiyele sahiptirler (Sachs ve diğ., 2019). Bundan hareketle akıllı inşa edilmiş çevrenin, etkin arazi yönetiminin ve e-devlet hizmetlerinin mümkün kılınması bakımından bilgi teknolojilerinin kullanımının oldukça önemli olduğunun aşıkardır (CDBB, 2015; Lindgren ve diğ., 2019; Wagner ve de Vries, 2019). İnşa edilmiş çevrenin sürdürülebilirliği için yapı ruhsatlandırma süreçleri uygulanmakta ve inşa edilen yapılarda mülkiyet haklarının kaydı gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma anlamında kentlerle ilişkili daha ayrıntılı analizlerin gerçekleştirilebilmesinde ise üç boyutlu (3B) kent modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda da dijitalleşmeyle ilişkili olarak yapı ruhsatlandırma süreçleri, mülkiyet haklarının 3B kaydı ve 3B kent modelleri sürdürülebilir ve akıllı şehirlerin hayat geçirebilmesi için oldukça önemli konular olmaktadır.

1.1 Problem Tanımı

Hızlı nüfus artışından dolayı birçok ülkenin kentsel alanlarında yeni yapıların inşaatı için giderek artan bir talep bulunmaktadır (OECD/European Commission, 2020). Böylelikle her bir yeni yapının ruhsat belgesine sahip olması gerektiğinden, akıllı inşa edilmiş çevrenin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için yasal düzenleme mekanizmaları ile politika yapıcılar yapı ruhsatı belgesinin alınması için gerekliliklere ilişkin iyileştirmelerin yollarını aramaktadır. Çok sayıda birim hem yapı ruhsatlandırma sürecinde hem de inşa edilen yapının onay kısmında rol almaktadır. Bu sebeple de yapı ruhsatlandırma özellikle de büyük şehirlerde kompleks bir süreç haline dönüşmektedir. Süreç genellikle mevcut yasa, yönetmelik ve imar planlarıyla yapı tasarımının kontrolü ve inşaatın denetimini içermektedir. Ancak yapı ruhsatlandırma işlemleri şeffaflığın yeterli seviyede olmaması, yoğun dokümantasyon ve inceleme süreçlerinin yavaşlığı gibi bazı olumsuzluklara sahip olabilmektedir (Malsane ve diğ., 2015; Shahi ve diğ., 2019; Tan ve diğ., 2010). Bahsedilen eksiklikler genellikle iki

boyutlu (2B) mekânsal veri çıktılarının kullanılması, manuel incelemeler ve zorlu başvuru adımlarından oluşmaktadır (Macit İlal ve Günaydın, 2017; Tan ve diğ., 2010). Yapı tasarımları, kabul edilen veri formatlarında 3B olarak üretilmelerine rağmen yapı ruhsatlandırmadan sorumlu birimler yaygın olarak başvurularda 2B veriler talep etmektedir.

Bu durum oldukça detaylı 3B yapı tasarımlarından faydalanılamadığı için yapı ruhsatlandırma süreçlerinin etkinliğini de sekteye uğratabilmektedir (Malsane ve diğ., 2015; Preidel ve Borrmann, 2018). Sözü edilen konu önemlidir çünkü yapı ruhsatlandırma kapsamındaki uygunluk kontrolleri bazı durumlarda yeşil alanlar, tarihi koruma alanları ve afet riski yüksek alanlar gibi farklı konularla ilgili kısıtlamalar bulunabildiğinden dolayı yapıların yakın çevreleri de dikkate alınarak gerçekleştirilmektedir (Shahi ve diğ., 2019). Bahsedilen kontrollerde 3B modeller 2B tasarımlara göre daha faydalıdır çünkü 2B veriler yer altı, yer üstü ve yapılarla ilgili hacimsel özelliklere ilişkin olarak uygunluk kontrolünü eksiksiz ve açık bir şekilde mümkün kılamamaktadır. Diğer bir deyişle 3B dijital yapı modelleri kapsadıkları detaylı semantikler ve mekânsal veriler sayesinde entegre uygunluk kontrolünün olanaklı kılınmasına katkı verilmesi için önemli bir potansiyele sahiptir. Bunun yanı sıra eğer dijital yapı modelleri kullanılırsa başvuru süreçleri hem başvuru sahipleri hem de yapı ruhsatlandırma sürecinde uygunluk kontrolünü gerçekleştirenler için daha etkin ve zahmetsiz hale gelebilir (Noardo ve diğ., 2020a). Bununla ilişkili olarak da yapı ruhsatlandırma süreçlerinin dijitalleştirilmesi ve otomatikleştirilmesi süreçte yukarıda sözü edilen olumsuzlukların üstesinden gelinebilmesi için dikkat çeken araştırma konuları olmaktadır. Bu yaklaşım IFC ve CityGML gibi uluslararası kabul görmüş standartlar ile mekânsal veri modellerinden yararlanılmasını kapsamaktadır. Bu bağlamda Türkiye'deki yapı ruhsatlandırma süreçlerinin gelişmişliği bazı ülkelerle kıyaslandığında yetersiz olarak görülmektedir. Dolayısıyla yapı ruhsatlandırma süreçlerini daha etkin bir hale getirecek yapıcı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Bunun yanı sıra dünya genelinde 3B dijital şehir modellerinin üretilmesi için giderek artan bir ilgi bulunmaktadır. Oluşturulan şehir modelleri idarecilere kentsel yönetim için enerji talebi tahmini, tesis yönetimi, afet yönetimi ve vergilendirme ile değerlendirme gibi çok çeşitli açılardan yardımcı olmaktadır (Biljecki ve diğ., 2015; Jackson ve Simpson, 2020). Bununla ilişkili olarak son 10 yıllık süreçte özellikle metropollerdeki yapılar dijital şehir modelleri bağlamında yaygın bir şekilde 3B olarak

betimlenmektedir (Ohori ve diğ., 2018). Mimarlık, mühendislik ve inşaat (*Architecture, Engineering, and Construction-AEC*) şirketleri bilgisayar destekli tasarımın (*Computer-Aided Design-CAD*) yerini alan BIM teknolojileri ile yapıların 3B dijital modellenmesiyle yoğun bir şekilde ilgilenmektedirler. Örneğin, Birleşik Krallık (UK)'da BIM adaptasyonu 2011 yılında %13 iken bu oran 2020 yılında %73'e yükselmiştir (NBS, 2020). Türkiye'de de benzer şekilde BIM teknolojisinin kullanımına yönelik giderek artan bir eğilim olduğu görülmektedir (BIMgenius, 2020). BIM tabanlı modeller daha önceki zamanlarda görselleştirme amacıyla üretilseler de bahsedilen modeller günümüzde yapılarla ilgili farklı analizlerin yanı sıra 3B betimlemeleri içeren kent veya ulusal mekânsal veri tabanlarıyla entegrasyon için kullanılmaktadır. Böylelikle akıllı inşa edilmiş çevrenin dijital dönüşümü üretilen dijital şehir modelleri vasıtasıyla 3B kent modellerinden faydalanmaktadır. Sözü edilen 3B kent modelleri uzmanların görüşü ve modelin kullanım amacına bağlı olarak çeşitli platformlarda farklı teknikler kullanılarak oluşturulmaktadır (Eriksson ve diğ., 2020; Song ve diğ., 2017). Ancak 3B şehir modellerinin üretimi günümüzün kompleks yaşam alanlarında zor bir süreç olmaktadır. Bununla birlikte üretilen 3B mekânsal veri tabanlarının güncel tutulması kentlerde gerçekleşen çok sayıda değişim nedeniyle gün geçtikçe zorlaşmaktadır (Biljecki ve diğ., 2017). Bu nedenle 3B kent modellerinin üretilmesi ve güncellenmesine yarar sağlayacak iş akışları hayli önemli hale gelmektedir. Bu doğrultuda 3B kent modellerini içeren ulusal konumsal veri altyapısını (KVA) bütünüyle sağlayabilmek için Türkiye'de etkin bir iş çerçevesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bir diğer önemli husus ise konumsal nitelikli temel veri setlerinin elde edilmesine, ekonomilerin dijitalleşmesine ve akıllı sürdürülebilir şehirlerin hayata geçirilmesine ciddi derecede katkıda bulunan Arazi İdare Sistemleri (AİS)'dir (Krigsholm ve diğ., 2018; Rajabifard, 2014). AİS'ler arazi parçasıyla ilişkili Sahiplik, Sınırlamalar ve Sorumluluk (SSS)'ları mekânsal olarak yönetebilmek için kadastral veri modellerinden faydalanmaktadır. Ancak mülkiyet tescili için 2B parselleri temel birim olarak kullanan 2B sistemler dünya genelinde mevcut AİS'lerin büyük bir çoğunluğunun altyapısını oluşturmaktadır. AİS'ler 2B parsellerin dijital betimlemesini sağlamasına ve tipik olarak 2B kâğıt-tabanlı kayıtlarla icra edilmesine rağmen bu sistemler doğası gereği 3B olan arazi yüzeyiyle ilgili yer altı ve yer üstü hakların da temsil edilmesi kabiliyetine sahiptir. Ancak sosyal eşitsizlik, kentleşme ve dijital

dönüşüm gibi toplumla ilişkili olaylarla başa çıkılabilmesi için AİS'lerin 3B mülkiyet birimleri bakımından yeniden düzenlenmelerine gereksinim duyulmaktadır. Bu şekilde hem arazi mülkiyetinin garanti altına alınması hem de araziye ilişkin vergilendirme, pazar ve planlama mekânsal kalkınma bağlamında iyileşecektir (Kalogianni ve diğ., 2020c; Kitsakis ve diğ., 2019; Paulsson, 2013; Shojaei ve diğ., 2016). Çok sayıda araştırmacı bahsedilen konunun önemine değinmiştir (Döner ve diğ., 2011; Olfat ve diğ., 2019; Rajabifard ve diğ., 2018; Stoter ve diğ., 2013a). Bu anlamda kompleks yapılarındaki 2B betimlemelerin yetersizliğinden dolayı AİS'lerin konusu olarak mülkiyet haklarının 3B dijital betimlemesi ve kaydı bir gereklilik haline gelmiştir.

Yine konuyla ilişkili olarak çok katmanlı yapılarda kurulabilen mülkiyet hakları bağlamında çok katmanlı yapılar dikkate değer bir ilgiye gereksinim duymaktadır çünkü kat malikleri çok sayıda fiziksel objenin ve bu objelerin ilgili mantıksal mekanlarını (*logical spaces*) kapsayan kat mülkiyeti haklarına dair doğru ve detaylı bilgilere sahip olabilmelidirler. 2B veriler 3. boyuta gereksinim duyan kompleks durumlardan dolayı sözü edilen bilginin temsil edilmesinde istenilen sonuçları vermemektedir. Yapılardaki mülkiyet haklarının 3B temsili böylece 3B kadastro bağlamında güncel bir konu haline gelmektedir. Bu noktada belirtmek gerekir ki “3B Kadastro” kavramının yerini tapu tescili ve kadastro aktivitelerini bütüncül bir şekilde ifade etmesinden dolayı “3B Arazi İdaresi” kavramı almaktadır (Guler ve Yomralioglu, 2021b; van Oosterom ve diğ., 2020). 3. boyuta dönüşüm BIM gibi mevcut modelleme teknolojilerinin kullanımıyla sağlanabilir (Larsson ve diğ., 2020; Oldfield ve diğ., 2017b). Bu bağlamda mülkiyet kaydının 3B dijital dönüşümü kayda değer çabalara rağmen Türkiye’de istenilen seviyeye henüz ulaşmamıştır. Bununla birlikte mülkiyet haklarının BIM ve spesifik olarak Industry Foundation Classes (IFC) kullanılarak betimlenmesine yönelik çok sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu nedenle ülkedeki düşey mülkiyete konu olan kat mülkiyeti haklarının 3B temsili ve kaydını iyileştirecek etkin ve nitelikli bilgi teknolojisi entegreli yenilikçi yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

1.2 Çalışmanın Amacı

Bu tez çalışmasının temel amacı; düşey mülkiyet haklarının yönetimi bağlamında kat mülkiyetine dair 3B kadastral tescil esaslı işlemlerin bilgi teknolojileriyle entegreli,

iyileştirilmesini sağlamaktır. Literatürün yapılarıdaki kat mülkiyetine konu olan hakların daha iyi ve detaylı bir şekilde betimlenmesine oldukça güçlü bir şekilde gereksinim duyulduğu konusunda hem fikir olduğu görülmektedir. Önceki çalışmalar bu sebeple BIM teknolojisi ile ilişkili açık veri standardı olan IFC standardının adaptasyonunun ve verilen desteğin giderek artmasından dolayı yasal hakların 3B temsili için BIM modellerinin yeniden kullanılmasına (*reuse*) odaklanmıştır. Yapılan incelemeler 3B kadastral tescil için kayda değer çalışmalar olmasına rağmen Türkiye’deki mevcut yasal dayanakların dikkate alınarak yapılarıdaki kat mülkiyetine konu olan hakların gerçeğe uygun ve belirsizliğe mahal vermeyecek şekilde temsiline BIM ve özellikle IFC standardının kullanımının detaylı bir şekilde incelenmediğini ortaya çıkarmıştır. Bununla birlikte Arazi İdaresi Alan Modeli (*Land Administration Domain Model-LADM*) ve IFC standartlarının entegrasyonuna ilişkin olarak daha kapsamlı bir modele duyulan ihtiyaç önceki çalışmalarda geliştirilen modellerin iyileştirilmesiyle giderilebilir. Bu anlamda çalışmadaki hedef Türkiye bağlamında yapı ruhsatlandırma ile yapı kullanma izni süreçlerinden elde edilebilecek BIM modellerinin yeniden kullanılması yoluyla kat mülkiyetine konu olan düşey mülkiyet haklarının 3B-Kadastro olarak açık bir şekilde betimlenebilmesi için LADM ve IFC olmak üzere iki adet Uluslararası Standartlar Teşkilatı (*International Organization for Standardization-ISO*) standardı arasındaki model eşleştirilmesinin sağlanmasıdır.

Tez kapsamındaki özgün değerler;

- Türkiye’deki düşey mülkiyete konu olan kat mülkiyeti haklarının 3B-Kadastro betimlenmesi için uluslararası LADM ve IFC standartlarını entegre eden yeni bir model geliştirilmesi,
- IFC yardımıyla yapılara ilişkin kat mülkiyeti haklarının semantikleriyle birlikte yeterli bir seviyede temsiline mümkün kılınması,
- Kat mülkiyetine konu olan yasal ve teknik hakların eksiksiz bir şekilde temsili bağlamında detaylı yapı elemanlarının hangi uygun IFC varlıklarıyla nasıl temsil edilebileceğinin ortaya konulması,
- Geliştirilen modelin örnek bir yapının BIM/IFC modeli ile kullanımının test edilmesi ve gösterilmesi,

şeklinde sıralanabilir.

Bununla birlikte geliştirilen model hem mimarlar ve tasarımcılar tarafından inşaat sektörünün ve kamu hizmetlerinin dijitalleştirilmesi bağlamında tapu ve kadastro birimleri tarafından talep edilen bilgiyi içeren yapı modellerinin üretilmesi için hem de bahsedilen birimler tarafından düşey mülkiyete konu olan hakların modellenmesinin denetimi ve bu hakların 3B olarak tescili ve yayımlanması için kullanılabileceği aktarılabılır.

Bahsedilen problemler ışığında çalışmanın bir diğer amacı da yapıların ruhsatlandırma süreçleri, 3B kent modellerinin güncellenmesi ve mülkiyet kaydının 3B-Kadastro olarak gerçekleştirilmesi işlemlerini kapsayan genel bir iş çerçevesinin geliştirilmesidir. Geliştirilecek bu yaklaşım ile uluslararası veri standartları kullanılarak üretilen dijital yapı modellerinin sözü edilen işlemlerde etkin bir şekilde kullanılmasına katkı verilmesi hedeflenmektedir.

1.3 Metodoloji

Gerçekleştirilen çalışmaların ilk bölümü kat mülkiyetine konu olan hakların 3B temsiliyle ilişkilidir. Bu anlamda öncelikle kat mülkiyetine dair mevcut durum analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analizin ilk kısmı dünyanın farklı ülkelerindeki kat mülkiyeti uygulamalarının incelenmesini kapsamaktadır. Ardından Türkiye bağlamında geliştirilecek entegre modelin içeriğini belirleyebilmek adına ülkede kat mülkiyetine dair mevzuat altyapısı ayrıntılı incelenmiş ve modelleme için gereksinimler ortaya çıkarılmıştır. İlişkili olarak kat mülkiyetine dair hem ülkedeki mevzuat altyapısı hem de yaşanan gelişmeler ışığında sorun teşkil edebilen durumlar ortaya konulmuş ve bahsedilen sorunların giderilebilmesi için uygulanabilecek yaklaşımlar belirlenmiştir. Çalışmanın sonraki bölümlerinde kat mülkiyetinin 3B kadastral kaydı ve yönetimi için LADM ve IFC standartlarını entegre eden bir model geliştirilmiştir. Sonrasında örnek bir yapının BIM modeli oluşturulup kullanılarak geliştirilen modelin uygulanabilirliği gösterilmiştir. Bu aşamada öncelikle BIM modeli geliştirilen entegre modelin içeriğine dayalı olarak fiziksel (*physical*) ve mantıksal (*logical*) objeler ile sahip oldukları semantikler bağlamında zenginleştirilmiştir. Ardından BIM modelinden IFC verisi elde edilerek kat mülkiyetine dair farklı sorgulama ve görselleştirmeler yapılmıştır.

Gerçekleştirilen çalışmaların bir diğer önemli kısmı da; önceki bölümde sözü edilen üç parçalı (3P) döngü ile ilişkilidir. Bu anlamda öncelikli olarak döngünün anlamlandırılması, mevcut süreçlere fayda sağlama potansiyelinin değerlendirilmesi

ve uygulanabilmesi bağlamında parçalar arasındaki ilişkinin ortaya konulabilmesi için her bir parçayla ilgili ayrıntılı incelemeler yapılmıştır. Bu kısmın sonunda, Türkiye’deki mevcut durum ve altyapı bağlamında 3P-döngü yaklaşımının ülke genelinde uygulanabilirliğine dair bir analiz gerçekleştirilmiştir.

1.4 Literatür Araştırması

1.4.1 3B kadastro ve ilişkili olarak kat mülkiyetine dair çalışmalar

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen literatür araştırmasının ilk kısmı kat mülkiyetine konu olan hakların 3B olarak temsil edilmesi üzerinedir. Konuyla ilişkili olarak 3B kadastro kavramı yaklaşık olarak 20 sene önce karşılaşılan farklı durumlarda yapılara ilişkin mülkiyet haklarının gerçek duruma uygun olarak gösterilmesinde 2B betimlemelerin yetersiz kalmasından dolayı araştırılmaya başlanmıştır. 3B herhangi bir kadastral tescilin uygulanabilmesi için arazi idaresi aktivitelerinin tüm bileşenlerini kapsayan kavramsal bir model üretilmesi hem gereklidir hem de avantaj sağlamaktadır çünkü gereksinimlerin belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda 3B mekânsal birimlerin temsilini kapsayan bir ortak dayanak sağladığından dolayı LADM standardı bir ISO standardı olarak yayımlanmasının ardından uluslararası anlamda büyük ilgi çekmiştir. Diğer taraftan inşa edilmiş çevreyle ilgili daha iyi analizler gerçekleştirilebilmesi ve bütüncül kararlar alınabilmesi için detaylı dijital modellere duyulan ihtiyaçtan dolayı inşa edilmiş çevredeki fiziksel objelerin 3B temsili ve modellenmesine odaklanan standartların geliştirilmesi hız kazanmıştır.

CityGML (2.0) standardının yayımlanması dünya genelinde 3B şehir modellerinin üretilmesine katkı sağlamıştır. Bu konuyla ilgili olarak LADM standardının detaylı kavramsal modelinden ve CityGML standardının sahip olduğu zengin fiziksel betimleme kapasitesinden yararlanmak adına araştırmacılar LADM ve CityGML standartlarını mülkiyet haklarının 3B temsili için entegre etmişlerdir (Gózdź ve diğ., 2014; Li ve diğ., 2016; Rönsdorff ve diğ., 2014). Ancak kesin olarak fiziksel objelerle betimlenmeye ihtiyaç duyulmayan mantıksal mekanların temsili konusunda istenilen seviyeye ulaşılamamıştır. Bahsedilen durum, modelleme yaklaşımında mekanlardan (*spaces*) faydalanan CityGML (3.0) standardının yayımlanmasıyla iyileştirilmiştir çünkü örnek vermek gerekirse yapılardaki bağımsız bölümler (veya apartman daireleri) gibi mantıksal mekanlar *BuildingUnit* ve *Storey* olmak üzere iki alt sınıfa sahip *AbstractBuildingSubdivision* özellik sınıfıyla temsil edilebilmektedir.

Diğer yandan, 3B kadaastro için IFC verisinin kullanımına odaklanan fikir 2006 yılına dayansa da BIM modellerinin ve IFC verilerinin kat mülkiyetine konu olan hakların 3B betimlenmesi için kullanımı uluslararası anlamda son yıllarda dikkat çekici bir şekilde artmıştır (El-Mekawy ve diğ., 2014; Kalogianni ve diğ., 2020a; Olfat ve diğ., 2019; Paasch ve Paulsson, 2021; Ramlakhan ve diğ., 2021; Shin ve diğ., 2020). Bunun sebebi olarak BIM teknolojisinin yapılara ve tesislere ait oldukça detaylı semantik ve mekânsal bilgi sağlamasının yanında BIM için global düzeyde artan bir adaptasyon bulunması gösterilebilir. Örneğin; Atazadeh ve diğ. (2017) örnek bir yapının CAD verisinden BIM modeli üretmiş ve yapıdaki yasal hakları göstermiştir. Atazadeh ve diğ. (2017b) Avustralya'daki mülkiyet haklarının gösterimi için muhtemel özellikleri IFC verisine eklemiştir. Atazadeh ve diğ. (2017a) BIM modelleri kullanılarak yasal hakların daha iyi bir şekilde betimlenebilmesi için IFC şemasının *IfcRelReferencedInPrivateProperty* ve *IfcRelReferencedInCommonProperty* gibi farklı varlıklarla genişletilmesini önermiştir.

Sonrasında LADM ve IFC standartlarının entegrasyonu farklı ülkeler için çok sayıda araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Örneğin; Oldfield ve diğ. (2016, 2017a) 3B kadastral kayıt amacıyla LADM standardındaki özellik sınıflarını ve IFC şemasındaki varlıkları eşleştirmiştir. Meulmeester (2019) BIM ve LADM kullanarak kat mülkiyeti haklarının 3B temsilini Hollanda için örneklemiştir. Cemellini ve diğ. (2020a) BIM kullanılarak yasal mekanların 3B olarak betimlenmesini mümkün kılan bir web tabanlı prototip geliştirmiş ve bu tarz prototipler için kullanıcı isterlerini incelemiştir. Ying ve diğ. (2021) bir yapıdaki irtifak haklarının LADM ve BIM kullanılarak nasıl temsil edilebileceğini sunmuştur. Atazadeh ve diğ. (2021) 3B arazi idaresi bağlamında IFC şemasındaki varlıkları LADM standardındaki özellik sınıflarıyla ilişkilendirmiştir. Petronijević ve diğ. (2021) kompleks yapılardaki yasal mekanların temsili için *IfcSpatialStructureElement* varlığının bir alt türü olmak üzere *IfcBuildingPropertyUnit* isimli yeni bir varlık ekleyerek IFC şemasını genişletmiştir. Alattas ve diğ. (2021) Suudi Arabistan için bir yapının IFC verisini bağımsız bölümlere ve duvar, kolon ile tavan gibi farklı yapı elemanlarına ilişkin mülkiyet haklarını içeren yeni özellik setleri ekleyerek genişletmişlerdir. Barzegar ve diğ. (2021a) PostgreSQL bünyesindeki PostGIS ve SFCGAL eklentileri kullanılarak 3B arazi idaresi kapsamındaki 3B sorgulamaları mümkün kılan bir IFC tabanlı veri tabanı geliştirmiştir. Gkeli ve diğ. (2021) kitle kaynak verisinden faydalanan ve web

platformunda yasal mekanları gösteren BIM modellerini görselleştiren BIM tabanlı bir çözüm önerisinde bulunmuştur. Barzegar ve diğ. (2021b) bir mekânsal veri tabanı içerisinde saklanabilmesi için yasal mekanların sınırlarının nasıl belirleneceğine ilişkin bir yaklaşım önermiştir. Hajji ve diğ. (2021) Fas bağlamında sorgulamaları mümkün kılan bir 3B veri tabanı elde edilebilmesi için BIM modellerinin kadastral semantiklerle zenginleştirilmiş CityGML verisine dönüştürülmesini önermiştir. Sun ve diğ. (2019) IFC modeli kullanılarak yapılarıdaki kadastral hakların betimlenmesi için LADM ve CityGML (3.0) standartlarının nasıl entegre edilebileceğini örneklendirmiştir. Broekhuizen ve diğ. (2021) inşa edilmiş BIM modellerinin yasal mekanları betimlemek için ne derecede uygun olduklarını gösterebilmek için farklı yapıların IFC verilerini karşılaştırmışlardır ve ardından IFC ve LADM standartlarını entegre eden bir kavramsal model için bir web platformu geliştirmişlerdir. Einali ve diğ. (2022) İran'ın Tahran kentindeki 3B arazi idaresi uygulamaları için BIM tabanlı bir yaklaşım önermiştir.

Bunun yanı sıra Alattas ve diğ. (2017) iç mekan konumlandırması ve navigasyonu bakımından mülkiyet haklarının betimlenmesi için IndoorGML (OGC, 2020) ve LADM standartlarından faydalanan bir yaklaşım önermiştir. Tekavec ve diğ. (2020) yapılarıdaki yasal mekanların temsilinde LADM standardına dayalı olarak IndoorGML, IFC ve CityGML standartlarını ilişkilendiren bir kavramsal şema önerisinde bulunmuştur. Yapı ruhsatlandırma ve kadastral veri tabanının güncellenmesini içerecek şekilde mekânsal verinin bütün bir yaşam döngüsünü sağlayan bir yaklaşım da önerilmiştir (Oldfield ve diğ., 2018).

Türkiye bağlamında incelendiğinde kat mülkiyetini de içine alan 3B kadastro üzerine araştırma geçmişinin yaklaşık 20 yıl gibi bir süre öncesindeki lisansüstü akademik çalışmalara dayandığı görülmektedir. Bu bağlamda ülkedeki 3B kadastro ihtiyacının ortaya konulmasına dair çalışmalar bulunmaktadır (Özkan, 2009). Geçmiş yıllardaki lisansüstü çalışmaların bir kısmı 3B kadastro bağlamında yararlanılmak üzere mekânsal verilere yükseklik bilgisiyle 3. boyut kazandırılmasını içermektedir. Önceki çalışmaların bir kısmında ise 3B kadastro için veri tabanı tasarımı gerçekleştirilmiştir (Ayazlı, 2006; Öztürk, 2007). Örnek vermek gerekirse Döner (2010) Türkiye'de kadastral sisteme 3. boyutun kazandırılması amacıyla mevcut uluslararası kadastral kavramsal modellere dayalı olarak kadastral hakların coğrafi veriler bünyesinde geometrileriyle birlikte temsil edilebilmesini sağlayan bir mekânsal veri tabanı

geliştirmiştir. Daha yakın zamanda ise ülkedeki 3B kat mülkiyetine dair fotogrametrik yöntemlerle elde edilen verilere dayalı olarak kurulum metodolojisi önerilmiştir (Kuleyin, 2016). Bunun yanı sıra 3B kadastro kapsamında kullanılmak üzere yapılara ait CAD verilerinden yararlanılarak BIM ve CityGML modellerinin üretim aşamaları çalışılmıştır (Şener, 2021; Şirin, 2019).

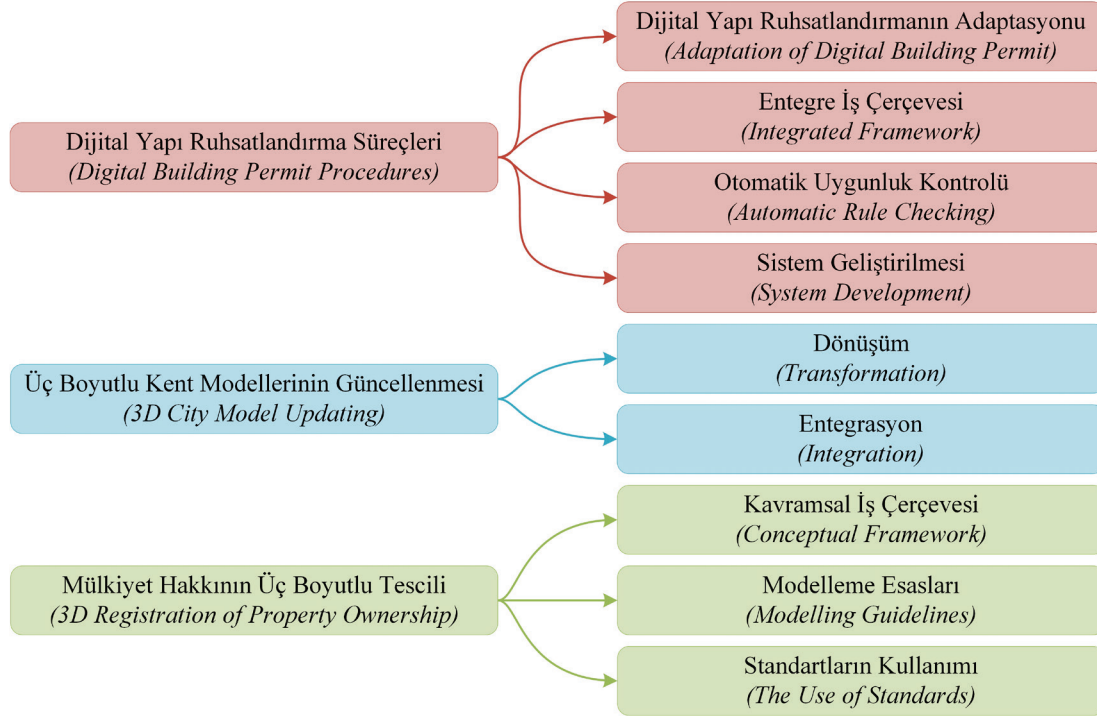
Bununla birlikte Cagdas (2013) Türkiye'deki vergilendirme işlemleri için kat mülkiyetine konu olan haklara ilişkin özellik sınıfları ve ilişkileri de kapsayan bir CityGML Application Domain Extension (ADE) geliştirmiştir. Geliştirilen yaklaşım daha sonra LandInfra/InfraGML (OGC, 2016b) standardında kullanılmıştır. Döner ve Şirin (2020) ülkedeki kat mülkiyetine konu olan hakların 3B gösterimine dair gelişmeleri incelemişlerdir. Alkan ve diğ. (2021) Türkiye için 3B SSS'leri kapsayan LADM standardına dayalı bir kavramsal ülke profili geliştirmiştir. Kara ve diğ. (2021) Türkiye bağlamında kat mülkiyetine konu olan haklara ilişkin özellik sınıfları ve öz nitelikleri kapsayan ve yakın zamanda geliştirilerek LADM standardının yeni versiyonunda yer alacak Değerleme Bilgi Modeli (*Valuation Information Model-VIM*)'nin bir uygulamasını göstermiştir. Yakın zamanda Gürsoy Sürmeneli ve diğ. (2022) dört boyutlu (4B) kadastro bağlamında Türkiye için LADM standardına dayalı bir ülke profili oluşturmuştur. Gürsoy Sürmeneli ve diğ. (2022) Türkiye'deki kadastral hakların 3. ve 4. boyutta betimlenmesini sağlayan bir CityGML ADE önerisinde bulunmuştur.

BIM teknolojisinin kullanımı özelinde değerlendirildiğinde ise Çelik Şimşek (2019) Türkiye'de kat mülkiyetine dair uygulamaları incelemiş ve kat mülkiyetine konu olan hakların temsilinde BIM modellerinin kullanılmasını önermiştir. Bununla birlikte kat mülkiyeti kurulumunda belirlenen arsa payının BIM modellerinden faydalanılarak her bir bağımsız bölüm için hesaplanabilecek güneş kazanımı, görüş açıklığı ve güneş ışığından yararlanma gibi farklı faktörler dikkate alınarak belirlenecek değerine göre oluşturulmasını örneklemiştir. Yakın zamanda ise Eraslanoglu (2021) Türkiye'deki kadastral sistemde BIM modellerinin kullanımı için LADM standardındaki özellik sınıflarıyla IFC şemasındaki muhtemel varlıkların eşleştirilmesini çalışmıştır.

1.4.2 Üç parçalı döngüye dair çalışmalar

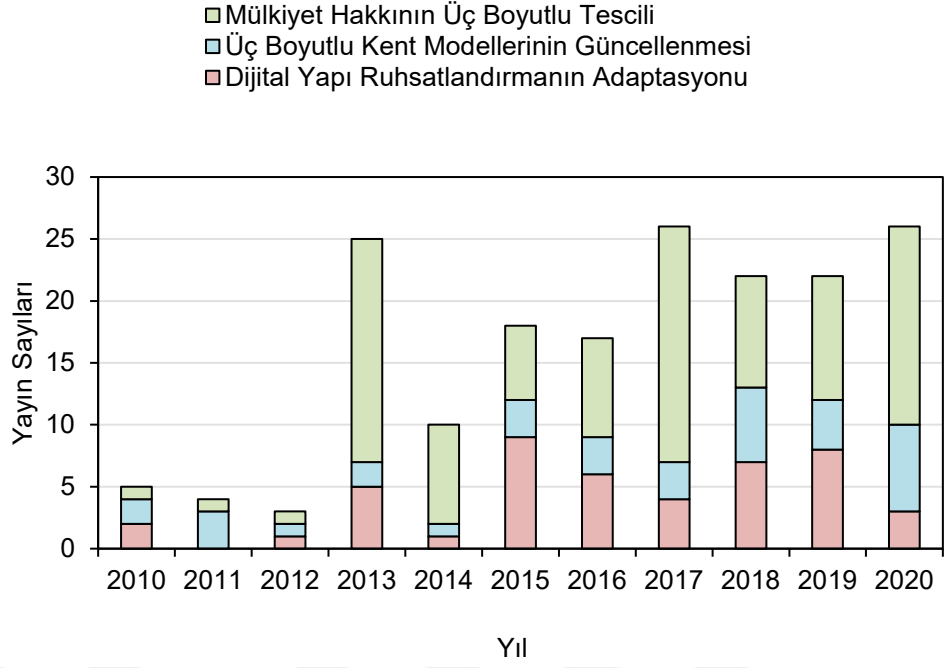
Tez kapsamında gerçekleştirilen literatür çalışmasının ikinci kısmı 3P döngünün parçaları ile ilişkilidir. Literatür incelemesi kapsamında döngünün parçaları da Şekil

1.1’de görülebileceği üzere alt kategorilere bölünerek incelemeler gerçekleştirilmiştir. Şekil 1.2’de ise 2010-2020 yılları arasındaki zaman dilimi içerisinde 3P döngünün incelenen ana parçalarıyla ilgili yayınların sayıları yer almaktadır.



Şekil 1.1 : 3P döngünün ana parçaları ve parçaların incelenen alt kategorileri.

Şekil 1.2’de görülebileceği üzere 2012 yılından sonra parçalara ilişkin yayınların sayısında kayda değer bir artış olmuştur. Bununla birlikte incelenen zaman dilimindeki son 5 yıllık süreçte 3B mülkiyet kaydına ilişkin yayınların 3P döngünün diğer 2 parçasından daha fazla olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca dijital yapı ruhsatlandırma süreçlerine dair yayınların sayısı 2011 ve 2020 yılları hariç olmak üzere bütün yıllarda 3B kent modellerinin güncellenmesinden daha fazladır. Anahtar kelimelerin yıllara göre hangi sıklıkla kullanıldıkları mevcut araştırma trendine dair bir bakış açısı sağlamaktadır. Bu bağlamda Şekil 1.3 yıl bazında toplamda en az 4 kez kullanılan anahtar kelimeleri gösteren ısı haritasını (*heatmap*) içermektedir. Şekil 1.3’de görülebileceği üzere “BIM” ve “3D Cadastre” en çok kullanılan anahtar kelimelerdir. “IFC”, “CityGML” ve “LADM” şeklinde devam eden sıralama ise uluslararası standartların önemini göstermektedir.



Şekil 1.2 : 3P döngünün parçalarıyla ilişkili olarak 2010-2020 yılları arasındaki yayın sayıları.

1.4.2.1 Dijital yapı ruhsatlandırma süreçleri

Dijital yapı ruhsatlandırmanın adaptasyonu

Dijital yapı ruhsatlandırma sürecine dair mevcut adaptasyonunun ortaya konulması hem şu anda gelişmiş bir seviyede sistemin işletildiği ülkelerdeki hem de sistemin iyileştirilmesi adına yakın zamanda adım atılan ülkelerdeki adaptasyonun artırılması için bakış açısı sağlamaktadır. Bu bağlamda farklı ülkelerdeki yapı ruhsatlandırmanın seviyeleri birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Allmendinger ve Sielker, 2018; Beach ve diğ., 2020; Juan ve diğ., 2017; W. I. Lee ve Chiang, 2016). Dijital yapı ruhsatlandırmanın başarıya ulaşamamasına dair muhtemel sebepler; sistem hakkındaki eğitimin yetersiz kalması, verimsiz proje tasarımı, yetersiz motivasyon ve mühendisler ile yapı ruhsatlandırma birimindeki çalışanlar arasındaki iletişim eksiliği olarak tespit edilmiştir (Bellos ve diğ., 2015). Farklı ülkelerde dijital yapı ruhsatlandırmanın etkin bir şekilde uygulanabilmesi amacıyla bir plan oluşturmak için Norveç ve Singapur gibi ülkelerde uygulanan başarılı sistemlerin incelenmesi önem arz etmektedir çünkü sistemlerin farklı karakteristiklere sahip olduğu ve teknolojik ile modelleme anlamındaki iyileşmelerle yakından ilgili olması gerektiği görülmüştür (Hjelseth, 2015).



Şekil 1.3 : 2010-2020 yılları arasında incelenen yayınlarda toplamda en az 4 kez kullanılan anahtar kelimelerin yıllara göre dağılımı.

Bir ülke için başlı başına bir yol haritası oluşturulması araştırılmış ve dijital yapı ruhsatlandırmaya geçiş için yararlı olduğu aktarılmıştır (Beach ve diğ., 2020). Dimyadi ve Amor (2013) adaptasyonun kolaylaştırılması için standardizasyonun

sağlanması ve manuel değişikliklerin azaltılmasıyla inşaat sektörünün beklentilerini karşılayan bir sisteme olan ihtiyacın altını çizmiştir. Bunun yanı sıra IFC formatındaki BIM modellerinin çevre ve yapı hakkındaki daha detaylı bilgilerin elde edilmesinde kullanılabileceğinden dolayı kentsel planlama bağlamında BIM tabanlı yapı ruhsatlandırmanın adaptasyonun arttırılmasının faydalı olacağına değinilmiştir (Allmendinger ve Sielker, 2018).

Entegre iş çerçevesi

Planlama, tasarım ve gerçekleştirme, validasyon, hata tespiti, kod uygunluk kontrolü ve zamansal proje planlaması için BIM modellerinin avantajlarından yararlanan entegre iş çerçevesi yapı ruhsatlandırma süreçlerinin iyileştirilmesi amacıyla önerilmiştir (Ciribini ve diğ., 2016; Mouloud ve diğ., 2019). Diğer bir yandan yapı ruhsatlandırmayla ilgili yönetmelikler yaygın olarak hem yapılar hem de inşa edilmiş çevreyle ilgili kuralları içermektedir. Gölgeleme ve gürültü seviyeleri hakkındaki kısıtlamalar bahsedilen kurallara örnek olarak verilebilir. Bu anlamda dijital yapı ruhsatlandırma süreçleri için CBS ve BIM alanlarından yararlanan entegre iş çerçeveleri için giderek artan bir eğilim bulunmaktadır (Noardo ve diğ., 2020; Shahi ve diğ., 2019).

Akıllı kent yönetimi bağlamında Shahi ve diğ. (2019) idari birimlerin kapasitelerinin arttırılması için hem otomatik uygunluk kontrolü hem de tesis yönetimi için CBS ve BIM teknolojilerinin entegrasyonundan faydalanan bir iş çerçevesi önermiştir. Sırasıyla CBS ve BIM alanları için baskın açık standartlar olmak üzere CityGML ve IFC yapı ruhsatlandırma süreçlerinin dijitalleştirilmesi için sıklıkla incelenmektedir. İlgili çalışmalarda CityGML modellerinin kentsel planlama tabanlı kontrollerin daha objektif hale getirilmesinde faydalı olabileceği ve IFC formatındaki BIM modellerinin de 3B mekânsal planlama kontrollerinde yararlanılabileceğine dikkat çekilmiştir (Wahed ve diğ., 2012). Bununla ilişkili olarak bir CityGML ADE eklentisinin uygulanabilirliği Almanya bağlamında örneklenmiştir (Benner ve diğ., 2010).

van Berlo ve diğ. (2013) BIM tabanlı mekânsal planlamanın uygulanabilirliğinin artması için IFC standardının yazılımların çoğu tarafından desteklenmesinin önem arz ettiğine değinmiştir. Dijital yapı ruhsatlandırma için faydalı olduğundan dolayı IFC ve CityGML arasındaki doğruluk farklılıklarının, georeferanslandırmanın ve koordinat referans sistemi uyumluluğunun iyileştirilmesi önerilmiştir (Onstein ve Tognoni,

2017). Örnek olarak CityGML formatına dönüştürülen inşa edilmiş BIM modellerinin georeferanslandırma işleminin arazi ölçmelerinden faydalanılarak gerçekleştirilebileceği önerilmiştir (Olsson, 2018; Olsson ve diğ., 2019). Bununla birlikte web tabanlı servislerden yararlanan entegre iş çerçevesi sayesinde yapı ruhsatlandırmadan sorumlu farklı birimler arasındaki iş birliğinin mümkün kılınabileceğinin altı çizilmiştir (Chognard ve diğ., 2018). Olsson ve diğ. (2019) daha kesintisiz bir yapı ruhsatlandırma sürecinin başarılabilmesi için yapıya dair uygunluk kontrolünün planlama aşamasında gerçekleştirilmesinin önemine vurgu yapmıştır. Ayrıca entegre iş çerçevesi kapsamında özellikle yeni inşa edilmiş yapıların BIM modellerinin kente ait mekânsal veri tabanının güncellenmesi için kullanımına odaklanılmıştır (Noardo ve diğ., 2020).

Otomatik uygunluk kontrolü

Otomasyon, dijitalleşmenin başlıca bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Preidel ve Borrmann (2018) şeffaflık ve uygulanabilirliğin beyaz kutu (*white-box*) yaklaşımı yardımıyla geliştirilebileceğine değinmiş ve çok sayıda yapı yönetmeliğinin bilgisayar tarafından işlenebilir forma dönüşümlerinin sağlanması göz önünde bulundurularak hazırlanmamalarından dolayı tam otomatik kod uygunluk kontrolüne yönelik olarak çalışmaların devam etmesi gerektiğinin altını çizmiştir. Bu bağlamda en etkili sonucun alınabilmesi için “context-free grammar language” (Uhm ve diğ., 2015) ve “logic expressions” (Fan ve diğ., 2019) gibi farklı yaklaşımlar araştırılmıştır. Araştırmacılar grafiksel ve görsel programlama tabanlı yaklaşımlardan da faydalanmıştır (Dimyadi ve diğ., 2016; Ghannad ve diğ., 2019; Kim ve diğ., 2019). Preidel ve Borrmann (2015) arttırılmış görsel dil kütüphanelerinin otomatikleştirilmiş kod kontrolü çalışmaları için daha etkili olabileceğine vurgu yapmıştır. Araştırmacılar doğal dil işleme (*Natural Language Processing-NLP*) yöntemleri kullanarak da kayda değer doğruluk sonuçları elde etmişlerdir (Li ve diğ., 2016) ancak hala oldukça fazla miktarda manuel işleme ihtiyaç duyulduğuna değinmişlerdir (Zhang ve El-Gohary, 2017). Yönetmelikler için metaveri oluşturulması amacıyla semantik web kural dili (*Semantic Web Rule Language-SWRL*) yaklaşımının kullandığı çalışmada kural uygunluk kontrolü için manuel işlem ve önerilen metodoloji aynı değerlendirmeyi sunmuştur (Beach ve diğ., 2015). İç mekân tasarımları gibi farklı bağlamlardaki kuralların otomatik olarak kontrol edilmesi için alana özgü diller de önerilmiştir (Sydora ve Stroulia, 2020). BIM

tabanlı yaklaşımlar derin temelli (Luo ve Gong, 2015) ve yeşil inşaat projeleri için kullanılmıştır (Jiang ve diğ., 2019).

SPARQL sorgu dili kural, uygunluk kontrolü için kullanılmış ve ayrıca sorgu ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde genişletilmiştir (Zhang ve diğ., 2018; Zhong ve diğ., 2018). Solihin ve Eastman (2015) BIM ortamında özellikle IFC kullanılarak ön gereksinimlerin belirlenmesiyle daha etkin kod uygunluk kontrolü sonuçlarının elde edilebileceğine değinmiştir. Mantıksal kural tabanlı metotlar kullanılarak geliştirilen kompakt bir sistem sayesinde yapılarla ilişkili yönetmelikler Extensible Markup Language (XML) ve JavaScript Object Notation (JSON) formatlarını içermek üzere bilgisayar tarafından okunabilir formatlara dönüştürülmüştür (Lee ve diğ., 2016).

Bazı araştırmacılar CBS tabanlı verilerden faydalanılmasına odaklanmıştır. Örneğin Olsson ve diğ. (2018) yapı alanı ve yüksekliğine ilişkin otomatik kod uygunluk kontrolü için BIM ve CBS tabanlı verileri kullanarak manuel hesaplamalarla karşılaştırıldığında elle tutulur sonuçlar almıştır. Brasebin ve diğ. (2016) ise Object Constraints Language (OCL), CityGML ve kadastro parselleri için Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE) şeması da dahil olmak üzere farklı standartları kullanarak yapı ruhsatlandırmayla ilişkili yönetmelikleri biçimlendirebilmek için objelerin geometrik temsilleri ve ilişkilerini içeren bir yaklaşım önerisinde bulunmuştur. Otomatik uygunluk kontrolü farklı araştırmacılar tarafından yapı ruhsatlandırma gereksinimleri bağlamında inşaat sahalarındaki güvenliğin artırılması amacıyla çalışılmıştır (Choi ve diğ., 2014; Zhang ve diğ., 2015). Zhang ve diğ. (2013) inşaatlar yapım aşamasında çok fazla değişikliğe sahip olduğundan dolayı gerçek zamanlı güvenlik kontrollerine ihtiyaç duyulduğuna vurgu yapmıştır. Malsane ve diğ. (2015) ise otomatik uygunluk kontrolü kullanıldığında işlemlerin zaman, iş gücü ve süreç takibi bakımından kolaylaşacağına değinmiştir.

Sistem geliştirilmesi

3P döngü kapsamındaki yapı ruhsatlandırma süreçlerinin dijitalleştirilmesi için etkili sistemlerin geliştirilmesi oldukça önemlidir. Bu bağlamda açık kaynak kodlu teknolojilere dayanan bulut ve web tabanlı sistemlerin dijitalleşmenin önemli rol oynadığı akıllı şehirlerdeki yapı ruhsatlandırma süreçlerinin etkinliğinin artırılması için faydalı olduğuna vurgu yapılmıştır çünkü bahsedilen sistemler birçok idari birimin sürece dahil olmasını garantiye almaktadır (Eirinaki ve diğ., 2018; Koo ve diğ., 2013;

Martins ve Monteiro, 2013; Wahed, 2017). Mena ve diğ. (2010) sistem bünyesinde bir dil standardının kullanımının dijital yapı ruhsatlandırmadaki doküman yaşam döngüsü için faydalı olduğuna değinmiştir.

1.4.2.2 Üç boyutlu kent modellerinin güncellenmesi

Dönüşüm

Bu konudaki çalışmalar yaygın olarak IFC verilerinin CityGML formatına dönüştürülmesine odaklanmaktadır (Sebastian ve diğ., 2013). Bazı araştırmacılar daha iyi bir dönüşüm için semantik çözümlemeyi basitleştiren ve geometrik betimlemeye odaklanan bir yaklaşım önerisinde bulunurken (Adouane ve diğ., 2020) bazı araştırmacılar ise dil-bilimsel ve metin madenciliği tekniklerini uygulayan bir çözüm önerisinde bulunmuştur (Ding ve diğ., 2020). Bunun yanı sıra dönüşümün iyileştirilmesi amacıyla birçok CityGML ADE geliştirilmiştir (Cheng ve diğ., 2013; de Laat ve van Berlo, 2011; Deng ve diğ., 2016; Hijazi ve diğ., 2011; Stouffs ve diğ., 2018). Ohori ve diğ. (2017) en yaygın olarak kullanılan geometri sınıflarının kullanımının tüm IFC varlıklarının CityGML formatına dönüştürülmesinden daha faydalı olacağına değinmiştir. Bununla birlikte daha gelişmiş IFC standardı ve daha az hata içeren BIM modellerinin BIM ve CBS ortamları arasındaki dönüşüm işlemlerinin etkinliğini arttırabileceğinin altı çizilmiştir.

Ohori ve diğ. (2018) ise IFC ve CityGML arasındaki dönüşümün başarısız olmasına dair en önemli sebeplerden birisinin tasarlanan BIM veri setlerinin eksikliği olduğuna ve daha özelleştirilmiş bir IFC standardına ihtiyaç duyulduğuna dikkat çekmiştir. Donkers ve diğ. (2016) IFC formatındaki yapıların CityGML formatına dönüşümünü sağlayan metodolojinin geometrilere ilişkin bazı doğaçlama işlemler içerdiğine vurgu yapmıştır. IFC formatından CityGML standardına dönüşüm için 3B BIM modellerinin dışarı aktarılmasını mümkün kılan SketchUp yazılımının kullanımı da incelenmiştir (GBoyes ve diğ., 2017; Floros ve diğ., 2018; Kardinal Jusuf ve diğ., 2017). Ayrıca IFC ve CityGML arasında çift yönlü (*bidirectional*) dönüşüme konsantre olan çalışmalar da bulunmaktadır (Cheng ve diğ., 2013; El-Mekawy ve diğ., 2011). Örneğin; Deng ve diğ. (2016) önerilen iş çerçevesinin dönüşüm sonuçlarını literatürde önerilen yöntemlerle karşılaştırmış ve önerilen iş çerçevesinin çift yönlü dönüşüm, detay seviyesi, şemaların genişletilmesi ve semantikler açısından diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında çok sayıda avantaja sahip olduğunu aktarmıştır.

IFC verilerinin *shapefile* veri setlerine dönüştürülmesine imkan tanıyan yaklaşımlar da literatürde yer almaktadır (Zhu ve diğ., 2020; Zhu ve diğ., 2019; Zhu ve diğ., 2019). Xu ve diğ. (2020) web tabanlı işlemleri ve analizleri geliştirebilmek için IFC verilerini bir OGC standardı olan 3D Tiles formatlı verileri ile bütünleştiren bir uygulama yaklaşımı önerisinde bulunmuştur. Biljecki ve Tauscher (2019) bütün hata tiplerinin dönüşüm kalitesini aynı oranda etkilemediğinin çünkü farklı araştırmacıların mekânsal analizleri gerçekleştirebilmek için 3B modellerin spesifik varlıklarından faydalandıklarının altını çizmişlerdir. Birlikte çalışabilirliğin ve dönüşümün iyileştirilmesini sağlayan ara modeller ve iş akışları da önerilmiştir (El-Mekawy ve diğ., 2012; Knoth ve diğ., 2019; Strobl ve diğ., 2018; Xu ve diğ., 2014). Örneğin; Kang (2018) “B2GM” isimli bir kavramsal eşleştirme standardı önerisinde bulunmuş ve eğer veri dönüşümünden önce yürütülen çalışmanın amacı belirlenirse bu durumun CBS alanında daha faydalı veri elde edilebilmesini sağlayacağına dikkat çekmiştir. Jetlund ve diğ. (2020) IFC ve ISO/TC 211 temel modelleri arasında dönüşümü mümkün kılan bir Birleşik Modelleme Dili (*Unified Modelling Language-UML*) modeli oluşturmuştur.

Entegrasyon

Uggla ve Horemuz (2018) ölçek bozukluğu, ölçek faktörü, açısız bozukluk ve proje yüksekliği bakımından mevcut IFC standardındaki varlıklardan faydalanan bir çok yöntemi karşılaştırmış ve Borrmann ve diğ. (2017) tarafından önerilen dönüşüm yönteminin diğer koordinat dönüşüm yöntemlerine kıyasla uygulanabilir sonuçlar gösterdiğine değinmiştir. Diakite ve Zlatanova (2020) CBS ortamındaki BIM modellerini santimetre doğrulukla otomatik olarak georeferanslandırabilecek bir yaklaşım önermiştir. Boyes ve diğ. (2015) Autodesk Revit yazılımında oluşturulan BIM modellerinin IFC formatında Feature Manipulation Engine (FME) yazılımı ve *python* dilinden yararlanarak Oracle ilişkisel veri tabanına aktarılmasını incelemiştir. Geiger ve diğ. (2015) yapılarla ilişkili IFC varlıklarının dönüştürülmesi ve farklı Level of Detail (LoD) seviyelerindeki veri setlerinin oluşturulmasıyla genelleştirmeyi incelemiş ve yanlış *Boolean* işlemleri nedeniyle bazı pencerelerin LoD3 detay seviyesinde doğru bir şekilde üretilemediğini aktarmıştır.

CBS ve BIM alanlarında mekânsal analiz, görselleştirme, hata tespiti, sorgu ve dışarı aktarma gibi çeşitli taleplerin kullanıcılar tarafından gerçekleştirilmesini olanaklı kılan

farklı platformlar da önerilmiştir (Beetz ve diğ., 2010; Hijazi ve diğ., 2010). Bunun yanı sıra BIM verilerinin 3B kent modellerine entegrasyonu için hava lazer tarama (*Airborne Laser Scanning-ALS*) veri setlerinden nasıl yararlanılabileceği de araştırılmıştır (Sun ve diğ., 2020).

Karan ve diğ. (2016) Resource Description Framework (RDF) ve Web Ontology Language (OWL) teknolojileriyle IFC varlıklarının modellenmesine dayalı bir iş çerçevesi geliştirmiş ve eşleşmeyen değişimler için benzer özellik sınıflarının seçilmesinin entegrasyonun kalitesini arttıracaklarını önermiştir. Kang ve Hong (2015) Extract, Transform, and Load (ETL) yöntemine dayalı bir sistem mimarisinin kullanıcıların değerlendirmelerine göre gerçekleştirilen mevcut manuel metotlardan daha etkili olduğu gösterilmiştir.

1.4.2.3 Mülkiyet hakkının üç boyutlu tescili

Kavramsal iş çerçevesi

Mülkiyet haklarının 3B temsili ve kaydının uygulamaya dökülmesini sağlayan iş akışları 3P döngü vizyonu için önem arz etmektedir. Bu bağlamda vizyon ve mekânsal kalkınma yaşam döngüsünün amaçları örtüşmektedir çünkü her ikisi de 3B kadastral tescil için inşa edilmiş modellerin kullanımını içermektedir (Kalogianni ve diğ., 2020c).

3P döngü kapsamında güncel 3B kadastral tescili olanaklı kılan 3B kadastro geçişini amaçlayan farklı ülkelerde çok sayıda araştırma bulunmaktadır (Ayazli ve diğ., 2011; Çoruhlu ve diğ., 2016; Griffith-Charles ve Sutherland, 2013; Gulliver ve diğ., 2017; Kim ve diğ., 2015; Loshi, 2018; Vučić ve diğ., 2017). Sözü edilen geçişe ilişkin olarak van Oosterom (2013a) mülkiyet haklarının 3B tescili bağlamında ortak konsept ve terminolojinin, 3B mekânsal birimlerin tanımının, görselleştirmenin ve resmi semantiklerin önemine vurgu yapmıştır. Ghawana ve diğ. (2020) Delhi, Hindistan bağlamında 3B kadastroya geçiş için kamunun ve ilgili birimlerin farkındalığının artırılması önerisinde bulunmuştur. Etkili iş çerçevelerini ortaya koyabilmek için elzem olduğundan dolayı mülkiyet hakkının 3B tesciline ilişkin mevcut uygulama seviyeleri farklı araştırmacılar tarafından incelenmiştir (Ho ve Rajabifard, 2016; Isikdag ve diğ., 2015). Örneğin; Shojaei ve diğ. (2016) Avusturalya'daki dijital kadastro için kullanılan e-Plan sisteminin mülkiyet hakkının 3B kaydı için uygun olduğunu ancak kavisli (*curved*) şekillerin modellenmesi için özellik sınıflarının

iyileştirilmesi gerektiğini aktarmıştır. Drobež ve diğ. (2017) mevcut veri setinin Slovenya’da 3B kadastroya geçiş için yeterli olduğunun altını çizmiştir. Olfat ve diğ. (2018) 3B kadastro için verinin tekrar kullanımının oldukça önemli olduğuna vurgu yapmıştır. Rajabifard ve diğ. (2018) hem yasal hakların hem de bu hakların fiziksel bileşenlerinin etkin bir şekilde betimlenebilmesi için bütüncül bir yaklaşıma sahip bir mekânsal modele ihtiyaç duyulduğunu aktarmıştır. Light Detection and Ranging (LİDAR), uzaktan algılama görüntüleri ve kitle kaynak gibi farklı veri kaynakları 3B kadastro bağlamında incelenmiştir (Drobež ve diğ., 2016; Gkeli ve diğ., 2019b; Griffith-Charles ve Sutherland, 2020). Bu anlamda Jazayeri ve diğ. (2014) fotogrametri, lazer tarama, mobil haritalama, İnsansız Hava Aracı (İHA) ve BIM teknolojilerinin 3B kadastro için önemli veri kaynakları olduğuna değinmiştir.

Bununla birlikte kadastral tescilin zamansal yönetimi için veri tabanında zaman boyutunun da bulunmasının oldukça önem arz ettiği aktarılmıştır (Döner ve diğ., 2010). 3B kadastral veri modeli kapsamında mekânsal planlama objelerinin kullanımı da önerilmiştir (Bydłosz ve diğ., 2018). 3B kadastro geçişi için sağlam bir yasal altlığın varlığı 3P döngü kapsamında oldukça önemlidir. Bu anlamda araştırmacılar 3B dijital kadastro için etkin bir şekilde uygulanmasını sağlayacak hangi güncellemelerin yasal iş çerçevelerine ve yönetmeliklere uygulanması gerektiğinin ayrıntılandırılmasına odaklanmıştır (Dimopoulou ve Elia, 2013; Ho ve diğ., 2013; Kitsakis ve diğ., 2019; Kitsakis ve Dimopoulou, 2014, 2017, 2020; Larsson ve diğ., 2020; Paasch ve diğ., 2016).

İnşaat ve finans bakımından yasal sistemler için faydalı olan 3B kadastro için gerçekte uygulanabilmesine farklı ülkelerden örnek durumları içeren karşılaştırmalı analizlerin önemli derecede katkı yapabileceğine vurgu yapılmıştır (Paulsson, 2013; Paulsson ve Paasch, 2013). Jaljolie ve diğ. (2018) İsrail bağlamında 3B kadastro için uygulanabilmesi için gelişmiş ve güncellenmiş mevzuatlara ihtiyaç duyulduğunun altını çizmiştir. 3B kadastro bağlamında önerilen kavramsal modellerin fiziksel gerçekleştirmesini mümkün kılan sistem prototipleri farklı çalışmalarda geliştirilmiştir. Kat mülkiyetine konu olan hakların kaydında CAD, CBS ve veri tabanı yönetim sistemlerinin kullanımını kapsayan bir yaklaşım önerilmiştir (Floros ve diğ., 2017; Siejka ve diğ., 2014; Spirou-Sioula ve diğ., 2013). Spesifik olarak 3B kadastro için web tabanlı bir görselleştirme prototipi geliştirilmiştir (Shojaei ve diğ., 2015, 2018). 3B kadastro için NoSQL veri tabanından faydalanan bir prototip önerilmiştir çünkü bu

tip veri tabanları JSON gibi günümüzde sıklıkla kullanılan veri formatlarıyla kayda değer bir uyumluluğa sahiptir (Višnjevac ve diğ., 2017, 2019). Guo ve diğ. (2013) Shenzhen, Çin’de uygulanacak 3B kadaströ çalışmaları için bir prototip geliştirmiş ve istikrarlı bir sistem için yasal düzenlemelere ihtiyaç duyulduğunu belirtmiştir.

Modelleme esasları

Navratil ve Unger (2013) 3B kadaströ için farklı yükseklik sistemlerinin kullanılabilirliğini incelemişlerdir ve tüm ülkelere uyan bir sistem olmadığını aktarmışlardır. Böylelikle uygun yükseklik sisteminin ülkenin karakteristik özelliklerine göre seçilebileceğini önermişlerdir. Conformal Geometric Algebra (CGA) temsilleri 3B kadastral objelerin arasındaki topolojik analizlerin iyileştirilmesi için önerilmiştir (Shi ve diğ., 2019; Zhang ve diğ., 2016, 2019). Wang ve diğ. (2017) 3B mülkiyet birimlerinin görselleştirilmesinde 3 şeffaflık seviyesinin yeterli olduğuna dikkat çekmiştir. Ying ve diğ. (2019) 3B mülkiyet birimlerinin temsilinde kullanılabilecek 3B objelerin görselleştirilmesini iyileştiren bir algoritma geliştirmiştir. Tekavec ve Lisec (2020b) 3B kadastral ve BIM veri setlerinden veri çıkarımı için SFCGAL 3B fonksiyonlarının kullanımını önermiştir. Karki ve diğ. (2013) mülkiyet haklarının 3B tescili için doğrulama kuralları geliştirmiştir. Soon (2013) parsel kaydı ve kadastral haritaların teslimi gibi arazi idaresi işlemlerindeki kullanıcıların rollerinin temsilini sağlayan OWL tabanlı bir yaklaşım önermiştir. Knoth ve diğ. (2020) 3B dijital kadastral veri tabanının güncellenmesi için katı modellerden faydalanan yeni bir yaklaşım önermiştir.

Standartların kullanımı

Çok sayıda araştırmacı LADM standardına bağlı olarak ülke profilleri oluşturmuş veya standardı 3B kadastral tescil için kavramsal referans sağlaması için genişletmiştir (Alkan ve diğ., 2021; Alkan ve Polat, 2017; Janečka ve Souček, 2017; Kalogianni ve diğ., 2017; Lee ve diğ., 2015; Radulović ve diğ., 2017, 2019b; Stoter ve diğ., 2013a; Vučić ve diğ., 2020). Cemellini ve diğ. (2020b) web tabanlı ve LADM ile uyumlu bir 3B kadaströ prototipi geliştirmiştir. Pouliot ve diğ. (2013) Fransa ve Kanada’da LADM standardıyla uyumluluk olarak kat mülkiyetine konu olan hakların 3B kaydını içeren karşılaştırmalı bir analiz gerçekleştirmiştir. Standardın dokümantasyonunun iyileştirilmesine ve tam doğru modelleme için oldukça fazla miktarda bilgiye ihtiyaç duyulduğunun altı çizilmiştir. İnşa edilmiş çevrenin dijital olarak modellenmesi için

geliştirildiğinden ve yaygın olarak kullanıldığından dolayı CityGML standardının kadastral hakların temsilde kullanılabilirliği bir eklenti veya ADE üretilmesi yoluyla incelenmiştir (Cagdas, 2013; Li ve diğ., 2015; Ying ve diğ., 2017). Örneğin; Ying ve diğ. (2014) CityGML modellerinin yersel ölçme gibi zorlu ve pahalı veri elde etme yöntemleri yerine faydalı bir veri kaynağı olarak kullanılabileceğine dikkat çekmiştir. 3B kadastro bağlamında yapıların dönüşümüne ilişkin Git tabanlı bir sürüm belirleme yaklaşımı CityGML standardının genişletilmesi yoluyla önerilmiştir (Eriksson ve diğ., 2021).

El-Mekawy ve diğ. (2014) en gelişmiş ve detaylı yapı modelleme sistemi olarak görülen BIM teknolojisine giderek artan bir ilgili olmasına rağmen IFC, CityGML ve LADM gibi çeşitli standartların entegrasyonuna ihtiyaç duyulduğunun altını çizmişlerdir. Atazadeh ve diğ. (2016) BIM teknolojisinin varlıkların genişletilmesiyle 3B mülkiyet hakkına dair veri yönetimi için önemli bir seçenek sunduğuna ve yasal hakların doğru bir şekilde 3B olarak tescilinde inşa edilmiş modellerin kullanımının önemine vurgu yapmıştır. Oldfield ve diğ. (2016) de tasarlanmış BIM modellerinin inşaat sürecinde değişikliğe uğrayabilmesinden dolayı doğru bilgiye sahip bir 3B kadastro veri tabanı için inşa edilmiş BIM modellerinin kullanılmasını önermiştir. Andrée ve diğ. (2018) mülkiyet yönetimin bir parçası olarak 2B çizimlerden 3B dijital veriye geçişin zaman alacak olmasına rağmen BIM teknolojisinin mülkiyetin görselleştirilmesi ve temsili için avantajlı bir seçenek sunduğuna değinmiştir. IFC standardı 3B kadastronun modelleme ihtiyaçlarının karşılanması için kullanılmış ve ayrıca genişletilmiştir (Atazadeh ve diğ., 2017; Atazadeh ve diğ., 2017b; Atazadeh ve diğ., 2018; Shin ve diğ., 2020; Sladić ve diğ., 2020). Atazadeh ve diğ. (2017) salt modellerin görselleştirme ve sorgulamada diğer modellere göre daha iyi performans gösterebileceğini ancak entegre modellerin 3B yasal hakların görsel açıdan daha gelişmiş bir şekilde temsil edilebilmelerini sağlayacak kabiliyete sahip olması gerektiğini aktarmıştır. Atazadeh ve diğ. (2017a) yasal hakların betimlenmesi için gerekli görülmeyecek masa ve sandalye gibi objelere ait IFC varlıklarının modellerde elimine edilebileceğini önermiş ve böylece dosya boyutunun azalacağını ve mekânsal sorguların hızlanacağını aktarmıştır. Atazadeh ve diğ. (2019) 3B sorguların kadastral birimler ve yapı ruhsatlandırmada kontrolden sorumlu kişiler gibi farklı kurumlar ve paydaşlar tarafından faydalı bir şekilde kullanılabileceğini vurgulamıştır.

LADM standardının mantıksal mekanlara odaklandığı ve CityGML ile IFC standartlarının kent objelerine ilişkin fiziksel parçaların modellenmesini amaçladığı göz önüne alındığında çok sayıda çalışma LADM standardını bahsedilen standartlarla yasal hakları fiziksel bileşenleriyle betimlemek için entegre etmiştir (Atazadeh, Rajabifard, ve Kalantari, 2018; El-Mekawy ve Östman, 2012; Gózdź ve diğ., 2014; Li ve diğ., 2016; Oldfield ve diğ., 2017b; Soon ve diğ., 2014; Sun ve diğ., 2019). Rönsdorff ve diğ. (2014) ADE geliştirme sürecinde ülkelerin spesifik yönetmeliklerinin dikkate alınmasının önem arz ettiğine vurgu yapmıştır. Bununla birlikte LADM standardı mobil uygulamadan elde edilen kitle kaynak verilerinden yararlanılarak yasal hakların tescili için kullanılmıştır (Gkeli ve diğ., 2020).



2. GENEL BİLGİLER: TEMEL TANIM VE KAVRAMLAR

2.1 Arazi Yönetimi ve Arazi İdaresi

Arazi yönetimi (*land management*) arazi kaynaklarının etkin kullanıldığı işlemler bütünüdür. “Arazi” terimi birçok anlam ifade etmektedir. Fiziksel coğrafyayla ilgilenen bir coğrafyacı için arazi tabiatı ifade etmekten bir ekonomiste göre ekonomik üretim ve gelişmeyi mümkün kılmak için faydalanılabilecek veya korunabilecek bir kaynak anlamına gelmektedir (Williamson ve diğ., 2010). Basitçe aktarmak gerekirse arazi, arazi kullanımının çok farklı biçimlerinde yansıtılan insan aktiviteleri için mekân anlamına gelmektedir. FIG (1995)’e göre günümüzde, arazi, suyla kaplanan alanlarda dahil olmak üzere yeryüzüyle doğrudan ilişkili her şeyi kapsamaktadır. Arazi üzerinde inşa etme haklarından yer altı suları ve minerallerine ve bu hakların kullanılması ile faydalanılmasına kadar çok sayıda fiziksel ve soyut öz nitelikleri içermektedir.

Arazinin kaynakları ve öz nitelikleri eğer düzenli bir şekilde kullanılıyorsa dikkatli bir şekilde yönetilmelidir. Bu bağlamda arazi yönetimi arazi hakkında karar verme ve alınan kararların uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bahsedilen kararlar kişiler tarafından tekil bir şekilde alınabileceği gibi gruplar tarafından beraberce de alınabilmektedir. Bu kararlar, sürdürülebilirlik açısından, arazinin hem mevcut hem de ileriki jenerasyonları ile ilgili olmaktadır. Arazi yönetimi bir açıdan arazideki yatırımların doğası ve boyutu ile ilgili temel politika kararlarının alınmasına dahil olabilmektedir. Diğer bir açıdan ise harita/geomatik mühendisleri, değerlendirme uzmanları ve tapu ve kadastro ofisleri gibi arazi idarecileri tarafından günlük olarak gerçekleştirilen rutin operasyonel kararları içermektedir (Dale ve McLaughlin, 1988).

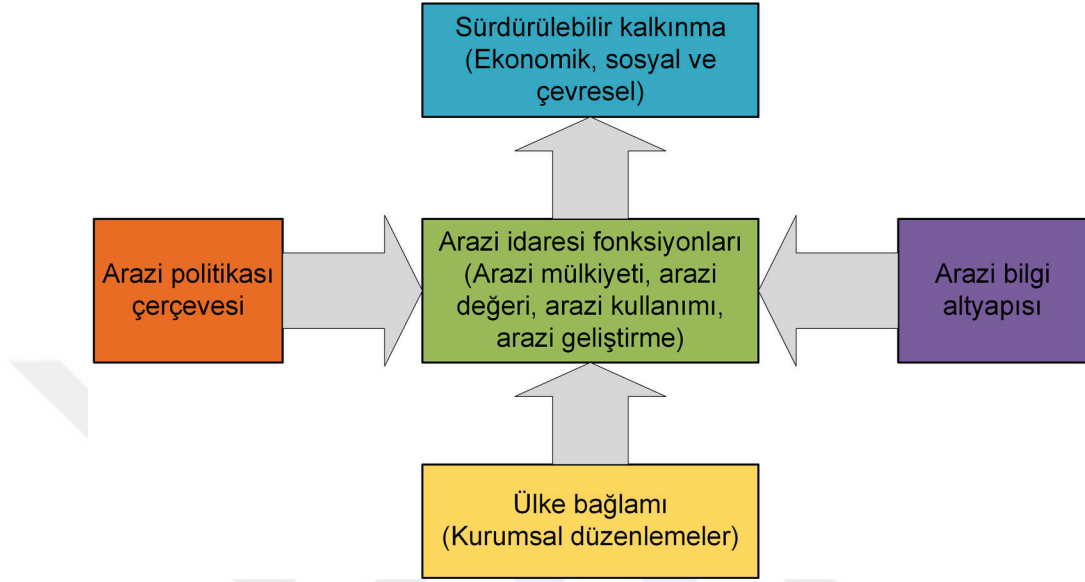
Bir AİS taşınmazların detaylıca yönetimini destekleyen bir mekanizma sağlamaktadır. Arazi idaresi işlemleri arazi ve mülkiyetin gelişiminin yasallaştırılması, arazinin kullanımı ve korunması, satış, kiralama ve vergilendirme yoluyla araziden elde edilen gelirlerin toplanması ile arazinin kullanımı ve sahipliği ile ilişkili karışıklıkların çözülmesini içermektedir (Çete, 2008).

Kadastral parsel her bir AİS için en temel yapı bloğunu oluşturmaktadır. Kadastral parsel, tanımlanabilir mülkiyet haklarının tanınması kapsamında arazinin emsaliz bir şekilde sınırlandırılmış bölgesini temsil etmektedir. Teoride parsel, arazinin devamlılık gösteren hacmini ve hakların devamlılık gösteren grubunu kapsamaktadır.

Arazi idaresi fonksiyonları hukuki, mevzuat, mali ve bilgi yönetimi olmak üzere dört bileşene bölünebilir. Arazi idaresinin bahsedilen fonksiyonları geleneksel olarak ölçme ve haritalama, arazi kaydı ve arazi değerlemeden sorumlu üç grup birim etrafında organize edilmektedir. Hukuki bileşen arazideki hakların elde tutulması ve kaydedilmesine büyük önem vermektedir. Mevzuat ile ilişkili bileşen daha çok arazinin gelişimi ve kullanımı ile ilgilenmektedir. Bu bileşen imar uygulama mekanizmaları ve tarihi alanlardan korunması gereken ekosistemlere karar özel ilgili gerektiren alanların belirlenmesi yoluyla arazi gelişimi ve kullanım sınırlandırmalarını uygulamaktadır. Mali bileşen ise arazinin ekonomik faydasına odaklanmaktadır. Bilgi yönetimi ise yukarıda sayılan üç bileşen için bütünleştirici bir bileşendir (Dale ve McLaughlin, 2000).

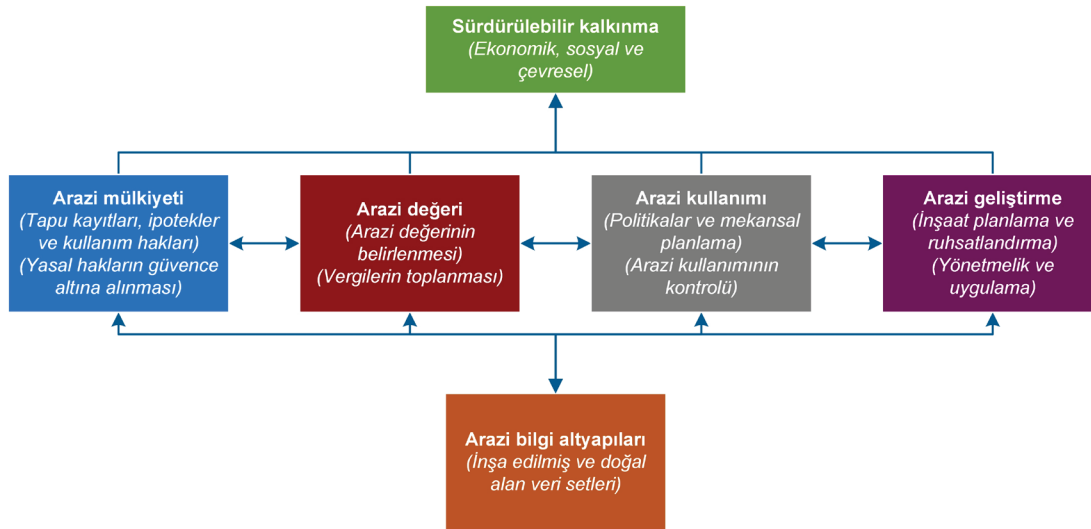
Arazi yönetimi arazi idaresinden çok daha geniş kapsamlıdır. Arazinin ve politik hedeflerin gerçekleştirilmesi ile sürdürülebilir kalkınmanın başarılabilmesi için gerekli olan doğal kaynakların yönetimiyle ilişkili tüm aktiviteleri kapsamaktadır. Arazi idaresinin 1990'lı yıllarda bir disiplin olarak kabul edilmesi bilgisayarların ve bilgisayarların arazi bilgisini yeniden düzenleme kapasitesinin tanıtılmasını etkilemiştir. UNECE arazi idaresini, arazi yönetimi politikaları uygulanırken arazinin mülkiyeti, değeri ve kullanımına dair bilginin belirlenmesi, kaydedilmesi ve yayılımı işlemleri olarak tanımlamıştır (UNECE, 1996). AİS'lere hizmet etmeyi amaçlayan bilgiye duyulan odak aynı kalmasına rağmen modern dünya düzenindeki durumlar için gerekli olan bilginin türü ve kalitesi ciddi derecede değişiklik göstermiştir. Bu nedenle arazi yönetimiyle ilgili durumları çözme ihtiyacı AİS'lerin tasarımını sürdürülebilir kalkınmayı desteklemede kullanılan arazi politikaları ve arazi yönetimi stratejilerinin uygulanmasının sağlanmasına yönelik olarak stratejik açıdan dönüşüme zorlamaktadır. Daha basit bir şekilde açıklamak gerekirse, günümüzde ihtiyaç duyulan daha geniş kapsamlı ve entegre fonksiyonları hayata geçirebilmek için bilgi yaklaşımının, yeni veya yeniden organize edilen AİS'lerin tasarımına yardımcı olabilme kapasitesine sahip bir modelleme ile yer değiştirmesi gerekmektedir. Bu bağlamda Şekil 2.1 bahsedilen modele ilişkin olarak hazırlanan arazi yönetimi

paradigmasını göstermektedir. Şekilde gösterilen paradigma, kısıtlı bir çerçevede gerçekleştirilen arazi bilgi yönetiminden ziyade entegre olmuş görev ve bilgi yönetimi yoluyla politika sonuçlarının elde edilmesini sağlamaktadır (Williamson ve diğ., 2010).



Şekil 2.1 : Arazi yönetimi paradigması (Enemark ve diğ., 2005).

Yerel sistemlerin tasarımı ve uygulanmasındaki trendlerin teşhis edilmesi ve AİS'lerin tasarımındaki tecrübelerin paylaşılması için global bir perspektife ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bakış açısından hareketle, AİS'ler sürdürülebilir arazi yönetiminin sağlanması için temel altyapı olarak ideal bir şekilde arazi yönetimi paradigmasında yer almaktadır. Global arazi idaresi perspektifi, paradigmanın merkezindeki arazi idaresi fonksiyonlarının rolünün genişletilmesi ve ardından bu rollerin etkin arazi marketleri ve verimli arazi kullanım yönetimi için birbirleriyle ilişkilendirilmesi olarak gösterilmektedir. Dört arazi idaresi fonksiyonu (arazi mülkiyeti, arazi değeri, arazi kullanımı ve arazi geliştirme) profesyonel odak açısından farklılık taşımaktadır ve normal olarak harita mühendisleri, hukukçular, arazi ekonomistleri ve şehir plancılarının da aralarında bulunduğu çeşitli profesyonellerin karışımı tarafından üstlenilmiştir. Dahası, arazi değerlendirme ve vergilendirme işlemleri ile arazi kullanım planlama işlemleri sıklıkla arazi idaresi aktivitelerinin bir parçası olarak değerlendirilmemektedir. Ancak, geleneksel olarak arazi mülkiyeti ve arazi bilgi yönetimiyle ilişkili olarak kadastral aktivitelerin merkezinde yer alan modern AİS'ler Şekil 2.2'de görselleştirildiği üzere dört bileşenin entegrasyonunu cesaretlendirmekte ve olmazsa olmaz bir altyapı temin etmektedir (Williamson ve diğ., 2010).



Şekil 2.2 : Sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen global arazi idaresi paradigması (Enemark ve diğ., 2005).

Arazi mülkiyeti; araziye erişimin garanti altına alınmasıyla ilgili işlemler ve kurumlar ile arazideki ürünlerin çıkarılması ve bu ürünlerin yerleştirilmesi, kaydedilmesi ve korunması, parsel sınırlarının belirlenmesi için kadastral haritalama ve yasal ölçmeler, yeni mülklerin oluşumu veya mevcut mülklerin değişimi, mülkün transferi veya kullanımının bir şahıstan diğer bir şahsa satış, kiralama ya da kredi koruması yoluyla geçişi ve arazi hakları ile parsel sınırlarına ilişkin şüphelerin ve anlaşmazlıkların karara bağlanması konularıyla ilgilidir.

Arazi değeri; arazi ve mülklerin değerinin değerlendirilmesiyle ilgili işlemler ve kurumlar, vergilendirme yoluyla gelirlerin toplanması ve hesabı ve arazi değeri ve vergilendirme anlaşmazlıklarının yönetimi ve karara bağlanması ile yakından ilgilidir.

Arazi kullanımı; ulusal, bölgesel ve yerel seviyede arazi kullanım yönetmelikleri ve planlama politikalarının adaptasyonu yoluyla arazi kullanımının kontrolüyle ilgili işlemler ve kurumlar, arazi kullanım yönetmeliklerinin uygulanması ve arazi kullanım anlaşmazlıklarının yönetimi ve karara bağlanmasını kapsamaktadır.

Arazi gelişimi ise; yeni fiziksel altyapı ve hizmetlerin inşası ile ilgili işlemler ve kurumlar, yapı ruhsatlandırmanın gerçekleştirilmesi, kamulaştırma, planlama ile yapı ve arazi kullanım ruhsatlarının verilmesi yoluyla arazi kullanımının değişmesi ve gelişme maliyetlerinin dağılımını içermektedir (Williamson ve diğ., 2010).

Arazi idaresinin anahtar bileşeni arazi ve mülkiyet ile ilgili verinin yönetimidir. Bu tip veriler artan bir şekilde resmi Arazi Bilgi Sistemleri (ABS) kapsamında

yönetilmektedir. Tüm bilgi sistemlerinde olduğu gibi, ABS'ler yönetim aktivitelerini desteklemede bilgi üretimi için düzenleme prosedürleri takımıyla birlikte insan ve teknik kaynakların kombinasyonunu kullanmaktadır. ABS'ler semantik ve mekânsal verileri geometrik, kartografik ve topolojik açılardan birlikte işleme yeteneğine sahip olan CBS tabanlı sistemlerdir (Dale ve McLaughlin, 1988, 2000).

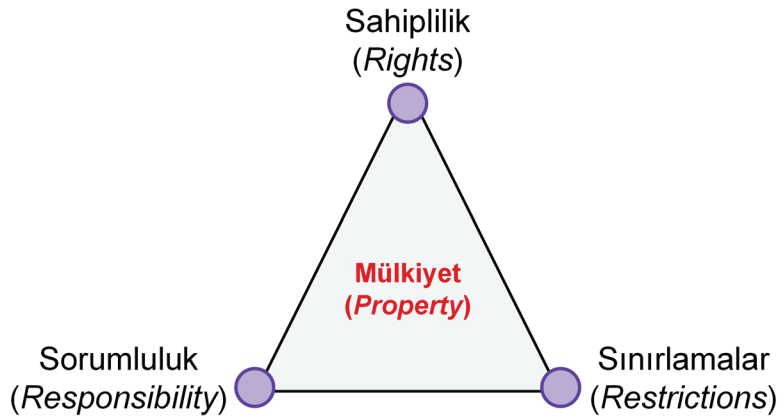
2.1.1 Mülkiyet ve kadastro tanımları

2.1.1.1 Mülkiyet nedir ve temel bileşenleri

Mülkiyet sözcüğü Arapça Mülk kelimesinden türemiştir ve bir şey hükmetme, zapt etme anlamlarını taşımaktadır. Türk Dil Kurumu (TDK) tarafından ise sahiplik olarak tanımlanmaktadır. Mülke sahip olan kişilere ise sahip diğer bir deyişle malik denilmektedir. Mülkiyet hakkı günümüz hukuk düzenlerinde genel anlamda hukuk nezdinde mülkiyet ile ilişkiden doğan yetki ve faydaların tanınip korunması olarak tanımlanabilir. Türkiye Cumhuriyeti Anayasası (TCA)'nın 35. maddesinde de mülkiyet hakkı *“Herkes, mülkiyet ve miras haklarına sahiptir. Bu haklar, ancak kamu yararı amacıyla, kanunla sınırlanabilir. Mülkiyet hakkının kullanılması toplum yararına aykırı olamaz.”* şeklinde tanımlanmaktadır. Mülkiyet hakkının konusu ise kişilerin yaşamını devam ettirmesine ve geliştirmesine yarayan her türlü fiziki veya hukuki eşya (şey) olarak kabul edilmektedir. Türk Medeni Kanunu (TMK) (T.C. Resmi Gazete, 2001a)'nın 683-706. maddeleri mülkiyet hakkına ilişkin genel ilkeleri içerirken taşınmaz mülkiyetine ilişkin hükümler ise 704-761. maddeler arasında yer almaktadır. TMK'nin 683. maddesi mülkiyet hakkının içeriğini *“Bir şeye malik olan kimse, hukuk düzeninin sınırları içinde, o şey üzerinde dilediği gibi kullanma, yararlanma ve tasarrufla bulunma yetkisine sahiptir. Malik, malını haksız olarak elinde bulunduran kimseye karşı istihkak davası açabileceği gibi, her türlü haksız el atmanın önlenmesini de dava edebilir.”* şeklinde açıklamaktadır. Mülkiyet hakkının kapsamı ise TMK'nin 684 ve 685. maddelerinde sırasıyla bütünleyici parça ve doğal ürünler, 686 ile 687. maddelerinde ise eklenti kavramı açıklanmıştır. Bu anlamda eklenti *“asıl şey malikinin anlaşılabilen arzusuna veya yerel âdetlere göre, işletilmesi, korunması veya yarar sağlaması için asıl şeye sürekli olarak özgülünen ve kullanılmasında birleştirme, takma veya başka bir biçimde asıl şeye bağlı kılınan taşınır maldır.”* olarak tanımlanmıştır. TMK'nin 704. Maddesinde ise taşınmaz mülkiyetinin konusu *“1. Arazi, 2. Tapu kütüğünde ayrı sayfaya kaydedilen bağımsız*

ve sürekli haklar, 3. Kat mülkiyeti kütüğüne kayıtlı bağımsız bölümler.” olarak aktarılmıştır.

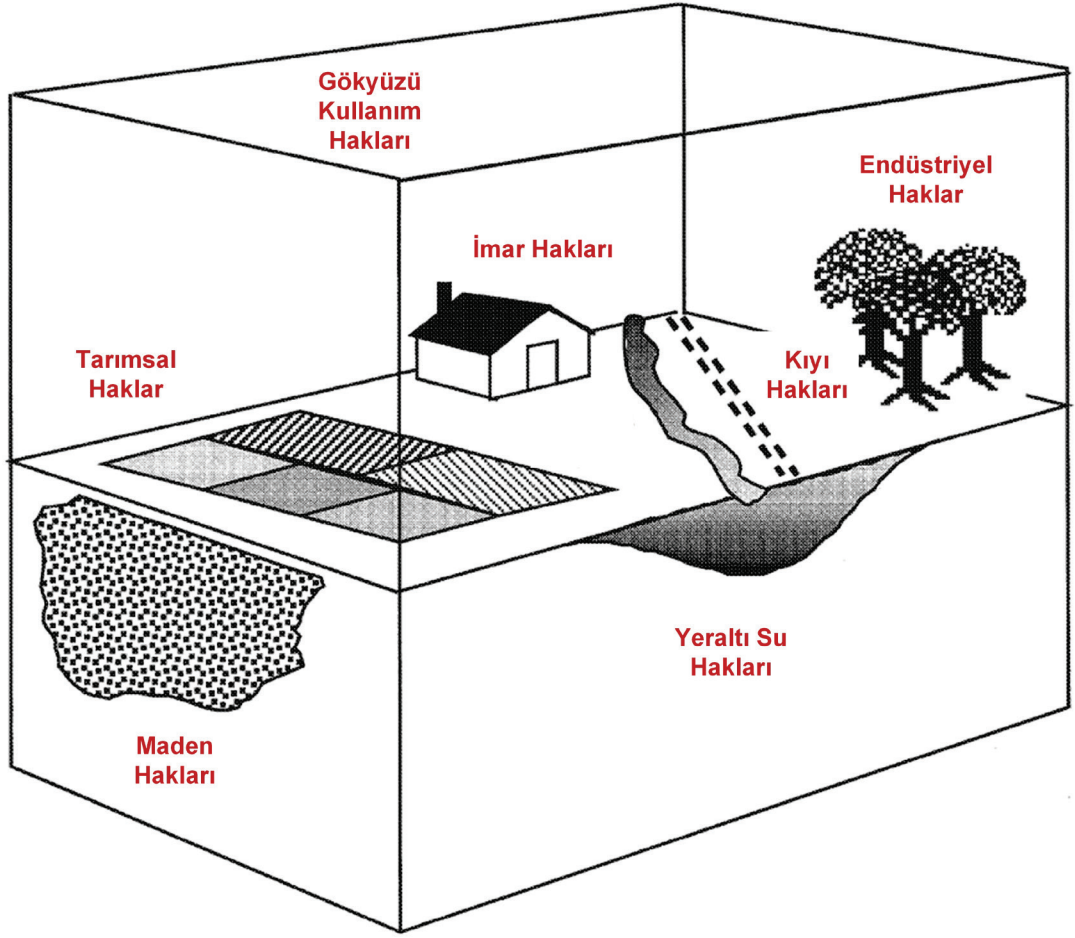
Mülkiyet; sahiplilik (*rights*), sorumluluk (*responsibility*) ve sınırlamalar (*restrictions*) (SSS-RRR) olmak üzere 3 temel bileşene sahiptir (Şekil 2.3) (Yomralıoğlu, 2009). Sahiplilik mülkiyet hakkını belirtmektedir. Mülkiyet hakkı sahiplerinin ayrıca bazı sorumlulukları yerine getirmeleri gerekmektedir. Bununla ilişkili olarak en önemli sorumluluklardan birisi vergilerdir. Bununla birlikte imar planlarından doğan yükümlülükler ve toplum ile komşular ile topluluğun genel haklarına saygı mülkiyet sorumluluğu kapsamında değerlendirilmektedir. Diğer bir bileşen olan sınırlamalar ise mülkiyet hakkına ilişkin yetkinin sonsuz olmadığını göstermektedir. Bahsedilen sınırlamalar kanunlarla uygulanabilir. Bunun yanı sıra taşınmazlarda mülkiyet hakları parsel sınırlarıyla belirlenmektedir. Ayrıca arazi kalkınması bağlamında arazi kullanım planlarıyla da farklı sınırlamalar uygulanabilmektedir.



Şekil 2.3 : Mülkiyetin bileşenleri.

2.1.1.2 Kadastro nedir?

Kadastro parsel tabanlıdır ve arazideki 3S kaydını içeren güncel arazi bilgi sistemidir. Genel olarak hakların yapısını tanımlayan diğer kayıtlarla ilişkilendirilmiş arazi parsellerinin geometrik tanımını, bahsedilen hakların sahipliği veya kontrolünü ve sıklıkla da parselin değerini ve gelişimlerini içermektedir. Arazi ve arazi kullanımının yönetiminin desteklenmesi ve sürdürülebilir kalkınma ile çevresel korumanın sağlanması için mali (örneğin değerlendirme ve vergilendirme) veya hukuki (örneğin taşınmaz devri) amaçlarla oluşturulabilmektedir (FIG, 1995). Şekil 2.4 bir kadastro parselinin 3B gösterimi ve ilişkili mülkiyet haklarını görselleştirmektedir.



Şekil 2.4 : Kadastro parseli ve mülkiyet hakları (Dale ve McLaughlin, 2000; Platt, 1975).

2.1.1.3 Kadastro çeşitleri

Kadastro çeşitleri insanların araziyle tarih boyunca değişkenlik gösteren ilişkisine bağlı olarak oluşmuş ve değişim göstermiştir. Bu anlamda vergi kadastro (mali kadastro) her bir parselin değerini ve dolayısıyla vergisinin belirlenmesi için gerekli olan bilgiyi sağlayan arazi parsellerinin envanteri olarak tanımlanabilir. Ancak vergi kadastro sunun uygulamaları vergilendirme için bilgi altlığı, arazi pazarının takibi ve desteği ile arazi kullanımı kalkınmasının kontrolüne destek gibi farklı fonksiyonlara hizmet ettiğinden dolayı daha yaygınlaşmıştır. Vergi kadastro sunu uygulamak için 3 temel adım izlenmektedir. İlk olarak değ erlenecek tüm parsellerin keş fedilmesi ve belirlenmesi gerekmektedir. İkinci olarak her bir arazi parseli sınıflandırılmalı ve değ eri belirlenmelidir. Üçüncü olarak da vergiler mülkiyetten sorumlu kişilerden toplanmaktadır. Daha geliş miş vergi kadastro sunu sistemleri İtalya ve Avusturya gibi Avrupa ülkelerinde görülmekteydi. Bunun yanı sıra 1807 yılında Napolyon 100 milyon parselin gelecekteki değ erlendirmelere altlık olarak hizmet etmesi amacıyla

ölçülmesini ve verimliliğe ve sahipliliklerine göre kayıt altına alınmasını istemiştir. Bu olay da modern kadastral sistemlere yol gösterici olmuştur. Osmanlı Devleti'nde de vergi kadastrounun uygulanmasından ziyade arazilerin kayıt altına işlemleri yapılarak bir nevi kadastral sistem örneği gerçekleştirilmiştir (Dale ve McLaughlin, 1988).

Hukuki (yasal) kadastro ise kadastronun nasıl ve hangi şartlarda gerçekleştirilmesi gerektiğinin yasalarca belirlendiği bir parsel bazlı kayıt sistemine dayanmaktadır. Hukuki kadastronun temel farkı arazi parsellerinin sınırlarının ölçülmesi ve bu parsellerdeki malik bilgileri ile hakların da kayıt altına alınmasıdır. Bundan dolayı kadastro paftası ile tapu kayıt defterleri ayrı birer sistem yerine bir bütünün parçaları olarak düzenlenmektedir. Yürütülen kadastral çalışmalar sonucunda elde edilen bilgilerin işlendiği tapu belgeleri mülkiyetin devlet güvencesinde olduğunun kanıtıdır (Yomralıoğlu, 2009).

Yukarıda bahsedilen kadastro sistemleri bir arazi yönetim sistemlerinin bileşenlerini oluşturmaktadır. Bu sistemlerin öne çıkan özellikleri arazideki hakların veya ilgili değerlerinin kaydının desteklenmesidir. Çok amaçlı (*multi-purpose*) kadastroda ise arazi sahipliği, arazi ekonomisi, planlama, istatistik ve yönetime dair bilgiler tekil veya küçük sistemlerin birbirlerine bağlandığı bir ağ yoluyla bütünleştirilebilir. Çok amaçlı kadastro hem kamu ve ticari organizasyonları hem de vatandaşlara hizmet etmek için tasarlanmış büyük ölçekli, topluluk yönetimli bir arazi yönetim sistemi olarak tanımlanabilir. Çok amaçlı kadastronun ayırt edici özellikleri olarak (Dale ve McLaughlin, 1988);

- Mekânsal organizasyonun temel birimi olarak arazi birimini (kadastro parseli) kullanması,
- Arazi sahipliği, arazi değeri ve arazi kullanımı gibi arazi kayıtları serisini ilgili parselle ilişkilendirmesi,
- Mekânsal kapsam bakımından mümkün olan her yerde tamamlanabilmesi,
- Veriye erişimi hazır ve etkin olarak sağlaması sayılabilir.

2.1.2 Türkiye'deki kadastral sistem

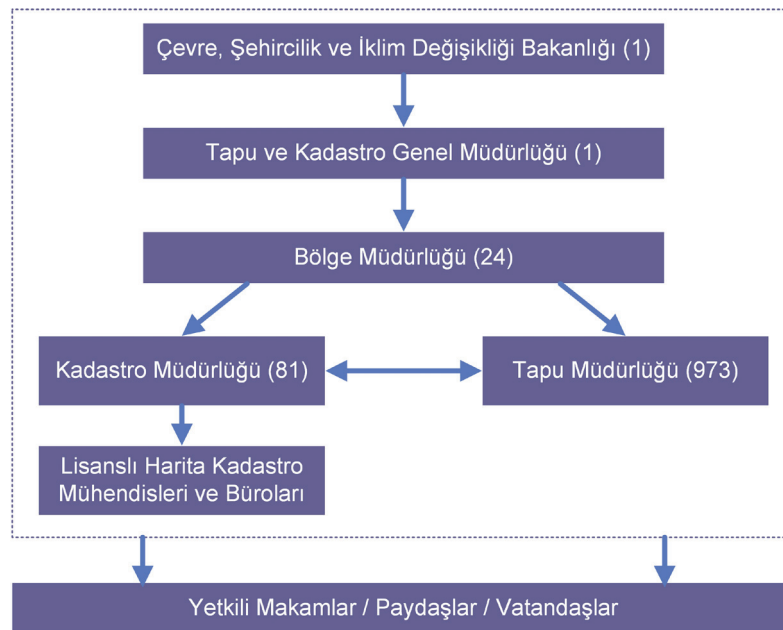
Türkiye tapu ve kadastro açısından köklü bir geçmişe sahiptir. Arazi kaydıyla ilgili ilk organizasyon Osmanlı Devleti zamanında 1847 yılında kurulmuştur. Taşınmazlara

ilişkin SSS'leri tanımlayan TMK'nın yanı sıra kadastral kayıt ile ilişkili yasalardan bazılarına;

- 2644 sayılı Tapu Kanunu (1934),
- 3402 sayılı Kadastro Kanunu (1987),
- 2859 sayılı Tapulama ve Kadastro Paftalarının Yenilenmesi Hakkında Kanun (1983),
- 3194 sayılı İmar Kanunu (1985),
- 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu (1983),
- 6831 sayılı Orman Kanunu (1956),
- 5304 sayılı Kadastro Kanunu'nda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun (2005)

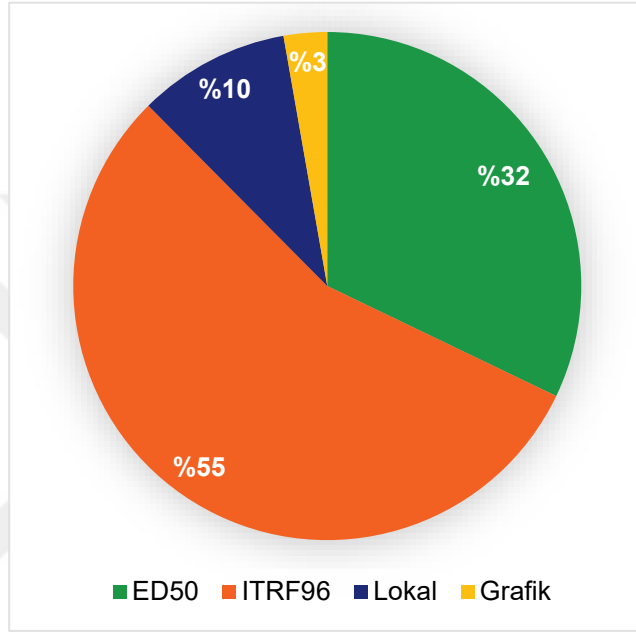
örnek verilebilir.

Mevcut durumda taşınmazların kaydı ve kadastro işlemlerinden sorumlu organizasyon Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)'dür. 1924 yılında yalnızca arazi kaydı işlerinden sorumlu olarak kurulurken 1925 yılında kadastro birimi de bu organizasyona eklenmiştir. TKGM'nin mevcut yapısı ve görevleri 1936 yılında 2997 sayılı kanun ile tanımlanmıştır. Daha önce farklı bakanlıklara bağlıyken 2011 yılında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (ÇŞİDB)'na bağlanmıştır.



Şekil 2.5 : TKGM organizasyon şeması (TKGM, 2022).

Şekil 2.5 mevcut durumdaki TKGM organizasyon şemasını göstermektedir. Türkiye'nin tamamında kadastronun tamamlanması çalışmalarına 1920'li yıllarda başlanıp 2010'lu yılların sonunda tamamlanmıştır. Lisanslı Harita Kadastro Mühendisleri ve Büroları (LİKHAB)'nın hayata geçirilmesi ve özel sektörün katkılarıyla ülkenin tamamını kapsayacak şekilde kadastro verileri elde edilmiştir. Farklı tarihlerde üretilen bu kadastro haritaları değişik koordinat sistemlerine sahiptir (Şekil 2.6).



Şekil 2.6 : Türkiye'deki kadastro haritalarının sahip oldukları koordinat sistemine göre dağılımı (TKGM, 2022).

Türkiye'deki arazi kayıt sisteminin verimliliğinin arttırılması için birçok proje gerçekleştirilmiştir. Harita-Kadastro Reform (HAKAR) projesi ile başlayan aktiviteler kâğıt tabanlı kadastrodan dijital kadastroya geçişi amaçlayan Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi (TAKBİS) projesi ile devam etmiştir. Bu projenin ardından e-devlet platformundan tapu ve kadastro kayıtlarının açık kaynak kodlu mekânsal veri servisleriyle sunulmasını sağlayan Mekânsal Gayrimenkul Sistemi (MEGSİS) hayata geçirilmiştir. Bu proje kapsamında tapu kayıtlarıyla kadastral veriler %99,87 oranında entegre edilmiştir (TKGM, 2022). Bunun yanı sıra Dünya Bankası'nın finansal destek sağladığı modernizasyon projeleri ile ülkedeki kadastral sistemin daha da geliştirilmesi amaçlanmıştır. Ülke genelinde oluşturulan KVA kapsamında mükerrer mekânsal veri üretimini engellemek amacıyla Harita Bilgi Bankası (HBB) projesi hayata

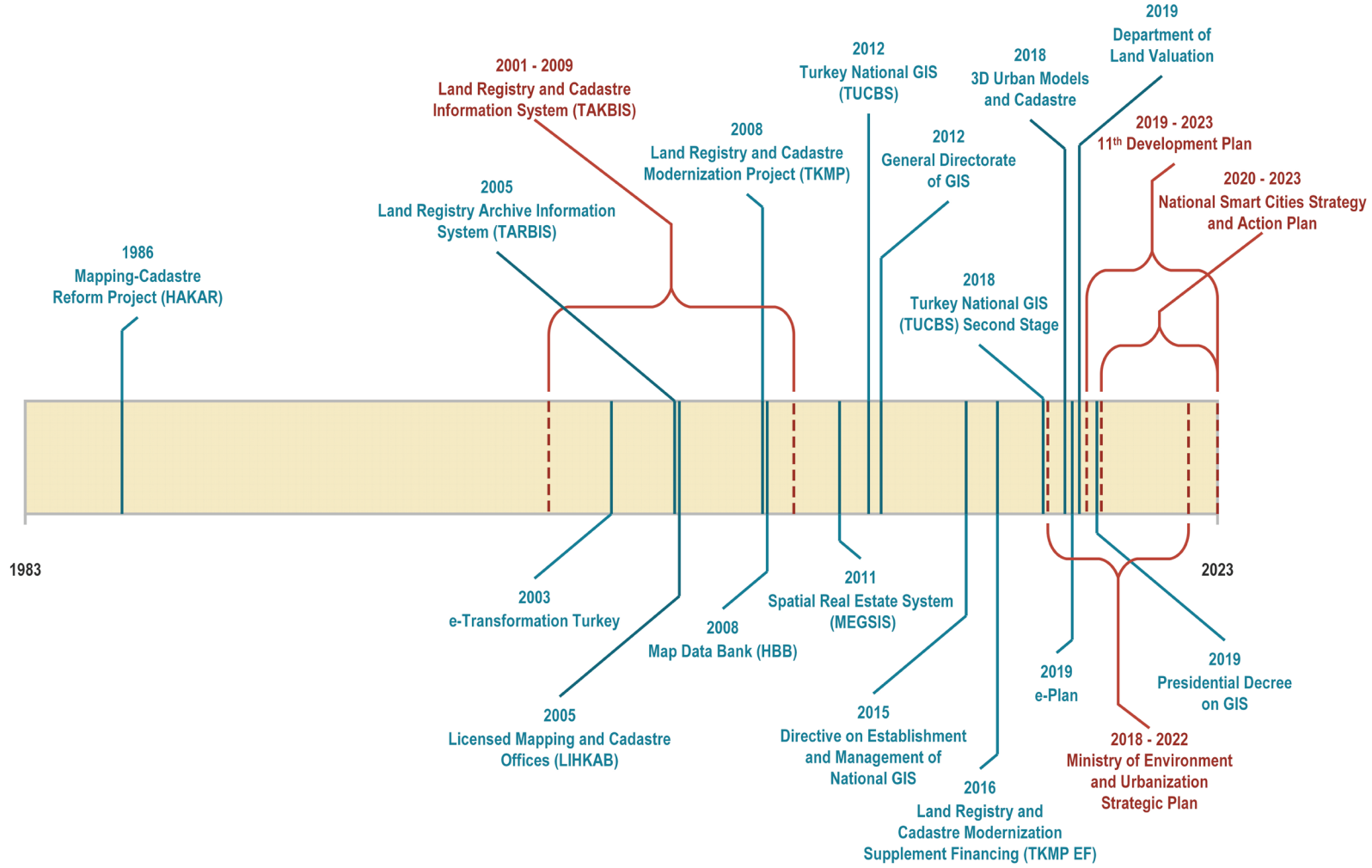
geçirilmiştir. Şekil 2.7 ülkedeki kadastral sistemle ile ilişkili gelişmeleri zaman çizelgesinde görselleştirmektedir.

2.1.3 Düşey mülkiyet

Düşey mülkiyet kavramı Latince'den Merrill ve Smith (2001) tarafından çevrildiği üzere *“kim toprağa sahipse o kişi topraktan gökyüzüne ve yerin merkezine kadar olan kısma da sahip olur”* ifadesiyle 13. Yüzyıla kadar dayanmaktadır. Mülkiyet hakları tanımlandığı üzere sadece yeryüzünde değil hem yer altı hem de yer üstündeki SSS'ler ile ilgilidir. Bu nedenle de düşey mülkiyet olarak aktarılabilecek mülkiyetin 3. boyutu ayrıca üzerinde durulması gereken bir konudur. Farklı yasal dokümanlarda yer aldığı üzere yer altı ve yer üstü varlıklarıyla ilgili birçok kısıtlama bulunmaktadır. Yer altındaki doğal su kaynakları, elektrik, su, doğalgaz ve fiber optik şebekeleri ile yer altındaki demir yolu hatlarına ilişkin mülkiyet hakları 3. boyuttaki mülkiyete örnek olarak verilebilir. Bunun yanı sıra İmar Planlarında hem yer altı hem de yer üstüyle ilgili birçok sınırlama yer almaktadır. Hangi imar parsellerinde hangi yükseklikte yapıların inşa edileceği bilgisi 3B sınırlamalara bir örnektir.

2.1.3.1 Taşınmazlarda üçüncü boyutun oluşumu

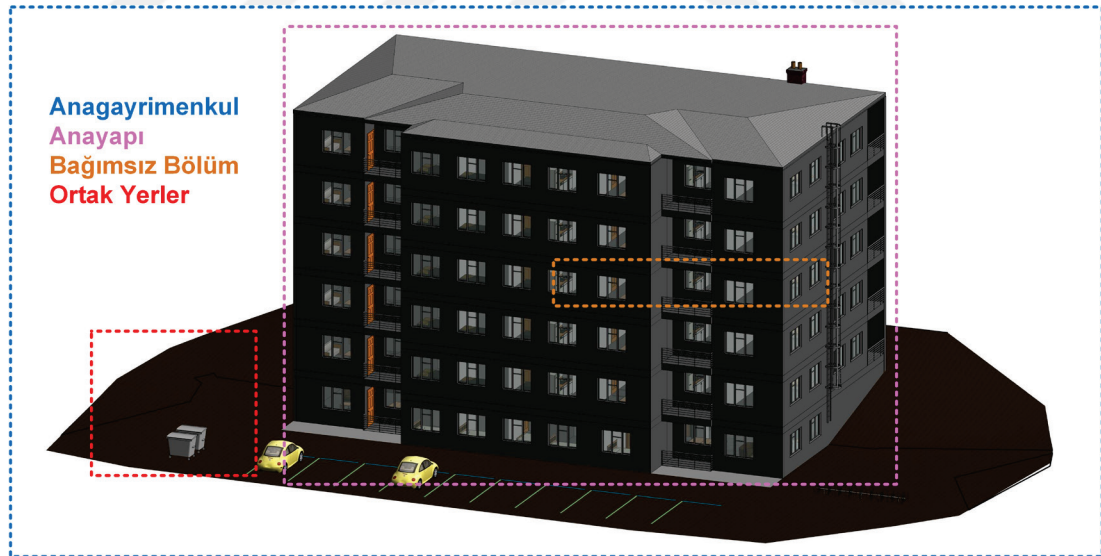
TMK'nın 718. maddesinde *“Arazi üzerindeki mülkiyet, kullanılmasında yarar olduğu ölçüde, üstündeki hava ve altındaki arz katmanlarını kapsar.”* şeklinde bir ifade yer almaktadır. Bu ifadeyle birlikte taşınmazların hem altı hem de üstüyle ilişkili olan mülkiyet hakları 3B olarak yasal anlamda tanımlanmış olmaktadır. Bunun yanı sıra arazi parsellerine inşa edilen yapılarla birlikte bu yapılar üzerinde kurulabilecek haklar yine 3B mülkiyet haklarıyla ilişkilidir.



Şekil 2.7 : Türkiye’deki kadastral sistem ile yakından ilgili gelişmelerin zaman çizelgesi (Guler ve Yomralioglu, 2021b).

2.1.3.2 Kat mülkiyeti

Bir binanın farklı katlarında mülkiyet hakkının oluşabilmesi Roma Hukuku'na kadar dayanmaktadır. Özellikle İkinci Dünya Savaşı'nda yaşanan konut kıtlık ve kente olan göçlerin yoğunluğuyla bağlı olarak kanun koyucular yasal düzenlemeye duyulan ihtiyacı gidermeye çalışmıştır. İsviçre yasalarında müşterek mülkiyete ilişkin yeni maddeler eklenerek 1963 yılında kat mülkiyeti resmi olarak uygulanmaya başlamıştır. Alman Hukuku'nda da kat mülkiyetine ilişkin kanunlar bulunmaktadır. Bireysel mülkiyet çeşidi olan kat mülkiyeti bir kişi tarafından sahip olunan bir özel mülkiyet türüdür. TMK'nın üst hakkı ile ilgili olan 726. Maddesi *"Bir binanın başlı başına kullanılmaya elverişli bağımsız bölümleri üzerinde kat mülkiyeti veya kat irtifakı kurulması, Kat Mülkiyeti Kanununa tâbidir. Bağımsız bölümler üzerinde ayrıca üst hakkı kurulamaz."* şeklinde olmakla Kat Mülkiyeti Kanunu (KMK) işaret edilmiş ve ayrıca bölümler üzerinde üst hakkı kurulamayacağı da belirtilmiştir. Bu bağlamda Türkiye'de 634 sayılı KMK'deki hükümlere göre kat mülkiyetine ilişkin uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Şekil 2.8 örnek bir yapıdaki kat mülkiyetine ilişkin birimleri görselleştirmektedir.



Şekil 2.8 : Kat mülkiyetine dair temel fiziksel birimler.

Kat mülkiyetiyle ilişki olarak kendi başına kullanılmaya elverişli olan yapı bölümleri bağımsız bölümler olarak adlandırılmakta ve büro, dükkân veya depo gibi farklı amaçlarla kullanılabilir. Bağımsız bölümlerin doğrudan kullanımına sunulan yerler ise eklentilerdir. Yapılardaki bağımsız bölümler binanın bulunduğu arsa üzerinde belirli kriterlere göre belirlenen değerleriyle orantılı olarak arsa payına sahip

olurlar. Bunu yanı sıra binalarda hem korunma hem de kullanma veya faydalanmaya yarayan ortak yerler de kanunen tanınmaktadır.

2.1.3.3 Üç boyutlu kadastro

İnşa edilmiş çevrenin karmaşıklığı her geçen gün daha da fazla artmaktadır. Ancak bahsedilen karmaşıklık yeni olmamakla birlikte son yıllarda daha da görünür hale gelmiştir. Çünkü 3. boyutla ilgili durumların ortaya çıkışı 60 yıldan daha fazla süredir mevcuttur. Örnek vermek gerekirse çok amaçlı yapıların sayıları artmış, kablo ve su boruları büyümüş ve birçok tünel inşaatı gerçekleşmiştir. Bunun yanı sıra son birkaç 10 yıldır mülklerin değerinde gerçekleşen ciddi artış sonucunda mülk sahipleri mülklerinin kadastral kayıtla güvence altına alınmış yasal statülerine sahip olmak istemektedir. Bu bağlamda kadastral altyapı, sistem ve veri tabanının taşınmazlara ve tüm boyutlarda taşınmazın sınırlarına dair yeterli bir kavrayış sunulabilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bununla ilişkili olarak 3B kadastro için temel gereklilikler (Stoter ve van Oosterom, 2006);

- 3B hakların eksiksiz kaydına sahip olunabilmesi,
- 3B mekânsal bilgi ile kamusal sınırlamaları içeren çok katmanlı yapıların yasal durumlarına iyi bir şekilde ulaşılabilirliğe sahip olunabilmesi,

şeklinde özetlenebilir.

Mevcut kadastral kayıt işlemlerinde kullanılan 2B tabanlı metotların kompleks yapılardaki yasal sınırların temsil edilmesinde sebep olduğu birçok zorluk (Rajabifard ve diğ., 2019);

- Karmaşık ve düzensiz şekillerin dahil olduğu mülkiyete ilişkin yasal mekanların 2B kâğıt tabanlı veya dijital planlarla tam anlamıyla kaydedilemeyip yönetilememesi,
- Çok katlı yapılardaki (örneğin 40 katlı) mülkiyete ilişkin yasal mekanları yatay ve dikey olarak kaydedebilmek için çok sayıda (örneğin 50 sayfa) 2B diyagram ve plan arasından doğru olanın bulunması gerekliliğinden dolayı çok zorlu ve zaman alıcı süreçlerle karşılaşılması,
- 2B planların genellikle çok sayıda bilgi notu içermesinden dolayı uzman olmayan veya bağımsız bölüm planlarını okuma ve anlama tecrübesine sahip

olmayan kişiler tarafından hem okunmasının hem de yorumlanmasının oldukça zor olması,

- Birçok 2B planın taşınmazın sınırlarını tek bir boyuta indirgemesinden dolayı birden fazla bina katında yer alabilen 3B SSS'lere ilişkin kadastral bilgilerin betimlenmesi ve kaydedilmesinin hayli güç bir iş olması,
- Yapı elemanlarının dahil olabildiği yasal mülkiyet sınırlarının yorumlanmasında belirsizliklerin yaşanabilmesi,
- 2B planların statik içeriğe sahip olması ve 3B mekânsal sorgulamalara imkân tanımamasından dolayı kompleks durumlarda anlaşılmalari ve yorumlamaları yanlış yönde etkileyebilmesi,

olarak örneklenebilir.

Bahsedilen zorlukların üstesinden gelinebilmesi için arazi idaresi alanında 3B dijital modellerin kullanılması için giderek artan bir yönelim mevcuttur (Paasch ve Paulsson, 2021; van Oosterom, 2018). Bununla ilişkili olarak da “3B Kadastro” terimi yerine “3B Arazi İdaresi” kavramı kullanılmaya başlanmıştır. Bunun bir sebebi olarak arazi idaresi teriminin uluslararası anlamda sadece kadastro işlemleri değil aynı zamanda arazinin mülkiyeti, değeri, kullanımı ve ilişkili kaynaklarını da kapsayarak mülkiyet hakkındaki bilgilerin kayıt ve yayılım işlemleri için bir yol gösterici olması gelmektedir. Bir diğer sebebi ise arazi idaresinin daha az belirsizliğe yol açacak şekilde hem mekânsal hem de yasal bileşenleri içermesidir (Kalogianni ve diğ., 2020c; van Oosterom ve diğ., 2020).

2.1.4 Arazi idaresi alan modeli

Arazi idaresine ilişkin uygulamalar ülkelerin hukuki sistemlerindeki farklılıklar nedeniyle değişiklik göstermesine rağmen AİS'lerin dayandığı ortak temel uygulama bölgeleri için oldukça benzerlik göstermektedir. Bu duruma istinaden Arazi İdaresi Alan Modeli (*Land Administration Domain Model-LADM*) (ISO, 2012) arazi idaresi kapsamındaki uygulamalarda gerçekleşen çok sayıda işlemi kapsayan bir kavramsal modelin mümkün kılınması yoluyla AİS'lerin etkin bir şekilde uygulanması için ortak bir ontoloji sağlamak amacıyla oluşturulmuştur. LADM standardının ilk edisyonu *Party*, *Administrative* ve *Spatial Unit* olmak üzere 3 adet ana paket ve *Spatial Unit* ana paketinin alt paketi olmak üzere *Surveying and Representation* olarak 1 adet alt paket

içermektedir. Bahsedilen edisyon Land Administration Domain Model ISO 19152:2012 ismiyle 2012 yılında resmi bir ISO standardı olarak yayımlanmıştır.

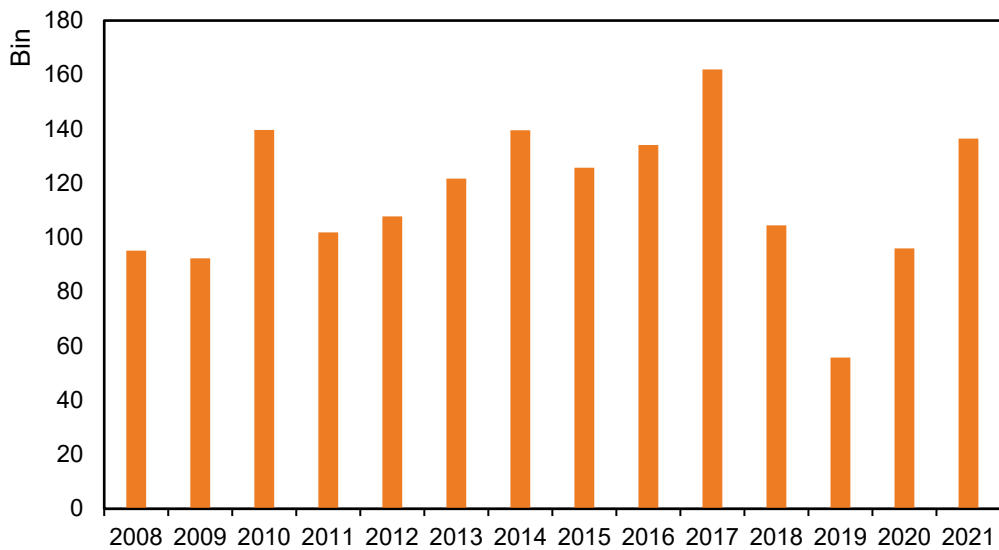
Party paketi arazi idaresi uygulamalarının farklı bölümlerinde sürece dahil olan birçok tarafı modellemek için uygundur. *Administrative* paketi ise sahiplik, sorumluluk ve sınırlamalara ilişkin spesifik eleman ve durumların detaylı bir şekilde temsil edilebilmesini sağlamaktadır. Mekânsal özellikleriyle betimlenmesi gereken objelerin modele entegrasyonu *Spatial Unit* paketi ve özellik sınıfları arasındaki ilişkiler sayesinde mümkün kılınmaktadır. Arazi parselleri, binalar ve farklı altyapı hizmetlerine ilişkin mekânsal objeler ve bu objelere ilişkin SSS'ler *Spatial Unit* paketi kapsamında modellenebilmektedir. *Surveying and Representation* alt paketi ile *Spatial Unit* paketindeki objeler için mekânsal modelleme konsepti bakımından bir altlık sağlanması amaçlanmıştır. Bahsedilen alt paket kapsamında *LA_BoundaryFaceString*, *LA_BoundaryFace* ve *LA_Point* özellik sınıfları *LA_SpatialUnit* özellik sınıfının örneklerini temsil etmede kullanılmaktadır. Bu özellik sınıfları sırasıyla *GM_MultiCurve*, *GM_MultiSurface* ve *GM_Point* geometri tiplerine sahiptir. Sözü edilen geometri tiplerini LADM kavramsal şemasında kullanabilmek için coğrafi objelerin temsili için mekânsal şemayı içeren ISO 19107 Geographic Information - Spatial schema (ISO, 2003) standardından faydalanılmıştır. LADM bir standart olarak yayımlandıktan sonra Hırvatistan (Vucic ve diğ., 2017), Sırbistan (Radulović ve diğ., 2019a), Fas (Adad ve diğ., 2020) ve Çin (Zhuo ve diğ., 2015) gibi çok farklı ülkelerden birçok araştırmacı standardı kullanarak ülke profilleri oluşturmuşlardır. Bu konuyla ilişkili olarak (Kalogianni ve diğ., 2021) LADM standardına dayalı olarak bir ülke profili geliştirilmesi için kapsam belirleme, profil oluşturma ve profil gerçekleştirme olmak üzere 3 adımdan oluşan bir strateji önerisinde bulunmuştur.

Bununla birlikte LADM standardının ikinci edisyonunun geliştirilmesi adına devam eden bir aktivite bulunmaktadır. Bu bağlamda ikinci edisyon Değerleme Bilgi Modeli (*Valuation Information Model-VIM*) (Bölüm 4) (Kara ve diğ., 2020) ve Mekânsal Plan Bilgisi (*Spatial Plan Information-SPI*) (Bölüm 5) (ISO/TC 211, 2021) ile ilgili bölümleri içerecek ve bu sayede standart arazi idaresi paradigmasının ana bileşenlerinin hepsini kapsayan bir kavram model sağlamış olacaktır. 3B mekânsal birimlerin modellenmesinin iyileştirilmesi de revizyon kapsamında yer almaktadır. Ayrıca bilindiği üzere kavramsal modellerin gerçekleşmesi geliştirilen kavramsal modelin uygulanabilirliğini göstermesi ve mevcut sistemin iyileştirilmesi açısından

oldukça önemlidir. Bu nedenle ikinci edisyon bağlamında LADM standardına dayalı kavramsal modellerin gerçekleştirilmesi amacıyla temel işlem adımlarının sağlanması için güçlü bir istek bulunmaktadır. Diğer bir deyişle bir sonraki edisyonun Gerçekleme (*Implementation*) (Bölüm 6) (Kalogianni ve diğ., 2020b) bölümünü kapsamı planlanmaktadır.

2.2 Yapı Ruhsatlandırma Süreçleri

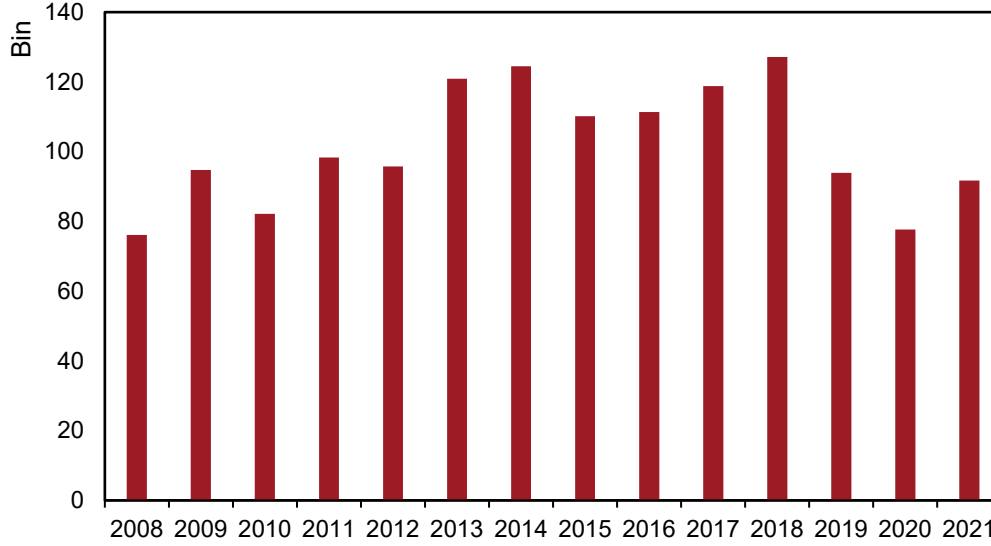
Türkiye’de inşaat sektörü ülke ekonomisi açısından büyük bir paya sahiptir. Büyük kentlerin göç almasıyla birlikte artan nüfusun ihtiyacını karşılamak için birçok yapı inşa edilmektedir (Tekin ve Atabay, 2019). Bunun yanı sıra depreme ve doğal afetlere karşı dayanıksız yapılar kentsel dönüşüm kapsamında yıkılarak aynı parselde yeni yapılar inşa edilmektedir. Tüm inşaat süreçlerinde yapı ruhsatı alınması gerekmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından paylaşılan istatistiklere göre Türkiye’deki son 14 yıllık sürede oluşturan yapı ruhsatı sayıları Şekil 2.9’da yer almaktadır (TÜİK, 2021).



Şekil 2.9 : Yıllara göre Türkiye’de oluşturulan yapı ruhsatı sayıları (TÜİK, 2021).

Şekil 2.9’da görüldüğü üzere son 14 yılda oluşturulan toplam yapı ruhsatı sayısı herhangi bir yılda 40.000’in altına düşmemiştir. Bununla birlikte 2010 ve 2014 yıllarında 140.000’e ulaşmıştır. 2017 yılında ise 160.000’in üzerinde yapı ruhsatı oluşturularak son 12 yılın en yüksek rakamına ulaşılmıştır. 2018 ve 2019’da ise bir gerileme görülmektedir. Şekil 2.10’da ise son 14 yıllık süre zarfında Türkiye genelinde

oluşturulan yapı kullanma izin belgelerinin sayıları yer almaktadır. Son 14 yıl içerisinde sadece 2008 ve 2020 yıllarında 80.000'in altında yapı kullanma izin belgesi oluşturulmuştur. 2018 yılına doğru yükselen bir grafik görülmektedir.



Şekil 2.10 : Yıllara göre Türkiye’de oluşturulan yapı kullanma izin belgesi sayıları (TÜİK, 2021).

2.2.1 Başvuru süreci

Bir kadastro parselinde inşa edilecek her bir yapı projesi kanunlar ve yönetmeliklerle belirlenen şartları sağlamak zorundadır. Bu durumla ilişkili olarak Türkiye’de 3/5/1985 tarihli ve 3194 sayılı İmar Kanunu’nun 21. Maddesi’nde belirtildiği üzere tüm yapılar için belediyeler veya valiliklerden yapı ruhsatı (yapı ruhsatıyesi) alınması zorunlu kılınmıştır (T.C. Resmi Gazete, 1985). Bununla birlikte yine aynı maddede mevcut yapılarda gerçekleştirilecek değişiklikler için yapı ruhsatı alınması şartı konulmuştur. Ancak imar yönetmeliklerine göre belirtildiği şekliyle yapının taşıyıcı unsurunu etkilemeyen tamir ve tadilatlar için yapı ruhsatı alınması zorunluluğu bulunmamaktadır. Yapı ruhsatı alma şartları ise aynı kanunun 22. Maddesi’nde açıklanmıştır. Maddeye göre yapı ruhsatı alınabilmesi için belediyeler veya valiliklere eklerinde tapu, mimari, statik, elektrik ve tesisat projeleri ile kroki bulunan bir dilekçeyle başvurulması istenmektedir. Bu maddeyle birlikte yapı projelerinin sağlanması gereken şartlar İmar Kanunu ile 10/7/2018 tarihli ve 30474 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan 1 sayılı Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinde, ÇŞİDB’nin Teşkilat ve Görevlerini düzenleyen altıncı kısım üçüncü bölüm hükümlerine dayanılarak hazırlanan ve 3/7/2017 tarihinde

30113 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği’nde ayrıntılı olarak açıklanmaktadır (T.C. Resmi Gazete, 2017, 2018a). Çizelge 2.1 yapı ruhsatı başvurusunda istenen temel belgeleri göstermektedir.

Çizelge 2.1 : Türkiye’de yönetmelik ve kanunlara göre yapı ruhsatı alınabilmesi için gerekli belgeler.

Belge Türü	
1) Tapu	12) Mekanik Tesisat Projesi
2) Plan ve ÇAP Belgeleri	13) Elektrik Tesisat Projesi
3) İmar Durum Belgesi	14) Asansör Projesi
4) Aplikasyon Krokisi	15) İnşaat Sözleşmesi
5) Kot-Kesit Belgeleri	16) Muvafakatname
6) İnşaat İstikamet Rölövesi	17) Ruhsat ve Harç Ücretleri
7) Mimari Proje	18) Estetik Kurul Onayı
8) Yapı Aplikasyon Projesi	19) Müteahhit Belgeleri
9) Zemin ve Temel Etüdü Raporu	20) Şantiye Şefi Belgeleri
10) Statik Proje	21) Yapı Denetim Belgeleri
11) Peyzaj Projesi	22) Ruhsat ve Harç Ücretleri

2.2.2 İnceleme süreci

İmar Kanunu’nda yapı ruhsatı verilmesi için süre kısıtlamaları belirlenmiştir. Buna göre eğer belgelerde herhangi bir eksiklik veya yanlış bulunmuyor ise müracaat edilen kurum en geç otuz gün içerisinde yapı ruhsatı vermekle yükümlü kılınmıştır. Eğer herhangi bir yanlışlık veya eksiklik bulunursa müracaat tarihinden en geç on beş gün içerisinde müracaat eden yetkiliye belirlenen eksiklik ve yanlışların bildirilmesi zorunlu kılınmıştır. Müracaat eden yetkiliye kendisine bildirilen yanlış ve eksikleri gidererek yaptığı yeni başvuru tarihinden itibaren on beş gün içerisinde yapı ruhsatı verilmesi gerekmektedir. Kanunda belirtilen şartlara göre yapılan başvurularda müracaat edilen kurum yapı projesini mimari, statik, elektrik, peyzaj ve mekanik bakımdan yetkili birimleri dâhilinde incelemekte ve yapı ruhsatı verilip verilmeyeceğine karar vermektedir. Eğer proje mevzuatta belirtilen tüm şartları eksiksiz olarak sağlıyorsa yapı ruhsatı hazırlanmakta ve ruhsatın müracaat eden kişiye tesliminin ardından yasal olarak yapı inşaatının başlayabilmesi mümkün olmaktadır.

2.2.3 İnşaat ve denetim süreci

İnşaatın başlamasından sonraki süreçte 29/6/2001 tarihli ve 4708 sayılı Yapı Denetimi Hakkında Kanun esaslarına göre her bir yapı projesi inşaatı süresince yapı ruhsatına göre inşa edilip edilmediğine dair bağımsız yapı denetim kuruluşları tarafından denetlenmektedir (T.C. Resmi Gazete, 2001b). Bahsedilen yapı denetim kuruluşları eğer bir uygunsuzluk tespit ederse ilgili idarelere bilgi vermekle yükümlüdür.

2.2.4 Yapı kullanma izni süreci

Yapı inşaatının tamamlanmasından sonraki süreçte İmar Kanunu'nun 30. Maddesi'nde belirtildiği üzere yapı kullanma izni alınması zorunludur. Yapı kullanma izni için yapılan müracaat kapsamında yapının ruhsat ve eklerine uygun olarak inşa edilip edilmediği incelenmektedir. Başvuru sürecinin en geç otuz gün içerisinde sonuçlandırılması gerekmektedir aksi halde yapının kullanılmasına izin verilmiş sayılmaktadır. Yapı kullanma izni bulunmayan yapılar İmar Kanunu'nun 31. Maddesi'ne göre elektrik, su ve kanalizasyon gibi kamu hizmetleri ile tesislerinden faydalanamazlar. Yapı kullanma izin belgesinin alınmasıyla birlikte yapı projesi sonuçlandırılmış olmaktadır.

2.3 Yapı Bilgi Modellemesi

2.3.1 Mevcut problemler ve yapı bilgi modellemesi ihtiyacı

Geleneksel olarak obje teslim işlemi parçalara ayrılmış olarak ve 2B çizimler kullanılarak gerçekleştirilen iletişime bağlı olarak hayata geçirilmektedir. Kâğıt çıktılarındaki hatalar ve eksiklikler sıklıkla istenmeyen arazi masrafları, gecikmeler ve proje takımındaki farklı paydaşlar arasında hukuki durumlara sebep olmaktadır. Bahsedilen problemlere çare bulabilmek için gerçek zamanlı verilerin kullanılması, planların ve dokümanların paylaşılması için proje web sayfalarının oluşturulması ve 3B CAD araçlarının uygulanması gibi alternatif organizasyonel çözümler üzerinde çalışılmıştır. Bahsi geçen çözümler bilginin daha güncel bir şekilde değiş tokuş edilmesini iyileştirse de kâğıt çıktılarındaki veya elektronik eşdeğerlerinin kullanımından kaynaklanan anlaşmazlıkların sıklığının ve şiddetinin azaltılmasına çok az etki yapabilmişlerdir.

Yapı tasarımı aşamasında 2B tabanlı iletişimle ilişkili en yaygın problemlerden birisi maliyet hesabı, enerji kullanım analizleri, yapısal detaylar vb. gibi tasarlanmış proje hakkında kritik değerlendirme bilgilerinin elde edilmesi için gerekli olan ciddi miktardaki zaman ve harcamalardır. Bahsedilen analizler çoğunlukla en son aşamada gerçekleştirilir ve bu nedenle tasarımda önemli değişiklikler yapılabilmesi için çok geç kalınmış olmaktadır. Hayata geçirilen projelerde, özellikle de büyük bütçeli projelerde on binlerce sayfa doküman ve onlarca farklı doküman türü kullanıldığı aktarılmıştır. Bu bilgiler göz önünde alındığında çok fazla sayıdaki hem insanı hem de dokümanı yönetebilmek seçilen inşaat yaklaşımından bağımsız olarak oldukça zordur.

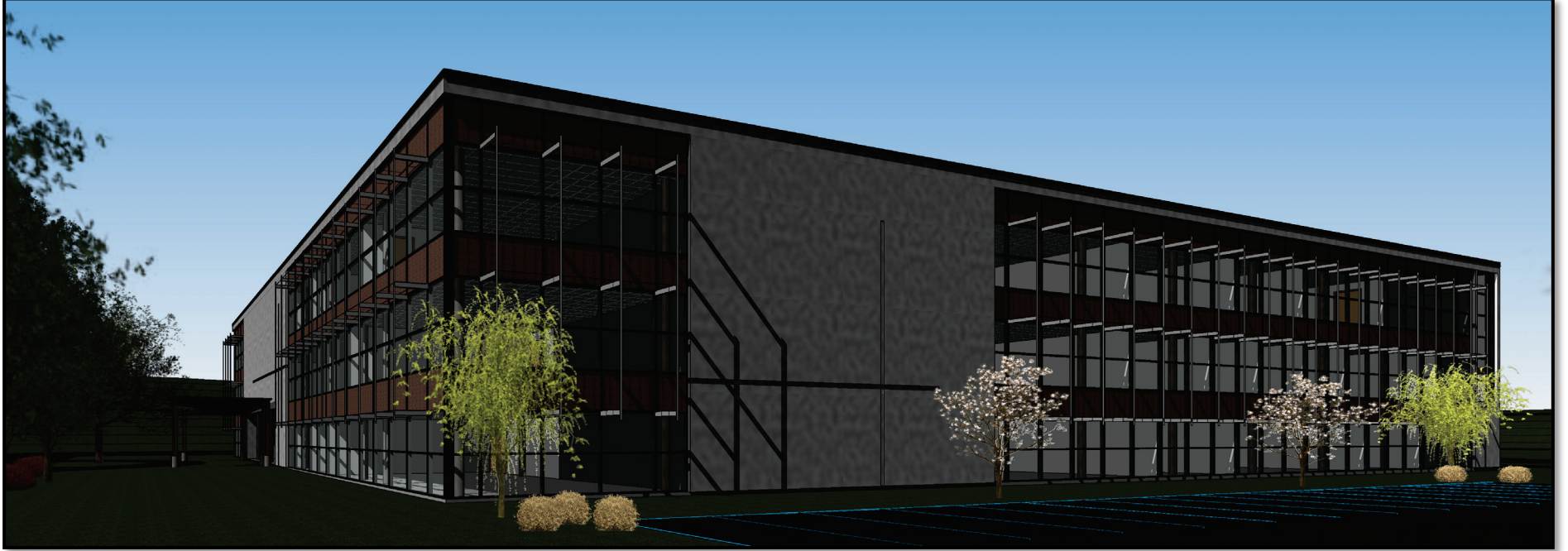
Yapılan araştırmalar bir taraftan yaklaşık son 40 yıllık sürece bakıldığında inşaat sektöründeki verimliliğin imalat gibi sektörlerle oranla gerilerde kaldığını gösterirken diğer bir taraftan da yapı inşaatı sürecinde birlikte çalışılabilir veri eksikliğinden dolayı daha yüksek maliyetlerle karşılaşıldığını göstermektedir (Teicholz ve diğ., 2018a).

Model tabanlı tasarım süreci klasik çizimlere kıyasla çok daha kaliteli bilginin üretilmesini mümkün kılmaktadır ve böylece hesap yapılabilir sonuç verisinin standart tabanlı değişimi proje ekibi arasındaki iletişimi dramatik bir şekilde iyileştirmektedir. Bahsedilen iyileştirmeler BIM yaklaşımının potansiyel faydalarının açık bir şekilde yer aldığı operasyonel seviyede dikkate değer bir şekilde sonuçlar vermektedir.

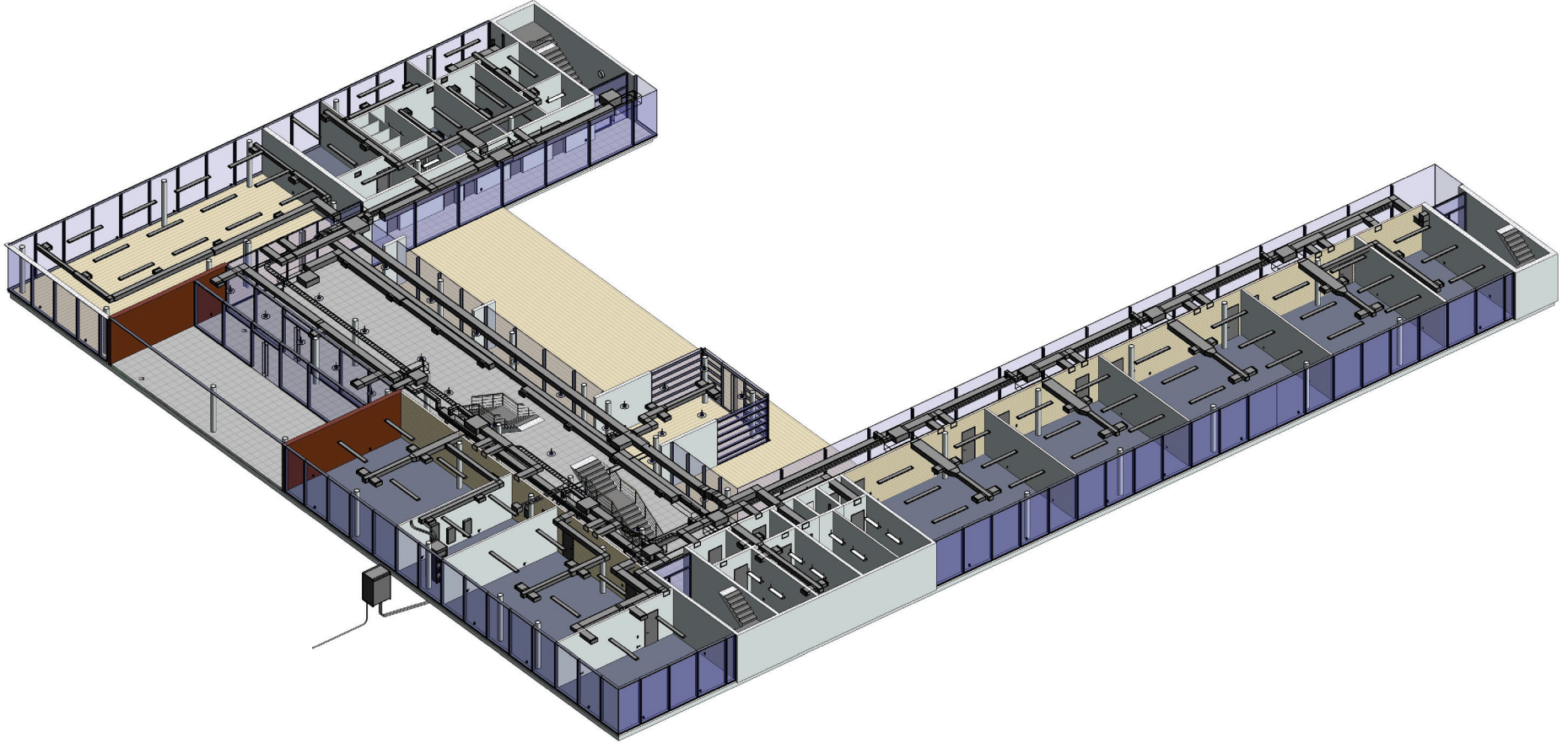
Yapılması planlanan proje hakkındaki çoğu bilgi mimari tasarımda özellikle de mimari çizim formunda oluşmaktadır. Diğer bir yandan teknik çizimler bilgiyi etkin bir şekilde aktarabilmek için ağırlıklı olarak disiplinlere özgü sembollerin kullanılmasına dayanmaktadır. Herhangi bir objeyi yeterli seviyede sunabilmek için tasarımcı birçok farklı açıdan görüntülerin sağlanmasına ihtiyaç duyabilmektedir. Böylece örnek vermek gerekirse basit 3B bir obje için en az üç farklı bakış açısından alınmış görüntülere gereksinim duyulmaktadır. Bunun yanı sıra kullanılan bütün dokümanların koordine edilmesi farklı dokümanların farklı detay seviyelerinde bilgi sunması ve inceleme süreçlerinin karmaşıklığı da göz önüne alındığında oldukça zorlu olmaktadır. Tüm bu problemlerin çözümü için CAD tabanlı yöntemler kullanılsa da istenilen verimliliğe ulaşılamamıştır.

Tekil uygulamaların tasarım aktiviteleriyle doğrudan ilişkili temel problem, uygulama kapsamında oluşturulan bilginin eksiksiz ve tutarlı olduğundan emin olunup olunmamasıdır. Bu bağlamda, tasarım liderleri ve diğer kişiler zamanlarının çoğunu

takımlarındaki işlerin kontrolüne, gerekli dokümantasyonun ve içerik ile sunumun gereksinim duyulan standartta olduğunun emin olunmasına harcamaktadır. Yine ilişkili olarak takım liderleri her bir dokümandaki her bir objenin her bir görüntüsü ve tanımının eksiksiz olduğundan ve belirtilmemiş geometrik veya fonksiyonel özellik ya da çakışma olmadığından emin olmalıdır. Bahsedilen bilgiler ışığında mevcut problemlerin tasarım süreçlerindeki, üretim sürecindeki ve inşaat yönetimindeki bilgilerin yetersiz ve zayıf olmasından kaynaklandığı söylenebilir (Crotty, 2013). Daha önce bahsedildiği üzere inşa edilen yapıların planlaması ve gerçeğe dönüştürülmesi farklı uzmanlık alanlarından geniş bir yelpazedeki paydaşların dahil olduğu oldukça kompleks bir süreçtir. Bahsedilen paydaşlar arasında süreklilik arz eden uzlaşmış ve yoğun veri değişimi başarılı bir inşaat projesi için elzemdir. İnşaat projelerinin teknik çizimleri için kullanılan yazılımlar yıllar boyunca kullanılan çizim tahtalarının bir imitasyonu şeklinde bu çizimlerin oluşturulmasını sağlamaktadır. Ancak bu çizimlerin içerdiği bilgilerin yalnızca belli bir kısmının hesaba dayalı metotlar tarafından işlenebildiği ve yorumlanabildiği bilinmektedir. Sadece bahsedilen çizimlere dayanan bilgi akışı bu nedenle proje yönetimi ve yapı işletmesini desteklemek için bilgi teknolojisinin oldukça fazla olan potansiyelini sektöre uğramaktadır. Bu noktada ana problem çeşitli teknik çizimlerin tutarlılığının sadece manuel olarak kontrol edilebilmesidir. Özellikle farklı tasarım disiplinlerinden ve farklı şirketlerden uzmanlar tarafından oluşturulan tasarımlar dikkate alındığında bahsedilen durumun oldukça büyük bir hata kaynağı oluşturduğu söylenebilmektedir. Diğer bir konu ise tasarım değişikliklerinin zorluğudur. Eğer bahsedilen değişiklikler devamlı olarak izlenmez ve ilişkili olduğu diğer tüm planlara ulaşırsa, uyumsuzluklar kolay bir şekilde artmakta ve inşaatın fiilen gerçekleştirilmesine kadar açığa çıkmamaktadır. Geleneksel uygulamalarda tasarım değişiklikleri sadece revizyon kutucukları ile işaretlenmekte ve bu nedenle değişiklikler hem belirsiz olabilmekte hem de tespit edilmeleri zorlaşmaktadır. Teknik çizimlerin sınırlı bilgi derinliği; farklı analizler, hesaplamalar ve simülasyonlar için kullanılan uygulamalarda yapı tasarımlarına dair bilgilerin bu uygulamalarda doğrudan kullanılmasında yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple de yapıya ilişkin bilgiler tekrardan manuel olarak uygulamalara girdi olarak sokulmakta bu durumda ekstra iş yükü oluşturmasının yanı sıra hatalara da sebep olabilmektedir. Bu durumla ilişkili olarak geleneksel iş akışlarında kavramsal tasarım, detaylı tasarım, inşaat ve operasyon aşamalarında dijital bilgi kaybı yaşanmakta ve her bir aşamada sözü edilen dijital bilgi zorlayıcı bir şekilde yeniden üretilmektedir.



Şekil 2.11 : Bir yapıya ait örnek BIM modeli gösterimi.



Şekil 2.12 : Gelişmiş bir yapıya ait örnek BIM modelinden bir kesit.

Tam bu noktada BIM, bilgisayar teknolojisinin daha gelişmiş bir şekilde kullanılmasıyla bilgilerin çizimler yerine dijital olarak saklanması, üzerlerinde değişiklik yapılabilmesini ve değişimini mümkün kılarak inşaat projelerindeki kaliteyi ve verimliliği arttırmaktadır (Borrmann ve diğ., 2018). Şekil 2.11’de bir yapıya ait BIM modelinden görsel yer almaktayken, Şekil 2.12’de gelişmiş bir yapıya ait BIM modelinin bir katından alınmış bir kesit görülebilmektedir.

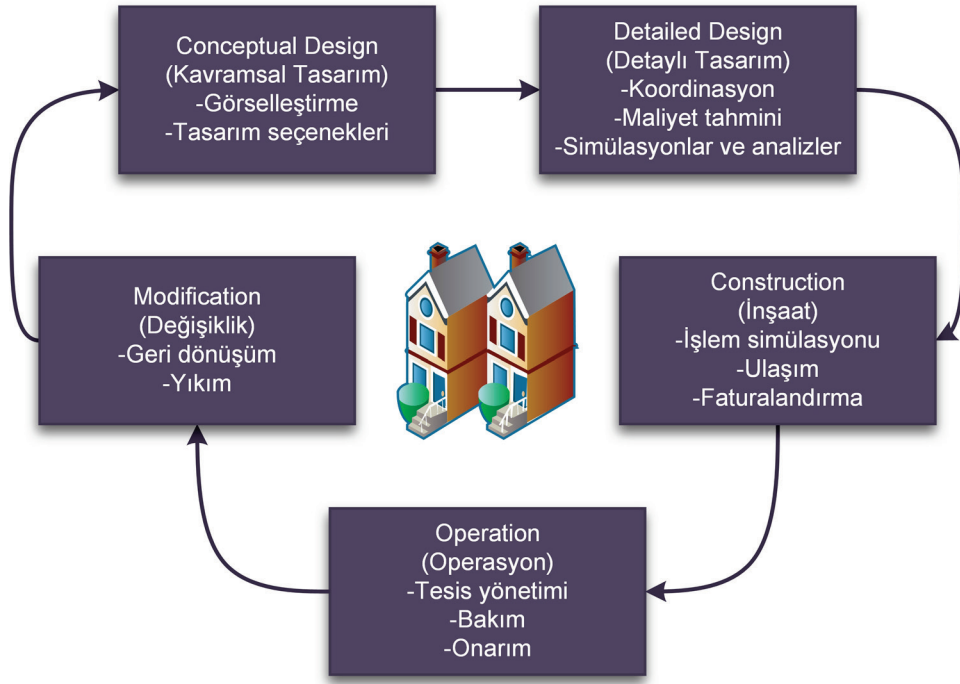
2.3.2 Yapı bilgi modellemesinin tanımı, kapsamı ve faydaları

BIM bir modelleme teknolojisi olarak ve yapı modellerini üretmek, iletmek ve analiz etmek için kullanılan ilişkili işlemlerin bütünü olarak kısaca tanımlanabilir. Bu noktada belirtmek gerekir ki BIM işlemlerinin objeleri yapı modelleri diğer bir deyişle BIM modelleridir (Teicholz ve diğ., 2018a). BIM modeli bir inşa edilmiş yapının çok ayrıntılı bilgi seviyesiyle kapsamlı ve dijital temsildir. Tipik olarak yapı bileşenlerinin belirli bir detay seviyesinde 3B geometrilerini içermektedir. Bunun yanında BIM modelleri fiziksel olmayan mekânlar ve bölgeler, hiyerarşik proje yapısı veya zamanlamalar gibi objeleri de içermektedir (Borrmann ve diğ., 2018).

Diğer bir tanımlamada ise BIM bir yapının fiziksel ve fonksiyonel karakteristiklerinin dijital temsili olarak tanımlanmıştır. BIM, bir yapı hakkında ilk aşamadaki tasarımlarından yıkımına kadar geçen süre olarak tanımlanan yaşam döngüsü boyunca alınacak kararlara altlık oluşturacak bilgiler için bir paylaşımlı bilgi birikimi kaynağıdır. BIM temel önerme olarak BIM modellerindeki bilgilerin girilmesi, dışarı aktarılması, güncellenmesi ve değiştirilmesi veya farklı paydaşların desteklenmesi ve yansıtılması için bir yapının yaşam döngüsünün farklı aşamalarında çeşitli paydaşlar tarafından gerçekleştirilen birlikteliği sunmaktadır (NBS, 2021).

Bu tanımlarla ilişkili olarak Şekil 2.13 hem dijital yapı modellerinin üretilmesi işlemini hem de yapının tüm yaşamı boyunca bu modellerin bakımının işlenmesi, kullanılması ve değişimi işlemi olarak BIM konseptini görselleştirmektedir. BIM teknolojisinin genel anlamda faydaları (Teicholz ve diğ., 2018a).

Bununla birlikte BIM konseptinin yeni bir olgu olmadığı ve 1970’li yıllarda sanal yapı modelleriyle ilgili yayımlanan araştırma makalelerine dayandığı (Eastman ve diğ., 1974) ancak BIM teriminin ilk olarak 1992 yılında kullanıldığı aktarılabilir (van Nederveen ve Tolman, 1992).



Şekil 2.13 : Bir yapının tüm yaşam döngüsü boyunca dijital bilginin devamlı olarak kullanımına dayanan BIM konsepti (Borrmann ve diğ., 2018).

BIM teknolojisi çok sayıda iş uygulamalarını destekleyebilir ve geliştirilebilir. Bununla birlikte BIM, ciddi miktardaki karmaşıklığa, hızlı gelişmelere, iyileştirilmiş sürdürülebilirliğe, düşük maliyete ve yapıların daha etkin ve verimli işletilmesine ve bakımına yönelik giderek baskılara cevap verebilecek yapı tasarımı ve inşaat sürecinin merkezinde yer almaktadır. Bu noktada BIM teknolojisinin çok sayıdaki faydalarına değinmek önem arz etmektedir. Çizelge 2.2 BIM teknolojisinin inşaat sürecinin farklı aşamalarındaki sağladığı faydaları genel anlamda listelemektedir.

Konu iletişime ve planlamaya geldiğinde bilginin geçişi ve paylaşımında teknolojinin kullanımı kritik bir role sahiptir. İnşaat projelerinde BIM teknolojisinin kullanımı daha iyi bir takım birlikteliği için oldukça faydalı bir sağlayıcıdır. Projelerin başlangıcında inşaat yönetim takımları için sahip oldukları araçlar ve işlemler ile istenen çıktılar ve belirli bir teknolojinin riskleri ortadan kaldıracağını, değer üreteceğinin, yapı performansını arttıracak olduğunu veya daha iyi bir iş birliğini ve iletişimi sağlayıp sağlamayacağını açık bir şekilde ifade edilmesi önem arz etmektedir. Bahsedilen bu durum projenin başlangıcından önce takım beklentilerinin ve niyetlerinin BIM uygulama planları ve bilgi değişim planlarında açık bir şekilde ifade edilmesiyle başarılabilmektedir. BIM teknolojisinin başarısı herhangi bir inşaat öncesi aktivite

veya inşaatın başlangıcından önce BIM teknolojisinin kullanımının proje takımı bünyesinde nasıl iyi planlandığına ve bildirildiğine bağlı olmaktadır.

Çizelge 2.2 : BIM teknolojisinin genel anlamda faydaları (Teicholz ve diğ., 2018a).

Aşama	İçerik
İş sahibine inşaat öncesi faydalar	Konsept, fizibilite ve tasarım faydaları Arttırılmış yapı performansı ve kalitesi Entegre edilmiş proje teslimi kullanılarak iyileştirilmiş iş birliği
Tasarım için faydalar	Bir tasarımın ilk aşamaları da dahil edilerek daha doğru görselleştirilmesi Tasarım değişikliklerinde otomatik alt seviye düzeltmeleri Tasarım aşamasının herhangi bir aşamasında doğru ve tutarlı 2B çizimlerin oluşturulması Farklı tasarım disiplinlerinin ilk aşamalarındaki iş birliği Tasarım amacına göre tutarlılığının kolay bir şekilde teyidi Tasarım aşaması esnasında maliyet tahminlerinin çıkarılması
İnşaat ve fabrikasyon faydaları	Enerji verimliliğinin ve sürdürülebilirliğin iyileştirilmesi Üretilmiş olan bileşenlerin tasarım modelinin bir dayanağı olarak kullanımı Tasarım değişikliklerine hızlı reaksiyon verilebilmesi Tasarım hatalarının ve noksanlıkların inşaat aşamasından önce tespit edilmesi
İnşaat sonrası faydalar	Tasarım ve inşaat planlamasının senkronizasyonu Tasarım ve inşaat ile tedarikin senkronizasyonu Yapı bilgilerinin iyileştirilmiş devir teslimi Yapıların daha iyi yönetimi ve operasyonu Yapı operasyonu ve yönetim sistemleriyle entegrasyon

Bunun yanı sıra inşaat sahasındaki ilerlemenin genel akışına yön veren ve zamanlamaları kurgulayan sıralandırma mantığı ve belirlenen aktivitelerle projelerin nasıl ortaya çıkarılacağına açık bir şekilde tanımlandığı zaman planlamaları (*schedulig*) inşaat projeleri için oldukça önemlidir. Bu bağlamda zaman planlamalarının BIM teknolojisine entegrasyonu 4. Boyutun (4B) yanı sıra model simülasyon çalışmaları ile sıralama animasyonlarını da mümkün kılmıştır. Yine bu konuyla ilişkili olarak zaman planlamalarında BIM kullanımı proje anlaşılabilirliğinin seviyesini yükseltmeye devam etmekte ve bir projenin nasıl bir araya geleceğine dair bilgiyi takım ile görsel iletişim yoluyla aktarmasıyla etkili olduğunu ispatlamıştır.

Ayrıca BIM teknolojisiyle inşaat sahasındaki durumların daha iyi görselleştirilmesi ve risklerin ortadan kaldırılması için önemli bir potansiyel bulunmaktadır. Kavramsal olarak BIM tabanlı maliyet tahminleri BIM modelinin arkasındaki veri tabanını kullanarak model bileşenlerini doğrudan birim maliyeti ile ilişkilendirmekte ya da bu bileşenlerin üretilmeleri için gereken olan maliyeti tahmin etmektedir.

Projenin inşaat öncesi aşamasındaki BIM tabanlı maliyet hesaplamaları 5. boyut (5B) olarak isimlendirilmekte ve BIM teknolojisine dair yüksek gelir getiren olgu (*golden goose*) olarak anılmaktadır. İnşa edilebilirlik inşaat kurgusunun inşaat öncesi aşamasının başlangıcından sonuna kadar incelendiği bir proje yönetim tekniğidir. BIM teknolojinin inşa edilebilirlik sırasında mekânsal koordinasyon için kullanılması önemli avantaj sağlamakta ve teknolojinin inşaat endüstrisindeki adaptasyonunu hızlandırmaktadır. Ek olarak BIM teknolojinin sahip olduğu, mevcut olan veya tasarım ve inşaat süreci yoluyla üretilen çok büyük miktardaki verileri analiz edebilme kabiliyeti ekipman yönetimi, stok takibi, durum yönetimi, doküman erişebilirlik raporları gibi çok geniş bir yelpazedeki işlemlerin basitleştirilmesine, otomasyonu ve akışının sağlanmasına katkı vermektedir. Bunların yanı sıra BIM teknolojileri kullanılarak maliyet kontrolü ve kaçınılmaz olan değişikliklerin yönetimi gerçekleştirilebilmektedir. Bilgiler farklı sistemlerle entegre olduğundan dolayı bağlantılı ve daha anlamlı proje kapanış bilgilerinin transfer edilmesi yeteneği ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda BIM inşaat endüstrisi bünyesindeki inşaatın nerede bitip yapı işletmesinin nerede başladığına dair tartışmanın sonuca kavuşturulmasına sağladığı inşa edilmiş modellere dair dijital bilgi akışıyla çözüm getirmektedir. Tesis işletmesi kapsamında da BIM teknolojileri yapılara ilişkin yönetsel karar vermelerin dijital bilgilerin kullanılarak gerçekleştirilmesiyle önemli bir seçenek sunmaktadır (Hardin ve McCool, 2015).

Yapı tasarımı süreklilik arz eden gelişme, detaylandırma ve adımlara göre düzenleme işlemidir. Geleneksel planlama işlemlerinde, ölçek herhangi bir proje adımı için gerekli olan geometrik çözünürlüğün tanımlanması için dayanaklı bir anlam sağlamaktadır. Dijital modellerin dünyasında herhangi bir ölçek olmadığı için geometrik çözünürlük ve detaylandırma derecesi konseptini yansıtabilmek için bir analogi bulunması gerekmektedir. Bununla ilişkili olarak BIM teknolojisinde LoD terimi öncelikli olarak kullanılmış ancak kavram geometrik görünüme yönelik daha fazla çağrı uyandırdığı için Level of Development (LOD) kavramı ortaya çıkmış ve

mevcut durumda yaygın olarak kullanılmaktadır. LOD hem gerekli geometrik detayı hem de gerekli olan metinsel bilgileri tanımlamaktadır. LOD sağlanan bilginin kapsamını tanımlamasının yanı sıra olgunluğuna ve güvenilirliğine dair göstergeleri de temin etmektedir. Çoğu durumda LOD spesifik bir tasarım aşamasıyla ilişkilendirilebilmektedir (Borrmann ve diğ., 2018). Bu noktada belirtmek gerekir ki LoD temel olarak model elementinde ne kadar detayın dahil edildiği anlamını taşımaktadır. LOD ise bir elementin geometrisinin hangi derecede düşünüldüğünü aktarmaktadır. Özünde, LoD elemente gelen girdi olarak düşünülebilirken LOD güvenilir çıktıdır (BIMForum, 2021). Bu bağlamda Çizelge 2.3 LOD seviyeleri ile tanımlamalarını göstermektedir.

Çizelge 2.3 : LOD seviyeleri ve açıklamaları (BIMForum, 2021).

Seviye	Açıklama
LOD 100	Model elementi modelde bir sembol veya diğer bir genel gösterim ile temsil edilebilir ancak LOD 200 için gereksinimleri karşılamaz. Model elementiyile ilgili bilgi diğer model elementlerinden elde edilebilir.
LOD 200	Model elementi model kapsamında yaklaşık miktarlar, büyüklük, şekil, lokasyon ve yön ile bir genel sistem, obje veya takım olarak grafiksel anlamda temsil edilir. Grafik olmayan bilgiler model elementine eklenebilir.
LOD 300	Model elementi model kapsamında miktar, büyüklük, şekil, lokasyon ve yön bakımından bir spesifik sistem, obje veya takım olarak grafiksel anlamda temsil edilir. Grafik olmayan bilgiler model elementine eklenebilir.
LOD 350	Model elementi model kapsamında miktar, büyüklük, şekil, lokasyon ve yön bakımından ve diğer yapı sistemleriyle arabirimler ile bir spesifik sistem, obje veya takım olarak grafiksel anlamda temsil edilir. Grafik olmayan bilgiler model elementine eklenebilir.
LOD 400	Model elementi model kapsamında büyüklük, şekil, lokasyon, miktar ve yön bakımından detaylandırma, fabrikasyon, takım ve kurulum bilgisiyle grafiksel anlamda temsil edilir. Grafik olmayan bilgiler model elementine eklenebilir.
LOD 500 (Kullanılmamaktadır)	Model elementi büyüklük, şekil, lokasyon, miktar ve yön bakımında sahada doğrulanmış bir temsildir. Grafik olmayan bilgiler model elementine eklenebilir.

2.3.3 Birlikte çalışabilirlik ve standartlar

AEC endüstrisi bir iş birliği aktivitesidir. Birden fazla katılımcı tasarım, inşaat, operasyon ve bakımla ilgili çok sayıdaki görevi destekleyebilmek için üst üste binen veri gereksinimleriyle birçok uygulamadan faydalanmaktadır. Bunun sonucu olarak da sıradaki eşik olarak proje katılımcıları arasındaki bilgi paylaşımı ve değişimin sorunsuzca gerçekleştirilmesiyle işlemlerin desteklendiği iş birlikçi (*collaborative*) iş akışları belirlemektedir (Teicholz ve diğ., 2018b).

Yapıların planlanmasında yapıların geometrik tasarımı, yapısal tasarım, ısı gereksinimleri ve maliyet gibi farklı alanlardaki analiz ve simülasyonlar ile tesis yönetimi olarak örnek verilebilecek çok sayıdaki farklı görevler için mevcut durumda geniş bir yelpazede yazılım araçları bulunmaktadır. Bu noktada belirtmek gerekir ki problem bahsedilen yazılım araçlarının ayrı uygulamalar arasında veri değişimini ya hiç destekleyememesi ya da sınırlı destek sağlayabilmesidir. Bu durum da dijital formdaki veri ve bilginin manuel olarak iş yükünü arttıracak ve yeni hatalara sebebiyet verebilecek şekilde tekrar araçlara girilmesi sonucunu doğurmaktadır.

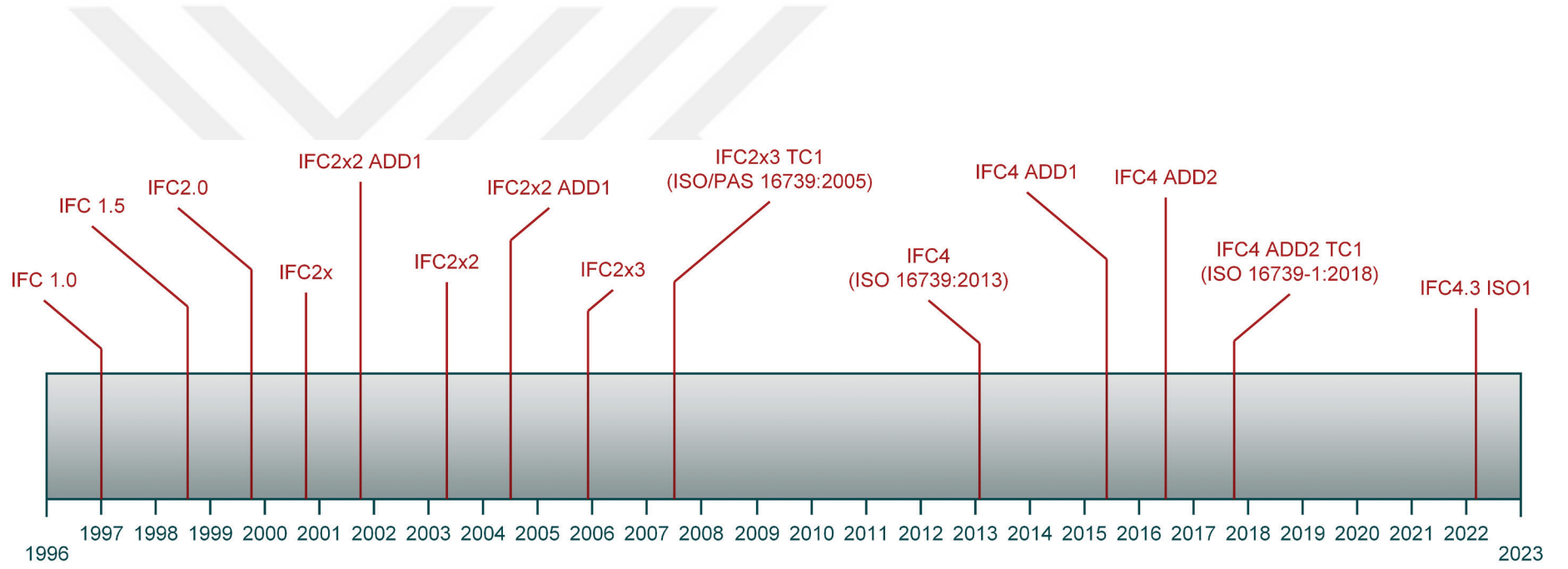
Kısaca özetlemek gerekirse, yapı endüstrisi çok sayıdaki farklı ve bağımsız katılımcının dahil olduğu çok katmanlı bir işlemdir. Bu nedenle farklı araçların kullanılması kaçınılmaz olmaktadır. Aynı zamanda kamu kurumları sağlayıcılar açısından tarafsız olma gereksinimindedir. Diğer bir deyişle herhangi bir ihale sürecinde belirli bir yazılım aracının kullanılmasının şart koşulmasına izin verilmemektedir.

Benzer bir şekilde, kamu ve özel müşteriler herhangi bir yazılım aracına çok fazla bağımlı olmaktan kaçınmalıdırlar. Bu konuyla ilişkili olarak, farklı uygulamalar arasındaki eksiksiz veri değişiminin olanaklı kılınması ve sorunsuz iş akışları ile otomasyonun hızlandırılması anlamını taşıyan birlikte çalışabilirlik (*interoperability*) BIM alanı için oldukça önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, yaygın olarak kullanılan ticari yazılım formatları tüm yapı prosesinde hayata geçirilmek istenen BIM teknolojisi için gerekli olan tutarlı ve yüksek kaliteli dijital yapı bilgi modelini mümkün kılmada elverişli değildirler. Böylece yazılım bağımsızlığına sahip veri değişim formatını geliştirme ve kullanıma sunma ihtiyacı ortaya çıkmıştır (Borrmann ve diğ., 2018).

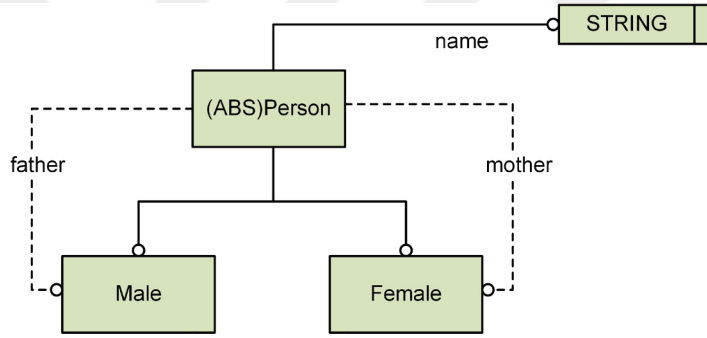
2.3.3.1 Industry foundation classes

Standardın geçmişine bakıldığında 1970’li yıllarda ABD gibi farklı ülkelerde savunma ve otomotiv endüstrisinden paydaşların farklı CAD sistemleri arasındaki veri değişimi için metotlar geliştirmeye başladığı görülmektedir. Gerçekleştirilen çalışmaların sonucunda çeşitli endüstriyel sektörlerde kullanılmak üzere Standard for the Exchange of Product (STEP) verisi geliştirilmiş ve daha sonra bu veri formatının “ISO/TC 184/SC 4 Industrial Data” teknik komitesi tarafından bir ISO standardı olması sağlanmış ve standart günümüze kadar güncellenmeye devam edilmiştir (ISO, 2020). Bunun yanı sıra çoğu paydaş için yapı verisinin ve bu verinin değişimi için bir ortak konsensüse varılması bürokratik süreçlerden dolayı istenilen verimliliğe ulaşamamıştır. Bu sebeple genellikle AB destekli projeler ve endüstrinin ihtiyaçları uzantılı olarak Autodesk yazılım firmasının da içlerinde yer aldığı bir grup mühendislik ofisleri, inşaat firmaları ve yazılım sağlayıcıları standardizasyonun hızlandırılması amacıyla 1995 yılında International Alliance for Interoperability (IAI) organizasyonunun kurulmasında iş birliğine karar vermişlerdir. Bahsedilen organizasyon 2005 yılında yeniden markalanarak “buildingSMART” ismini almıştır. Topluluk 800’den fazla şirket ve enstitüden oluşan ve standardın geliştirilmesine ön ayak olan üyeye sahiptir (Borrmann ve diğ., 2018). IFC standardının ilk versiyonu olan 1.0 1997 yayımlanmıştır ve 1.5.1 versiyonu ise inşaat yazılım uygulamalarında kullanılmaya başlayan ilk versiyon olmuştur (Laakso ve Kiviniemi, 2012). İlk versiyonun yayımlanmasının ardından IFC standardının geliştirilme çalışmaları ara vermeden devam etmiştir. ISO’dan bağımsız olarak herhangi bir ücret talep edilmeden ve belirli bir satıcıya bağlı olunmadan tüm kullanıcılarla paylaşılmaktadır. İlerleyen yıllarda IFC 2x3 versiyonu 2013 yılında ISO 16739:2013 (ISO, 2013) isimli standart olarak kabul edilmiş ve bu durum kamu kurumları arasında adaptasyonunu arttırmıştır. Bununla birlikte birçok ülkede inşaat ihale ve onay süreçlerinde zorunlu veri değişim formatı olarak kullanılmaktadır. Standardın ISO 16739-1:2018 versiyonu 2018 yılında revize edilmiş ve güncel versiyonu yayımlanmıştır (ISO, 2018). Bu gelişmeler ışığında Açık BIM (*Open BIM*) olgusunu gerçeğe dönüştürebilmek için kaçınılmaz veri formatı haline gelmiştir. Finlandiya, Norveç, ABD ve UK gibi ülkeler IFC standardının geliştirilip kullanılmasında öncü ülkeler olarak sayılabilir. Şekil 2.14 IFC standardının versiyonlarının zaman içerisinde gelişimini göstermektedir.



Şekil 2.14 : IFC standardının gelişiminin zaman çizelgesi (buildingSMART, 2022e).

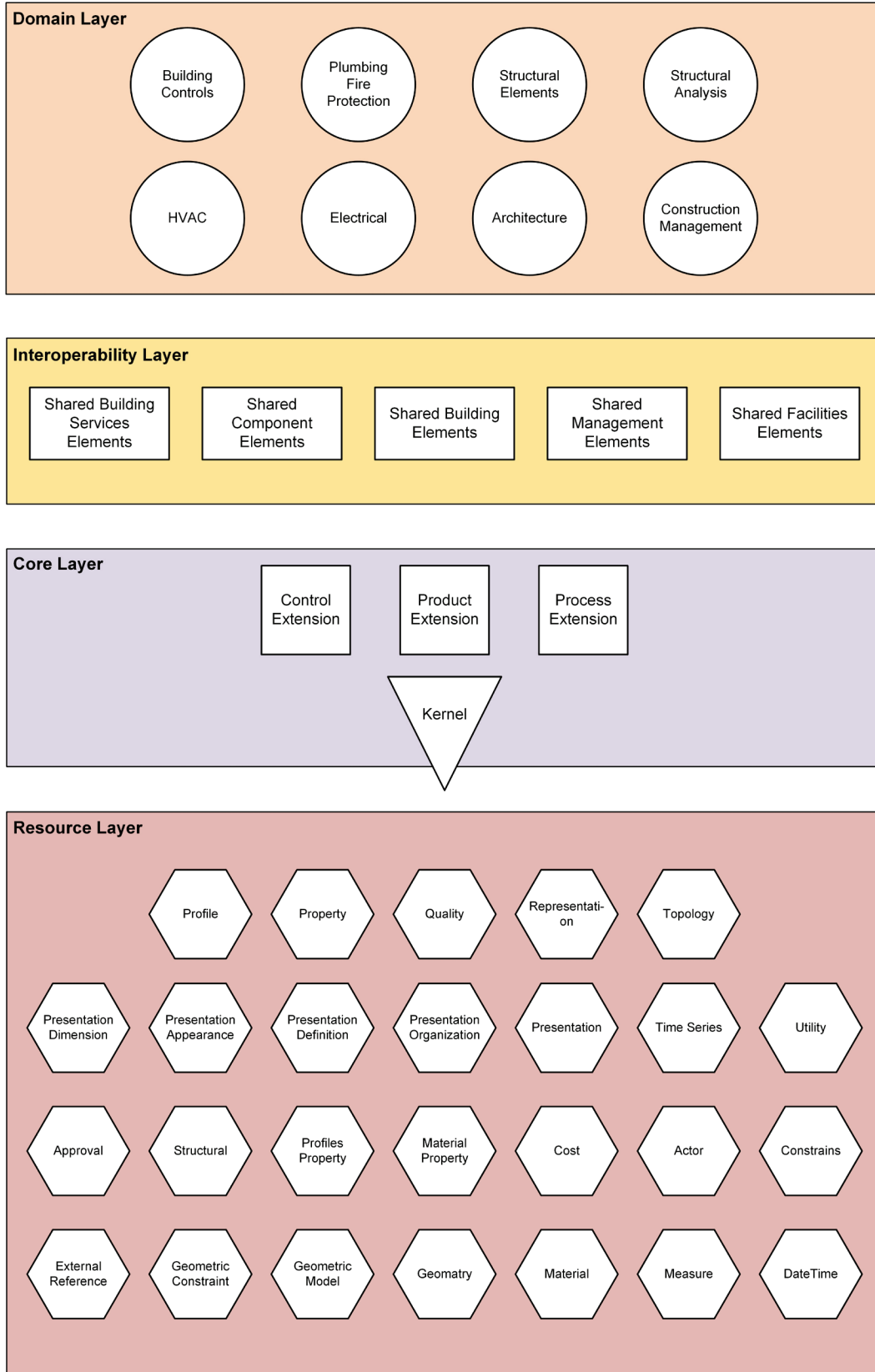
IFC standardının gelişimi ISO'dan ve STEP prosedüründen farklı olsa da benzer bir teknoloji altlığını kullanmaktadır. Bu altlık da STEP standardında tanımlanan EXPRESS isimli veri modelleme dilidir. EXPRESS nesne tabanlı veri modellerini tanımlamada kullanılabilen bildirimsel bir dildir. Her bir varlık türü için öz nitelikler ve ilişkiler tanımlanabilmektedir. Yine EXPRESS dilinde tersine (*inverse*) ilişkiler tanımlanabilmektedir. Metinsel notasyonun yanı sıra EXPRESS dili grafiksel modellemeyi de mümkün kılmak amacıyla EXPRESS-G isimli metinsel notasyona karşılık gelen bir grafiksel notasyona da sahiptir. Şekil 2.15 grafiksel notasyon örneğini içermektedir. Bu noktada özellikle vurgu yapmak gerekir ki EXPRESS şema olarak da bilinen bir veri modelini tanımlamak için tasarlanmıştır ve bu nedenle EXPRESS kullanılarak veri modelinin örneklerini (*instances*) tanımlamak mümkün olmamaktadır.



Şekil 2.15 : EXPRESS-G diyagramı örneği.

IFC şeması hem geniş hem de kompleks bir veri modelidir. Şema, yönetilebilmesini ve genişletilebilirliğini geliştirmek amacıyla birden fazla katman olarak yapılandırılmıştır. Şekil 2.16 IFC şemasını oluşturan katmanları görselleştirmektedir. Bu yaklaşımda genel prensip üst katmanlardaki elemanların alt katmanlardaki elemanları kaynak gösterebilmesidir ancak bur durumun tam tersi şema kapsamında mümkün değildir. Çekirdek (*Core*) katmanı veri modelinin en temel sınıflarını içermektedir. Bu sınıflar yukarıdaki tüm katmanlar tarafından kaynak gösterilebilirler. Bu katmandaki sınıflar, sonrasında üst katmanlardaki sınıflar tarafından yeniden kullanılıp ve tanımlanabilen temel yapıları, ana ilişkileri ve genel konseptleri tanımlar. *Kernel* şeması IFC veri modelinin kaynağını temsil etmekte ve *IfcRoot*, *IfcObject*, *IfcActor*, *IfcProcess*, *IfcProduct*, *IfcProject* ve *IfcRelationship* gibi temel özet sınıfları içermektedir. Bahsedilen sınıflara dayalı olarak *Product Extension*, *Process Extension*

ve *Control Extension* olmak üzere üç adet şema uzantısı da Core katmanının bir parçasıdır.



Şekil 2.16 : IFC veri modelindeki katmanlar (buildingSMART, 2020).

Product Extension şeması bir yapının fiziksel ve mekânsal objelerini ve ilgili ilişkilerinin tanımlamakta ve *IfcProduct* varlığının alt türü olarak *IfcBuilding*, *IfcBuildingStorey*, *IfcSpace*, *IfcElement*, *IfcBuildingElement* ve *IfcOpeningElement* varlıkları ile *IfcRelAssociatesMaterial*, *IfcRelFillsElement* ve *IfcRelVoidsElement* olmak üzere ilişki varlıklarını içermektedir. *Process Extension* şeması süreçleri ve operasyonları tanımlayan varlıkları kapsamakta ve bunun yanı sıra işlem elemanlarını kaynaklarına bağlamak için kullanılan aralarındaki bağılılıkları (*dependencies*) da sağlamaktadır. *Control Extension* şeması ise *IfcControl* ve *IfcPerformanceHistory* gibi kontrol objeleri ile ilgili varlıkları ve bu objelerin fiziksel ile mekânsal objelere atanma olasılıklarını tanımlamaktadır.

Paylaşımlı (*Shared*) katman Core katmanının hemen üst tarafında yer almakta ve veri modelinin temel kaynağı ile alana özgü (*domain-specific*) şemalar arasındaki birlikte çalışabilirlik (*interoperability*) katmanını temsil etmektedir. Buradaki varlıklar Core katmanındaki varlıklardan türetilebilir ve örnek olarak *IfcWall*, *IfcColumn*, *IfcBeam*, *IfcPlate* ve *IfcWindow* gibi yapı elemanları varlıkları olmak üzere geniş bir yelpazedeki farklı uygulama şemaları için kullanılabilir. Alan (*Domain*) katmanı olarak alana özgü şemalar sadece belirli bir alana uygulanabilen oldukça özelleşmiş varlıkları kapsamaktadır. Bu katmandaki varlıklar diğer bir katman veya diğer bir alana özgü katman tarafından kaynak gösterilemezler. IFC4 şeması mimarlık, yapı kontrolü, inşaat yönetimi, elektrik sistemleri, ısıtma, yalıtım ve havalandırma ve su tesisatı ile yangın korumanın yanı sıra yapısal elemanlar ve analizler için de alan tanımlamaları içermektedir.

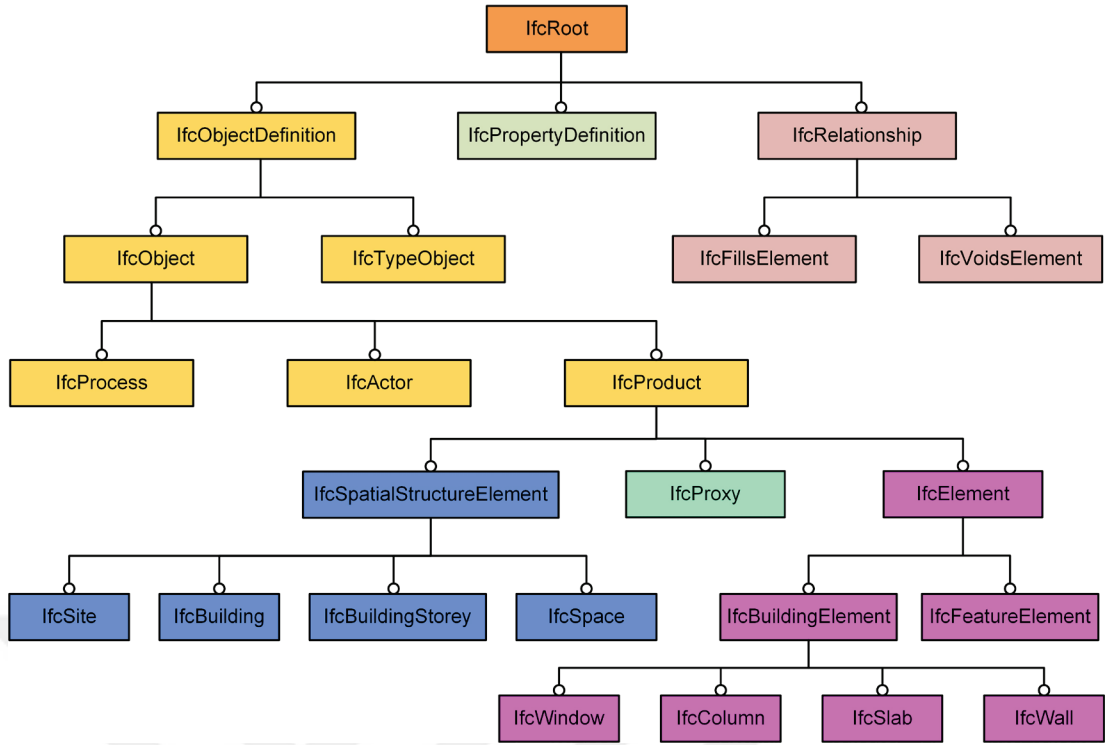
Kaynak (*Resource*) katmanı en alt seviyede yer almakta ve tüm IFC veri modeli kapsamında kullanılabilecek temel veri yapılarını sağlayan şemaları içermektedir. Bu katmandaki varlıklar *IfcRoot* varlığından türeyemezler ve bu nedenle kendi başlarına bir kimliğe sahip değildirler. Diğer katmanlardaki varlıkların aksine kaynak katmanındaki varlıklar IFC modelinde bağımsız objeler olarak bulunamazlar ve ancak *IfcRoot* varlığının bir alt türünü örnekleyen bir obje tarafından kaynak gösterilebilirler. Bu bağlamda Çizelge 2.4 kaynak şeması kapsamında yararlanılan önemli kaynakları ve kapsamalarını aktarmaktadır.

Çizelge 2.4 : Kaynak şemasındaki en önemli şemalar ve içerikleri.

Kaynak türü	İçeriği
Geometri	Noktalar, vektörler ve parametrik eğriler gibi temel geometrik elemanları içermektedir.
Topoloji	Bir katı modelin topolojisini betimlemek için gerekli olan tüm varlıkları içermektedir.
Geometrik Model	Geometrik modelleri tanımlamak için gerekli olan tüm varlıkları içermektedir. Örnek olarak <i>IfcCsgSolid</i> , <i>IfcFacetBrep</i> ve <i>IfcSweptAreaSolid</i> varlıkları verilebilir.
Materyal	Materyalleri tanımlamak için gerekli olan elemanları kapsamaktadır.
Hizmet	IFC objelerinin sahipliğini ve sürüm geçmişini tanımlamak için gerekli elemanları içermektedir.

Herhangi bir nesne tabanlı veri modelinde olduğu gibi kalıtım hiyerarşisi IFC şemasında da hayati bir öneme sahiptir. Bahsedilen hiyerarşi özelleşme ve genelleşme ilişkilerini tanımlamakta ve böylece diğer varlıklar tarafından hangi varlıkların hangi öz niteliklerinin miras alınabileceği bilgisini sağlamış olmaktadır. Kalıtım hiyerarşisi kalıtım ilişkilerinin modellenmesi için objelerin anlamlarının temel alındığı bir semantik yaklaşımı uygulamaktadır. Bununla ilişkili olarak Şekil 2.17 IFC veri modelindeki bazı önemli varlıkların kalıtım hiyerarşisini görselleştirmektedir.

IfcRoot varlığı hiyerarşideki başlangıç noktasını oluşturmaktadır ve bir objeyi Globally Unique Identifier (GUID) kullanarak tekil bir şekilde tanımlamak için temel işlevselliği sağlamaktadır. Şekil 2.17’den görülebileceği üzere *IfcObjectDefinition*, *IfcPropertyDefinition* ve *IfcRelationship* varlıkları *IfcRoot* varlığından direkt olarak türemiş varlıklardır. *IfcObjectDefinition* varlığı fiziksel objeleri, mekânsal objeleri veya kavramsal elemanları temsil eden varlıkların soyut üst varlığıdır. Bu varlık *IfcObject*, *IfcTypeObject* ve *IfcContext* olmak üzere üç alt türe sahiptir. *IfcObjectDefinition* varlığı IFC veri modelinde mevcutta bulunmayan özellikleri tanımlarken *IfcRelationship* varlığı ise nesnelleştirilmiş ilişkileri sağlamaktadır. *IfcObject* bir yapı projesinin parçası olarak tekil bir objeyi temsil etmektedir. Sahip olduğu önemli varlıklar ve tanımlamaları Çizelge 2.5’de yer almaktadır.



Şekil 2.17 : IFC şemasındaki hiyerarşiden bir bölüm.

IfcProduct varlığı geometrik veya mekânsal bağlamla ilişkisi olan tüm objelerin özet temsilidir. Bu varlığın alt varlığı olarak *IfcElement* duvar, kiriş ve pencere gibi önemli yapı elemanlarını temsil eden *IfcBuildingElement* ve fiziksel olmayan inşaat sahası ve yapı katı gibi elemanları betimlemede kullanılan *IfcSpatialElement* gibi kayda değer alt varlıklara sahiptir.

Çizelge 2.5 : *IfcObject* varlığı ve doğrudan ilişkili alt varlıkları.

Varlık	Açıklama
<i>IfcProduct</i>	Bir fiziksel veya mekânsal objedir. Objelere geometrik şekil gösterimi atanabilir. Bahsedilen objeler proje koordinat sistemi içerisinde konumlandırılabilir.
<i>IfcProcess</i>	Planlama, inşaat ve operasyon gibi bir yapı projesi kapsamında gerçekleşen bir işlemdir.
<i>IfcControl</i>	Bir diğer objeyi kontrol eden veya sınırlandıran bir objedir.
<i>IfcResource</i>	Bir işlemin parçası olarak bir objenin kullanımını tanımlamaktadır.
<i>IfcActor</i>	Yapı projesine dahil olan insan katılımcıdır.
<i>IfcGroup</i>	Objelerin isteğe bağlı olarak bir araya toplandığı varlıktır.

Yapı bilgi modelinin “akıllı” olmasını sağlayan yaklaşım yapı objelerinin semantik sınıflandırmalarının yanı sıra ilişkilerinin de tanımlanabilmesini ve fonksiyonlarına da dikkat çekilebilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle IFC şemasındaki objeler arasındaki detaylı ilişkiler veri modelinin sahip olduğu önemli özelliklerden biri olarak

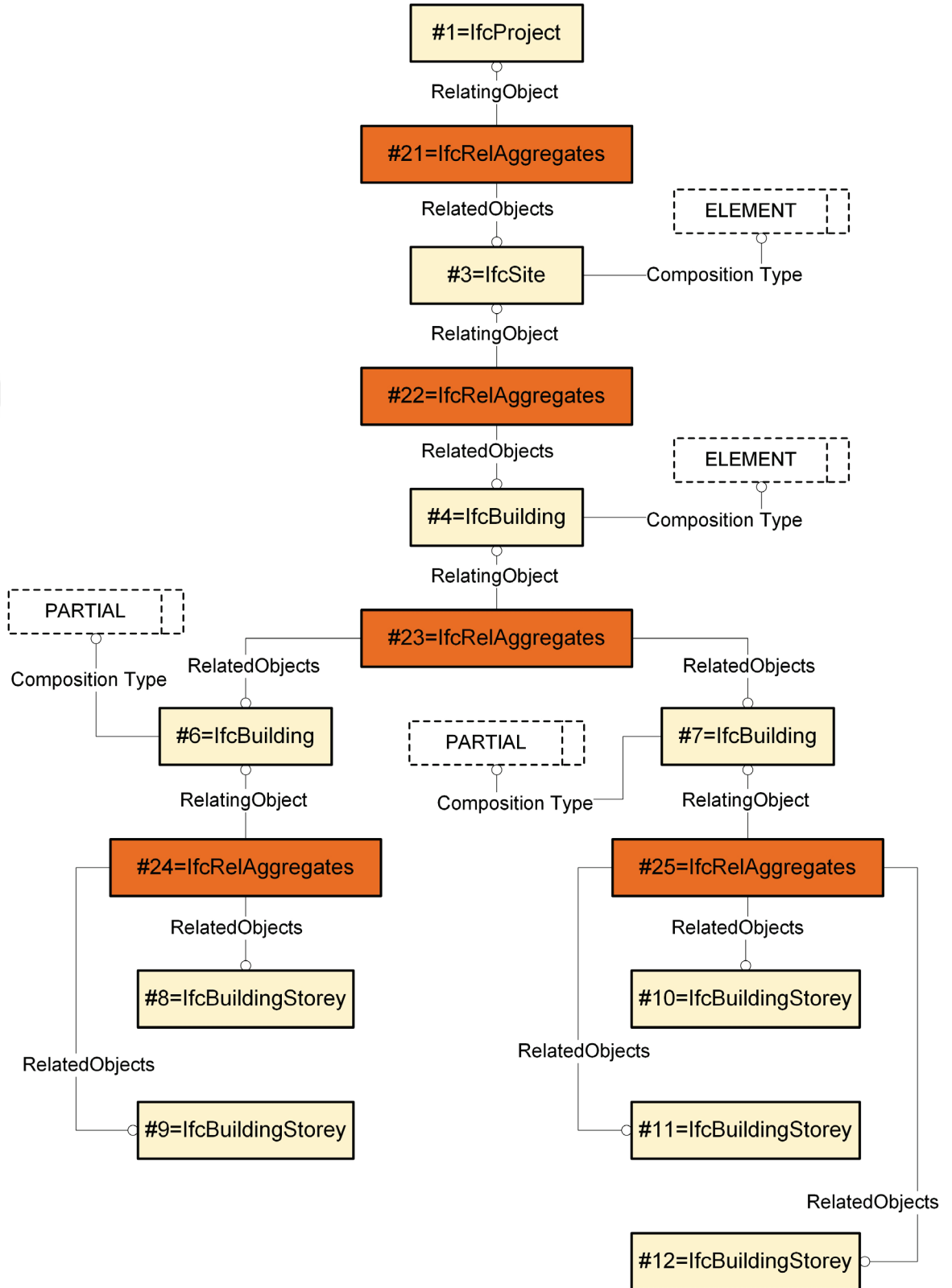
sayılabilir. IFC veri modeli nesneleştirilmiş ilişkileri kullanmaktadır. Diğer bir deyişle objeler arasındaki semantik olarak ilgili ilişkiler direkt olarak değil de özel bir aracı obje yardımıyla sağlanmaktadır. İlişki objeleri her zaman *IfcRelationship* varlığının bir alt varlığının örneği olmaktadır. Bu bağlamda IFC veri modelindeki spesifik temel fonksiyonları sağlayan 6 ilişki türü ve açıklamaları Çizelge 2.6’da yer almaktadır.

Çizelge 2.6 : *IfcRelationship* varlığının alt varlıkları ve açıklamaları.

Varlık	Açıklama
<i>IfcRelAssociates</i>	Bilginin dış kaynağının bir objeyle veya özellikleriyle ilişkilendirmesini sunan varlıktır.
<i>IfcRelDecomposes</i>	Bütünleştirilmiş objelerin konseptinin betimlenmesini sunan varlıktır. <i>IfcRelNests</i> , <i>IfcRelAggregates</i> ve <i>IfcVoidsElement</i> alt varlıklarıdır.
<i>IfcRelDefines</i>	Bir obje örneğini özellik seti tanımı (<i>Property Set Definition</i>) veya tür tanımı (<i>Type Definition</i>) ile ilişkilendiren varlıktır.
<i>IfcRelConnects</i>	İki obje arasındaki ilişkiyi tanımlayan varlıktır.
<i>IfcRelDeclares</i>	Bir obje ile tanımlanmış özellikleri ve karşılık gelen kapsamın arasındaki bağlantıyı temsil eden varlıktır.
<i>IfcRelAssigns</i>	Objeler arasındaki bağlantı ilişkilerinin bir genelleştirmesini sunan varlıktır.

IFC kullanılarak yapıların betimlenmesi için kullanılan önemli bir temel konsept farklı hiyerarşi seviyelerindeki mekânsal objelerin arasındaki toplama (*aggregation*) ilişkilerinin temsidir. Mekânsal semantiklere sahip tüm varlıklar *IfcSpatialStructureElement* varlığından öz nitelikleri ve özellikleri miras alırlar. Bahsedilen varlıklar; inşaat sahasını temsil eden *IfcSite*, yapıyı temsil eden *IfcBuilding*, belirli bir katı temsil eden *IfcBuildingStorey* ve tekil oda ile koridorları temsil eden *IfcSpace* varlıklarıdır. *IfcSpatialZone* varlığı ise fonksiyonel bağlamı dikkate alan ön tanımlı yapı iskeletine karşılık gelmeyen genel mekânsal bölgeleri temsil etmek için ileri bir metot sunmaktadır. Bahsedilen varlıkların örnekleri bir diğerine *IfcRelAggregates* varlığı vasıtasıyla ilişkilendirilmektedir. Bununla ilişkili olarak Şekil 2.18 mekânsal objelerin yer aldığı örnek bir hiyerarşik yapıyı görselleştirmektedir. Şekilden de görülebileceği üzere kullanılan bu hiyerarşik yapı bağlamında *CompositionType* öz niteliğinin kullanımı oldukça önemlidir çünkü bu

sayede elamanın bir bütünün parçası (*PARTIAL*) mı yoksa sadece gömülü bir eleman (*ELEMENT*) mı olduğu temsil edilebilmektedir.



Şekil 2.18 : IFC modeline bağlı olarak örnek diyagramındaki mekânsal objeler arasındaki hiyerarşik toplama ilişkisini gösteren bir örnek (buildingSMART, 2020).

Hangi yapı elemanlarının hangi mekânsal objelerde yer aldığı *IfcRelContainedInSpatialStructure* ilişki varlığının örnekleri kullanılarak modellenmektedir. Bu noktada tek bir yapı elemanının her seferde *IfcRelContainedInSpatialStructure* varlığı ile sadece bir örnekle ilişki kurabileceğine dikkat çekmek gerekmektedir.

BIM alanında miktarların hesaplanması veya farklı enerji analizlerinin gerçekleştirilmesi için duvar ve tavan gibi farklı mekânsal objeler ile bu objeleri çevreleyen mekanlar arasında bir bağlantıya gereksinim duyulmaktadır. Bahsedilen ilişkilerin sağlanabilmesi için IFC veri modeli *IfcRelSpaceBoundary* ilişki varlığını içermektedir. Mekânın yapı elemanı ile bulunduğu yüzeyi tanımlayan *IfcConnectionGeometry* varlığı kullanılarak bir ilişki objesini bir gerçek objeye bağlamak mümkün olmaktadır.

IFC veri modeli semantik tanım ve geometrik temsili arasında katı bir ayrım yapmaktadır. Bir yapı projesindeki tüm objeler öncelikli olarak bir semantik kimlik olarak tanımlanmakta ve sonrasında bir ya da daha fazla geometrik temsile bağlanabilmektedirler. Bir obje ile ayrı geometrik temsillerle bağlantı kurulması yeteneğiyle ayrı uygulama senaryoları için istenen farklı geometrik temsillere olan ihtiyaç karşılanmaktadır.

Geometrik modellemeye ihtiyaç duyan tüm varlıklar *Geometric Model Resource*, *Geometry Resource* veya *Topology Resource* şemalarından birine ait olmaktadır. Tüm geometri varlıkları *IfcGeometricRepresentationItem* üst varlığından miras almaktadır. *IfcCartesianPoint*, *IfcCartesianPointList*, *IfcVector* ve *IfcDirection* varlıkları noktalar, vektörler ve yönleri tanımlamak için kullanılmaktadır.

Çizgi objeleri modellemek için *IfcCurve* varlığı ve alt varlıkları olan *IfcBoundedCurve*, *IfcConic* ve *IfcLine* kullanılmaktadır. *IfcCompositeCurve* varlığı ise birden fazla eğri aksamından oluşan karmaşık eğrileri modellemekte kullanılabilmektedir. IFC veri modelinde yüzeyler *IfcFaceBasedSurfaceModel* varlığı oyuk veya boşluklar olmaksızın basit cisimlerin modellenmesini mümkün kılarken *IfcShellBasedSurfaceModel* varlığı ise oyuk ya da boşluklara sahip katı cisimlerin modellenmesini birçok *IfcShell* objesinin kullanılması yoluyla sağlamaktadır. Bahsedilen kabuk (*shell*) objeleri bazı boşluklara sahip açık kabuk (*IfcOpenShell*) veya kapalı kabuk (*IfcClosedShell*) olabilmektedir.

Bunun yanı sıra IFC veri modeli *IfcTriangulatedFaceSet* varlığı sayesinde dijital yüzey modelleri kapsamındaki üçgensel yüzeylerin modellenmesini mümkün kılmaktadır. 3B katı cisimlerin modellenmesi de *IfcSolidModel* varlığı ve *IfcCsgSolid*, *IfcManifoldSolidBRep*, *IfcSweptAreaSolid* ile *IfcSweptDiskSolid* alt varlıkları sayesinde gerçekleştirilebilmektedir. Geometrik katı cisimlerin modellenmesi için kullanılan en güçlü ve esnek yaklaşımlardan birisi olan Boundary Representation (*Brep*) için gerekli olan veri yapısı IFC veri modeli kapsamında *IfcManifoldSolidBrep* varlığının iki alt türü olan *IfcFacetedBrep* ve *IfcAdvancedBrep* kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir. Bir diğer geometrik modelleme yaklaşımı olarak Constructive Solid Geometry (CSG) ise IFC veri modelinde sağlanan *IfcCsgPrimitive3D* varlığı ile alt türleri olan *IfcBlock*, *IfcRectangularPyramid*, *IfcRightCircularCone*, *IfcRightCircularCylinder* ve *IfcSphere* varlıklarıyla mümkün olmaktadır.

IFC veri modeli kapsamında gerçekleştirilen geometrik modelleme lokal koordinat sisteminin kullanılmasına sıkı sıkıya bağlıdır. Bu bağlamda lokal konumlandırma (*Local Placement*) olarak adlandırılan bir konsept kullanılmaktadır. Veri modelinde bu amaçla *IfcObjectPlacement* varlığından kalıtım yoluyla bir varlık bulunmaktadır. *IfcObjectPlacement* varlığından türeyen *IfcLocalPlacement* varlığı bu konuyla ilişkili olarak *PlacementRelTo* ve *RelativePlacement* olmak üzere 2 adet opsiyonel öz nitelik sağlamaktadır. *PlacementRelTo* öz niteliği üst koordinat sisteminin sağladığı *IfcObjectPlacement* varlığına atıfta bulunmaktadır ve eğer bu varlıkta herhangi bir koordinat sistemi tanımlanmadıysa karşılık gelen obje global koordinat sistemi bağlamında konumlandırılmaktadır. *RelativePlacement* öz niteliği ise üst koordinat sistemi ile lokal koordinat sistemi arasındaki 2B (*IfcAxis2Placement2D*) veya 3B (*IfcAxis2Placement3D*) dönüşümü tanımlayan *IfcAxis2Placement* varlığına atıfta bulunmaktadır.

IFC modelinin şeması kapsamında kapı ve duvar gibi çok sayıda farklı objenin birçok ana karakteristik özelliği bir varlık tanımlamasında yer alan öz niteliklerin yardımıyla mümkün olmaktadır. Standart olarak kabul edilebilecek öz niteliklerin yanı sıra diğer önemli ve olması istenen çok sayıda öz niteliğin eklenmesi mevcut durumda hayli geniş olan IFC şemasının karmaşıklığını arttıracak ve gerçekleştirmesini yavaşlatacak öngörülmüştür. Bunun yanında kullanıcıların şemayı genişletebilmesine izin vermeden tüm öngörülemeyen veya uluslararası standartlarda yer alan öz niteliklerin

eklenmesi mümkün gözükmemektedir. Bahsedilen problemin çözümü için IFC modeli dinamik olarak oluşturulan özellikler ile şema kapsamında tanımlanan statik öz nitelikler yaklaşımını uygulamaktadır. Bahsi geçen özellikler örnek modele istenildiği şekilde ve herhangi bir adet sınırlaması olmadan eklenebilmektedir.

2.3.3.2 buildingSMART data dictionary

Avrupa ülkelerindeki araştırmacılar özelliklerin ve obje sınıflarının isimlendirilmesiyle ilgili olarak farklı dillerde her bir özelliğin farklı isimlendirilmesinden kaynaklanan bir karmaşıklık olabileceğini fark etmişlerdir. IFC şemasında yer alan varlıklar farklı dillerde isimlere ve öz niteliklere sahip olabilmektedirler ve anlamlarının doğru bir şekilde yorumlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Neyse ki, IFC şeması farklı ölçme birimleriyle sorunsuz bir şekilde çalışmayı mümkün kılmaktadır. Bunun yanı sıra aynı dilde konuşulmasına rağmen çakışan objelere sahip olan ve özelliklere farklı anlam yüklenen çeşitli standartlarla karşılaşılabilir. Bahsedilen eksiklerin giderilmesi için farklı dillerdeki terimlerin eşleştirilmesi amacıyla buildingSMART Data Dictionary (bSDD) web sayfası oluşturulmuştur (buildingSMART, 2022b). Bu kapsamda gerçekleştirilen diğer bir önemli aktivite ise enerji analizi, karbon ayak izi ve maliyet hesabı gibi farklı uygulamalarda kullanılmak üzere yapı ürün özelleştirmeleri için standartların geliştirilmesidir (Teicholz ve diğ., 2018b).

2.3.3.3 Information delivery manual

Daha önce bahsedildiği üzere IFC veri modeli oldukça geniş bir yapıya sahiptir. Öz nitelikler ile özelliklerden ve geometrik seviyesinden elde edilen yoğun bilgi bir yapı projesinin yaşam döngüsündeki belirli bir aşamada kullanılmak istenenden çok daha fazla olmaktadır. Bunun yanı sıra IFC modelinin esnekliği diğer senaryolar için bilginin uygun bir formda tutulmasını ve yeniden elde edilmesini zorlaştırabilmektedir. Bahsedilen sebeplerden dolayı ortaya çıkan zorlukların üstesinden gelebilmek amacıyla bir yapı modelinden beklenen içeriklerin daha da özelleştirilebilmesi için tekil ve standardize olmuş araçlarda mutabık kalınması gerekmektedir. Bahsedilen özelleştirmeler hangi bilginin kim tarafından ve ne zaman iletilmesi ile hangi alıcıya iletileceğini düzenlemektedir (Beetz ve diğ., 2018). Gereksinimleri karşılayabilmek için buildingSMART organizasyonu Information Delivery Manual (IDM) iş çerçevesini geliştirmiş ve bu çerçeve 2010 yılında bir ISO

standartı olarak yayımlanmıştır (ISO, 2010). Daha sonra standart revize edilmiş ve güncel hali 2016 yılında yayımlanmıştır (ISO, 2016). Geliştirilen iş çerçevesi kapsama bağlı gereksinimleri ayırtmaktadır.

2.3.3.4 Model view definitions

Geliştirilen iş çerçevesi bağlamında IDM kapsamındaki gereksinimlerin teknik gerçekleştirmesi ve eşleştirilmesi Model View Definitions (MVD) formunda gerçekleştirilmektedir. Genel anlamda MVD, spesifik bir kullanım veya iş akışını tanımlamak ve kolaylaştırmak için IFC modelinin özelleştirilmiş olarak kullanımıdır. MVD neredeyse tüm şema olarak veya sadece perde duvarlar ile ilişkili verileri gibi spesifik birkaç obje olarak da özelleştirilebilmektedir. MVD spesifik bir kullanım veya iş akışı için veri değişim standardı tanımlamak amacıyla IFC modelindeki varlıkları kullanmaktadır. Bu bağlamda MVD yazılım sağlayıcıları tarafından gerçekleştirilmektedir. MVD kullanımına örnek vermek gerekirse; bir mimar müşterisine tasarımın görselleştirilmesine imkân tanıyacak çok geniş kapsamlı bir kent modeli kapsamında yerleştirilecek basit bir model göndermektedir. Bu anlamda gönderilecek modelin tüm karmaşık modelleme bilgilerini ve obje öz niteliklerini içermesine gerek bulunmamaktadır. Bu durumda MVD bağlamında Reference View kullanılarak istenilen çözüme ulaşılabilmektedir (buildingSMART, 2022d).

2.3.3.5 Information delivery specification

Uzun bir süredir isteyen herkes yazılım sağlayıcılarının gerçekleyebilmesi için kendi MVD içerikleri ile yaklaşımını oluşturabilmekteydi. Bu durum oluşturulan MVD içeriklerinin birlikte çalışmaya uygun olmamasına ve yazılım araçlarında gerçekleştirmeleri için ekstra çabaya gereksinim duyulmasına neden olmuştur. MVD içerikleri teknolojinin kısıtlamaları ile başa çıkmada oldukça iyi bir çözüm olmasına rağmen mevcut pazar kullanıcıları ile yazılım sağlayıcıları farklı bir yaklaşım beklemektedirler. Bu konuya ilişkin olarak IFC4.3.x standartları birden fazla kullanım senaryoları için atlık oluşturmak amacıyla buildingSMART tarafından tanımlanan birkaç temel MVD içeriğine sahip olacaklardır. Böylece farklı uygulama alanlarındaki birlikte çalışabilirliğin artırılması planlanmaktadır. Yakın gelecekte ise IFC5 standardında model tabanlı değişim gereksinimlerini tanımlayan, bilgisayarlarla birlikte çalışabilir bir doküman olan Information Delivery Specification (IdS) yer alacaktır. IdS objelerin, sınıflandırmaların ve özelliklerin yanı sıra değerler ile

birimlerin nasıl iletilip değiş tokuş edileceğini tanımlamaktadır. Yine IdS gerekli olan bilgi seviyesini tanımlamak için kullanılan bir standarttır. Bununla birlikte otomatik analizler gerçekleştiren müşterilere, model üreticilerine ve yazılım araçlarına IFC verilerinin doğrulanmasını sağlamaktadır (buildingSMART, 2022c).

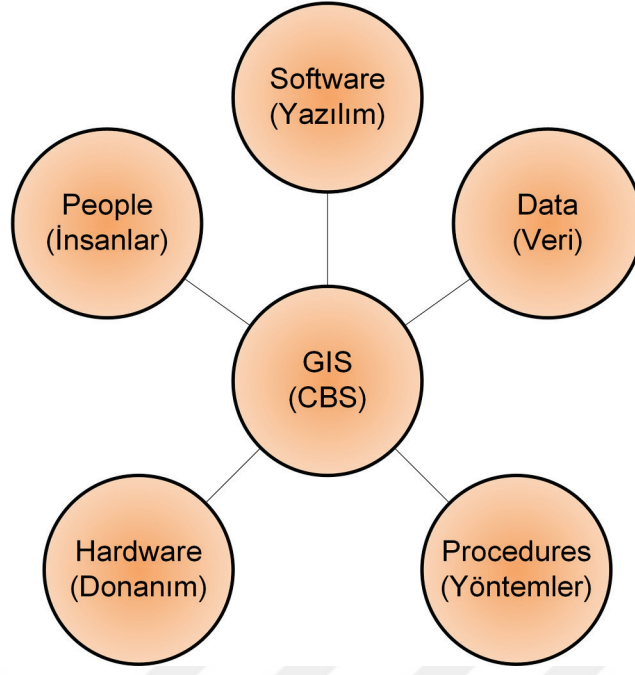
2.3.3.6 BIM collaboration format

Genel anlamda BIM Collaboration Format (BCF) daha önce projeye dahil olan paydaşlar arasında paylaşılan IFC modellerinden faydalanarak model tabanlı konularda farklı BIM tabanlı uygulamaların birbirleriyle iletişim kurmasına imkân tanımaktadır. Detaylandırmak gerekirse, BCF, bir durum veya problem hakkındaki görüntünün direkt olarak IFC koordinatları ve BIM modelindeki elemanların ise IFC GUID öz niteliğiyle kaynak gösterildiği bilgiyi içeren XML formatlı veriyi bir uygulamadan diğerine transfer ederek çalışmaktadır. BCF mevcut durumda IFC ve bSDD gibi bir buildigSMART açık BIM standardıdır (buildingSMART, 2022a).

2.4 Coğrafi Bilgi Teknolojileri

2.4.1 Coğrafi bilgi sistemi kavramı ve bileşenleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) konumsal nitelikli verileri toplama, depolama, analiz etme ve sunmada kullanılan bütünleşik bir bilgi sistemidir (Yomralıoğlu, 2009). Bu sistemler coğrafi mekânda konumlanmış objeler ve olaylar hakkındaki bilgilerin yönetiminin etkinliğini ve verimliliğini arttırmaktadır. şekil 2.19 CBS'nin bileşenleri olarak yazılım, donanım, insanlar, veri ve yöntemleri göstermektedir. Son yıllardaki internet tabanlı sistem ve araçlardaki gelişmeler sayesinde yeni oluşturulan sistemler bir ağın (*network*) parçası olarak tasarlanmaktadır. Birçok bilgisayarın dahil olduğu ağlar veya bulut tabanlı sistemler sayesinde CBS'nin kapasiteleri gerçek zamanlı olarak kullanılabilir. Bu nedenle CBS'nin bileşenlerine ek olarak ağ bileşeninin de eklenebileceği değerlendirilmektedir (Longley ve diğ., 2015).



Şekil 2.19 : CBS bileşenleri.

CBS'nin fonksiyonları olarak da görüntü ile tablo verileri kapsayan sayısal veri entegrasyonu, grafik ve grafik olmayan verileri içeren konumsal sorgulama, işlem ve ölçüleri içeren otomasyon ve akıllı haritalama, çizelge ile tabloları kapsayan görüntüleme, genelleştirme ve transferi de kapsayan manipülasyon, kesişme, birleştirme ile tampon gibi konumsal analizler, istatistik ile mantıksal işlemleri içeren karar verme analizleri ve ağ ile simülasyon gibi model analizleri örnek verilebilir (Yomralıoğlu, 2009).

2.4.2 Coğrafi veri standartları

CBS kapsamındaki analizlerin gerçekleştirilip yaşam alanlarıyla ilgili etkili kararlar alınıp uygulamaya konulabilmesi için temel kaynak coğrafi verilerdir. Bahsedilen veriler farklı araçlar yoluyla oldukça geniş bir yelpazede oluşturulabilmektedirler. Bu noktada mekânsal bilginin etkili ve etkin bir şekilde kullanıcılar tarafından değişimi ve paylaşımının olanaklı olması için engellerin ortadan kaldırılmasında coğrafi veri standartları büyük bir öneme sahiptir. Bahsedilen standartlar çeşitli veri kaynakları, servisler ve uygulamalar ile birbirleriyle olan işlemler için sistemleri mümkün kılmaktadır. Coğrafi veri birlikte çalışabilirliği için standartlar kamu ve özel sektördeki karar vericiler için coğrafi veri ve servislerinin oluşturulması, yeniden üretilmesi, güncellemesi ve bakımı kapsamında tutarlı ve birlikte çalışabilir modeller sağlamaktadır. Coğrafi veri standartları arabirimleri ve kodlamaları detaylandıran

teknik dokümanlardır. Yazılım geliştiricileri ve veri üreticileri bu dokümanları kullanarak kendi ürünleri ve servislerini açık arabirimler ve kodlamalar üzerine inşa etmektedirler. Bahsedilen standartlar ayrıca mekânsal verileri tanımlamada yardımcı olması için metaveriler de dahil olmak üzere kalite göstergeleri sağlamaktadır (Government of Canada, 2019).

Coğrafi veri standartlarıyla ilişkili olarak KVA veri paylaşımını mümkün kılan bir platformdur. KVA, insanları, veriyi, erişim ağlarını, kurumsal politikayı, teknik standartları ve insan kaynakları boyutlarını içeren dinamik, hiyerarşik ve disiplinler arası bir konsepte dayanmaktadır. Bu anlamda KVA mekânsal veri topluluğundaki paydaşlar arasında mekânsal verinin paylaşımı ve değişimini kolaylaştırmayı ve koordine etmeyi amaçlamaktadır. Bir KVA birden fazla amaç için farklı ölçeklerdeki karar vermeyi destekleyen mekânsal veriye kolay bir şekilde erişilebilmesi amacıyla geliştirilmektedir ve lokal, kentsel, ulusal, uluslararası, bölgesel ve global seviyelerde iş birliklerine dayanmaktadır (Rajabifard ve diğ., 2006).

Dünya genelindeki KVA girişimleri mekânsal veri için ortak bir uluslararası standart setini gerçeklemektedir. Organizasyonlar ve idari birimler bir ortak açık standart seti geliştirdiklerinden ve mutabık kaldıklarından dolayı mekânsal veriyi paylaşma kabiliyeti gelişmekte ve bu sayede maliyetler düşmekte, hizmetlerin kalitesi artmakta ve yeni ekonomik fırsatlar kolaylaşmaktadır (OGC ve diğ., 2018).

2.4.2.1 Infrastructure for spatial information in Europe

2007 yılında yürürlüğe giren Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE) direktifi AB çevresel politikalarının amaçları ve çevre üzerinde etkiye sahip olabilecek politikalar veya aktiviteler için bir AB KVA oluşturmayı amaçlamaktadır. INSPIRE, AB üye ülkeleri tarafından oluşturulan ve işletilen mekânsal bilgi için altyapılara dayanmaktadır. Direktif, çevresel uygulamalar için ihtiyaç duyulan 34 coğrafi veri temasını karşılamaktadır. INSPIRE aşağıdaki ortak prensiplere dayanmaktadır (European Commission, 2022);

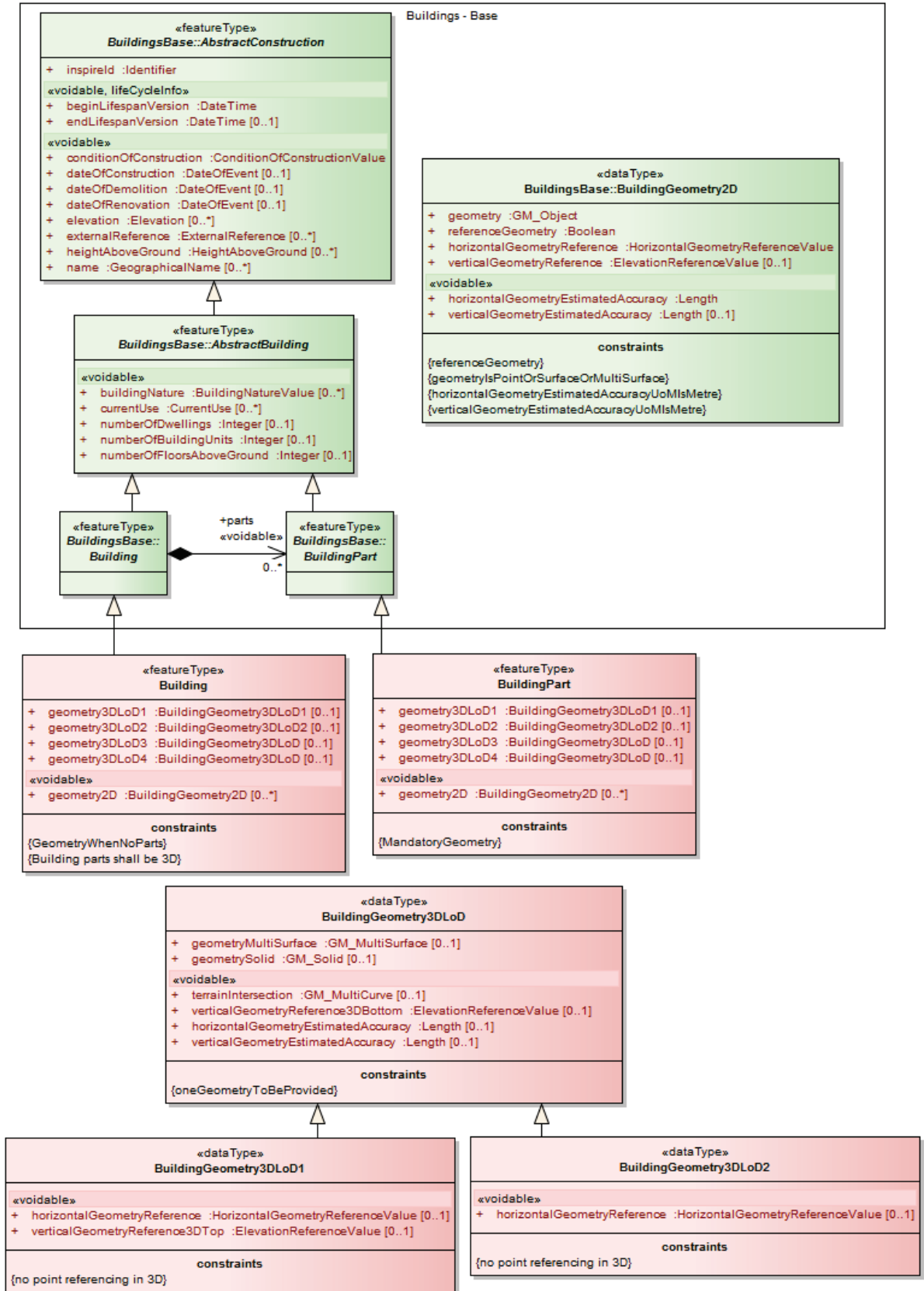
- Veri sadece bir defa toplanmalıdır ve en etkili şekilde muhafaza edilebileceği yerde saklanmalıdır,
- Avrupa genelindeki farklı kaynaklardan benzersiz coğrafi veri bütünleşmesi ve çok sayıda kullanıcı ve uygulama ile paylaşılması mümkün kılınmalıdır,

- Bir seviye veya ölçekte toplanan bilgi için her bir seviye veya ölçekte paylaşılması mümkün kılınmalıdır; kapsamlı incelemeler için detaylı stratejik amaçlar için genel,
- Her seviyedeki iyi yönetim için gerekli olan coğrafi veri zahmetsiz ve şeffaf bir şekilde mevcut olmalıdır,
- Hangi coğrafi verinin mevcut olduğu, belirli bir ihtiyacı karşılamak için nasıl kullanılabileceği ve hangi koşullar altında elde edilip kullanılabileceği kolaylıkla bulunabilmedir.

INSPIRE direktifi Avrupa genelinde coğrafi verinin paylaşımının önemine dair farkındalığı ciddi derecede arttırmıştır. Bunun yanı sıra KVA geliştirilmesi için gerekli olan birliği oluşturmuştur. Şekil 2.20 INSPIRE kapsamında CityGML 2.0 standardındaki *Building* modülüne dayalı olarak oluşturulan 3B bina şemasını göstermektedir.

2.4.2.2 Türkiye ulusal coğrafi bilgi sistemi

Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi (TUCBS), Türkiye’de KVA oluşturulmasına ilişkin gerçekleştirilen ulusal nitelikli bir projedir. Projenin başlangıcı 2003-2004 yıllarını kapsayan e-Dönüşüm Türkiye Projesi Kısa Dönem Eylem Planı’na dayanmaktadır. 2011 yılında Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü (CBSGM) kurularak coğrafi verilere ilişkin uygulama ve dönüşüm şemaları oluşturulmaya başlanmış ve coğrafi veri temaları paylaşarak TUCBS projesinin ilk etabı 2012 yılında tamamlanmıştır. Ulusal Coğrafi Bilgi Sisteminin Kurulması ve Yönetilmesi Hakkındaki Yönetmelik 2015 yılında yürürlüğe girmiş ve bu sayede ülkedeki coğrafi veri tanımlarının oluşturulması, coğrafi veri sorumluluklarının tanımlanması, coğrafi verilerin sorumlu kurumlar tarafından üretilmesi, üretilen verilerin kullanıcılarla paylaşılması ve kurumsal anlamda coğrafi veriye dair birlikte çalışabilirliğin sağlanması yasal bir dayanak kazanmıştır. 1 numaralı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi 2018 yılında yürürlüğe girmiş ve böylece CBSGM ulusal coğrafi bilgi sistemi ile ilgili faaliyetlerinden sorumlu kurum olarak görevlendirilmiştir. 49 Numaralı Coğrafi Bilgi Sistemleri Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ise 7 Kasım 2019 tarihinde yayımlanarak Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi kapsamında tanımlar, ilkeler, ÇŞİDB’ye verilen görev, yetki ve sorumluklar, ilgili kurullar, çalışma heyetleri ve uzman istihdamı ile altyapıya dair hükümler aktarılmıştır.



Şekil 2.20 : INSPIRE 3B bina şeması (European Commission, 2013).

TUCBS birlikte çalışabilirlik ilkeleri ise; hizmette yerellik ve orantılılık, açıklık, şeffaflık, yeniden kullanılabilirlik, teknolojik tarafsızlık ve verilerin taşınabilirliği, kullanıcı odaklılık, kapsayıcılık ve erişilebilirlik, güvenlik ve gizlilik, çok dillilik, idari sadelik, bilginin korunması, etkinliğin ve verimliliğin değerlendirilmesi olarak belirlenmiştir. İlaveten, 30 Haziran 2020 tarihindeki 31171 sayılı Resmî Gazete’de Ulusal Coğrafi Veri Sorumluluk Matrisi ile Ulusal Coğrafi Bilgi Stratejisi ve Eylem Planı yayımlanmıştır.

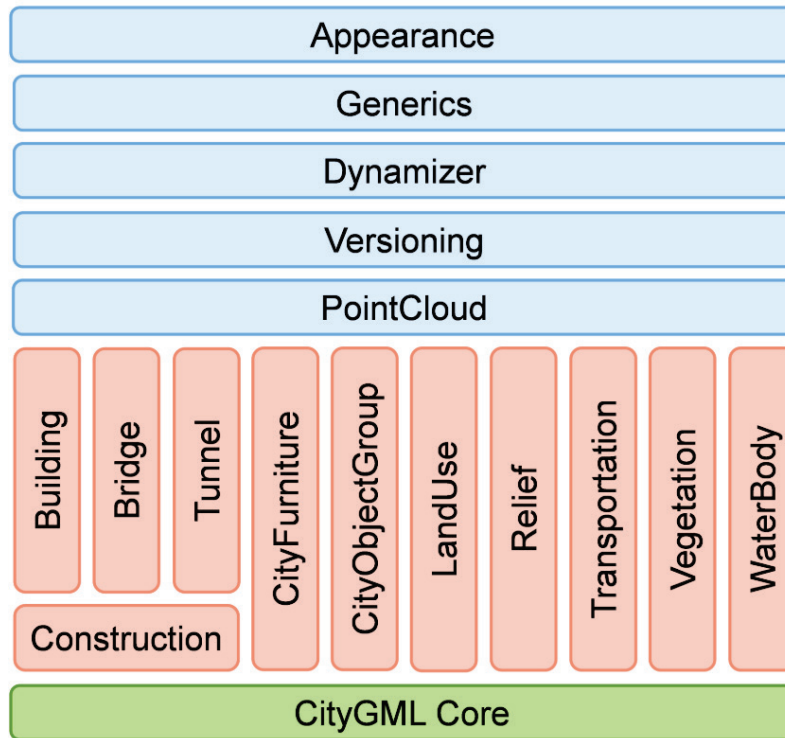
TUCBS kapsamında mevcut durumda bina, adres, kadastro ve idari birimler temaları da dahil olmak üzere toplam 32 adet veri teması INSPIRE ve LADM gibi uluslararası standartlar göz önünde bulundurularak ülkede coğrafi veriye ilişkin olarak ihtiyaç duyulan gerekli değişiklikler ve özelleştirmeler yapılarak oluşturulmuştur. Coğrafi veri temalarının güncelleme çalışmaları devam etmekte olup temaların veri tanımlama dokümanlarının taslakları kullanıcılarla paylaşılmaktadır. Bununla ilişkili olarak Bina Teması yeni versiyonunda CityGML 3.0 standardına dayalı olarak geliştirilen *Bina3B* uygulama şemasını içermektedir. Uygulama şeması kapsamında *BinaBagimsizBolum3B*, *Kat*, *BagimsizBolumKisimOda* ve *BinaEklentisi* sınıfları yer almakta ve binalardaki bağımsız bölümler ile eklentilerin modellenmesine ilişkin geometrik ve öz nitelik bilgileri sunulmaktadır. Yine yeni versiyon kapsamında CityGML formatında üretilecek olan 3B binaların IFC formatına dönüştürülebilmesi için *Bina3B* kapsamındaki sınıflar ile uygun IFC varlıkları eşleştirilmiştir.

2.4.2.3 CityGML

Semantik 3B şehir modellerinin modellenmesi, saklanması ve değişimi için en yaygın standartlardan ilk akla gelenlerden birisi OGC tarafından yayımlanan CityGML standardıdır. CityGML 2.0 versiyonu 2012 yılında yayımlanmıştır ve bu tarihten itibaren standarda dair birçok geri dönüş ve istek bildirilmiştir. Bu bağlamda standart IFC, IndoorGML, LADM, INSPIRE ile bağlantılı veriler ve RDF semantik web teknolojileriyle birlikte çalışabilirliğe duyulan ihtiyacı karşılayabilmek amacıyla güncellenerek 2021 yılında CityGML 3.0 olarak yeni versiyonu yine OGC tarafından yayımlanmıştır (Kutzner ve diğ., 2020). CityGML kavramsal modeli 3B görselleştirme amaçları için kullanılabilirken standardın asıl üstün özelliği karar verme, kent ve peyzaj planlama, kentsel tesis yönetimi, akıllı şehirler, navigasyon (iç ve dış mekân), BIM (özellikle inşa edilmiş yapı dokümantasyonu), kent ve BIM

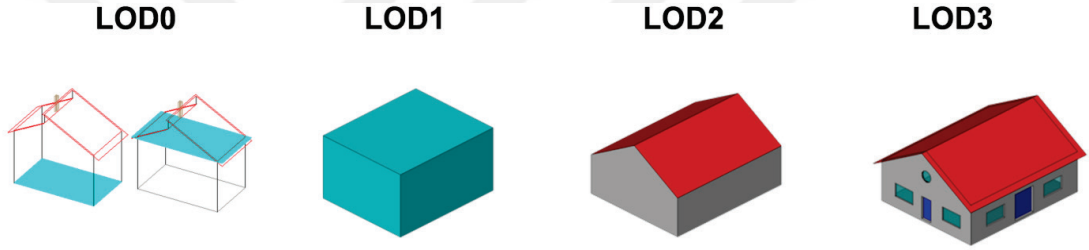
modellerinin entegrasyonu, destekli ve otonom sürüş ve genel anlamda simülasyonlar olarak örnek verilebilecek görselleştirmenin çok ötesine geçen uygulamalarda yatmaktadır. Kavramsal modelde tüm 3B kent objeleri tematik veriyle kolay bir şekilde zenginleştirilebilmektedir. Örnek vermek gerekirse yapılar ısınma ve elektrik enerjisi talebine ilişkin bilgiyle zenginleştirilebilmektedir (OGC, 2021b). Bu anlamda birçok uygulama alanı için CityGML kavramsal modelinin spesifik uzantıları üretilmiştir (Biljecki ve diğ., 2018).

Kavramsal model sanal 3B şehir ve peyzaj modelleri kapsamındaki objelerin en önemli türleri için modeller sağlamaktadır. Ancak gerçeklemelerin standartla uyumlu olabilmek için tüm CityGML modelini desteklemek gibi bir zorunluluğu bulunmamaktadır. Bu sebeple birimler ayrıştırma (*modularization*) CityGML kavramsal modeline uygulanmaktadır. Şekil 2.21 CityGML 3.0 standardının sahip olduğu modülleri göstermektedir. Şekildeki dikey kutular farklı tematik modülleri temsil etmekteken yatay modüller tüm tematik modüllere uygulanabilen konseptleri belirtmektedir. Standartta gerçek dünya objeleri coğrafi özellik sınıfları tarafından ISO 19109 standardındaki tanımlara göre betimlenmektedir. CityGML özellik sınıfı türleri tipik olarak birçok mekânsal ve mekânsal olmayan özelliğin yanı sıra diğer özellik sınıfı veya obje türleri ile ilişkilere sahip olmaktadır (OGC, 2021b).



Şekil 2.21 : CityGML 3.0 modülleri (OGC, 2021b).

Özellik sınıfı geçmişini desteklemek adına CityGML 3.0 tüm objeler için iki farklı zaman bilgisi sağlamaktadır. CityGML mekânsal toplama (*MultiPoint*, *MultiCurve*, *MultiSurface*, *MultiSolid*) ve bileşim (*CompositeCurve*, *CompositeSurface*, *CompositeSolid*) gibi farklı geometri türlerinden faydalanmaktadır. Hacimsel şekiller ISO 19107 standardındaki Boundary Representation yaklaşımına göre betimlenmektedir. Yeni versiyonda tüm kent objeleri mekân (*spaces*) ve mekân sınırları (*space boundaries*) semantik konseptlerine eşleştirilerek mekânsal objelerin semantik ayrımları açık bir şekilde sağlanmıştır. Mekanların daha kesin tanımlamalarını elde edebilmek için fiziksel mekanlar (*physical spaces*) ve mantıksal mekanlar (*logical spaces*) olmak üzere 2 adet mekân sınıflandırması yapılmıştır. Yeni versiyonda İnşaat ve Bina gibi modüller ile LoD sınıflandırmaları güncellenmiştir (Şekil 2.22).



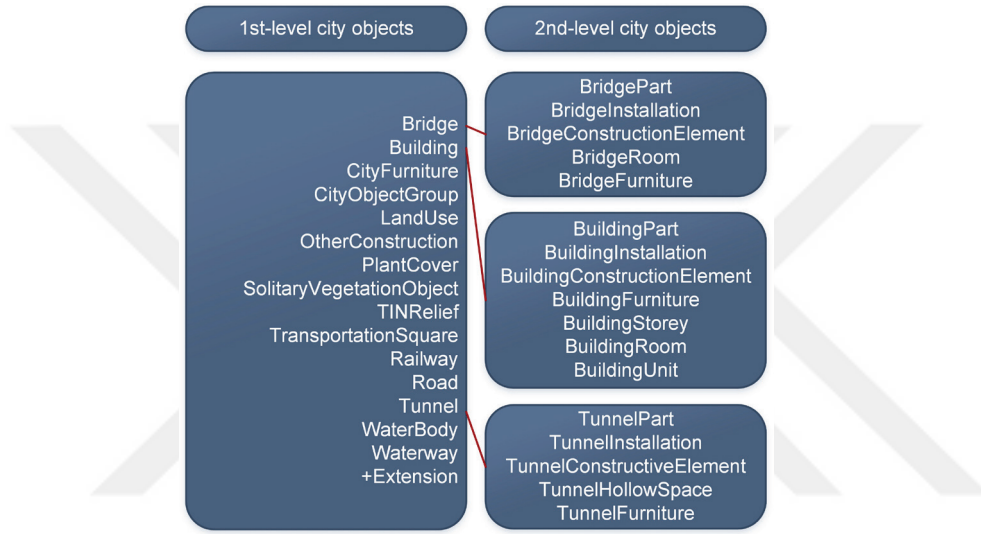
Şekil 2.22 : CityGML 3.0 LoD sınıflandırmalarının temsili (OGC, 2021b).

2.4.2.4 CityJSON

CityGML 2.0 belirtilmelerinden ve ilgili literatürden çabaların çok büyük bir kısmının konseptlerin ve veri modelinin geliştirilmesi için harcandığı aktarılmıştır. Bunun yanı sıra kısıtlı derecede odağın kullanabilir bir veri değişim formatına ayrıldığına vurgu yapılmıştır. Ayrıca XML ve GML tabanlı kodlama yaklaşımlarının ayrıntılı, hiyerarşik, kompleks olduğuna ve web üzerinde adapte edilemediklerine değinilmiştir. Bahsedilen dezavantajların da CityGML dosyaları için tam anlamıyla okuma/yazma/değişiklik yeteneklerinin sınırlı sayıda yazılım paketi tarafından sağlandığı ve göreceli olarak az sayıda veri setinin CityGML dosyalarında saklandığı gözlemlendiğinden dolayı CityGML standardının kullanımına pratikte sekte vurduğuna dikkat çekilmiştir (Ledoux ve diğ., 2019). Bu sebeple JSON tabanlı CityJSON CityGML veri modelinin GML tabanlı kodlamasına bir alternatif sunmak amacıyla önerilmiştir. İlk versiyonunda mevcut CityGML versiyonu olan 2.0 için JSON tabanlı

kodlamalar üretilmiştir. CityJSON hem veri setlerinin okunmasında hem de üretilmesinde kolay kullanılabilir olmayı amaçlamaktadır.

Yazılımcıların mantığı göz önünde bulundurularak tasarlandığından dolayı CityJSON modelini destekleyen araçlar ve uygulama programlama arayüzleri (API) kolaylıkla oluşturulabilmektedir. Şehir modellerinin depolanmasını ciddi oranda basitleştirmek ve veri kaybını önlemek için CityGML standardının hiyerarşik yapısı yerine olabildiğince düz bir yapıya sahip olacak şekilde geliştirilmiştir. Bu nedenle 1. Seviye ve 2. Seviye olmak üzere 2 tür şehir objesine sahiptir (Şekil 2.23).



Şekil 2.23 : CityJSON şehir objeleri ve seviyeleri (OGC, 2021a).

```
{
  "type": "CityJSON",
  "version": "1.1",
  "extensions": {...},
  "metadata": { "referenceSystem": "https://www.opengis.net/def/crs/EPSG/0/7415" },
  "CityObjects": {
    "id-1": {
      "type": "Building",
      "attributes": { "roofType": "gabled roof" },
      "geometry": [{
        "type": "Solid",
        "lod": 2.2,
        "boundaries": [...]
      }]
    },
    "id-56": {...}
  },
  "vertices": [
    [23.1, 2321.2, 11.0],
    [14.0, 2299.5, 14.0],
    ...
  ],
  "appearance": {
    "textures": [...]
  },
  "geometry-templates": {...}
}
```

Şekil 2.24 : CityJSON dosyası içeriği örneği.

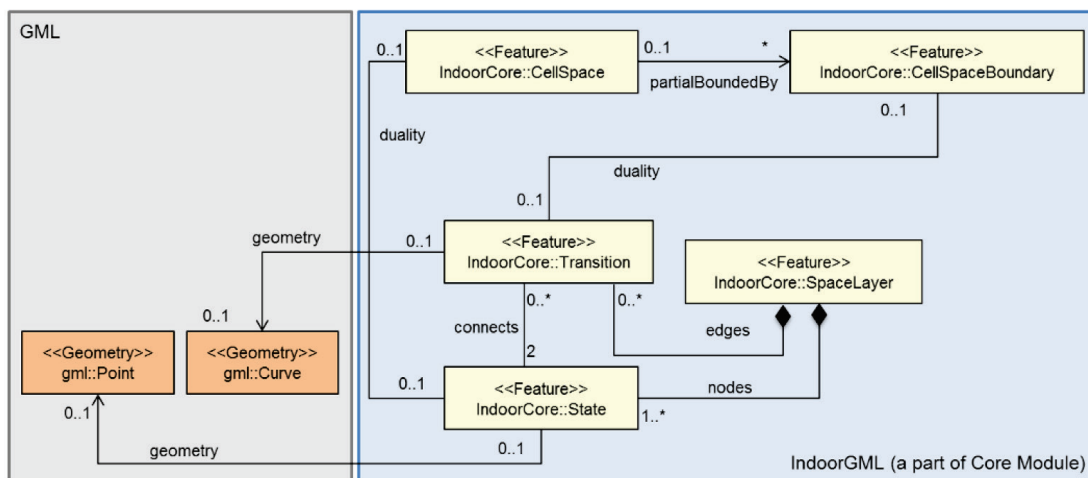
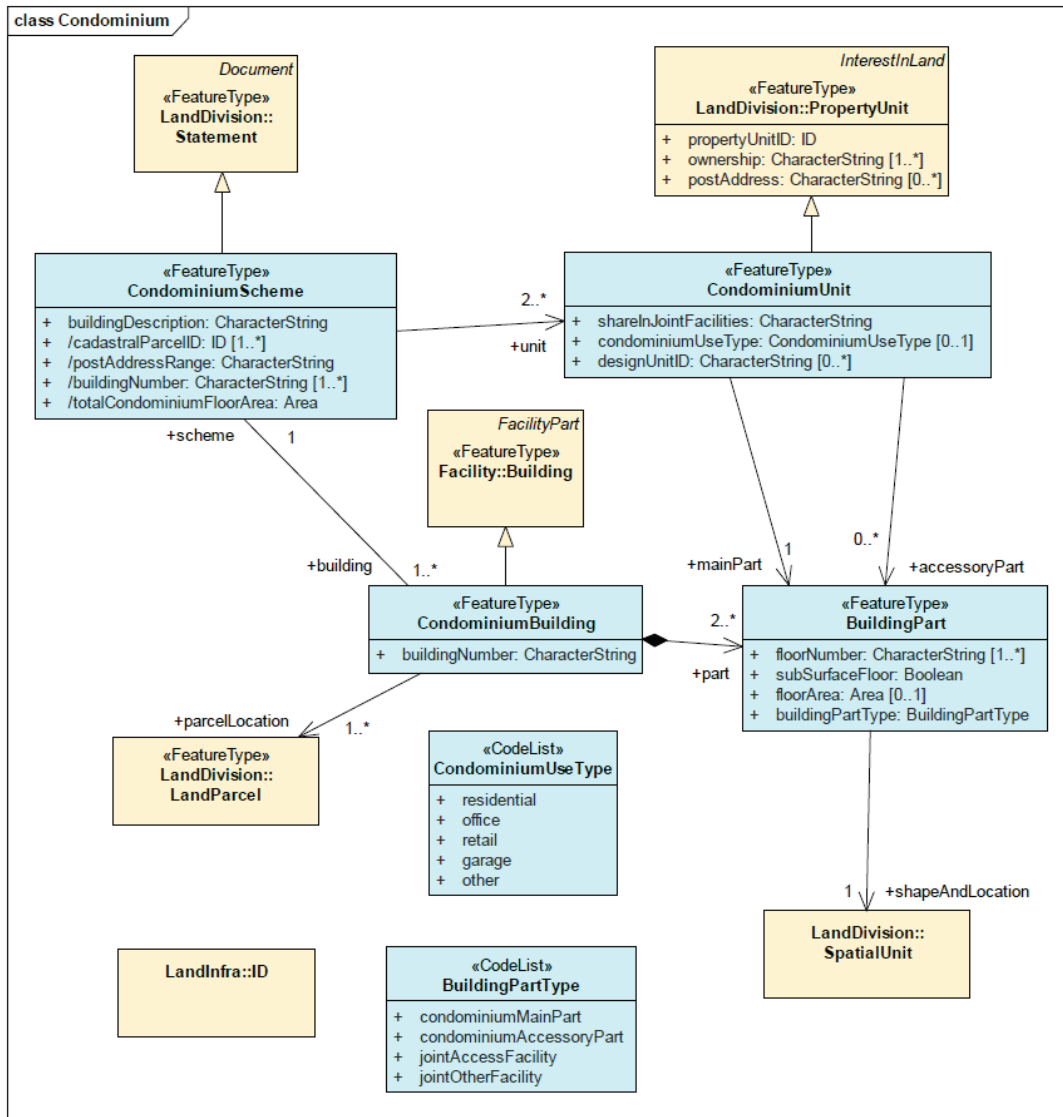
CityJSON ayrıca çekirdek modüllerin yeni kent objeleri ve kompleks öz nitelikler eklenmesi gibi yapılandırılmış bir şekilde genişletilmesini desteklemektedir. 2021 yılında OGC tarafından onaylanarak resmi bir standart olarak yayımlanmıştır. CityGML 3.0 kavramsal modelinin resmi olarak yayımlanmasının ardından CityJSON modelinin de yeni versiyonla uyumu sağlanmıştır (Şekil 2.24).

2.4.2.5 LandInfra/InfraGML

LandInfra arazi ve altyapı aktiviteleriyle ilişkili veri temelli uygulamaları desteklemek için geliştirilen ve OGC tarafından 2016 yılında yayımlanan ve mevcutta tek bir versiyona sahip standarttır. LandInfra CBS ve BIM alanları arasında bir köprü görevi görerek entegrasyonu arttırmak amacıyla tasarlanmıştır (Kumar ve diğ., 2019). Standart CAD, BIM ve CBS teknolojilerinin dayandığı konseptleri entegre etmektedir ve CityGML ile IFC standartlarıyla örtüşmelere sahiptir. Standart *LandInfra, Facility, Project, Alignment, Road, Railway, Survey, LandFeature, LandDivison ve Condominium* olmak üzere 10 adet gereksinim sınıfını içermektedir. InfraGML ise LandInfra veri modelinin GML tabanlı olarak kodlanmasını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir ve *Core, Land Features, Facilities and Projects, Alignments, Roads, Railways, Survey ve Land Division* olmak üzere 8 parçaya sahiptir (OGC, 2016a). LandInfra *Condominium* sınıfı bağımsız bölümlerin modellenmesini kapsar ve (Cagdas, 2013) tarafından önerilen CityGML ADE eklentisine dayanır (Şekil 2.25).

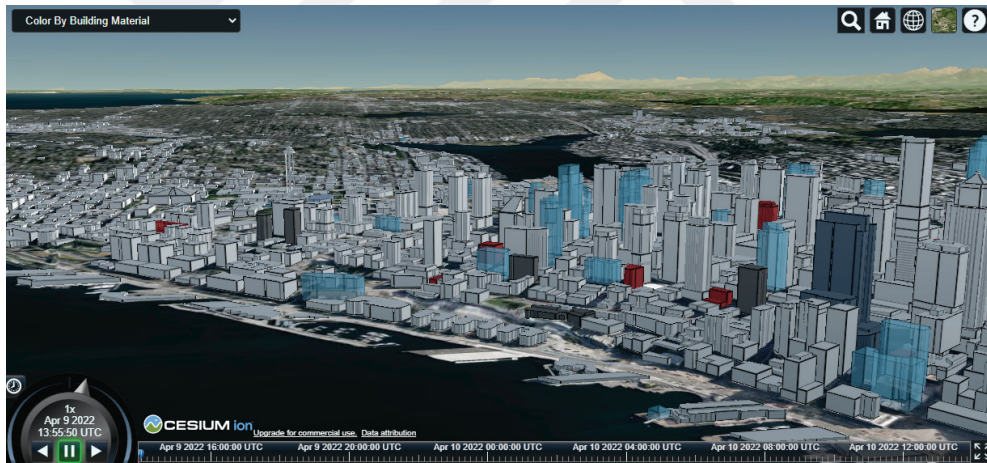
2.4.2.6 IndoorGML

IndoorGML standardı OGC tarafından 2014 yılında öncelikli olarak iç mekân navigasyonu için iç mekanların modellenmesini mümkün kılan bir ortak veri şeması sağlanması amaçlı yayımlanmıştır. Standardın güncel versiyonu 2020 yılında yayımlanmıştır. IndoorGML CityGML, KML ve IFC gibi ilişkili standartlarda yer alan özellik sınıflarıyla tekrarı önlemek amacıyla en az sayıda özellik sınıfı kullanılarak geliştirilmiştir. Bahsedilen ilişkili standartlar yapıların iç ve dış bölümlerinin 3B betimlenmesine imkân tanıyarak da iç mekân navigasyonunda yetersiz kalabilmektedirler. Bu sebeple IndoorGML iç mekân navigasyonundaki mekânsal bilgi için gerekli kodlama özellik sınıflarını sağlamakta ve ilişkili standartlara tamamlayıcı olmaktadır (OGC, 2020). Şekil 2.26 IndoorGML standardı kapsamında mekanların hangi özellik sınıfları ve ilişkiler kullanılarak modellendiğini gösterir.



2.4.2.7 3D Tiles

3D Tiles, 3B yapı modelleri, BIM ve CAD modelleri ve nokta bulutları gibi çok büyük hacimli 3B mekânsal verilerin derlenmesi ve yayımlanması için tasarlanmıştır. Bir OGC standardı olarak onaylanmış ve 2019 yılında resmi olarak yayımlanmıştır. 3D Tiles bir hiyerarşik veri yapısı ve derlenmiş içeriği ileten döşeme (*tile*) formatları seti tanımlamaktadır. Standart, içeriğin görselleştirilmesi için kesin kurallar tanımlamamaktadır ve bir kullanıcı bu sayede 3D Tiles verisini nasıl uygun görünüyorsa o şekilde görselleştirebilmektedir (OGC, 2019). 3D Tiles veri formatı açık, servis ve derleme için en uygun duruma getirilmiş, 3. boyut için tasarlanmış, interaktif, adapte olabilir, esnek bir yapıya sahip, heterojen, kesin ve zamansal olarak ifade edilebilir. 3D Tiles formatı 3B mekânsal verilerin web üzerinden yayınlanması için JavaScript kütüphanesi sağlayan Cesium tarafından geliştirilmiştir (Cesium, 2015). Şekil 2.27 Cesium kütüphanesi kullanılarak görselleştirilen 3D Tiles formatlı örnek yapı bina modellerini içermektedir.



Şekil 2.27 : Cesium ile görselleştirilen 3D Tiles verisi örneği (Cesium, 2015).

2.4.3 Üç boyutlu kent modelleri ve akıllı kentler

Şehirlerde yaşayan nüfusun artışıyla birlikte yaşam alanlarına duyulan ihtiyaç sebebiyle kentler kaçınılmaz bir şekilde büyümektedir. Bu sebeple de trafik sıkışıklığı, atık yönetimi, kirlilik gibi birçok yeni problemler de ortaya çıkmaktadır. Kaynakların da kısıtlı olduğu göz önüne alındığında şehirleri kaliteli yaşam için daha uygun bir yer haline getirilmesinin aciliyeti global anlamda şehir meclislerinden şirketler ve araştırma laboratuvarlarına kadar geniş bir yelpazede birçok girişimi tetiklemiştir. Farklı disiplin, kültür ve ilgi alanından insanlar ortak bir payda olan kenti akıllı yapma

noktasında buluşmaktadır. Akıllı şehir konsepti son 20 yıl içerisinde bilgi ve iletişim teknolojilerinin kentlerin işlevselliğinin artırılması, verimliliğinin iyileştirilmesi ve rekabet edebilirliklerinin geliştirilmesini nasıl sağlayabileceği ile yoksulluk, sosyal yoksunluk ve kalitesiz çevre sorunlarının giderilmesine nasıl çare olabileceğine ilişkin fikirlerin bir birleşimi olarak ortaya çıkmıştır (Batty ve diğ., 2012). Literatüre bakıldığında çok bileşene, etki alanına ve kaynak türüne sahip olmasından dolayı akıllı şehir tanımları farklılık göstermektedir. Çizelge 2.7 bu bağlamda yaygın olarak kaynak gösterilen akıllı şehir tanımlarından bazılarını göstermektedir. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanılması ve farklı paydaşların sürece dahil edilmesi gibi ortak paydada buluşulan konular bulunmaktadır.

Çizelge 2.7 : Literatürde en çok kaynak gösterilen akıllı şehir tanımlarından birkaçı.

Kaynak	Tanım
(Harrison ve diğ., 2010)	Fiziksel altyapıyı, bilgi teknolojisi altyapısını, sosyal altyapıyı ve iş altyapısını kentin iş birlikçi zekasından yararlanmak için birbirine bağlayan şehir.
(Caragliu ve diğ., 2011)	Bir kent, insana dair yatırımlar ve sosyal sermaye ve geleneksel (ulaşım) ve modern (bilgi ve iletişim teknolojisi) iletişim altyapıları doğal kaynakların akılcı bir şekilde yönetimi ve katılımcı idare anlayışıyla sürdürebilir ekonomik büyüme ve yüksek yaşam kalitesini beslediğinde akıllı olmaktadır.
(European Parliament, 2014)	Bir akıllı şehir kamusal ihtiyaçları belediye tabanlı iş birlikleri ile çok paydaşlık temelinde bilgi ve iletişim teknolojileri çözümleriyle karşılamaya çalışan şehirdir.

Çizelge 2.8 akıllı kentlerin sahip olduğu bileşenler ile bu bileşenlerin kentsel yaşamın hangi yönüne etki yaptığını listelemektedir.

Çizelge 2.8 : Akıllı kent bileşenleri ve ilgili yönleri (Lombardi ve diğ., 2012).

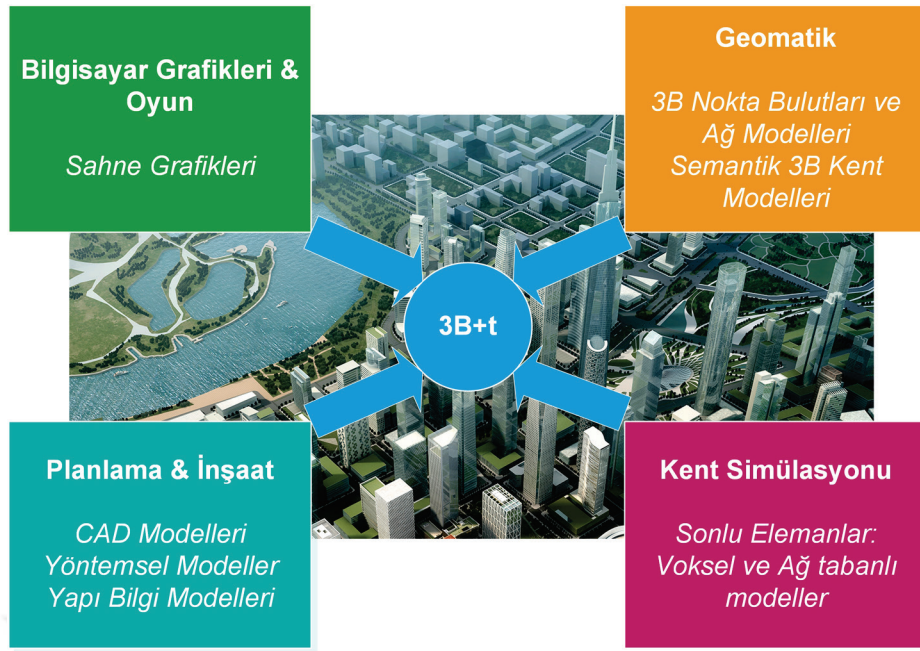
Akıllı kent bileşeni	Kentsel yaşamın ilgili yönü
1) Akıllı ekonomi	Endüstri
2) Akıllı insanlar	Eğitim
3) Akıllı yönetim	Elektronik demokrasi
4) Akıllı hareketlilik	Lojistik ve altyapı
5) Akıllı çevre	Verimlilik ve sürdürülebilirlik
6) Akıllı yaşam	Güvenlik ve kalite

Akıllı kentlerin bileşenlerine bakıldığında en önemlilerinden biri olarak verinin yer aldığı görülmektedir. Şehir ile ilgili ayrıntılı verilerin bulunmaması durumunda akıllı kent kavramının hataya geçirilebilmesi için gerekli olan problemlerle başa çıkma yeteneğinin elde edilemeyeceği anlaşılmaktadır. Bu konuyla ilgili olarak kentlere ilişkin dijital bilgilerin elde edilmesinde dijital ikiz (*digital twin*) konsepti önemli bir çözüm olarak belirmektedir. Dijital ikiz kavramı ilk olarak 2000'li yıllarda benzer bir yaklaşım olarak ortaya atılmış (Grieves, 2014) ve ardından başta NASA (Glaessgen ve Stargel, 2012) tarafından olmak üzere farklı kurumlar tarafından benimsenmiş ve her geçen yıl daha fazla ilgi toplamaya başlamıştır (Fuller ve diğ., 2020). Dijital ikiz, fiziksel sistemin yaşam döngüsü boyunca ileriki performans, bakım ve sağlık durumu verisi ile sürekli olarak güncellenen fiziksel sistemin sanal bir örneği olarak tanımlanabilir (Madni ve diğ., 2019).

Bahsedilen tanımlamalar ışığında dijital ikiz fikri akıllı şehirler kapsamında kentin fiziksel varlıkları bakımından temsili olarak ortaya çıkmaktadır. CBS ve özellikle 3B kent modelleri sahip oldukları yapıların yüksekte düşük seviyeye indirgeme yeteneği ve BIM tabanlı yazılımları kullanılarak enerji, materyal kullanımı ve bakım açısından yapıların operasyonlarıyla başa çıkma uzantısı sayesinde kentteki tüm fiziksel varlıkların bütün seviyelerine ölçeklenebilen genişletilmiş dijital temsilleri sağlamaktadır (Batty, 2018).

3B veya 4B kent modelleri açısından her bir disiplinin kendi bakış açısına sahip olduğunun ve bu nedenle modellenen şeylere ve modellenme şekillerine farklı olarak odaklandıklarının anlaşılması önem arz etmektedir. Bu bağlamda Şekil 2.28 kent modellerinin oluşturulmasında ve kullanılmasında farklı disiplinlerin yaklaşımını görselleştirmektedir.

3B semantik şehir modelleri kentsel çevrenin sanal modelleridir. Diğer bir deyişle yapılar, yollar, ağaçlar, köprüler ve arazi yüzeyi gibi fiziksel gerçekliklerin varlıklarını temsil eden veri setleridir. Bahsedilen modeller gerçek dünya varlıklarının karşılıklarını tematik, geometrik, topolojik ve görünüş özellikleriyle birlikte betimlemektedir. Bununla birlikte objeler arasındaki mantıksal ve mekânsal ilişkiler de ifade edilmektedir. 3B semantik kent modelleri tipik olarak şehir bloklarından tüm ülkeye kadar geniş kapsamdaki tüm objeleri içerebilmektedir.



Şekil 2.28 : 3B / 4B kent modellerinin farklı disiplinlerde kullanımı ile bu disiplinlerin yaklaşımları (Kolbe ve Donaubauer, 2021).

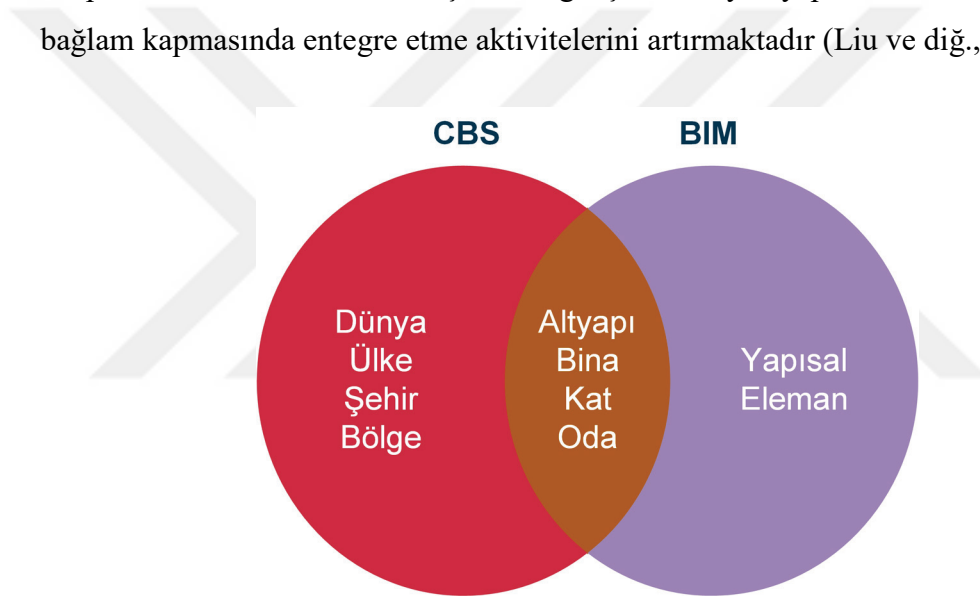
3B modeller topografik haritalamadan, kadastro, afet yönetimi, görsel inceleme, navigasyon ve otonom sürüş ile kent simülasyonları gibi geniş yelpazedeki uygulamalar için 3B haritalar üretmek amacıyla kullanılmaktadır. 3B semantik şehir modelleri taşınmaz ve varlık yönetimi ile insan yapımı ve doğal kent objelerinin yaşam döngüsü yönetimiyle ilgili uygulamalar için oldukça faydalıdır. Kentsel veri entegrasyonuna gelindiğinde ise 3B kent modelleri anahtar bir role sahiptir çünkü kentsel planlama, hareketlilik, enerji ve ekoloji gibi farklı alanlarla ilgili veriler yoğun olarak spesifik mekânsal kent objeleriyle ilgilidir (Kolbe ve Donaubauer, 2021). Biljecki ve diğ. (2015) solar radyasyonun tahmini, enerji talebi tahmini, yapı türlerinin sınıflandırılması, görünürlük analizi, gürültü tahmini, 3B kadastro, navigasyon için görselleştirme, şehir planlama, afet müdahalesi, aydınlatma simülasyonları, taşkın modelleme, değişim analizi, orman yönetimi ve arkeolojinin de aralarında bulunduğu 3B şehir modellerinin 100’den fazla kullanım alanını aktarmıştır.

2.5 Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Yapı Bilgi Modellemesi Entegrasyonu

Akıllı kentler konseptinin ortaya çıkışı ve gelişiminden dolayı mekânsal verinin yönetimi oldukça ilgi çekici bir araştırma konusu olmaktadır. CBS ve BIM bu alandaki iki anahtar teknolojidir (Ma ve Ren, 2017). CBS ve BIM teknolojilerinin varlığı

mekânsal verinin farklı ölçeklerde entegrasyonuna yönelik olarak transfer edilebilir bir yol sunmakta ve yapı planlamasını daha etkin, akılcı ve standart yapmaktadır.

Hem CBS hem de BIM mimari veya çevresel varlıkların dijital temsilini sağlasa da iki alanının odakları farklılaşmaktadır. BIM, yapıların kendisine odaklanırken CBS yapıların dışındaki mekânsal bilgide özelleşmektedir. BIM inşaat projelerine ve iç göreceli olarak mikro seviyede veri oluşturan detaylarına daha fazla önem verirken CBS topografya gibi makro seviyede bilgi üretmek için kullanılmaktadır (Wang ve diğ., 2019). CBS ve BIM teknolojileri farklı açılardan olgunluğa sahipse de birbirleri arasındaki örtüşme son zamanlarda oldukça fazladır (Şekil 2.29). Farklı hedefler amacıyla iç ve dış mekân uygulamalarının birleşimi için son zamanlardaki talep tasarım metotları ve araçlarının geliştirilmesiyle yapı modellerini mekânsal bağlam kapmasında entegre etme aktivitelerini artırmaktadır (Liu ve diğ., 2017).



Şekil 2.29 : CBS ve BIM alanları arasındaki örtüşme.

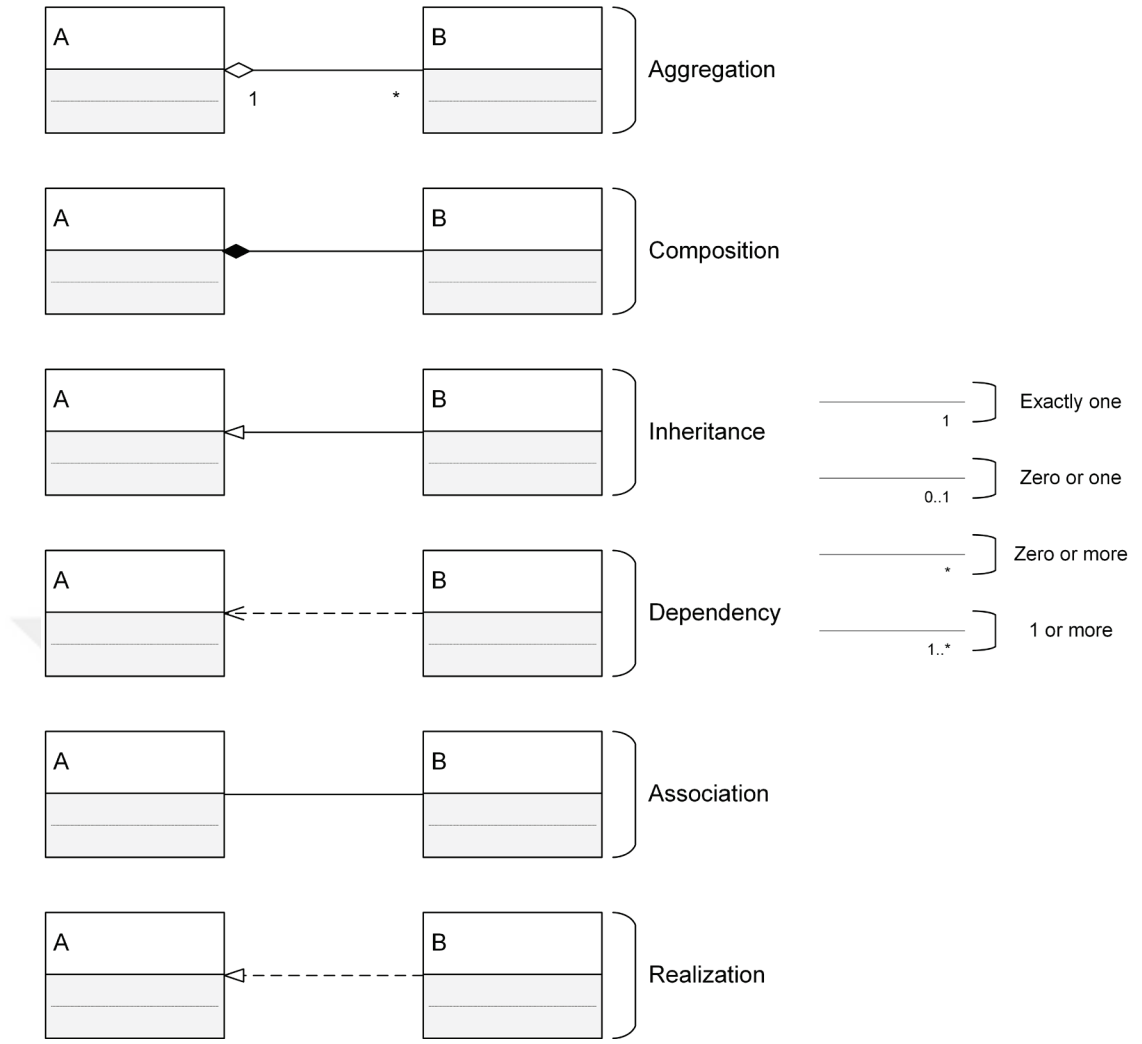
Bunun yanı sıra CBS ve BIM teknolojilerinin örtüşen doğası inşaat sektörünün gelişimi için faydalı olan yapı projeleri ile yakın çevreleri için entegre olmuş verinin sağlanabileceğini ortaya koymaktadır. Yapı öz niteliklerini yakın çevreleri olmaksızın analiz etmek hem kapsamlı hem de bilimsel olmamaktadır. Örnek olarak yapıların inşaat süreçleri çevreleri üzerinde etkiye sahiptir ve bu yapılar çevreleriyle uyumlu bir şekilde inşa edilmelidir. CBS teknolojisinden elde edilecek veriler saha seçimi ve malzemelerin sahadaki düzeni gibi BIM uygulamalarını kolaylaştırabilir (Wang ve diğ., 2019).

CBS ve BIM teknolojilerinin entegrasyonunun uygulama alanlarına 3B kadastro, lokasyon tabanlı servisler ve navigasyon, tesis yönetimi, kültürel varlık yönetimi, saha

seçimi ve yerleşim planı, kentsel çevre analizi ve güvenlik örnek olarak verilebilir (Liu ve diğ., 2017; Song ve diğ., 2017).

2.6 Veri Modelleme

Uygun veri modelinin seçimi bir bilgi sisteminin başarısı veya başarısızlığı için kritik bir faktör olabilir. Veri modeli veri tabanı açısından ana elemandır. Veri modelleri bilgi sisteminin her bir seviyesinde işlemektedir. İyi bir veri modeli ise tam anlamıyla oluşturulmuş, herhangi bir tekrar veya fazlalık içermeyen, amacı tam olarak karşılayabilen, verinin tekrar kullanımını mümkün kılan, dengeli ve aynı zamanda esnek bir yapıya sahip, bilimsel kesinliği sağlayabilen, farklı paydaşların veri tabanında iletişimini kolaylaştıran, mevcut veya gelecekte oluşturulacak diğer veri tabanlarıyla bütünleşebilen ve yüksek performans özelliklerine sahip olarak tanımlanabilir. Bütün bir veri tabanı elde edilebilmesi için kavramsal, mantıksal ve fiziksel modeller olmak üzere bir 3 farklı tasarım gerçekleştirilmektedir. Kavramsal model göreceli olarak veri tabanında tutulacak verinin kullanılacak teknolojiye bağımsız özelliklerini belirtmektedir. Mantıksal veri modeli ise kavramsal modelin veri tabanı yönetim sistemi kullanılarak gerçekleştirilecek yapılara dönüşümüdür. Fiziksel veri modeli ise performans açısından gerekli değişikliklerin yapıldığı ve fiziksel kapasite ile erişim mekanizmalarının gösterildiği model aşamasıdır (Simsion ve Witt, 2004). Veri modellemede anlaşılabilirliği sağlayabilmek için farklı yaklaşım ve notasyonlar mevcuttur. Bütünleşik Modelleme Dili (UML) son yıllarda oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. UML sahip olduğu öz nitelikler ve ilişkiler ile ilişkilendirme sınıflarının elde edilebilmesi yeteneğinden dolayı dikkate değer avantajlara sahiptir. Şekil 2.30 UML yaklaşımında kullanılan ilişki ve çokluk türlerini göstermektedir.



Şekil 2.30 : UML ilişki ve çokluk türleri.



3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

3.1 Kat Mülkiyetine Dair Mevcut Durum Analizi

Bu bölümde, düşey mülkiyet yönetimi bağlamında kat mülkiyeti paradigmasının işlerliğinin ve fonksiyonlarının daha iyi anlaşılması adına, öncelikle Dünya’da ve Türkiye’deki temel uygulamalar ve bunlara bağlı pratikler incelenerek bir mevcut durum analizi gerçekleştirilecektir.

3.1.1 Dünya’da kat mülkiyeti uygulamaları

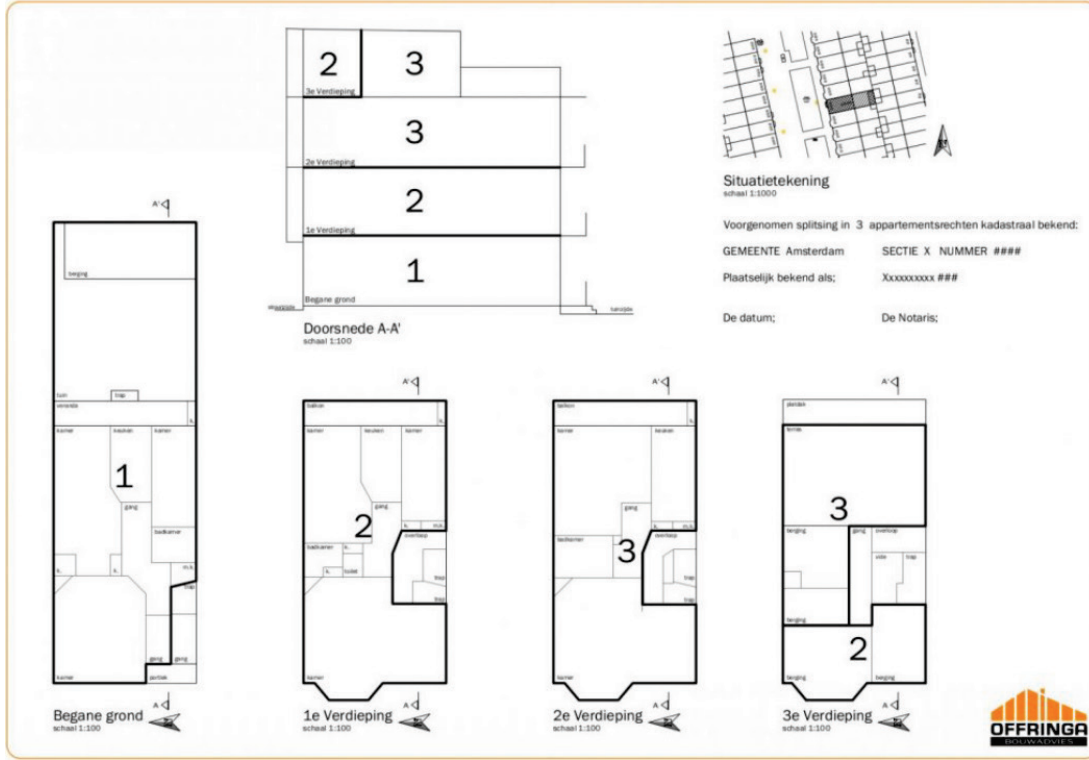
3.1.1.1 Hollanda

Hollanda’daki arazi idaresinde tapu tabanlı yaklaşım mülkiyetin kaydı ve yönetiminde kullanılmaktadır. Tapu kaydı, kadastral kayıt ve kadastral altlık haritalar Hollanda Kadastro ve Tapu Kurumu tarafından yönetilmektedir. Ülkede arazi parseline ilişkin mülkiyet sadece arazi parselini değil bununla birlikte parselin altındaki ve üstündeki taşınmazlara ilişkin mülkiyeti de kapsamaktadır. Yapılar ve altyapı tesisleri bu taşınmazlara örnek verilebilir. Hollanda Hukuku’nda araziyi 3B hacimlere bölme veya yapıyı arazi olmaksızın satma şeklinde mülkiyet ilişkileri mümkün olmamaktadır. Ancak çok katmanlı mülkiyet hakları kat mülkiyeti hakları (*apartment rights*) ve sınırlı hakların kurulumuyla mümkün olmaktadır (Stoter ve diğ., 2013b).

Ülkede kat mülkiyeti Hollanda Medeni Kanunu’nda tanımlanmıştır. Bahsedilen kanunun maddelerinde kat mülkiyeti; binanın kullanılabilen bölümlerinde olmak üzere kullanım fonksiyonlarına göre ayrılmış özel bir birimi üzerindeki ayrıcalıklı kullanım hakkı olarak tanımlanmıştır. Bahsedilen özel birim diğer bir deyişle bağımsız bölümler kullanım fonksiyonlarına göre mesken, ofis ve tüm bir ev olabilmektedir.

Kat mülkiyeti bir noter senedi (*notarial deed*) ile resmi olarak oluşmaktadır. Daha sonra binanın farklı bölümlerinde oluşturulan kat mülkiyeti haklarına ilişkin bilgiler noter senedine işlenmektedir. Bununla birlikte yazılı kısımda noter senedine ilişkilendirilmiş bir çizime de referans verilebilmektedir. Bahsedilen çizim örneği Şekil 3.1’de yer almaktadır. Yine Hollanda Medeni Kanunu’nun farklı bölümlerinde

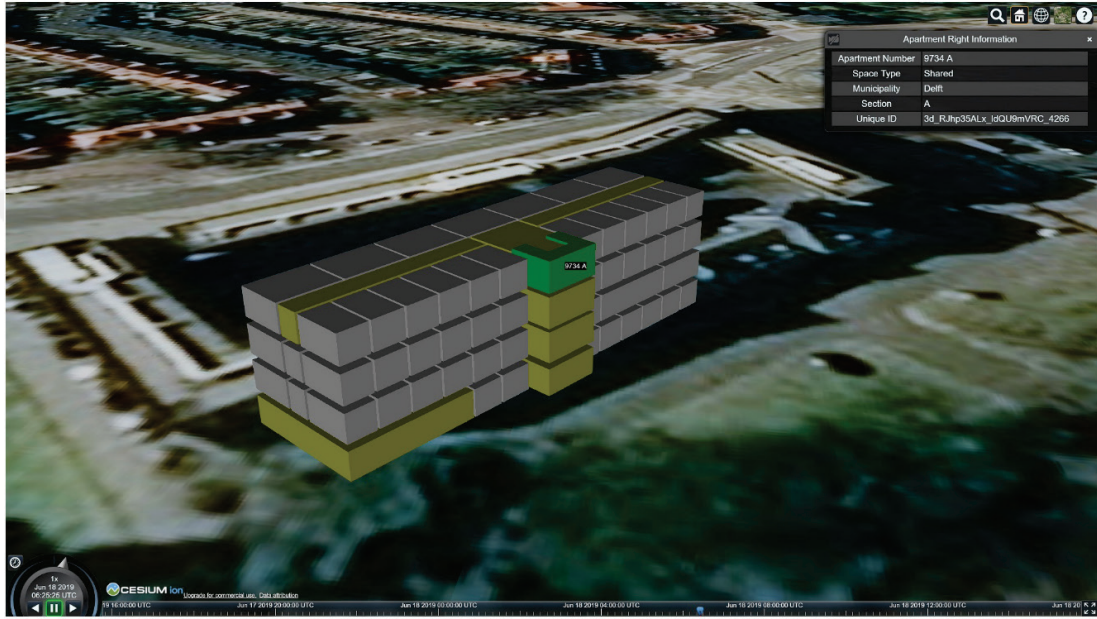
yer alan hükümlerle birlikte 3B betimlemeler için gereksinimler oluşmaktadır. Bununla ilişkili olarak binanın özel kullanıma ayrılan bölümünün açık bir şekilde belirtilmesi ifade edilmektedir. Ayrıca yasalarda belirtildiği üzere noter senedinde kat mülkiyetinin oluşmasında zorunlu tutulan SSS'ler yer almaktadır.



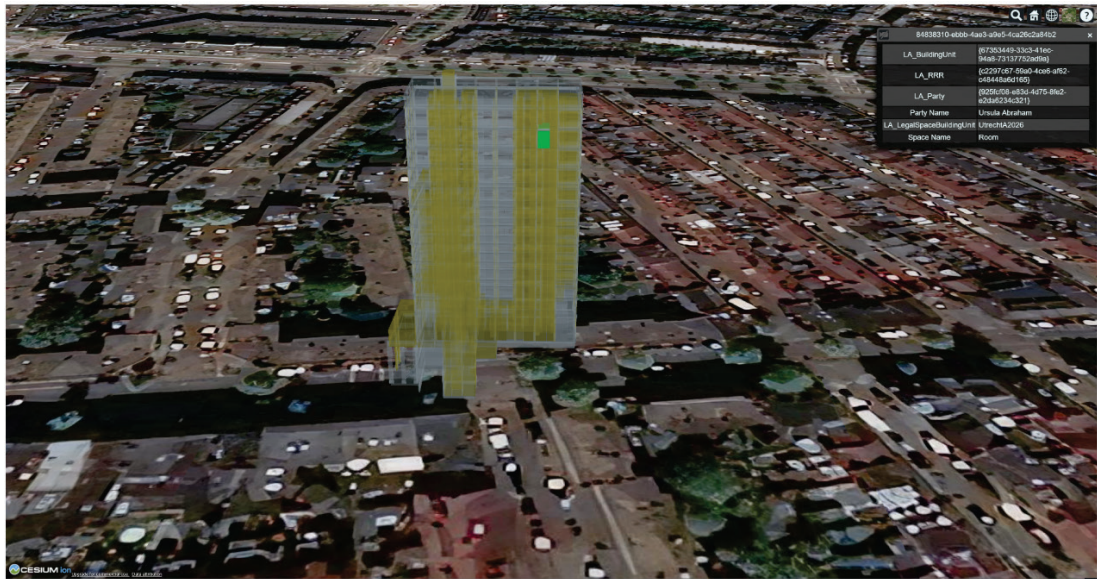
Şekil 3.1 : Noter senedindeki 2B çizim örneği (Meulmeester, 2019).

Yine yasalarda yapıların özel ve ortak bölümleri arasındaki ayrımın gözle görülebilir bir şekilde temsil edilmesi mecburi tutulmuştur. Bununla birlikte kat mülkiyeti oluşumuna ilişkin noter senedinde olması gerekenler; yapının ve ilişkili parselin konumunun tanımı, yapının ve parselin özel kullanıma ayrılan bölümlerinin açık bir şekilde tanımı, kat mülkiyeti haklarının her bir malik ifade edilerek tanımı ve kadastral numarası olarak ifade edilmiştir. Verilen bilgiler ışığında kat mülkiyeti haklarının görselleştirilmesiyle ilişkili olarak özel ve ortak mekanların görselleştirilmesinin büyük önem arz ettiği aktarılmıştır. Hollanda Medeni Kanunu'nun yanı sıra ülkedeki kadastro kurumu tarafından kadastral kayıt için veri gereksinimleri tanımlanmıştır (Meulmeester, 2019). Bununla ilişkili olarak çizimlerin giriş katı ve mekanların konumlandığı katların planlarını içermesi gerektiği ifade edilmektedir. Ayrıca eğer gereklyse yapının kesitlerinin de istenebileceği belirtilmiştir. Çizimlerin, yapının ayırt edilebilir kat planlarıyla ile ayrı bir birim olarak kullanılabilen zemin arasındaki

farkları göstermesi gerektiği aktarılmıştır. Bununla ilişki olarak kat mülkiyeti haklarında ayrıcalıklı erişim ve kullanıma ilişkin alanların yapıdaki diğer alanlarla ilişkisinin gösterilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Ayrıca bağımsız bölüme ait indeks numarasının bu bölüme ait tüm mekanlarda yer alması gerektiği iletilmiştir. Kat mülkiyeti haklarının kaydı için 3B gereksinimler belirlenmiş ve ihtiyaçları karşılamak üzere veri kaynağı olarak 3B BIM modellerinden yararlanılmıştır (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3).



Şekil 3.2 : Yasal haklarla zenginleştirilmiş BIM modeli örneği (Meulmeester, 2019).



Şekil 3.3 : 3B arazi idaresi kapsamında BIM tabanlı mülkiyet hakları gösterimi örneği (Broekhuizen, 2021).

3.1.1.2 İsveç

3B taşınmaz birimler ve ilişkili SSS'ler 2004 yılında İsveç Arazi Kanunu'na eklenerek resmiyet kazanmıştır. Ardından 2009 yılında yine aynı kanunda kat mülkiyeti (*apartment rights*) tanımlanmıştır. Geleneksel 2B mülkiyet birimi X ve Y koordinatlarıyla yatay olarak sınırlanmakta ve teoride yukarı doğru gökyüzüne kadar, aşağıda ise dünyanın merkezine doğru bir hacmi kapsamaktadır. Uygulamada ise yer altı ve yer üstü limitleri mülk sahibinin kullanabildiği kadarla sınırlanmaktadır. 3B mülkiyet geleneksel 2B mülkiyet ile ilişkili olarak uygulanan aynı işlemlerle oluşturulmaktadır. 3B mülkiyetin uzantıları hem yatay hem de düşey olarak sınırlanmaktadır. İsveç sisteminde fiziksel yapı inşaatlarına ilişkin kadastral sınırların nasıl çizileceği veya görselleştirileceğine dair spesifik yasal kurallar bulunmamaktadır. 3B mülkiyet birimi (*property unit*) oluşturulurken takip edilmesi gereken bazı şartlar bulunmaktadır. Örneğin; 3B mülkiyet birimi haricinde istenen amaca ulaşmak için farklı bir mülkiyet hakları veya mülkiyet oluşumu seçeneğinin olup olmadığı incelenmelidir. Bunun yanı sıra 3B mülkiyet biriminin uygun bir şekilde kullanımı için gerekli olan hakların yasal olarak garanti altına alınması ve ayarlanması gereksinimi bulunmaktadır. Diğer bir ön şart ise inşaat ve tesisin kullanımına ilişkin olarak mülkiyet oluşumunun garanti edilmesidir. Bu durumla daha etkin bir yönetimin kolaylaşması ile finansmanın veya tesisinin inşasının garanti altına alınması amaçlanmaktadır. Eğer ikamet amacıyla kullanılacaksa 3B mülkiyet birimi en az 3 ikamet için kullanılacak bağımsız bölüm içermelidir.

Kat mülkiyeti ise sadece yeni inşa edilen yapılarda ve son 8 yıl içerisinde ikamete hizmet eden bir yapı bulunmayan yerlerdeki yenileme projelerinde oluşturulabilmektedir. 3B mülkiyet birimi her zaman arazi kullanım planlarıyla uyumlu olarak oluşturulabilmektedir. 3B mülkiyet birimi oluşturulduğunda başvuru yetkili kadastro birimine gönderilmektedir. Kadastro birimi başvuruyu yasal dayanaklar, planlama yönetmelikleri ve yapı ruhsatı gibi farklı kriterlere göre inceleyecek bir harita/geomatik mühendisi görevlendirmektedir. Eğer başvuruda yanlışlıklar varsa görevli mühendis başvuru sahibiyle ortaklaşa bir şekilde 3B sınırlara ilişkin olarak yapılacak değişiklikleri belirlemektedir. Yatay ve düşey sınırların yazıyla ve bunun yanı sıra haritalar ve çizimlerde de gösterilmesi gerekmektedir. Bahsedilen durum yasal sınırlarla ilişkili SSS'ler için de uygulanmaktadır (Larsson ve diğ., 2020). Mülkiyet oluşumu sürecindeki dokümanlar çoğunlukla kâğıt çıktı olarak

bir sistemin mevcut olmamasıdır. Bundan dolayı da 3B sınırları gösteren yapı planlarının analog kopyaları kadastral kaydın parçası olmaktadır.



Şekil 3.5 : 3B bağımsız bölümler içeren binanın kesiti ve Dijital Kadastral İndeks Haritası'ndaki 3B görselleştirmesi (Larsson ve diğ., 2020).

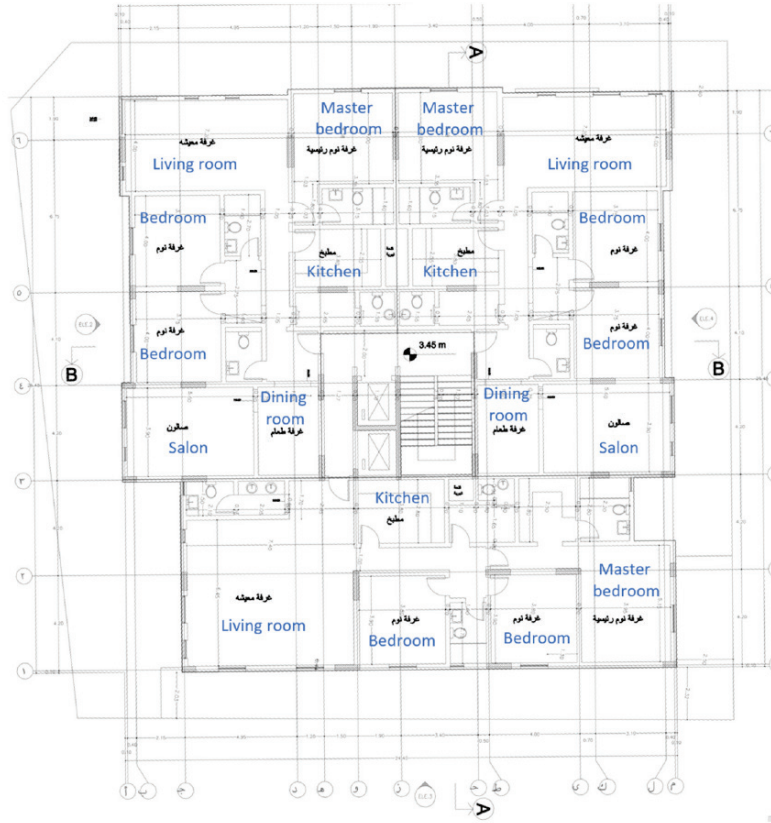
3B kadastral kayıt sürecinde bahsedilen olumsuzlukların ortadan kaldırılabilmesi için ülkede “Smart Built Environment” stratejik planları kapsamında projeler gerçekleştirilmektedir. Tamamlanan bir projenin amacı olarak tasarım, detaylı planlama, yapı oluşumu ile yapı ruhsatı ve yönetimi aşamalarını içeren planlama ve inşaat sürecinde 3B modellerin ve diğer 3B verilerin nasıl daha verimli bir şekilde kullanılabileceği araştırılmıştır. Bununla birlikte 2B haritalardan 3B kadastroya geçişin mümkün hale getirilmesi bağlamında yasal, finansal ve teknik açıdan dönüşüm ve görselleştirmelere ilişkin incelemeler gerçekleştirilmiştir. Bahsedilen stratejik plan kapsamında 3B BIM modellerinin kat mülkiyetinin 3B kaydı için kullanılması üzerine yoğunlaşmıştır (Andrée ve diğ., 2018).

3.1.1.3 Suudi Arabistan

Ülkedeki taşınmaz kayıt sistemi ilgili yönetmeliklerin 2002 yılında kabul edilmesiyle yeni bir döneme girmiştir. Bununla ilişkili olarak bağımsız bölümlerin kayıt altına alınmasıyla ilgili olarak dikkate alınması gereken birçok madde bulunmaktadır. Bu maddelerde; her bir yapının belediye tarafından onaylanmış ve lisanslanmış mimari kat planlarına dayalı olarak bölümlere ayrılabilmesi aktarılmaktadır. Bir malik, arazisini tapudaki ana kaydından bir veya daha fazla taşınmaz birimini her biri farklı tapu kaydına sahip olacak şekilde taşınmazın konumu, numarası, kat numarası ve arazi ile yapıdaki payına ilişkin bilgiler de dahil olmak üzere bölümlendirebilmektedir.

Malik, alanın işlevini değiştirmemek kaydıyla taşınmazı kullanma hakkına sahiptir. Birimlerin malikleri ortak mekanları kendi birimlerinin değerlerinin oranıyla ilişkili olarak paylaşmaktadırlar. Malikler ortak mekanları ana işlevlerini değiştirmemek kaydıyla kullanabilmektedirler. Malikler yapının güvenliğini tehdit edebilecek veya yapısını etkileyebilecek herhangi bir değişikliği yapma hakkına sahip değildirler. Malikler, bina yönetim kurulunun yazılı onayı ile belediyeden gerekli lisansın alınması şartıyla taşınmazının işlevini değiştirme hakkına sahiptir. Ortak mekanların bakım masrafları sahip olunan mekanların yüzdelere göre tüm malikler tarafından karşılanmaktadır. Ortak mekanlar; parsel, bahçe, binanın arkasındaki çekme bölümü, yapı elementleri, çatı alanı, giriş, merdivenler ve koridorlar, park alanı, asansör ve binanın dış cepheleri gibi ortak mekanlar olarak tanımlanabilen tüm parçaları aksi bir anlaşma olmadıkça içermektedir. Binadaki iki bitişik birim arasındaki duvarlar bu birimlerin malikleri arasında aksi ispatlanmadıkça ayrıcalıklı ortak (*exclusive common*) mekân olarak tanımlanmaktadır. Bazı maliklere sınırlı faydaları olan ortak bölümler aksi ispatlanmadıkça bu malikler arasında ayrıcalıklı ortak mülkiyet olarak değerlendirilmektedirler. Yapının başlangıç aşamasındaki inşasından sonra taşınmaz mülkiyetine geçiş için malik; tapu belgesi, CAD veya PDF formatındaki mimari kat planları ve yapı ruhsatının da dahil olduğu belgelerle ilgili belediyeye başvuruda bulunmaktadır. Belediye tüm belgeleri kontrol etmekte ve herhangi bir eksiklik yoksa Adalet Bakanlığı'na taşınmaz için kadastral kaydın yapılması amacıyla yönlendirme yapmaktadır.

Belediye tarafından onaylanan yapı kat planları genellikle tüm 2B kat planlarını (Şekil 3.6) ve en az bir tane olmak üzere katların yüksekliklerini temsil etmek amacıyla kesit planlarını (Şekil 3.7) içermektedir. Ülkedeki yönetmeliklere göre özel mekanlar, ayrıcalıklı özel mekanlar ve ortak mekanlar olmak üzere üç farklı yasal mekân tanımı kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra binanın yapısal elementleriyle ilgili olarak da farklı mülkiyet ilişkileri tanımlanabilmektedir. Örneğin; bağımsız bölümün sınırları içerisinde yer alan duvarlar özel mülkiyete tabidir ve binanın yönetiminin onayı alınmadan üzerinde değişiklik yapılabilir. İki bağımsız bölüm arasında kalan duvarlar ayrıcalıklı ortak mekanlardır ve ayrıcalıklı ortak mülkiyete tabidirler. Bağımsız bölüm ile ortak mekanlar arasında yer alan duvarlar ortak mülkiyete tabidir. Bağımsız bölüm sınırları içerisinde yer alan kolonlar ortak mülkiyete tabidirler. İki bağımsız bölüm arasında yer alan levhalar ayrıcalıklı ortak haklara tabidir.



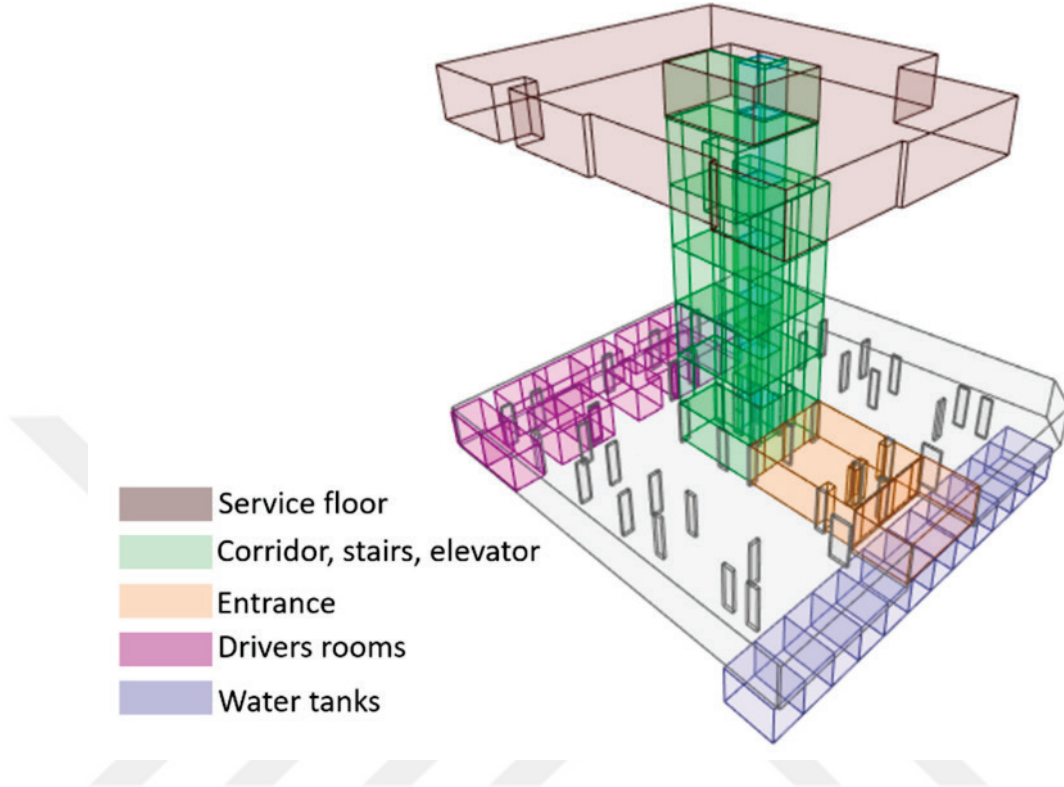
Şekil 3.6 : Örnek kat planı (Alattas ve diğ., 2021).

Ortak veya ayrıcalıklı ortak mülkiyete tabi olan tüm yapısal bileşenler kullanım ve değişiklik açısından sınırlamalara tabidir (Alattas ve diğ., 2021).



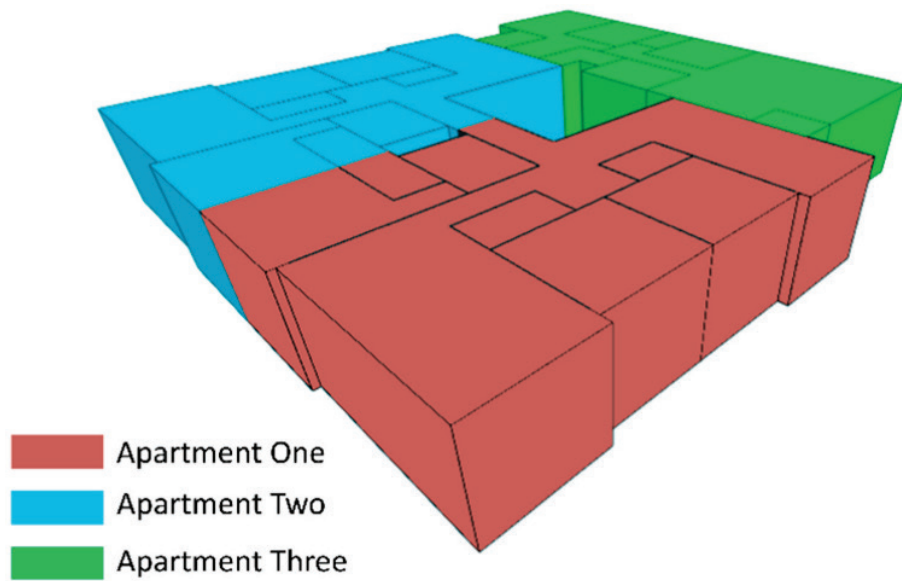
Şekil 3.7 : Örnek kesit planı (Alattas ve diğ., 2021).

Şekil 3.8 ülkedeki binalardaki mülkiyetlerinin BIM modelleriyle yönetimine ilişkin olarak gerçekleştirilen çalışmadaki koridor, giriş ve su tankları gibi farklı ortak mekanların modellenmesi örneğini sunmaktadır.



Şekil 3.8 : Ortak mekanların 3B modellenmesi örneği (Alattas ve diğ., 2021).

Şekil 3.9 ise BIM modelleriyle oluşturulan bağımsız bölümlere ait yasal mekanları göstermektedir.



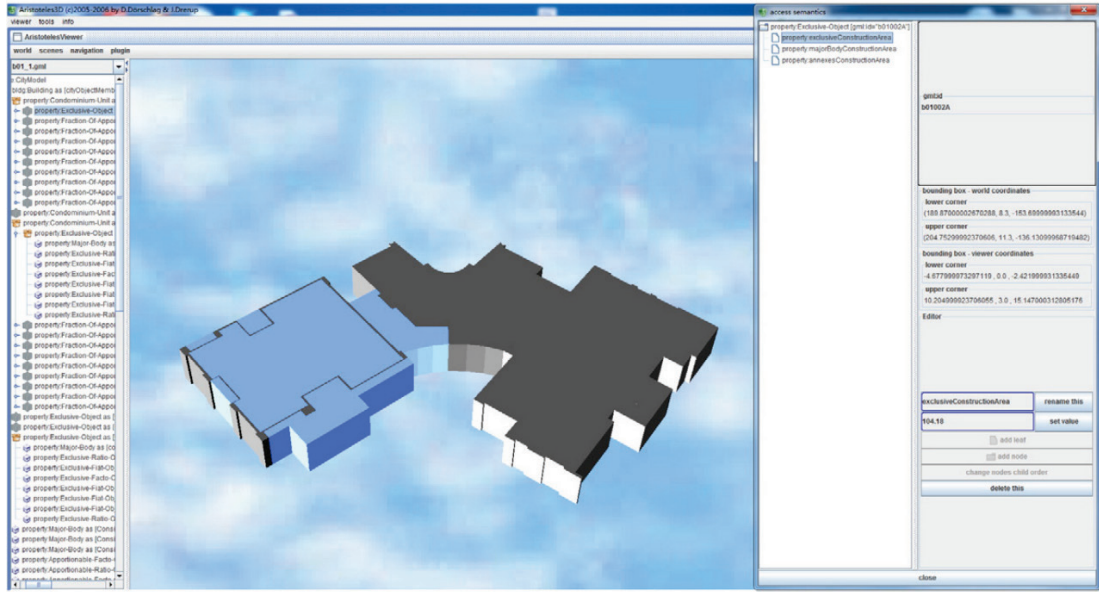
Şekil 3.9 : Yapıdaki bağımsız bölümlerin yasal mekanları (Alattas ve diğ., 2021).

3.1.1.4 Çin

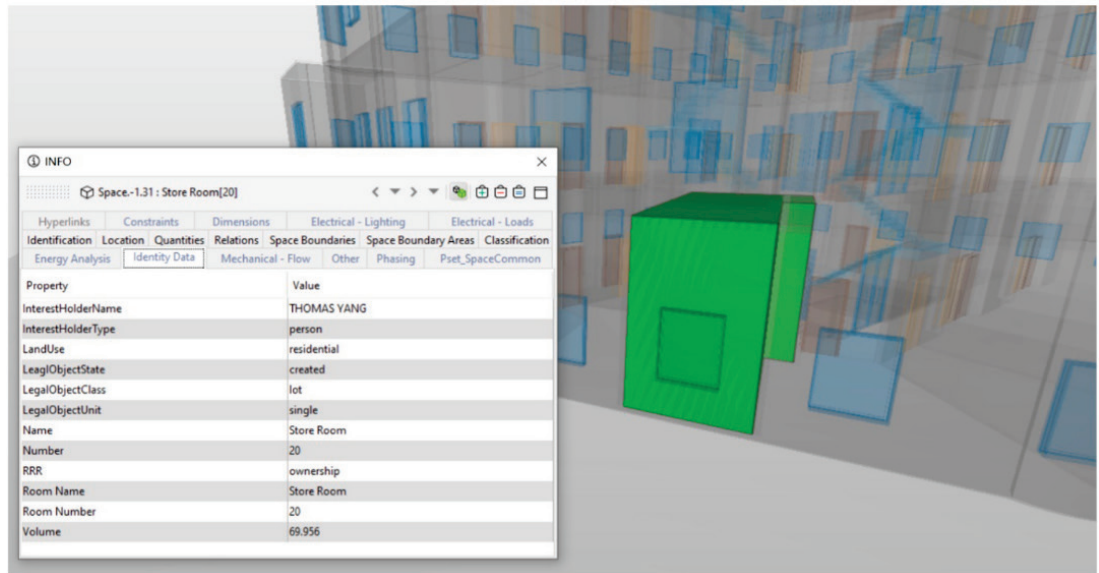
Çin Halk Cumhuriyeti Gerçek Hak Yasası'nda mesken veya işletme amaçları için kullanılan yapılardaki ayrıcalıklı bölümlerde malikin mülkiyet hakkına sahip olduğu ve bununla birlikte ayrıcalıklı bölümler dışındaki ortak bölümlerde malikin ortak mülkiyete ve ortak yönetim haklarına sahip olduğu belirtilmiştir. Kat mülkiyeti hakları ayrıcalıklı objeler ve ortak objeler olmak üzere hakların homojenliği bakımından iki farklı birimle ilişkilidir.

Ayrıcalıklı objeler bağımsız bölüm (ana birim) ve balkon, depo ile garaj gibi eklenti birimine ayrılmaktadır. Depo ve garaj gibi eklentiler mecburi olarak mekânsal anlamda ana birime bağlı olmak zorunda değildirler. Ortak objeler pay edilebilir ve pay edilemez olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Pay edilebilir objeler genellikle sözleşmelerde yer bulur ve mekânsal kapsamı tahsis edilip ilgili bağımsız bölüm hesabına katılır. Araç parkları, güvenlik kulüpleri ve yönetim odaları gibi örneklere sahip olan pay edilemez objelerin mekânsal kapsamı tahsis edilmez ve bağımsız bölümlerin hesabına katılmaz. Bağımsız bölümlerin inşaat alanı olarak adlandırılan yasal mekânsal kapsamı ayrıcalıklı bölümlerin ve pay edilebilir objelerdeki payların mekânsal kapsamlarından oluşmaktadır.

Mekânsal kapsam fiziksel objelerin geometrisinden elde edilmez ve farklı yapı bölümlerinin mekânsal kapsamı yasal düzenlemelerde yer alan farklı hesaplamalara göre belirlenir. Pay edilebilir objelerin sadece inşaat alanları ilişkili bağımsız bölümlere pay edilir. Yine yasal düzenlemelerle belirlendiği üzere paylaşımlı inşaat alanları farklı kategorilerde belirlenmektedir. Mevcut yasal düzenlemelere göre kat mülkiyeti iki farklı şekilde kurulabilir. İlk kapsam olarak tek başına sahip olunan yapı bölümleriyle fiziksel olarak ilişkili ayrıcalıklı objeler kapsamında kat mülkiyeti kurulabilmektedir. Bahsedilen objeler ayrıcalıklı ana kısım ve ayrıcalıklı eklentilerden oluşmaktadır. İkinci olarak ise birden fazla malik tarafından ortaklaşa kullanılıp sahip olunan objelerle fiziksel olarak ilişkili paylaşımlı objeler kat mülkiyeti kapsamındadır (Li ve diğ., 2016). Bahsedilen kat mülkiyeti haklarının 3B yönetimi için CityGML ve LADM standartlarını entegre eden bir yaklaşım önerilmiş (Şekil 3.10) sonrasında ise yapılardaki kullanım haklarının 3B modellenmesinde BIM-tabanlı yaklaşım kullanılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.10 : Mülkiyet objelerinin geometrilerinin ve öz niteliklerinin gösterimi (Li ve diğ., 2016).



Şekil 3.11 : Depo odasının öz nitelikleriyle 3B gösterimi (Ying ve diğ., 2021).

3.1.1.5 Kanada

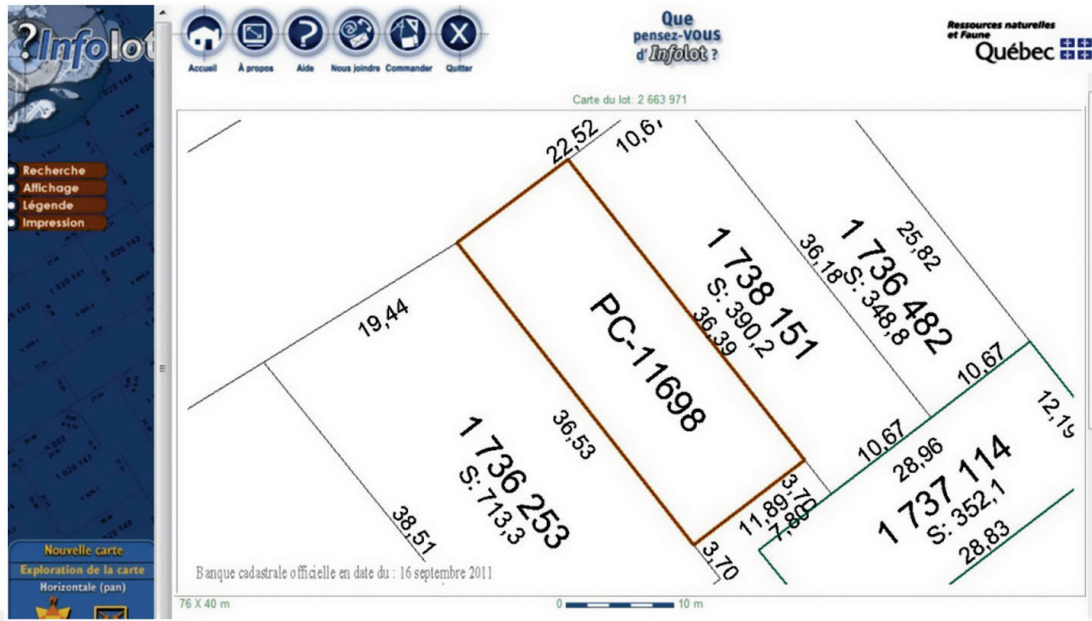
Kanada'nın Quebec şehrinin Medeni Kanunu'na göre kat mülkiyeti; aynı taşınmazın farklı kişiler tarafından ortaklaşa sahip olunduğu mülkiyetin bir türü olarak tanımlanmıştır. Kat mülkiyeti, mülkiyet hakları ortak malikler arasında her biri fiziksel olarak bölünmüş özel bir kısım ve ortak kısımların bir payını içerecek şekilde oranlara ayrıldığında bölünmüş olarak adlandırılmaktadır. Spesifik bir malikin mülkü olan ve sadece o malikin kullanım hakkına sahip olduğu yapının bölümleri ve arazi özel kısımlar olarak adlandırılmaktadır.

Tüm malikler tarafından sahip olunan ve ortak kullanıma hizmet eden yapının bölümleri ve arazi ortak kısımlar olarak adlandırılmaktadır. Bu kısımları sadece bir veya birkaç malikin kullanımına hizmet edebilmektedir. Avlular, verandalar ve balkonlar, parklar ve bahçeler, erişim yolları, merdivenler ve asansörler, geçiş yolları ve koridorlar, ortak hizmet alanları, park yerleri ve depolama alanları, bodrum, temeller ve ana duvarlar ile merkezi ısıtma ve havalandırma gibi ortak ekipmanlar ortak kısımlar olarak tanımlanabilmektedir. Yapının temel yapısının ve ana duvarlarının parçası olmayan ancak ortak bir kısımdan veya özel kısımdan bir özel kısmı ayıran duvar/bölümler ortak olarak kabul edilmektedir (Pouliot ve diğ., 2013).

Kanada'nın Quebec şehrinde taşınmazlara ilişkin işlemler arazi kayıt sistemine kaydedilmektedir. Bahsedilen sistem taşınmaza dair işlemleri ve bir kadastral planı içermektedir. Kadastral plan her biri farklı bir kimlik numarasına sahip arazi parsellerinin sınırlarını ve büyüklüğünü belirtmektedir. Kayıtların büyük bir kısmında 2B kadastral planlar parsel numarası ile derinlik, uzunluk ve yüzey ölçüleri de dahil olmak üzere taşınmazın limitlerinin tam anlamıyla temsil edilmesini sağlayan bilgileri sağlamaktadır. Ancak kat mülkiyeti oluşabilen çok katlı yapılarda klasik 2B planlar taşınmazın derinliğini, uzunluğunu ve yüksekliğini eksiksiz olarak temsil etmede yetersiz kalmaktadır. Bundan dolayı kadastral yönetmelikte “düşey kadastro” (*cadastre vertical*) olarak spesifik bir durum tanımlanmıştır.

Kısaca özetlemek gerekirse düşey kadastro birden fazla mekanının kullanımının söz konusu olduğu spesifik durumlarda taşınmazın düşey limitlerinin temsilini mümkün kılmaktadır.

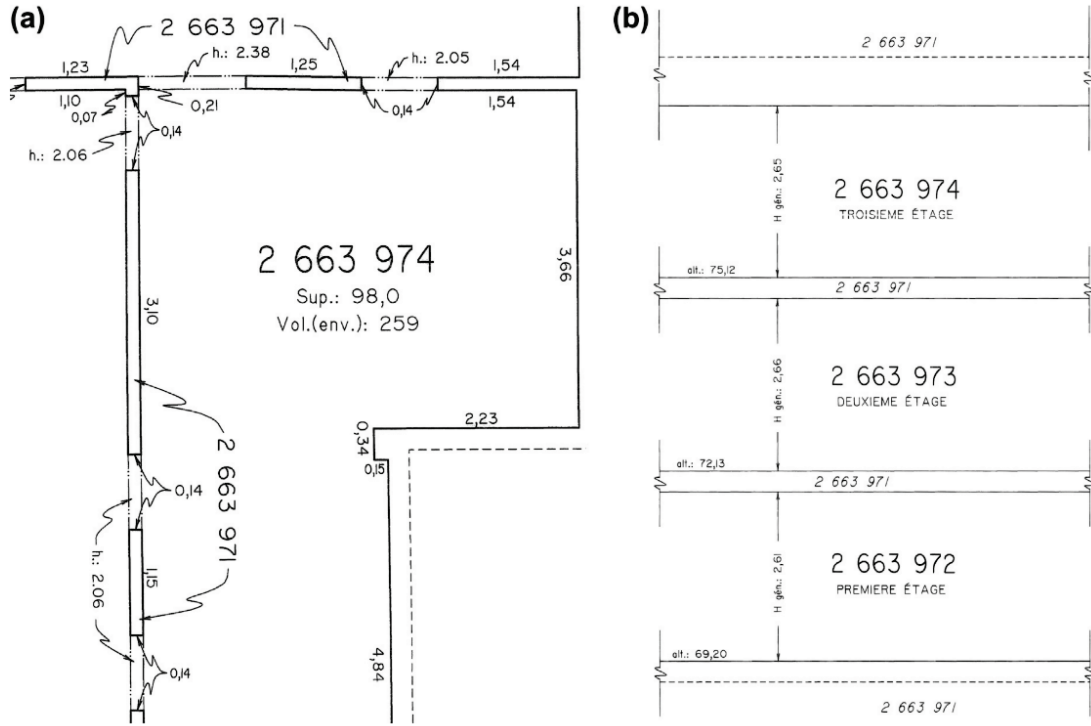
3. boyutu ayırt edebilmek adına kadastral planda tamamlayıcı plan (*complementary plan-PC*) olarak özel bir plana atıf yapılmaktadır. Şekil 3.12’de tamamlayıcı bir plana atıfta bulunulan bir kadastral plan örneği yer almaktadır. Şekilden de görülebildiği üzere tamamlayıcı plana atıf yapılan poligona dair herhangi bir parsel numarası veya resmi ölçme bilgisi yer almamaktadır (Pouliot ve diğ., 2011). Yaygın olarak PDF formatında saklanan tamamlayıcı planlar talep gelmesi halinde elde edilebilmektedir. Bu planlar özel firmalarca taşınmazın ölçülmesi ve çizilmesi işlemlerini gerçekleştirilen harita/geomatik mühendisleri tarafından üretilmektedir. Bahsi geçen firmalar orijinal tamamlayıcı planları genel olarak CAD formatında saklamaktadır ancak CAD dosyaları sadece firmada kalıp diğer kullanıcılarla paylaşılmamaktadır. Son kullanıcılar sadece çizimlerin PDF dosyalarına erişebilmektedir.



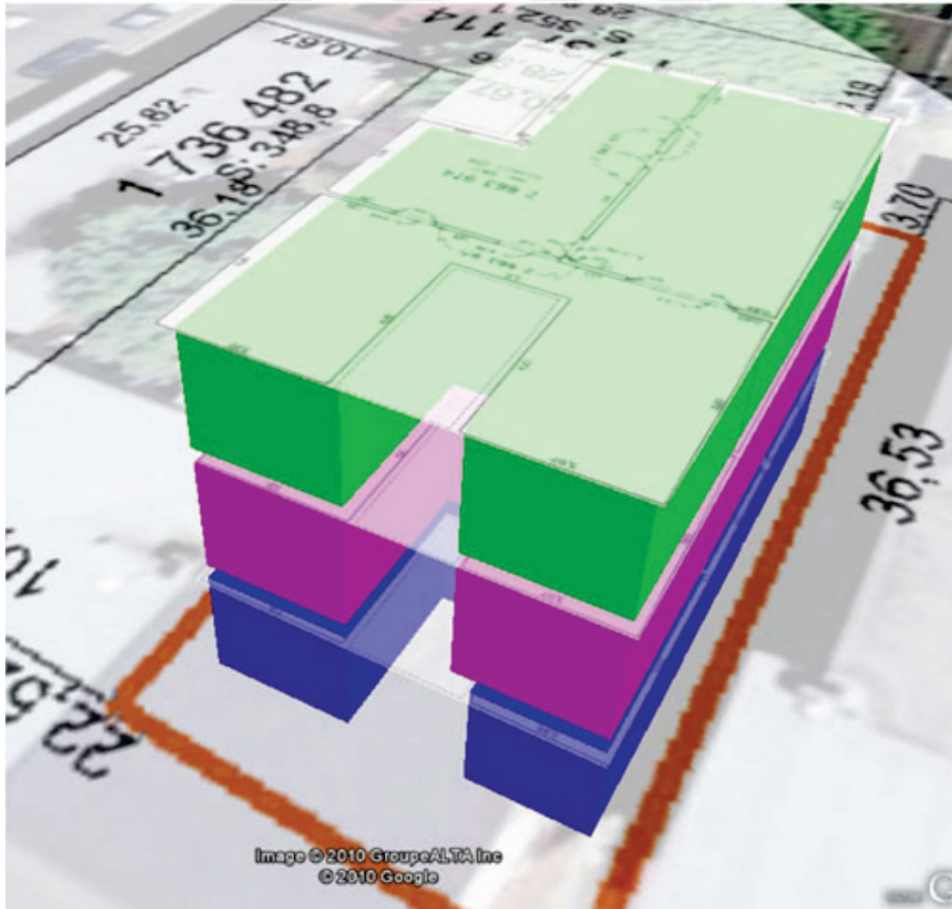
Şekil 3.12 : Tamamlayıcı plana atıfta bulunulan bir kadastral plan örneği (Pouliot ve diğ., 2013).

Tamamlayıcı plan; yapının konumunun ortak parselin sınırlarıyla bağlantılı konumunu, özel mülkiyete sahip bölümleri içeren her bir kat planının 2B çizimini ve her bir bölümün düşey profilini kapsamaktadır. Sadece özel mülkiyete konu olan bölümler uzunluk, genişlik ve yükseklik gibi resmi ölçülere sahip olmaktadır. Genel olarak, yapının girişi, bodrumu, zemini ve ana duvarları ortak bölümlerdir ve girişin dış taraftaki konumunun görünümü hariç olmak üzere resmi ölçmeler olmaksızın tek bir bölüm numarası ile temsil edilmektedir. Şekil 3.13 tamamlayıcı bir plandan alınmış görüntüleri içermektedir.

Kat mülkiyeti kaydına dair aktarılan bilgiler ışığında farklı bağımsız bölümleri içeren yapılarda mevcut durumun 3. boyutu içerdiği ancak kadastral kayıt ile tam anlamıyla entegre olmadığı görülmektedir. Tarama işleminin limitleri dahilinde elde edilen tamamlayıcı planlar muhtemel analiz ve sorgu kabiliyetlerinden yoksun kalmaktadır. Bu duruma çözüm olmak amacıyla bağımsız bölümlerin 3B kaydı için vektörleştirme, 3B modelleme ve veri değişiminden oluşan bir iş akışı önerilmiştir. Bu anlamda 3B modelleme için CSG yaklaşımı kullanılarak bağımsız bölümler modellenmiştir. Şekil 3.14 elde edilen 3B modeli göstermektedir.



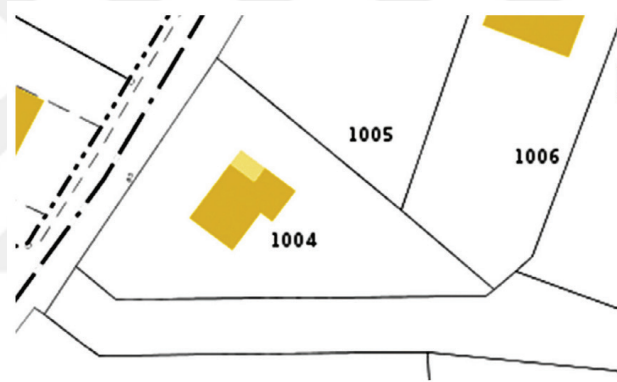
Şekil 3.13 : Yatay plan (a) ve düşey profil (b) (Pouliot ve diğ., 2013).



Şekil 3.14 : Üç farklı bağımsız bölüm içeren bir apartmanın 3B hacimsel gösterimi (Pouliot ve diğ., 2011).

3.1.1.6 Fransa

Fransa'daki arazi kayıt sisteminin işletilmesi Fransız vergilendirme makamının himayesindeki Fransız arazi kayıt idaresindedir. Ülkedeki kadastral sistem; parselin tekil numarası, idare birimini gösteren başka bir numara, bina ile duvarlar gibi fiziksel objeler, jeodezik noktalar ve yol ile demiryolu hatları gibi farklı bilgiler içeren ve taşınmazların arasındaki sınırları gösteren arazi parsellerinin 2B grafik planı üzerine kuruludur. Kadastral plan bir mekânsal betimlemedir ve taşınmazın resmi sınırlarını oluşturmamaktadır. Sınırları tanımlayabilmek için tapu veya sözleşme gereklidir. Tarihi bazı sebeplerden dolayı Alsace Moselle idari bölgesi gibi bazı bölgeler özel arazi yönetmeliklerine sahiptir. Şekil 3.15 bu bölgedeki parsel numarası, arazi parselinin sınırları, demiryolu hattı ve bina şeklini gösteren kadastral planı içermektedir (Pouliot ve diğ., 2013).



Şekil 3.15 : Fransa'daki kadastral plan örneği (Pouliot ve diğ., 2013).

Düşey mülkiyete istinaden, her bir malikin özel bir kısma ve ortak kısımların bir payına sahip olduğu bir taşınmazın birden çok mülkiyete bölündüğü duruma kat mülkiyeti denilmektedir. Bahsedilen bölümlere bağımsız bölüm (*lot*) denilmektedir. Bağımsız bölümlerin tanımları bölüm tanımı (*division description*) olarak isimlendirilen bir dokümanda mevcuttur. Bununla ilişkili olarak Şekil 3.16 10 adet bağımsız bölümü kapsayan ortak bir kısmı dair tanımlayıcı doküman örneğini içermektedir. Ortak kısımların bölümleri ağırlık faktörüyle tanımlanmaktadır.

Bazı durumlarda bağımsız bölümlerin mekânsal durumunu gösteren bağımsız bölüm planları tanımlayıcı dokümanlara iliştilenmektedir. Bazı idari birimlerde bağımsız bölüm planlarının hazırlanması zorunlu tutulurken bazı birimlerde ise bu planların oluşturulması isteğe bağlı olmakta ve ölçmeleri gerçekleştiren harita mühendisinin veya taşınmaz sahibinin inisiyatifine bırakılmıştır.

Esquisse d'étage N°4880
Section 43
Parcelle 20

ETAT DESCRIPTIF DE DIVISION

N° Partie Commune	Propriétaires	Situation, nature et description du local
PC1	L'ensemble des propriétaires de l'immeuble sis 3, boulevard de Nancy à Strasbourg, en indivision pour un total de 10000/10000èmes (lots 8 à 15, 100 et 101). Tantièmes calculés conformément aux dispositions de l'article 5 de la loi du 10 juillet 1965.	Les parties communes générales à savoir : le sol bâti et non bâti cadastré à Strasbourg, section 43, parcelle 20, d'une surface cadastrale de 8a 96ca. Un accès commun, deux espaces verts et un futur local poubelles.

NOTA BENE :

- Tantièmes calculés conformément aux instructions de juin 1998 du Conseil Supérieur de l'Ordre des Géomètres Experts.

- Tout changement dans la consistance d'un ou plusieurs lots devra faire l'objet d'une modification dans la répartition des tantièmes de copropriété.

- Les surfaces indiquées pour le lot 100 ont été relevées sur place par nos soins.

- Les surfaces indiquées pour le lot 101 sont issues des fichiers informatiques fournis par le donneur d'ordre.

Coefficients de pondération utilisés :

- Appartement (> 1,80m)

1

- Loggia

0,4

- Parking couvert

0,3

- Balcon

0,2

- Grenier (> 1,80)

0,2

- Grenier (< 1,80)

0

- Terrasse

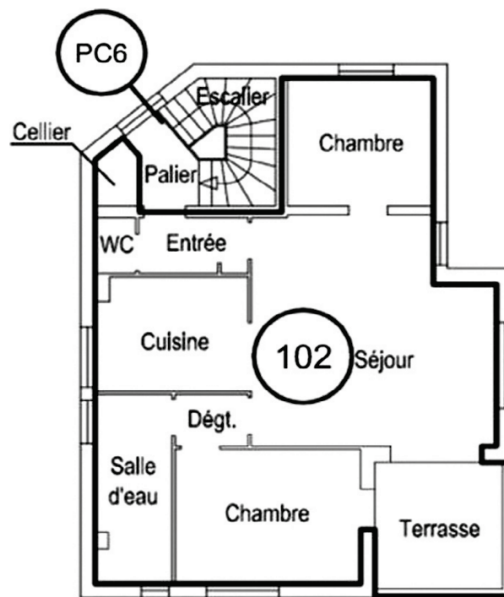
0,2

- Parking plein air

0,15

Şekil 3.16 : Bir ortak kısım için tanımlayıcı doküman örneği (Pouliot ve diğ., 2013).

Şekil 3.17’de bir ortak kısım (PC6) ve bir özel kısım (#102) içeren örnek bir bağımsız bölüm planı yer almaktadır. Alsace Moselle idari bölgesindeki bağımsız bölüm planları genellikle ölçü içermeyen mimari planlara benzemekte ve bağımsız bölümün mutfak ve yatak odası gibi farklı kullanım bölümlerini içermektedir. Bahsedilen planların oluşturulması için resmi bir prosedür tanımlanmadığından dolayı hazırlanan planlar arasındaki farklılıklar olabilmektedir. Bu nedenle de çok katlı bir yapının farklı kısımlarında yer alan bağımsız bölümlerin geometrik özellikleri ile kapsayıcı ve kesin bilgilerin elde edilmesi oldukça zor olmaktadır.



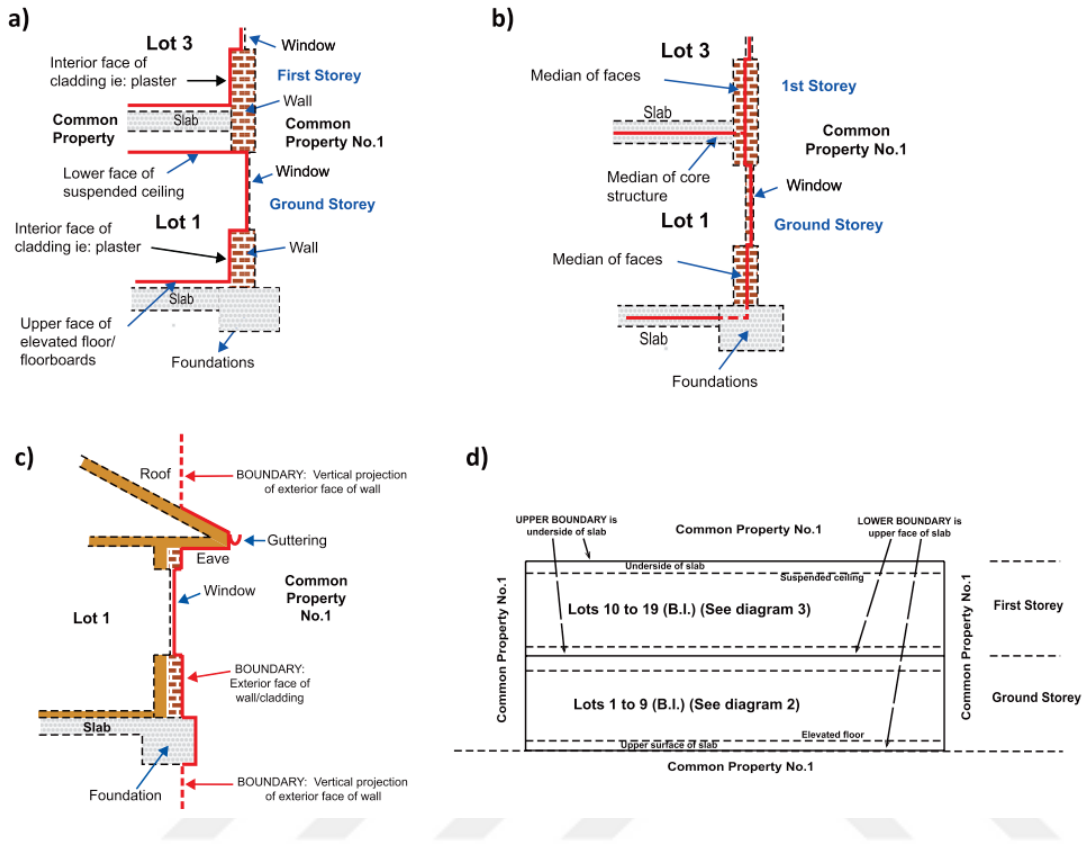
Şekil 3.17 : Örnek bağımsız bölüm planı (Pouliot ve diğ., 2013).

3.1.1.7 Avustralya

Avustralya, 6 tanesi eyalet olmak üzere 8 adet idari birimden oluşmaktadır. Bahsedilen idari birimlerdeki arazi idare yaklaşımları genel olarak taşınmazlara ait mülkiyet sınırlarının 2B analog planlarla betimlenmesine dayanmaktadır. Bunun yanında idari birimler kendi yasal düzenlemelerine sahip olduklarından dolayı arazi idare yaklaşımları da bahsedilen idari birimler arasında farklılık gösterebilmektedir. Hem kadastral kayıt ile ilişkili olarak literatürde fazlaca bilgi bulunması hem de dijital çözümlerin yoğun bir şekilde incelenmesi sebebiyle en yoğun popülasyona sahip olan eyalet olarak Victoria mülkiyet haklarının kaydı kapsamında incelenmiştir. Bu bağlamda mülkiyete ilişkin SSS'lerin kaydını içeren süreç temel olarak planlama, belgelendirme, uygunluk kontrolü ve kayıt olmak üzere 4 adımdan oluşmaktadır.

Planlama sürecinde uygun arazi parseli tespit edilmesiyle başlayan süreç mimari tasarımın onaylanmasının ardından harita/geomatik mühendisleri tarafından onaylanan mimari planların kullanılarak mevcut mevzuata uygun olarak yapıya ait bağımsız bölüm planlarının hazırlanmasıyla devam etmektedir. Ardından ilgili birimlerce yapı ruhsatı işlemleri gerçekleştirilmektedir. Yapı ruhsatı verilmesiyle ilişkili süreçlerde yasal düzenlemelerle belirlenen süre kısıtlamalarına uyulması gerekmektedir. Yapı ruhsatının onaylanmasından sonra bağımsız bölüm planlarının onaylanarak belgelendirilmesi işlemi gerçekleştirilmektedir. Yetkili birimler tarafından bağımsız bölüm planlarının mevzuata uygunluğu incelenmekte ve yapı ruhsatı aşamasında olduğu gibi belirlenen yasal süre kısıtlamalarına uyulması gerekmektedir. Belgelendirme aşamasından sonra bağımsız bölüm planlarıyla ilişkili olarak kamusal işler ve açık mekân hükümleri olarak belirlenen yasal düzenlemeler ışığında uygunluk kontrolleri gerçekleştirilmektedir. Son aşama olan kadastral kayıt aşamasında bağımsız bölüm planı tescil edilerek tapu belgeleri düzenlenmektedir (Rajabifard ve diğ., 2019). Bahsedilen bağımsız bölümlerin kaydına ilişkin olarak farklı veri gereksinimlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda yasal ve fiziksel objeler çok önemli bir role sahip olmaktadır. Yasal objeler; yasal ilgiler ve yasal sınırlar olmak üzere iki türe ayrılmaktadır. Birincil yasal ilgiler bağımsız bölüm ve eklentileri, ortak alanlar, yollar ve rezerv alanları kapsamaktadır. İkincil yasal ilgiler ise kullanım hakları, kısıtlamalar, derinlik sınırı ve hava sahasını kapsamaktadır. Yasal sınırlar ise genel ve sabit sınırlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Yasal

düzenlemelerle genel sınırlar iç, orta, dış ve diğer olmak üzere dört türe ayrılmıştır (Şekil 3.18).

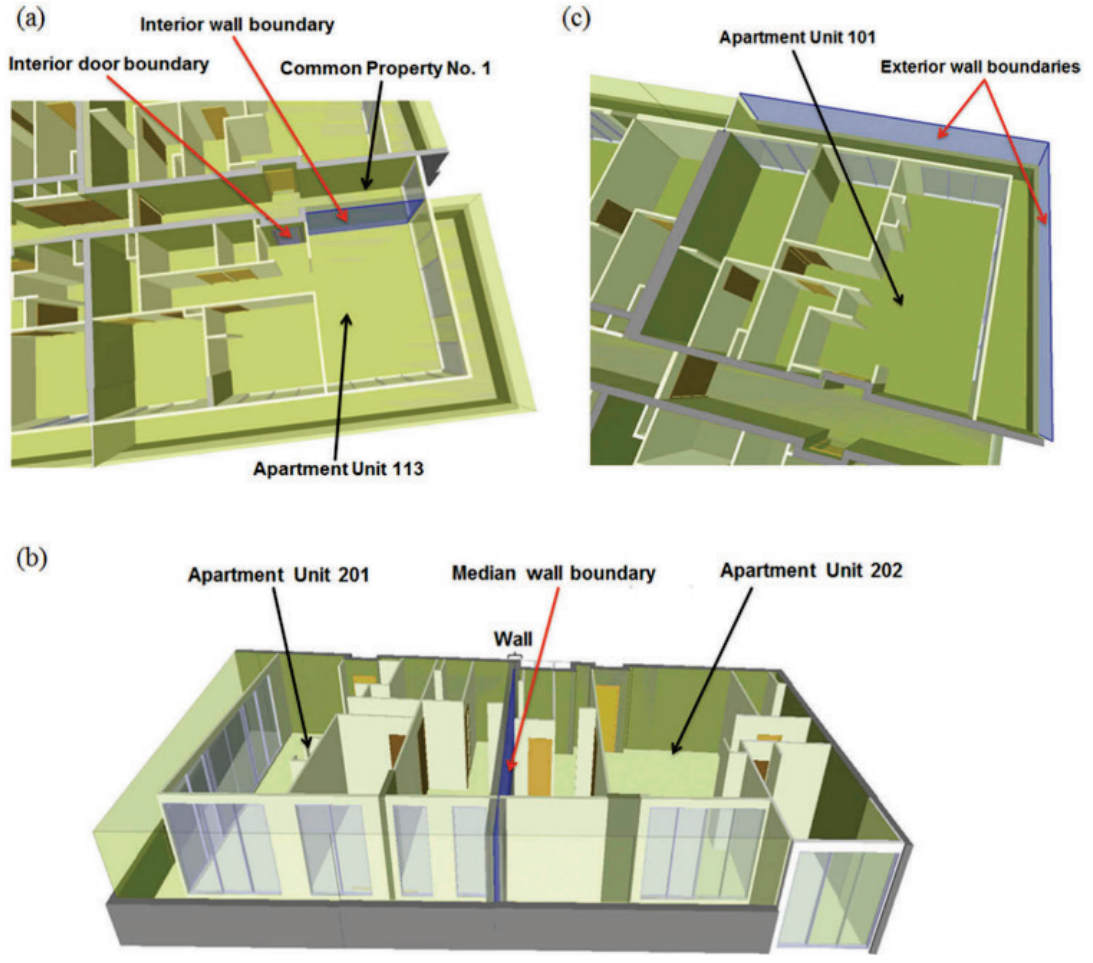


Şekil 3.18 : İç (a), orta (b), dış (c) ve diğer (d) sınırlar (Rajabifard ve diğ., 2019).

Genel sınırlar gerçek dünya ve mekânsal objelere bağlı olarak belirlenen ve gözlemlenen sınırları temsil etmektedir. Bağımsız bölüm planlarındaki sabit sınırlar ise mesafe ve açı gibi farklı ölçmelere dayalı olarak belirlenen sınırları tanımlamakta kullanılmaktadır. Bu tipteki sınırlar yaygın olarak park alanları ile depolama alanlarının mekânsal kapsamalarını betimlemede kullanılmaktadır.

Fiziksel objeler ise duvarlar, pencereler ile kolonlar gibi yapı elementleri, elektrik kabloları ile su boruları gibi dağıtım elementleri, nehirler gibi coğrafi elementler, yol gibi mülki elementler ve yapının yer aldığı arazinin yüzeyindeki alan elementlerini içermektedir.

Yapılardaki bağımsız bölümlere ilişkin mülkiyetin ve ilişkili SSS'lerin etkin yönetimi için 2B verilerin kullanımından kaynaklanan yasal sınırlarla ilgili belirsizliklerin ortadan kaldırılması amacıyla 3B BIM modellerinin kullanımına ilişkin Avustralya'da artan bir ilgi oluşmuştur. Bu bağlamda gerçekleştirilen çalışmalara örnek olarak Şekil 3.19 yapılarındaki 3B sınırların temsilini içermektedir.



Şekil 3.19 : İç (a), orta (b) ve dış (c) sınırların 3B gösterimi (Atazadeh ve diğ., 2017a).

3.1.2 Türkiye’de kat mülkiyeti uygulamaları

3.1.2.1 Mevcut mevzuat yapısı

Türkiye’deki mevcut hukuki yapıda kat mülkiyetiyle ilgili gerçekleştirilen uygulamalar için en önemli yasal dayanak 634 sayılı Kat Mülkiyeti Kanunu (KMK)’dur (T.C. Resmi Gazete, 1965). Bu bölümde, sözü edilen kanun ve ilişkili mevzuatlar detaylı bir şekilde incelenerek hem kat mülkiyeti kaydı ve uygulamaları için gerekli olan gereksinimler sunulmuş hem de 3B kat mülkiyeti kaydı gerçekleştirildiğinde önüne geçilebilecek mevcut problemler ortaya konulmuştur.

KMK 1965 yılında 12038 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Zaman içerisinde hukuki olarak karşılaşılan durumlar da göz önünde bulundurularak kanuna ek maddeler eklenmiş ve bazı maddelerde düzenlemeler yapılmıştır. Bu bağlamda Çizelge 3.1 KMK’de değişiklikler yapılmasını içeren mevzuatların kanun

numarası, hangi maddelere değişiklik getirdiği ve yürürlüğe giriş tarihlerini listelemektedir.

Çizelge 3.1 : Kat Mülkiyeti Kanunu’na düzenleme getiren yasal mevzuatların numaraları, değişiklik getirdiği maddeler ve yürürlüğe giriş tarihleri.

Değiştiren Kanunun/ KHK’nin Numarası	634 Sayılı Kanunun Değişen veya İptal Edilen Maddeleri	Yürürlüğe Giriş Tarihi
1166	–	2/1/1969
2814	–	14/4/1983
3227	–	25/6/1985
KHK/431	–	13/2/1991
3770	–	11/2/1992
5378	42	7/7/2005
5627	42	2/5/2007
5711	3, 4, 10, 11, 12, 13, 14, 18, 19, 20, 22, 23, 25, 26, 29, 30, 31, 33, 34, 38, 47, 54, Dokuzuncu Bölüm, 66 ila 74, Geçici Madde 1, İşlenemeyen Hükümler (Geçici Madde 1, 2 ve 3)	28/11/2007
5912	3, 12, 14, Geçici Madde 1, Geçici Madde 2	7/7/2009
6111	24	25/2/2011
6462	42	3/5/2013
6645	35	23/4/2015
7099	10, 12, 14	10/3/2018
7181	Ek Madde 5	10/7/2019
7327	10, 14, Geçici Madde 1	19/6/2021
7392	59	1/4/2022

Kavramlar ve tanımlar

KMK'nin 1. Maddesinin ilk cümlesi *“Tamamlanmış bir yapının kat, daire, iş bürosu, dükkân, mağaza, mahzen, depo gibi bölümlerinden ayrı ayrı ve başlı başına kullanılmaya elverişli olanları üzerinde, o gayrimenkulün maliki veya ortak malikleri tarafından, bu Kanun hükümlerine göre, bağımsız mülkiyet hakları kurulabilir.”* şeklindedir ve kat mülkiyetinin yasal olarak dayanağını oluşturmaktadır. Aynı maddenin *“Yapılmakta veya ileride yapılacak olan bir yapının, birinci fıkrada yazılı nitelikteki bölümleri üzerinde, yapı tamamlandıktan sonra geçilecek kat mülkiyetine esas olmak üzere, arsa maliki veya arsanın ortak malikleri tarafından, bu Kanun hükümlerine göre irtifak hakları kurulabilir.”* şeklindeki ikinci cümlesi ise henüz tamamlanmamış yapılarda kurulabilen kat irtifakını resmi olarak aktarmaktadır.

Kat irtifakı kat mülkiyetine geçiş için bir basamak oluşturmaktadır. Kanunda belirtildiği üzere tamamlanmış yapılarda kat irtifakı kurulamamaktadır. Daha önce de vurgulandığı üzere KMK'nin 1. Maddesinde yer aldığı şekilde arazi parselleri üzerinde tamamlanmış yapı veya yapılarda kat mülkiyeti kurulabilmektedir. Bunun yanı sıra bir yapı üzerinde kat mülkiyeti kurulabilmesi için ayrı ve başlı başına kullanılmaya elverişli bağımsız bölümler bulunmak zorundadır.

Bununla birlikte KMK'de belirtildiği üzere henüz inşa aşamasında olan veya sonraki süreçte inşa edilmesi planlanan ve sözü edilen bağımsız bölümlere sahip olacak yapılar üzerinde de kat mülkiyetine geçiş aşamasından önce kat irtifakı kurulabilmektedir.

KMK'nin 2. Maddesi ise kat mülkiyetiyle ilgili kavramların açıklamalarını içermektedir. Maddenin (a) bendinde anagayrimenkul, anayapı, bağımsız bölüm, eklenti ve kat maliki kavramları *“Kat mülkiyetine konu olan gayrimenkulün bütününe (Anagayrimenkul); yalnız esas yapı kısmına (Anayapı) anagayrimenkulün ayrı ayrı ve başlı başına kullanılmaya elverişli olup, bu Kanun hükümlerine göre bağımsız mülkiyete konu olan bölümlerine (Bağımsız bölüm); bir bağımsız bölümün dışında olup, doğrudan doğruya o bölüme tahsis edilmiş olan yerlere (Eklenti); bağımsız bölümler üzerinde kurulan mülkiyet hakkına (Kat mülkiyeti) ve bu hakka sahip olanlara (Kat maliki)”* olarak ifade edilmiştir.

2. Maddenin (b) bendi ise *“Anagayrimenkulün bağımsız bölümleri dışında kalıp, korunma ve ortaklaşa kullanma veya faydalanmaya yarayan yerlerine (Ortak yerler); kat maliklerinin ortak malik sıfatıyla paydaşı bulundukları bu yerler üzerindeki*

faydalanma haklarına (Kullanma hakkı)” şeklinde dolup kat mülkiyeti kapsamında diğer önemli bir unsur olan ortak yerleri ve bu yerler üzerinde maliklerin kullanma hakkını aktarmaktadır. Aynı maddenin (c) bendinde ise kat irtifakı ve kat irtifakı sahibi “Bir arsa üzerinde ileride kat mülkiyetine konu olmak üzere yapılacak veya yapılmakta olan bir veya birden çok yapının bağımsız bölümleri için o arsanın maliki veya ortak malikleri tarafından bu Kanun hükümlerine göre kurulan irtifak hakkına (kat irtifakı); bu hakka sahip olanlara da (kat irtifak sahibi)” olarak tanımlanmıştır.

2. Maddenin (d) bendi ise kat mülkiyetine ilişkin farklı uygulamalarda yararlanılan ve bu nedenle oldukça önemli olan arsa payı kavramını “*Arsanın, bu Kanunda yazılı esasa göre bağımsız bölümlere tahsis edilen ortak mülkiyet paylarına (Arsa payı)*” olarak tanımlamaktadır. Maddenin son fıkrası ise kat mülkiyetine dair resmî belge olarak sözleşmeyi “*Kat mülkiyetinin veya irtifakının kurulmasına ait resmi senede (Sözleşme)*” tanımlamaktadır.

KMK’nin üçüncü bölümü kat mülkiyetinin ve kat irtifakının niteliğiyle ilgili hükümleri içermektedir. Bu bağlamda KMK’nin 3. Maddesinde “*Kat mülkiyeti, arsa payı ve anagayrimenkuldeki ortak yerlerle bağlantılı özel bir mülkiyettir.*” tanımlaması yer almakta bununla birlikte de kat mülkiyetinin hem arsa payı hem de ortak yerlerle olan bağlantısı kurulmuş olmaktadır. Aynı maddenin ikinci fıkrasında kat mülkiyetinin ve kat irtifakının arsa payıyla ilişkili olarak oluşumu “*Kat mülkiyeti ve kat irtifakı, bu mülkiyete konu olan anagayrimenkulün bağımsız bölümlerinden her birinin konum ve büyüklüklerine göre hesaplanan değerleri ile oranlı olarak projesinde tahsis edilen arsa payının ortak mülkiyet esaslarına göre açıkça gösterilmesi suretiyle kurulur.*” olarak aktarılmaktadır. Aynı fıkranın devamında ise maliklerin arsa paylarının yeniden düzenlenebilmesine dair başvuru hakkına sahip olduğu “*Arsa paylarının bağımsız bölümlerin payları ile oranlı olarak tahsis edilmediği hallerde, her kat maliki veya kat irtifakı sahibi, arsa paylarının yeniden düzenlenmesi için mahkemeye başvurabilir.*” şeklinde ifade edilmiştir. Bununla birlikte arsa paylarının bağımsız bölümlerin sonradan geçirdikleri değişimlere göre değerlerinin farklılaşmasına istinaden değiştirilemeyeceği ise “*Bağımsız bölümlerden her birine bu fıkra uyarınca tahsis edilen arsa payı, o bölümlerin değerinde sonradan meydana gelen çoğalma veya azalma sebebiyle değiştirilemez. 44’üncü madde hükmü saklıdır.*” olarak aktarılmıştır.

KMK'nin 3. Maddesinin ikinci fıkrası değişikliğe uğramadan önce arsa paylarının nasıl belirleneceğine dair bir ifade içermemekteydi. Ancak 2007 yılında 5711 sayılı kanun ile getirilen değişiklik vasıtasıyla arsa paylarının bağımsız bölümlerin konum ve büyüklükleri dikkate alınarak hesaplanan değerleri oranlanarak belirleneceği ifadesi ikinci fıkraya eklenmiştir. Bunun yanı sıra yine aynı değişiklikle, belirlenen arsa paylarının projede tahsis edileceği de ifade edilmiştir. Aynı maddenin üçüncü fıkrasında ise kat irtifakının kat mülkiyetine çevrilmesine ilişkin olarak *“Kat irtifakı arsa payına bağlı bir irtifak çeşidi olup, yapının tamamı için düzenlenecek yapı kullanma izin belgesine dayalı olarak, bu Kanunda gösterilen şartlar uyarınca kat mülkiyetine resen çevrilir.”* ifadesi bulunmaktadır. Aynı fıkranın devamında ise bahsedilen işlemin gerçekleşmesi için gerekli şart *“Bu işlem, arsa malikinin veya kat irtifakına sahip ortak maliklerden birinin istemi ile dahi gerçekleştirilebilir”* şeklinde ifade edilmektedir.

KMK'nin 3. Maddesinde iki ayrı değişiklik gerçekleşmiştir. İlk değişiklikten önce bahsedilen fıkrada yapının tamamlanmış olması ifadesi yer almaktayken ilk değişiklikle birlikte bu ifade yapı kullanma izin belgesi alınması olarak değiştirilmiş ve bir anlamda İmar Kanunu'yla uyumluluk sağlanmıştır. Fıkranın son halini oluşturan 5912 sayılı kanun ile getirilen ikinci değişiklikle ise kat irtifakının kat mülkiyetine çevrilmesi için yapının tamamı için düzenlenmiş yapı kullanma izin belgesi gerektiği ifade edilmiş ve böylece aynı anda bir yapıda hem kat irtifaklı hem de kat mülkiyetli bağımsız bölümlerin bulunmasının önüne geçilmiştir (Pulak, 2021).

KMK'nin 3. Maddesi arsa paylarının belirlenmesini içerdiği için oldukça önemlidir. Bahsedilen maddede bağımsız bölümlerin değerlerinin konum ve büyüklükleri dikkate alınarak belirlenmesi ifade edilse de arsa paylarının yeniden belirlenmesi için açılan davalarda bağımsız bölümlerin değerlerinin alanı, konumu, biçimi ve diğer farklılıkları göz önünde bulundurulması gerektiği ve bu bağlamda her bir bağımsız bölümün yüz ölçümü, kaçınca katta yer aldığı, cadde veya sokağa cephesi olup olmadığı, manzarası, güneşten yararlanma, rüzgar ve diğer dış etkenlerden etkilenme oranları gibi farklı kriterlere göre belirlenmesi ifadesi yer almaktadır (Y. 18. HD. 17.02.2009 T., 2008/13132 E., 2009/1268 K.).

Arsa payları bağımsız bölümlerin değerlerinin belirlenmesiyle ortaya çıktığından dolayı konuyla ilişkili olarak Emlak Vergisine Matrah Olacak Vergi Değerlerinin Takdirine İlişkin Tüzük'e değinebilir (T.C. Resmi Gazete, 1972). Bahsedilen tüzük

kapsamında bina, arsa ve arazilerin vergi değerlerinin takdirinde dikkate alınacak farklı kriterler açıklanmaktadır. Tüzüğün 6. Maddesi “*Bu Tüzükte geçen "bina" deyimi, kat mülkiyeti kurulmuş binalarda bağımsız bölümleri de kapsar.*” şeklinde olup bağımsız bölümlerinin değerlerinin de tüzükteki bina değeri takdirine ilişkin olarak ifade edilen özellikler kullanılarak belirlenebileceği aktarılmaktadır. Bununla ilişki olarak tüzüğün 7. Maddesinde bina aynı zamanda bağımsız bölümlerin de değerlerinin tespiti için kullanılış tarzı, inşaatın cinsi ve sınıfın dikkate alınması gerektiği aktarılmış ve ayrıca göz önünde bulundurulması gereken özellikler;

- “İşyerleri ve meskûn yerler ile park, bahçe, okul gibi tesislere uzaklık ve yakınlığı ve ulaştırma durumu,
- Bulunduğu meydan, sahil, cadde ve sokak itibariyle mevkii,
- Su, elektrik, havagazı ve kanalizasyon gibi belediye hizmetlerinin mevcut olup olmadığı,
- Büyüklüğü, kat sayısı, oda, hol, banyo gibi iç bölümlerinin sayısı,
- İç bölümleri yönünden kullanılabilirlik durumu,
- Ön ve arka cephede bulunması,
- Mamurluk derecesi,
- Asansör, kalorifer ve klima tesisatı bulunup bulunmadığı,
- Müştemilatı,
- Manzara görme durumu”,

olarak ifade edilmektedir. Tüzüğün 8. Maddesinde binalar kullanılış tarzları açısından;

- “Konutlar,
- İşyerleri
- Özellik gösteren diğer yapılar”,

şeklinde sınıflandırılmaktadır. 9. Maddede ise taşıyıcı sistemleri dikkate alınarak inşaat cinsine dair;

- “Çelik karkas,
- Betonarme karkas,

- Yığma kagir,
- Yığma yarı kagir,
- Ahşap,
- Taş duvarlı (çamur harçlı),
- Gecekondur tarz ve vafında,
- Kerpiç ve diğerk basit binalar”,

sınıflandırılması yapılmaktadır. Aynı tüzüğün 10. Maddesinde ise binaların aşağıdaki sınıflara ayrıldığı ifade edilmektedir;

- “Lüks inşaat,
- Birinci sınıf inşaat,
- İkinci sınıf inşaat,
- Üçüncü sınıf inşaat,
- Basit inşaat”.

Tüzüğün 12. Maddesi “*Müşterek mülkiyet halinde malik bulunulan binaların vergi değerleri; binanın tamamı itibariyle takdir olunur ve pay oranlarına bölünmek suretiyle her bir hissedara düşen vergi değeri hesaplanır.*” şeklinde olup kat mülkiyetindeki ortak yerlerin değerinin takdirinin 12. Madde hükümleri uygulanarak bulunacağı 15. Maddede aktarılmaktadır. Bahsedilen tüzüğün 14. Maddesi “*Vergi değerinin takdirinde, Vergi Usul Kanununda yazılı bina mütemmimleri ve kat mülkiyeti kurulmuş binalarda eklentiler, bağlı oldukları bina ile birlikte nazara alınır. Binaların kullanım amaçlarından herhangi birini tamamlayan müştemilatı ile eklentilerine, inşaat nevi, kullanılan yapı malzemesi ve işçiliğe göre ayrı değer takdir edilir ve bağlı olduğu bina değeri ile birleştirilir.*” şeklinde olup kat mülkiyetindeki eklentilerin vergi değerlerinin de belirtilen faktörlere göre takdir edileceği ifade edilmektedir.

Arsa payı belirlenmesiyle ilgili olarak da belirtmek gerekir ki arsa paylarının yeniden belirlenmesi için çok sayıda hukuki başvuru yapılmaktadır.

Arsa payı kat mülkiyetine dair birçok uygulamada rol almaktadır. Örnek vermek gerekirse;

- KMK 16. Madde: “*Kat malikleri ortak yerlerde kullanma hakkına sahiptirler; bu hakkın genel kömürlük, garaj, teras, çamaşırhane ve çamaşır kurutma alanları gibi yerlerdeki ölçüsü, aksine sözleşme olmadıkça, her kat malikine ait arsa payı ile oranlıdır.*”,
- KMK 20. Madde: “*Anagayrimenkulün sigorta primlerine ve bütün ortak yerlerin bakım, koruma, güçlendirme ve onarım giderleri ile yönetici aylığı gibi diğer giderlere ve ortak tesislerin işletme giderlerine ve giderler için toplanacak avansa kendi arsa payı oranında; katılmakla yükümlüdür.*”,
- KMK 25. Madde: “*Bu gibi bir kat maliki hakkında, bağımsız bölümün mülkiyetinin hükme en yakın tarihteki değeri o kat malikine ödenerek bu mülkiyetin diğer kat maliklerine, arsa payları oranında devredilmesi için davanın açılması, aksi kararlaştırılmış olmadıkça, diğer kat maliklerinin sayı ve arsa payı çoğunluğuyla karar vermesine bağlıdır.*”,
- KMK 26. Madde: “*Kat irtifakı sahiplerinden biri kendine düşen borçları, noter aracılığıyla yapılan ihtarla rağmen, bu ihtar tarihinden başlayarak iki ay içinde yerine getirmezse diğerlerinin yazılı istemi üzerine hâkim, onun arsa payının ve kat irtifakının hükme en yakın tarihteki değeri karşılığında, öteki paydaşlara, arsa payları oranında da devrine karar verir.*”,
- KMK 30. Madde: “*Kat malikleri kurulu, kat maliklerinin sayı ve arsa payı bakımından yarısından fazlasıyla toplanır ve oy çokluğuyla karar verir.*”,
- KMK 34. Madde: “*Yönetici, kat maliklerinin hem sayı hem arsa payı bakımından çoğunluğu tarafından atanır.*”,
- KMK 41. Madde: “*Kat malikleri kurulu denetim işini, kendi aralarından sayı ve arsa payı çoğunluğuyla seçecekleri bir denetçiye veya üç kişilik bir denetim kuruluna verebilir*”,
- KMK 42. Madde: “*Kat malikleri, anagayrimenkulün ortak yerlerinde kendi başlarında bir değişiklik yapamazlar; ortak yerlerin düzgün veya bunları kullanmanın daha rahat ve kolay bir hale konulmasına veya bu yerlerden elde edilecek faydanın çoğaltılmasına yarayacak bütün yenilik ve ilaveler, kat maliklerinin sayı ve arsa payı çoğunluğu ile verecekleri karar üzerine yapılır.*”,

- KMK 42. Madde: “Engellilerin yaşamı için zorunluluk göstermesi hâlinde, proje tadili kat maliklerinin en geç üç ay içerisinde yapacağı toplantıda görüşülerek sayı ve arsa payı çoğunluğu ile karara bağlanır.”,
- KMK 42. Madde: “Kat maliklerinden birinin isteği üzerine ısı yalıtımı, ısıtma sisteminin yakıt dönüşümü ve ısıtma sisteminin merkezi sistemden ferdi sisteme veya ferdi sistemden merkezi sisteme dönüştürülmesi, kat maliklerinin sayı ve arsa payı çoğunluğu ile verecekleri karar üzerine yapılır. Ancak toplam inşaat alanı iki bin metrekare ve üzeri olan binalarda merkezi ısıtma sisteminin ferdi ısıtma sistemine dönüştürülmesi, kat maliklerinin sayı ve arsa payı olarak oybirliği ile verecekleri karar üzerine yapılır. Bu konuda yapılacak ortak işlerin giderleri arsa payı oranına göre ödenir.”,
- KMK 46. Madde: “Anagayrimenkul kamulaştırılırsa, her bağımsız bölümün kamulaştırma bedeli bağlantılı bulunduğu arsa payı ve eklentileri de göz önünde tutularak ayrı ayrı takdir olunur ve o bölümün malikine ödenir.”,
- KMK 71. Madde: “Blok yöneticisi ve denetçisi, bloktaki kat maliklerinin; blok niteliğinde olmayan yapıların ortak yer ve tesisleri için yönetici ve denetçi, bu yapılardaki kat maliklerinin sayı ve arsa payı bakımından çoğunluğu tarafından seçilir.”.

KMK’nin yanı sıra 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun’un 6. Maddesinde “Üzerindeki bina yıkılarak arsa hâline gelen taşınmazlarda daha önce kurulmuş olan kat irtifakı veya kat mülkiyeti, ilgililerin muvafakatleri aranmaksızın Bakanlığın talebi üzerine ilgili tapu müdürlüğünce resen terkin edilerek, önceki vasfı ile değerlemede bulunularak veya malik ile yapılan anlaşmanın şartları tapu kütüğünde belirtilerek malikleri adına payları oranında tescil edilir.” şeklinde belirtildiği üzere arsa payları dikkate alınarak tescil işlemi yapılmaktadır (T.C. Resmi Gazete, 2012).

Yine 6. Maddede yer alan “Bu çerçevede riskli alanlar ve rezerv yapı alanlarında uygulama yapılan etap veya adada, riskli yapılarda ise bu yapıların bulunduğu parsellerde, yapılar yıktırılmadan önce, parsellerin tevhit edilmesine, münferit veya birleştirilerek veya imar adası bazında uygulama yapılmasına, ifraz, terk, ihdas ve tapuya tescil işlemlerine, yeniden bina yaptırılmasına, payların satışına, kat karşılığı veya hasılat paylaşımı ve diğer usuller ile yeniden değerlendirilmesine, yapının

paydaşı olup olmadıkları gözetilmeksizin sahip oldukları hisseleri oranında paydaşların en az üçte iki çoğunluğu ile karar verilir.” ifadesinden anlaşıldığı üzere uygulamaların gerçekleştirilip gerçekleştirilmemesine maliklerin arsa payları göz önüne alınarak belirlenen çoğunluğa göre karar verilmektedir.

KMK'nin 4. Maddesi ise kat mülkiyetiyle ilgili diğer önemli bir konu olan ortak yerlerle ilgilidir. Bahsedilen maddede ortak yerlerin kat mülkiyetine ilişkin sözleşmeyle belirtilebileceği ifade edilmiş ve ortak yer sayılacak yerler ve şeyler aktarılmıştır. Bununla birlikte 4. Maddede aktarılan yerler haricinde de ortak yer kapsamına giren yerler olabileceği *“Yukarıda sayılanların dışında kalıp da yine ortaklaşa kullanma, korunma veya faydalanma için zaruri olan diğer yerler ve şeyler de (Ortak yer) konusuna girer.”* şeklinde aktarılmıştır. Bu bağlamda 4. Maddenin a bendine göre ortak yerler;

- “Temeller ve ana duvarlar,
- Taşıyıcı sistemi oluşturan giriş, kolon ve perde duvarlar ile taşıyıcı sistemin parçası diğer elemanlar,
- Bağımsız bölümleri ayıran ortak duvarlar, tavan ve tabanlar,
- Avlular, genel giriş kapıları, antreler, merdivenler, asansörler, sahanlıklar, koridorlar ve buralardaki genel tuvalet ve lavabolar, kapıcı daire veya odaları, genel çamaşırlık ve çamaşır kurutma yerleri, genel kömürlük,
- Ortak garajlar, elektrik, su ve havagazı saatlerinin korunmasına mahsus olup bağımsız bölüm dışında bulunan yuvalar ve kapalı kısımlar, kalorifer daireleri, kuyu ve sarnıçlar, yapının genel su depoları, sığınaklar,”

olarak aktarılmıştır. Bununla birlikte aynı maddenin b bendinde ise ortak yer olarak *“Her kat malikinin kendi bölümü dışındaki kanalizasyon tesisleri ve çöp kanalları ile kalorifer, su, havagazı ve elektrik tesisleri, telefon, radyo ve televizyon için ortak şebeke ve antenler sıcak ve soğuk hava tesisleri”* tanımlanmıştır. 4. Maddenin c bendinde ise ortak yer olarak *“Çatılar, bacalar, genel dam terasları, yağmur olukları, yangın emniyet merdivenleri”* ifade edilmiştir.

KMK'nin 4. Maddesinde 2007 yılında 5711 sayılı kanun ile yapılan değişiklikle taşıyıcı sistemi oluşturan giriş, kolon ve perde duvarlar ile taşıyıcı sistemin parçası diğer elemanlar da ortak yerler kapsamına alınmıştır. Bu değişikliğin amacı ana

yapının tamamını etkileyebilecek değişikliklerin bağımsız bölümlerin kendi başları tarafından yapılabilmesinin önüne geçilerek ana yapıda oluşabilecek olumsuz durumların engellenmesidir. Bu noktada belirtmek gerekir ki ortak yerlerle ilgili açılan davalarda 4. Maddeye eklenen taşıyıcı sistemi oluşturan kiriş, kolon ve perde duvarlar ile taşıyıcı sistemin parçası diğer elemanlar ortak yer olarak sayılmaktaydı. Diğer bir deyişle yapılan değişiklikle birlikte mevcut uygulamaların KMK’de yer alması sağlanmıştır. Yine bu konuyla ilgili olarak değinilmesi gereken diğer önemli bir husus da kat mülkiyeti uygulamalarıyla ilişkili olarak en çok uyuşmazlık yaşanan konuların başında ortak yerlerin geldiğidir.

Kat mülkiyetinde ortak alan olarak değerlendirilebilen ortak alan çeşitlerinden biri olarak otoparklarla ilgili olarak 2018 yılında 30340 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Otopark Yönetmeliği’nin genel esaslara ilişkin hükümleri içeren 4. Maddesinin c bendinde de binanın kullanımı için yapılan otopark alanlarının KMK uyarınca ortak alan olarak yönetileceği aktarılmaktadır (T.C. Resmi Gazete, 2018b). Aynı yönetmeliğin 3. Maddesinin birinci fıkrasının (1) bendinden ortak otopark uygulaması *“İmar adasındaki komşu parsellerin bahçelerinin daha etkin kullanılabilmesi amacıyla; ilgili her bir parsel için parsel maliklerinin tamamının muvafakati alınmak, her bir parsel sınırı korunmak ve bu sınırlara göre planda verilen yapılaşma koşulları ayrı ayrı uygulanmak kaydıyla, kot ve cephe sınırlamalarına bakılmaksızın ve parseller tevhit edilmeksizin vaziyet planı idarece onaylanarak ve tapuda beyanlar hanesine parsel numarası da belirtilmek suretiyle “komşu parsel ile ortak otopark alanı vardır” şeklinde belirtme konularak açık veya tamamen gömülü olup dilatasyonla ayrılmak kaydıyla kapalı olarak yapılabilen otopark uygulamaları”* olarak tanımlanmış olup ortak parsellerdeki hak sahiplerinin otoparklardan daha etkin yararlanması için gerçekleştirilen uygulamayı içermektedir. Yine birinci fıkranın *“Otopark ihtiyacının, bu fıkranın (e) bendinde yer alan hükümler doğrultusunda bir kısmı veya tamamının parselinde karşılanamadığı binalarda karşılanamayan otopark miktarı”* şeklinde olan (f) bendinin ikinci alt bendi *“Otopark olarak gösterilen yapı ya da bağımsız bölüm ile bu otoparkı kullanacak olan yapı ya da bağımsız bölümlerin tapularında ayrı ayrı süresiz irtifak kurulması, tapu kütüğünün beyanlar hanelerinde bu konuda belirtme yapılması kaydıyla; 1000 metrelik yarıçap içinde kamulaştırmaya konu olmayan başka parselden ya da binadan veya binaların zorunlu olarak ayrılması gerekenler haricindeki müstakil otopark olarak ayrılmaya müsait olan bölümlerinden*

veyahut ticari otoparklardan karşılanır.” biçiminde olup bağımsız bölümlerle ilgili hükümlere yer verilmektedir. Bununla birlikte yine (f) bendinin 5. alt bendi “*Otoparkı parseli dışında bulunan yapıların otopark yerleri ve adetleri, tapu kütüğünün beyanlar hanesinde, yapı ruhsatı ve yapı kullanma izin belgesinin ilgili bölümlerinde ve yönetim planlarında belirtilir.*” şeklinde olup otoparkların hem tapu kütüğünde hem de kat irtifakı ve kat mülkiyeti kurulumu için önemli belgelerden olan yapı ruhsatı, yapı kullanma izin belgesi ve yönetim planında gösterilmesi gerektiği ifade edilmektedir.

KMK’nin 7. Maddesinde ise “*Kat mülkiyetine veya kat irtifakına tabi olan gayrimenkulde ortaklığın giderilmesi istenemez.*” ifadesi yer almaktadır. Bu ifadenin açıklaması olarak; kat mülkiyetinin özel bir mülkiyet türü olduğu ve her ne kadar arsa payı ile bağlantılı bir mülkiyet türü olduğundan dolayı paylı bir mülkiyet gibi görülebilmekte ise de maliklerin anagayrimenkulün tümüne paydaşlı mülkiyet ile değil arsa paylarının bağlı oldukları bağımsız bölümlere müstakil olarak malik oldukları aktarılabilir.

KMK’nin 15. Maddesi “*Kat malikleri kendilerine ait bağımsız bölümler üzerinde, bu kanunun ilgili hükümleri saklı kalmak şartıyla, Medeni Kanun’un maliklere tanıdığı bütün hak ve yetkilere sahiptirler.*” şeklinde olup kat maliklerinin bağımsız bölüm üzerindeki haklarını tanımlamaktadır. 16. Maddenin birinci fıkrası ise “*Kat malikleri anagayrimenkulün bütün ortak yerlerine, arsa payları oranında, ortak mülkiyet hükümlerine göre malik olurlar.*” şeklinde olup kat maliklerin ortak yerlere arsa payları oranında malik olduklarını hükmetmektedir. Aynı maddenin ikinci fıkrası ise “*Kat malikleri ortak yerlerde kullanma hakkına sahiptirler; bu hakkın genel kömürlük, garaj, teras, çamaşırhane ve çamaşır kurutma alanları gibi yerlerdeki ölçüsü, aksine sözleşme olmadıkça, her kat malikine ait arsa payı ile oranlıdır.*” şeklinde olup örnek olarak verilen ortak yerlerde kat maliklerinin haklarının arsa payı ile oranlı olduğu emredilmektedir.

Kat maliklerinin anagayrimenkulün bakımı, korunması ve gelebilecek zararlarından sorumlu oldukları KMK’nin 19. Maddesinin birinci fıkrasında “*Kat malikleri, anagayrimenkulün bakımına ve mimarı durumu ile güzelliğini ve sağlamlığını titizlikle korumaya mecburdurlar.*” ifadesiyle hükme bağlanmıştır. Aynı maddenin ikinci fıkrası “*Kat maliklerinden biri, bütün kat maliklerinin beşte dördünün yazılı rızası olmadıkça anagayrimenkulün ortak yerlerinde inşaat, onarım ve tesisler, değişik renkte dış badana veya boya yaptıramaz. Ancak, ortak yer ve tesislerdeki bir*

bozukluğun ana yapıya veya bağımsız bir bölüme veya bölümlere zarar verdiğinin ve acilen onarılması gerektiğinin veya ana yapının güçlendirilmesinin zorunlu olduğunun mahkemece tespit edilmiş olması halinde, bu onarım ve güçlendirmenin projesine ve tekniğine uygun biçimde yapılması konusunda kat maliklerinin rızası aranmaz. Kat maliki kendi bağımsız bölümünde ana yapıya zarar verecek nitelikte onarım, tesis ve değişiklik yapamaz. Tavan, taban veya duvar ile birbirine bağlantılı bulunan bağımsız bölümlerin bağlantılı yerlerinde, bu bölüm maliklerinin ortak rızası ile ana yapıya zarar vermeyecek onarım, tesis ve değişiklik yapılabilir.” şeklinde olup anagayrimenkulde hangi durum ve şartlarda değişiklik yapılabilceği ifade edilmektedir. 19. Maddenin üçüncü fıkrasında ise “Her kat maliki anagayrimenkule ve diğer bağımsız bölümlere, kusuru ile verdiği zarardan dolayı diğer kat maliklerine karşı sorumludur” ifadesiyle kat maliklerinin sorumlulukları aktarılmıştır.

KMK’nin 24. Maddesinin birinci fıkrası “Anagayrimenkulün, kütükte mesken, iş veya ticaret yeri olarak gösterilen bağımsız bir bölümünde hastane, dispanser, klinik, poliklinik, ecza laboratuvarı gibi müesseseler kurulamaz; kat maliklerinin buna aykırı sözleşmeleri hükümsüzdür; dispanser, klinik, poliklinik niteliğinde olmayan muayenehaneler bu hükmün dışındadır.” şeklinde olup bağımsız bölümlerin ne tür amaçlarla kullanılamayacağını ifade etmektedir. Aynı maddenin ikinci fıkrası ise “Anagayrimenkulün, kütükte mesken olarak gösterilen bağımsız bir bölümünde sinema, tiyatro, kahvehane, gazino, pavyon, bar, kulüp, dans salonu ve emsali gibi eğlence ve toplantı yerleri ve fırın, lokanta, pastane, süthane gibi gıda ve beslenme yerleri ve imalathane, boyahane, basımevi, dükkân, galeri ve çarşı gibi yerler, ancak kat malikleri kurulunun oybirliği ile vereceği kararla açılabilir.” şeklinde olup bağımsız bölümlerde ne tür işletmeler açılabilceğini hükme bağlamaktadır.

6111 sayılı kanunla KMK’nin 14. Maddesine “1136 sayılı Avukatlık Kanunu’nda avukatlık büroları ve hukuk büroları ile ilgili düzenleme yapıncaya kadar meskenlerdeki avukatlık ve hukuk büroları faaliyetlerine devam ederler. Bu süre, bu maddenin yürürlüğe girdiği tarihten itibaren iki yıldır. Bu hüküm 3568 sayılı Serbest Muhasebeci Mali Müşavirlik ve Yeminli Mali Müşavirlik Kanununda ilgili düzenleme yapıncaya kadar meslek mensupları tarafından açılan bürolar hakkında da uygulanır.” şeklinde ek bir fıkra eklenerek hukuk bürolarıyla ilgili bağımsız bölümlerin kullanımına dair özel hükümler ifade edilmiştir. 14. Maddenin son fıkrası da “Bu karar yöneticinin veya kat maliklerinden birinin istemi üzerine bütün bağımsız

bölümlerin kat mülkiyeti kütüğündeki sayfelerine şerh verilir.” şeklinde olup aynı maddenin ikinci fıkrasındaki karara atıfta bulunmaktadır.

KMK’nin 28. Maddesi yönetim planına ilişkin hükümleri içermektedir. Bu bağlamda maddenin birinci fıkrası *“Yönetim planı yönetim tarzını, kullanma maksat ve şeklini yönetici ve denetçilerin alacakları ücreti ve yönetime ait diğer hususları düzenler. Yönetim planı, bütün kat maliklerini bağlayan bir sözleşme hükmündedir.”* şeklinde olup yönetim planının kapsamını ifade etmektedir. İkinci fıkra ise *“Yönetim planında hüküm bulunmayan hallerde, anagayrimenkulün yönetiminden doğacak anlaşmazlıklar bu kanuna ve genel hükümlere göre karara bağlanır.”* şeklinde olup yönetim planında yer almayan hükümlerle ilgili olarak uyuşmazlıkların nasıl çözüleceğini hükme bağlamaktadır. Maddenin üçüncü fıkrasında ise yönetim planının değişikliğinin hangi şartlarda gerçekleşebileceği *“Yönetim planının değiştirilmesi için bütün kat maliklerinin beşte dördünün oyu şarttır. Kat maliklerinin 33’üncü maddeye göre mahkemeye başvurma hakları saklıdır.”* olarak aktarılmıştır. 28. Maddenin dördüncü fıkrasında yönetim planının ve planda yapılan değişikliklerin kat maliklerin hepsinin ve bu maliklerin külli ve cüzi halefleri ile yönetici ve denetçileri bağladığı emredilmiştir. Aynı maddenin beşinci fıkrası *“Yönetim planının ve onda sonradan yapılan değişikliklerin tarihi, kat mülkiyeti kütüğünün (Beyanlar) hanesinde gösterilir ve bu değişiklikler yönetim planına bağlanarak kat mülkiyetinin kuruluş belgeleri arasında saklanır.”* şeklindedir ve yönetim planının ve değişikliklerin tapu kütüğünde nasıl saklanacağına dair ifadeleri içermektedir.

KMK ilk hazırlandığında ülkedeki mevcut yapılaşma göz önünü alınarak kanun tek bir parsel üzerinde inşa edilen tek bir yapı bünyesindeki bağımsız bölümlerin, eklentilerin ve ortak alanların yönetimine dair hükümleri içerecek şekilde yürürlüğe girmiştir. Ancak KMK’nin yayımlandığı ilk tarihten sonra geçen zaman içerisinde kente doğru hızlı göç artışı ülkedeki site vb. birçok bloktan oluşan toplu yapılaşmaların sayısının giderek artmasına sebep olmuştur. Sözü edilen toplu yapılaşmalar birden fazla parselde yer alabilmektedir ve bu nedenle de KMK’deki hükümlerin bu yapılaşmalarda uygulanmasında zorluklar yaşandığı tespit edilmiştir. Bu sebeple KMK’ye 5711 sayılı kanun ile yeni maddeler eklenerek toplu yapılara ilişkin özel hükümler ifade edilmiştir. 5711 sayılı kanunun gerekçesinde de toplu yapılara ilişkin özel hükümlere duyulan ihtiyaç *“Toplu yapı uygulamasının yaygınlaşması ile birlikte, bir arsa üzerindeki birden çok yapıya ilişkin getirilen hüküm de yetersiz kalmıştır.*

Toplu yapıda, zorunlu olarak kamuya bırakılmış yol, park, ortak yer ve tesisleri olan birden çok yapının farklı parseller üzerinde inşa edilmesi sonucunu getirmiştir. Tek parsel esası üzerinden düzenlenmiş bulunan kat mülkiyeti rejimimiz, farklı parseller üzerinde inşa edilmiş, ortak yer ve tesisleriyle birbirleriyle bağlantılı birden çok yapının, sayıları yüzlerle, bazen binlerle ölçülen bağımsız bölümün uygulamada mülkiyet, yönetim, ortak gider gibi konularda ortaya çıkardığı sorunlara cevap verecek çözümleri kapsamamaktadır. Toplu yapı uygulamasının ortaya çıkardığı çok yönlü sorunların çözülmesi, bugün geline nokta, Kat Mülkiyeti Kanununda yeni ve belli ölçüde ayrıntılı düzenlemelere yer verilmesini zorunlu kılmaktadır.” şeklinde aktarılmıştır. 5711 sayılı kanunla eklenen yeni maddeler 66-74 numaralı kanunlar olup değişiklikten önce KMK’de 66 ve 67 numaralı kanunlardaki hükümler değişiklikten sonra 75 ve 76 numaralı kanunlar olarak güncellenmiştir.

Toplu yapılara ilişkin dokuzuncu bölümün ilk maddesi olmak üzere 66. Maddede toplu yapılara ilişkin kapsam tanımlanmıştır. Bu bağlamda maddenin birinci fıkrasında toplu yapı “*Toplu yapı, bir veya birden çok imar parseli üzerinde, belli bir onaylı yerleşim plânına göre yapılmış veya yapılacak, alt yapı tesisleri, ortak kullanım yerleri, sosyal tesis ve hizmetler ile bunların yönetimi bakımından birbirleriyle bağlantılı birden çok yapıyı ifade eder.*” olarak ifade edilmiştir. Aynı maddenin ikinci fıkrası “*Toplu yapı kapsamındaki imar parsellerinin bitişik veya komşu olmaları şarttır. Ancak bu parseller arasında kalan ve imar plânına göre yol, meydan, yeşil alan, park, otopark gibi kamuya ayrılan yerler için bu şart aranmaz. Toplu yapı kapsamındaki her imar parseli, kat irtifakının veya kat mülkiyetinin tesisinde ayrı ayrı dikkate alınır. Ancak, toplu yapı birden fazla imar parselini içeriyorsa, münferit parseller üzerinde toplu yapı hükümlerine tâbi olacak şekilde kat mülkiyeti ilişkisi kurulamaz.*” şeklinde olup toplu yapıların yer aldığı imar parsellerinin bitişik veya münferit olmaları durumunda uygulanacak hükümleri içermektedir. 66. Maddenin üçüncü fıkrasında da toplu yapıların inşaatı kapsamında bütün yapıların tamamlanması beklenmeden tamamlanan yapıların mülkiyetinin kat irtifakından kat mülkiyetine geçirilebileceği aktarılmıştır.

KMK’nin 67. Maddesinde toplu yapılar kapsamındaki ortak yerlere ilişkin hükümler yer almaktadır. Bu bağlamda kanunun birinci fıkrası “*Toplu yapı kapsamında olup, bütünüyle bu kapsamdaki bağımsız bölümlerin ortak kullanma ve faydalanmasına tahsis edilmiş bulunan parsellerin malik hanesine, tahsis edildikleri toplu yapı kapsamındaki diğer parsellerin ada, parsel, blok ve bağımsız bölüm numaraları*

gösterilmek suretiyle tapu siciline kaydedilir ve bu suretle tahsis edildikleri parsellerde bulunan bağımsız bölümlerin ortak yeri olur.” şeklindedir. Fıkra KMK’nin 4. Maddesinden farklı olarak ortak parsel kavramı yer almaktadır. Birinci fıkradan anlaşılabileceği üzere toplu yapılar kapsamındaki ortak yerlerin belirli bağımsız bölümlerin kullanımına tahsis edilebileceği aktarılmaktadır. Bununla birlikte KMK’nin 4. Maddesi kapsamında ortak yerler tapuya tescil edilmezken toplu yapılardaki ortak parsellerin tahsis edildikleri bağımsız bölümlerin ada, parsel, blok ve bağımsız bölüm numaralarıyla tapu siciline kaydedilmesi emredilmektedir. 67. Maddenin ikinci fıkrası *“Toplu yapı kapsamında bulunan birden çok yapının ortak sosyal ve alt yapı tesisleri bulundukları parsel veya yapıya bakılmaksızın, tahsis edildikleri bağımsız bölümlerin ortak yeri sayılır.”* şeklinde olup ortak yerlerin nereler olduğuna toplu yapılar bağlamında ortak sosyal ve altyapı tesisleri kavramları da dahil edilmiştir.

Bağlantılar

KMK’nin (b) bölümü kat mülkiyetine ilişkin uygulamalarda önemli bir yere sahip olan bağımsız bölümlerle ilgili bağlantıları açıklamaktadır. Bu anlamda KMK’nin 5. Maddesi daha önce de kat mülkiyeti tanımında belirtildiği üzere bağımsız bölümlerle arsa payı arasındaki bağlantıyı ifade etmektedir. Sözü edilen maddede *“Kat mülkiyetinin başkasına devri veya miras yoluyla geçmesi halinde, ona bağlı arsa payı da birlikte geçer; arsa payı, kat mülkiyetinden veya kat irtifakından ayrı olarak devredilemeyeceği gibi, miras yoluyla da geçmez ve başka bir hakla kayıtlanamaz.”* ifadesi yer almakta ve böylece kat mülkiyetinde arsa payının ayrılmaz bir parça olduğu tekrar hükme bağlanmaktadır. 5. Maddede ayrıca *“Anagayrimenkulde, kat mülkiyetine bağlanmamış veya lehine kat irtifakı kurulmamış arsa payı bırakılamaz.”* ifadesiyle de bağımsız bölümlere dağıtılmamış bir arsa payını kalamayacağı aktarılmaktadır. Örnek vermek gerekirse; 9 adet bağımsız bölümden oluşan bir anagayrimenkulde arsa payları tüm bağımsız bölümlere 1/10 şeklinde dağıtılıp daha sonra oluşabilecek bağımsız bölüme 1/10 şeklinde bir arsa payı bırakılması mümkün olmamaktadır. Aynı maddede *“Kat mülkiyetini kayıtlayan haklar, kendiliğinden arsa payını da kayıtlar.”* ifadesi de kat mülkiyetinin arsa payından bağımsız oluşamayacağını tekrar vurgulamaktadır. Bunun yanı sıra mevcut durumda kat irtifakına konu olan bir arazi parseli üzerinde kat irtifakıyla uyumayan irtifakların kurulamayacağı da aktarılmıştır. 5. Maddede ayrıca *“Anagayrimenkulde kat mülkiyetinin kurulmasından önce o*

gayrimenkulün kütükteki sayfasına tescil veya şerh edilmiş olan haklar kat mülkiyetini de kaide olarak arsa payı oranında, kendiliğinden kayıtlar.” ifadesiyle de kat mülkiyeti kurulumundan önceki gayrimenkul üzerindeki haklarla kat mülkiyeti arasındaki bağlantı arsa payı yoluyla sağlanmıştır.

KMK'nin 6. Maddesi ise kat mülkiyetine ilişkin tanımlanan SSS'lerle de oldukça ilgili olan eklentiler ve bunun yanı sıra ortak yerlerle bağımsız bölümler arasındaki bağlantıyı açıklamaktadır. Maddedeki *“Bir bağımsız bölümün dışında olup, doğrudan doğruya o bölüme tahsis edilmiş olan kömürlük, su deposu, garaj, elektrik, havagazı veya su saati yuvaları, tuvalet gibi eklentiler, ait olduğu bağımsız bölümün bütünleyici parçası sayılır ve o bölümün maliki, eklentilerin de tek başına maliki olur.”* ifadesiyle bağımsız bölümlerin kendi kullanımlarına ayrılan eklentiler üzerinde kullanım hakları olduğu belirtilmiştir. Eklenti çeşitleri maddede ifade edilen örneklerle sınırlı olmamaktadır.

Yine 6. Maddede *“Eklentiler kat mülkiyeti kütüğünün (Beyanlar) hanesine kaydedilir ve bunlardan ana yapının oturduğu zeminin dışında kalanlar kadastro planında veya tapu haritasında ayrıca gösterilir.”* ifadesiyle de eklentilerin bağımsız bölümlerin bir parçası olarak kadastral kayıt altına alınarak tescil edildiği aktarılmıştır. Maddede ifade edildiği üzere eklentiler eğer ana yapının içerisindeyse mimari projede eğer ana yapının dışındalar ise kadastro planında veya tapu haritasında gösterilmesi gerektiği de açıklanmaktadır.

Bir diğer önemli husus da eklentilerin hangi bağımsız bölümlere ait olduklarının gösterilmesi gerektiğidir. Ortak yerler ise eklentilerden farklı olarak tescile tabi değildirler ve projede çizim olarak belirtilip eğer gerek duyulursa nitelikleri de belirtilmektedir. 6. Maddede ayrıca kat mülkiyetiyle ve kat malikleriyle uyuşmayan irtifakların bağımsız bölümler üzerinde kurulamayacağı da aktarılmıştır. Yine aynı maddede *“Bağımsız bölümlerin başkasına devri, kayıtlanması veya kiralanması halinde, eklentiler ve ortak yerler de kendiliğinden devredilmiş, kayıtlanmış veya kiralanmış olur.”* ifadesiyle de bağımsız bölümlerle eklentiler ve ortak yerlerin bağlantısı aktarılmıştır.

Eklentilerle ilgili olarak Otopark Yönetmeliği'nin 4. maddesinin 1. fıkrasının (j) bendi *“Kat mülkiyeti ve kat irtifakı tesis edilirken otopark olarak ayrılan alanların, gereken hallerde ilgili idare meclisinde bu yönde karar alınmak suretiyle eklenti olarak ilgili*

bağımsız bölüme tapuda tahsisi gerçekleştirilebilir. Eklenti otoparkların ortak alan olarak yönetilmesi hususu yönetim planında belirtilir. Bu tür eklenti otoparklarda, aynı bağımsız bölüme ait iki otopark yerinin arka arkaya park düzeni şeklinde (birbirini engelleyebilecek şekilde) birlikte düzenlenmesi halinde tek bir manevra alanı gösterilmesi yeterli kabul edilir.” şeklinde olup otoparkların eklenti olarak belirli bağımsız bölümlere tahsis edilebileceği ifade edilmektedir.

Kat mülkiyeti kurulması ve tescili

KMK'nin ikinci bölümü kat mülkiyetinin ve kat irtifakının kurulmasına dair hükümleri içermektedir. Bu anlamda kanunun 10. Maddesinde yer alan “*Kat mülkiyeti ve kat irtifakı resmi senetle ve tapu siciline tescil ile doğar.*” ifadesiyle kat mülkiyeti ve kat irtifakının kurulabilmesi için resmi senet ile tapu tescili hükmüne bağlanmıştır. Yine aynı maddede yer aldığı üzere anagayrimenkulün tamamının mülkiyeti kat mülkiyetine dönüştürülmeden yapının bir veya birkaç bölümünde kat mülkiyeti kurulamayacağı aktarılmıştır. Bunun yanı sıra belirtmek gerekir ki aynı yapı üzerinde hem kat irtifakı hem de kat mülkiyeti kurulamaz. 10. Maddenin üçüncü fıkrası anagayrimenkulde bulunan birden fazla bağımsız bölümünü kapsayacak şekilde nasıl tek bir bağımsız bölüm olarak kat mülkiyeti kurulabileceğiyle ilgilidir. Bahsedilen fıkra “*Kat mülkiyeti kurulurken aynı katta birbirine bitişik bulunan aynı nevideki birden fazla bağımsız bölüm veya bir yapının otel, iş veya ticaret yeri gibi iktisadi açıdan veya kullanma bakımından bütünlük arz eden birden çok katı veya bölümü, kat mülkiyeti kütüğüne tek bağımsız bölüm olarak tescil edilebilir.*” ifadesiyle bu durumu açıklığa kavuşturmaktadır.

10. Maddenin üçüncü fıkrası 2007 yılında 5711 sayılı kanunla değişikliğe uğramadan önce hangi durumlarda farklı bağımsız bölümlerin tek bir bağımsız bölüm olarak kaydedilebileceğine dair kısıtlı bilgi içermekteydi. Yapılan değişiklikle bitişik bağımsız bölümlerin aynı nevide olmalarına veya yapının farklı bölümlerinde olan bağımsız bölümlerin de iktisadi veya kullanma bakımından bütünlük arz etmesi gerektiğine vurgu yapılmıştır. Üçüncü fıkra “*Böyle bir tescilin yapılabilmesi için, buna uygun değişiklik projesinin ve yapı kullanma izin belgesinin Tapu Sicil Müdürlüğüne verilmiş olması gereklidir.*” ifadesini içermekte olup sözü edilen duruma ilişkin tescilde şart koşulan durumu içermektedir. Bahsedilen ifadede de yer aldığı üzere bu tarz bir tescilin yapılması yeni kat mülkiyeti oluşumundan ziyade

mevcutta var kat mülkiyetine ilişkin olarak gerçekleştirilen değişikliklerle ilişkilendirilmiştir. Üçüncü fıkrada bahsedilen bağımsız bölümlerin aynı nevide olmalarının da KMK'deki değişiklikten önce Yargıtay içtihatlarında yerleşik bir uygulama olduğunun altı çizilebilir.

10. Maddenin dördüncü fıkrası ise kat mülkiyetinin tescilinin hangi yöntemlerle gerçekleştirilebileceğiyle ilgilidir. Bahsedilen fıkra 2018 yılında 7099 sayılı kanunla getirilen değişiklikle yine aynı yıl 10. Maddeye eklenen iki ek fıkraya atıf yapılmaktadır. Bahsedilen maddenin dördüncü fıkrası *“Kat mülkiyetinin tescili, tapu memurunca düzenlenen resmî senet uyarınca veya aşağıdaki fıkralara göre yapılabilir.”* şeklindedir. 10. Maddedeki birinci ek fıkrasıyla kat karşılığı inşaat sözleşmesi, kat karşılığı temlik sözleşmesi ve bağımsız bölümlerin taksimine ilişkin noterlik sözleşmelerine istinaden kat irtifakı ve kat mülkiyeti tesis işlemlerinin yüklenici tarafından talep edilerek gerçekleştirilmesini içermektedir. Yine aynı fıkradan belirtildiği üzere proje ve yönetim planı olmaksızın herhangi bir tescil işleminin gerçekleştirilmesi mümkün olmamaktadır. Birinci ek fıkranın üçüncü hükmünde de mimari proje ile yönetim planında malik imzasının aranmayacağı ifade edilerek yükleniciler için bir kolaylık sağlanmaktadır.

2018 yılında 7099 sayılı kanunla KMK'nin 10. Maddesine eklenen ikinci ek fıkranın konusu cins değişikliği ile ilgilidir. TKGM'nin 2010/4 sayılı genelgesinde cinsi değişikliği *“Bir taşınmaz malın cinsinin yapısızken yapılı veya yapılyken yapısız hale, bağ, bahçe, tarla vb. iken arsaya veya arazi iken bağ, bahçe, tarla vb. duruma dönüştürmek için paftasında ve tapu sicilinde yapılan işlemi”*, 2019/13 sayılı genelgesinde ise *“Parselin tapu sicilinde kayıtlı cinsinin değiştirilmesi işlemi”* olarak tanımlanmaktadır. TKGM'nin 1997/8 sayılı genelgesinde de *“Arsa ve Araziler üzerinde yeni inşa edilen yapılar ile yıkılan yapılar nedeniyle tapu sicilinde cins değişikliği işlemleri, mal sahiplerinin talebine istinaden yapıldığından, Kadastro Müdürlüklerine talepte bulunulmadıkça tapu sicilinde cins değişikliği işlemleri gerçekleştirilememektedir. Bu nedenle, tapu sicili mevcut durumu göstermemekte ve güncelliğini kaybetmektedir.”* ifadesiyle cins değişikliği işlemlerinin isteğe bağlı olarak gerçekleştirilmesinin ortaya çıkardığı problemin altı çizilmiştir.

2021 yılında 7327 sayılı kanunla yapılan değişiklikle cins değişikliği söz öbeği birinci ek fıkradan çıkarılmıştır. Bununla ilişkili olarak 10. Maddenin ikinci ek fıkrasında yine aynı kanunla yapılan değişiklikle *“Yapı kullanma izin belgesi düzenlenen tüm*

yapıların cins değişikliği işlemleri resen yapılır.” hükmü eklenmiştir. Aynı fıkranın ikinci hükmü ise “Yapı kullanma izin belgesini düzenlemeye yetkili idare tarafından Mekânsal Adres Kayıt Sistemine (MAKS) yüklenerek elektronik ortamda kadastro müdürlüğüne gönderilen yapı kullanma izin belgesi ile yapı aplikasyon projesine göre kadastro müdürlüğüne tescil bildirimi düzenlenir.” şeklinde değiştirilerek MAKS sistemiyle entegrasyon ifade edilmiştir. İkinci ek fıkranın üçüncü hükmü de “Tapu müdürlüğüne gönderilen tescil bildirimi üzerine başkaca bir belge aranmaksızın cins değişikliği resen tescil edilir.” biçimindedir. Aynı fıkranın bir sonraki hükmü ise “Cins değişikliği yapılmış taşınmaz kat irtifakı tesisli ise, kat irtifakının tesciline ait resmî senede ve 12’nci maddede yazılı belgelere dayalı olarak başkaca bir belge aranmaksızın resen kat mülkiyetine çevrilir.” olmak üzere kat irtifaklı taşınmazların cins değişikliği işlemini aktarmaktadır. Bahsedilen ek fıkranın son hükmünde de söz edilen işlemlerin döner sermaye hizmet bedelinde muaf olduğu ifade edilmektedir.

KMK’de cins değişikliğiyle ilgili yapılan değişikliğe istinaden TKGM tarafından “Resen Cins Değişikliği” konulu ve 1907 (2021/2) sayılı bir genelge yayımlanmıştır. KMK’de cins değişikliğiyle ilişkili yapılan düzenlemelere atıf yapılmıştır. Bunun yanı sıra İmar Kanunu’nun Yapı Kullanma İzni başlıklı 30. Maddesinde yer alan “Yapı tamamen bittiği takdirde tamamının, kısmen kullanılması mümkün kısımları tamamlandığı takdirde bu kısımlarının kullanılabilmesi için inşaat ruhsatını veren belediye, valilik bürolarından; 27’nci maddeye göre ruhsata tabi olmayan yapıların tamamen veya kısmen kullanılabilmesi için ise ilgili belediye ve valilikten izin alınması mecburidir. Mal sahibinin müracaatı üzerine, yapının ruhsat ve eklerine uygun olduğu ve kullanılmasında fen bakımından mahzur görülmediğinin tespiti gerekir. Belediyeler, valilikler mal sahiplerinin müracaatlarını en geç otuz gün içinde neticelendirmek mecburiyetindedir. Aksi halde bu müddetin sonunda yapının tamamının veya biten kısmının kullanılmasına izin verilmiş sayılır. Bu maddeye göre verilen izin yapı sahibini kanuna, ruhsat ve eklerine riayetsizlikten doğacak mesuliyetten kurtarmayacağı gibi her türlü vergi, resim ve harç ödeme mükellefiyetinden de kurtarmaz.” hükümlerine atıf yapılarak “TKGM’nin sorumluluğu yapı kullanma izin belgesine ve yapı aplikasyon projesine uygun tescil edilmesi ile sınırlı olduğundan ilgili idarelerin düzenledikleri belgeler yönüyle sorumlulukları doğmaması için belgelerin sıhhati hususunda ayrıca hassasiyet göstermeleri gerekmektedir.” ifadesi aktarılacak cins değişikliği işlemlerinin

doğruluğu için yapı kullanma izni işlemlerinin oldukça önem arz ettiğinin altı çizilmiştir.

Bununla birlikte aynı genelgede “*Yapı kullanma izin belgesi düzenlenen tüm yapıların, yapı kullanma izin belge belgesinin düzenlemeye yetkili idare tarafından MAKİS’ye yüklenerek elektronik ortamda kadastro müdürlüğüne gönderilen Yapı Kullanma İzin Belgesi ile Yapı Aplikasyon Projesi esas alınarak kadastro müdürlüğünce herhangi bir arazi kontrolü yapılamadan tescil bildirimi düzenlenerek tapu müdürlüğünce elektronik ortamda gönderilmek suretiyle başkaca bir belge aranmaksızın resen cins değişikliği işlemleri yapılır:*” ifadesiyle de cins değişikliği işlemlerinde TKGM tarafından herhangi bir kontrol yapılmayıp gönderilen belgelerin yetkili diğer kurumlar tarafından kontrol edilip doğrulandığı kabul edilerek işlem yapılacağı vurgulanmıştır. Cins değişikliğine istinaden bahsedilen işlemler TKGM’nin “Kat İrtifakı ve Kat Mülkiyeti” konulu ve 2021/4 sayılı genelgesinde de yer almaktadır. Şekil 3.20 1907 (2021/2) sayılı genelge ekinde yer alan yapı aplikasyon projesi örneğini göstermektedir.

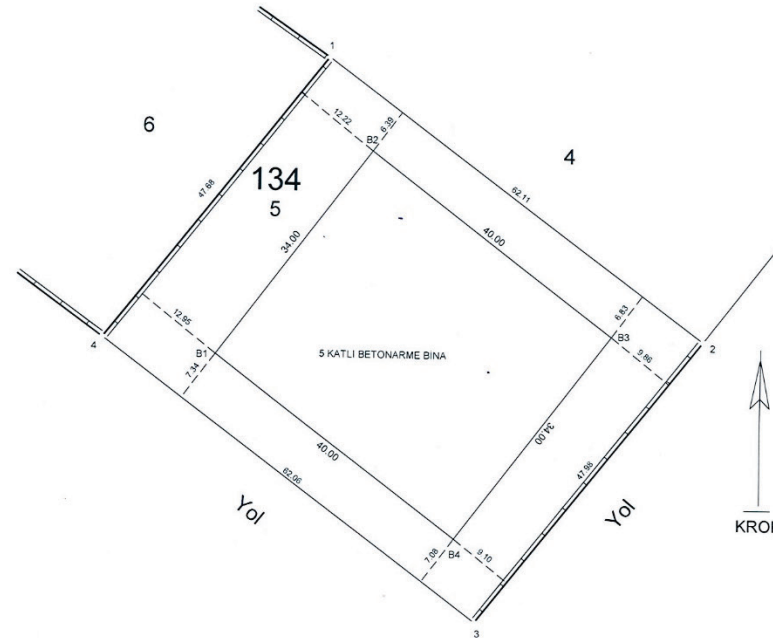
10. maddenin yedinci fıkrası da “*Kat mülkiyetine konu olmaya elverişli bir gayrimenkul üzerindeki ortaklığın giderilmesi davalarında, mirasçılardan veya ortak maliklerden biri, paylaşmanın, kat mülkiyeti kurulması ve bağımsız bölümlerin tahsisi suretiyle yapılmasını isterse, hâkim, o gayrimenkulün mülkiyetinin, 12’nci maddede yazılı belgelere dayanılarak kat mülkiyetine çevrilmesine ve paylar denkleştirilmek suretiyle bağımsız bölümlerin ortaklara ayrı ayrı tahsisine karar verebilir.*” şeklinde olup kat mülkiyetine ilişkin ortaklığın giderilmesine dair hükümleri içermektedir.

Kat irtifakı veya kat mülkiyeti kurulu bazı taşınmazlarda kat malikleri tarafından mülkiyete sahip olunan bağımsız bölümler dışında bir ve birkaç bağımsız bölüm bulunabilmekte ve tüm kat malikleri bu bağımsız bölümlere paylı mülkiyetle sahip olabilmektedirler. Bahsedilen bu bağımsız bölümler yaygın olarak kiraya verilebilmekte ve elde edilen gelir de taşınmaza ait giderler için kullanılabilir. KMK’nin 10. Maddesine 2007 yılında 5711 sayılı kanunla eklenen ek fıkrası da sözü edilen duruma dair hükümleri “*Gelirinin ortak giderlere harcanması için veya başka bir amaçla ortak yararlanmaya tahsis edilen bağımsız bölümlerin malik hanesine, bunlardan yararlanan "bağımsız bölümlerin numaraları" yazılmak suretiyle kat mülkiyeti kütüğüne tescil edilir. Bu husus bağımsız bölümlerin beyanlar hanesinde gösterilir.*” şeklinde ifade etmektedir.

(ÖRNEK-1)

İLİ	ANKARA
İLÇESİ	YENİMAHALLE
MAH/KÖYÜ	YAKACIK
PAFTA NO	H29-C-21-A-3-B
ADA NO	134
PARSEL NO	5
BİNA/BLOK NO	

KOORDINATLAR			
NoktaNo	Y	X	MK
1	456911.34	4289796.34	
2	456961.37	4289759.53	
3	456931.66	4289721.86	
4	456881.85	4289758.87	
B1	456896.79	4289756.91	0.21
B2	456917.24	4289784.07	0.21
B3	456949.19	4289760.01	0.21
B4	456928.74	4289732.85	0.21



	DÜZENLEYEN VE UYGULAYAN HARİTA MÜHENDİSİ	DENETİME İLİŞKİN FENNİ MESUL / İDARE HARİTA MÜHENDİSİ	ONAY (MÜHÜR / İDARE)
ADI SOYADI			
TARİH			
İMZA			

*Taşınmaz üzerinde birden fazla bina veya blok varsa kroki ve bilgileri bu belge üzerinde ayrı ayrı gösterilecektir.

Şekil 3.20 : Yapı uygulaması projesi örneği.

Bahsedilen ek fıkra hükmünde yer aldığı üzere bu tip bağımsız bölümlerle ilgili yaşanan uyuşmazlıkların önüne geçebilmek için bahsedilen tipteki bağımsız bölümlerin taşınmazdaki diğer bağımsız bölümlerin maliklerinden ziyade diğer bağımsız bölümlerin numaraları yazılmak suretiyle tescil edilerek doğrudan diğer bağımsız bölümlere ait olmaları sağlanmaktadır. KMK'nin 11. Maddesi ise kat mülkiyeti kütüğüne ilişkin hükümleri içermektedir. Sözü edilen maddenin birinci fıkrası *“Kat mülkiyeti ve kat irtifakı, Tapu Sicili Tüzüğüne göre tutulacak kat mülkiyeti kütüğüne tescil olunur. Bu Kanunda aksine hüküm olmadıkça, tescille ilgili genel hükümler, kat mülkiyeti kütüğüne yapılacak tescillerde de uygulanır.”* şeklinde olup hem kat mülkiyeti hem de kat irtifakının kat mülkiyeti kütüğüne tescil edileceğini ifade etmektedir. Aynı maddenin ikinci fıkrası ise kadastrosu henüz tamamlanmamış alanlardaki kat irtifakı ve kat mülkiyetine ilişkin tescil ile ilgili olup *“Henüz kadastrosu yapılmamış olan yerlerde kat mülkiyeti ve kat irtifakı, Tapu Sicili Tüzüğü'ndeki formüle göre, ayrıca tutulacak Kat Mülkiyeti Zabıt Defterine tescil olunur.”* şeklindedir. 11. Madde 2007 yılında 5711 sayılı kanunla değiştirilmeden önce kat irtifakının tescili kat mülkiyeti kütüğüne yapılmayıp irtifak haklarına ait hükümlere göre yapılmaktaydı. Ancak TKGM tarafından kadastral tescil işlemlerinin elektronik ortamda gerçekleştirilip kayıtların elektronik olarak saklanıp sunulmasını içeren ve e-devlet projesi kapsamında yürütülen TAKBİS projesinde uygun veri üretimi gerçekleştirilebilmesi ile diğer hukuk tabanlı ve nüfusla ilgili sistemlerle entegrasyonun sağlanması amacıyla kat irtifakının da kat mülkiyeti kütüğüne tescil edilmesine karar verilmiştir.

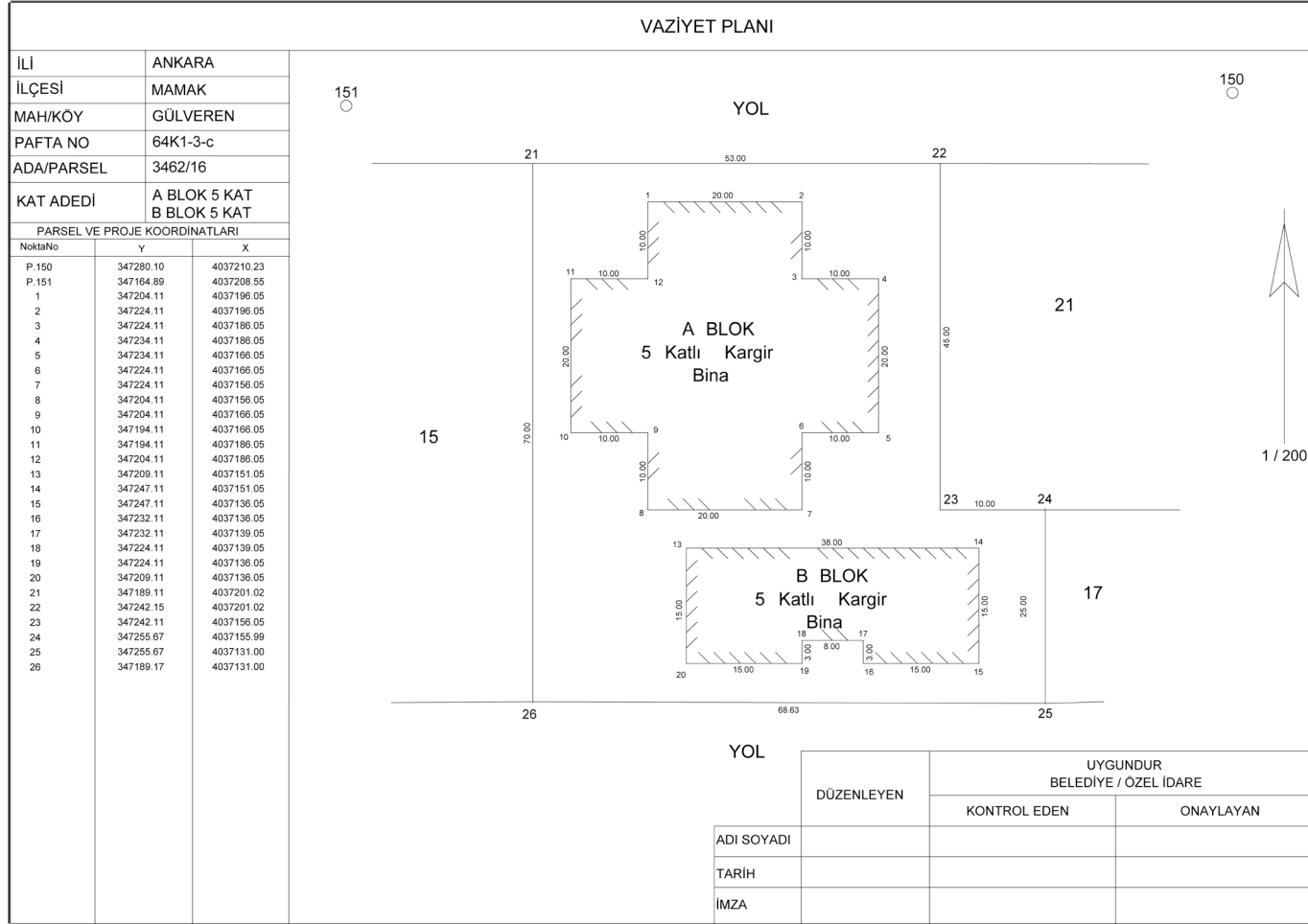
KMK'nin 12. Maddesi kat mülkiyeti kurulmasına ilişkin istem ve belgelere dair hükümleri kapsamaktadır. Bu bağlamda maddenin ilk cümlesi *“Kat mülkiyetinin kurulması için, anagayrimenkulün kat mülkiyetine çevrilmesi hususunda o gayrimenkulün maliki veya bütün paydaşlarının aşağıda yazılı belgeler ile birlikte tapu idaresinde istemde bulunması gerekir”* şeklinde olup sonraki iki bentte istenen belgelerin ayrıntıları açıklanmaktadır. Maddenin (a) bendi *“Anagayrimenkulde, yapı veya yapıların dış cepheler ve iç taksimatı bağımsız bölüm, eklenti, ortak yerlerinin ölçüleri ve bağımsız bölümlerin konum ve büyüklüklerine göre hesaplanan değerleriyle oranlı arsa payları, kat, daire, iş bürosu gibi nevi ile bunların birden başlayıp sırayla giden numarası ve bağımsız bölümlerin yapı inşaat alanı da açıkça gösterilmek suretiyle, proje müellifi mimar tarafından yapılan, yetkili kamu kurum ve*

kuruluşlarınca anagayrimenkulün maliki veya bütün paydaşlarının imzaları alınarak onaylanan ve elektronik ortamda tapu müdürlüğüne gönderilen mimarî proje ile yapı kullanma izin belgesi.” şeklindedir. Aynı maddenin (b) bendi ise “Bağımsız bölümlerin kullanılış tarzına, birden çok yapının varlığı halinde bu yapıların özelliğine göre 28’inci maddedeki esaslar çerçevesinde hazırlanmış, kat mülkiyetini kuran malik veya malikler tarafından imzalanmış bir yönetim plânı.” biçimindedir. Belirtildiği üzere mimari projenin içermesi gereken özellikler tanımlanmıştır.

Bunun yanı sıra onaylanan mimari projenin ve kat mülkiyeti kurulacak yapıya dair yapı kullanma izin belgesinin tapu müdürlüğüne elektronik olarak gönderilmesi gerektiği hükmedilmiştir. Maddeye dayanarak kat mülkiyeti kurulumu için istenen belgeler olarak yapılara dair statik, ısı tesisatı ve sıhhi tesisat gibi farklı teknik projeleri de içeren mimari proje, vaziyet planı, yapı kullanma izin belgesi ve yönetim planı belirtilebilir. Şekil 3.21 TKGM’nin 2019/14 (1808) sayılı genelgesinin ekinde yer alan vaziyet planı örneğini içermektedir.

KMK’nin 12. Maddesi sırasıyla 5711, 5912 ve 7099 sayılı kanunlarla değişikliğe uğramıştır. Maddenin değişikliğe uğramadan önceki ilk halinde kat mülkiyeti kurulumu için imzalı dilekçenin tapu müdürlüğüne verilmesi veya istemde bulunulması hükmü yer almaktaydı.

Bununla birlikte bağımsız bölümlerin ayrı ayrı değerlerinin de tapu müdürlüğünce düzenlenecek tutanakta gösterilmesi şartı yer almaktaydı. Ayrıca yine kat mülkiyeti kurulumu için anagayrimenkulün ön ve arka cepheleri ile mümkünse yarı cephelerini de gösteren belirli bir büyüklüğe sahip ve belediyece doğrulanmış bir fotoğraf da talep edilmekteydi. Yine maddenin ilk halinde bağımsız bölümlerin işlevini ve numarası ile varsa eklentilerini de gösteren noter tasdikli liste de kat mülkiyeti kurulumunda gerekli belge olarak talep edilmekteydi. 2007 yılında 5711 sayılı kanun ile 12. Maddede yer alan kat mülkiyeti başvurusunda dilekçe yazma zorunluluğu kaldırılmıştır. Yine aynı kanunla başvuru belgeleri arasından yapıya ait fotoğraf da çıkarılmıştır. Bahsedilen değişikliklerin nedeni olarak bürokrasinin azaltılması kapsamında vatandaşlara ek külfet oluşturan belgelerin talep edilmeyerek kat mülkiyeti kurulumunun daha etkin bir hale getirilmesi ifade edilmiştir. Yine 5711 sayılı kanun ile yapılan değişiklikle bağımsız bölümlerin arsa paylarının yanı sıra inşaat alanlarının da mimari projede belirtilmesi gerektiği hükme bağlanmıştır.



Şekil 3.21 : Vaziyet planı örneği.

12. madde 2009 yılında 5912 sayılı kanun ile bir değişikliğe daha uğramıştır. Bu değişiklikle maddenin eski halinde *“Her bağımsız bölümün arsa payını, kat, daire, iş bürosu gibi nev’ini ve bunların birden başlayıp sıra ile giden numarasını, varsa eklentisini gösteren ve anagayrimenkulün maliki ve bütün paydaşları tarafından imzalanmış noterden tasdikli”* şeklinde olan (c) bendinin kaldırılmasıyla noterden tasdikli belge kat mülkiyeti kurulumunda istenen belgelerden biri olmaktan çıkarılmış ve (c) bendinde yer alan ifadeler değişikliğe uğrayan (a) bendine eklenmiştir. Aynı kanunla yapılan bir başka değişiklik ise vaziyet planı kavramının (a) bendinden çıkarılmasıdır. Bunun sebebi olarak da vaziyet planlarının da mimari projelerin bir parçası gibi düşünülerek hazırlanması gösterilebilir. 12. Maddeye ilişkin son değişiklik 2018 yılında 7099 sayılı kanun ile gerçekleşmiştir. Bu bağlamda bahsedilen kanunla 12. Maddenin (a) bendinde mimari projenin yapımıyla başlayıp, projenin maliklerce onaylanması ile imzalanması sürecindeki işlem sırasında değişikliğe gidilmiştir. Yapılan değişiklikle birlikte proje müellifinin hazırladığı projenin onaylanmasında maliklerin imzaları yetkili kurumca alınarak gerçekleştirilmektedir. Maddedeki değişiklikten önce ise mimari proje öncelikli olarak malikler tarafından imzalanmakta sonrasında ise onay işlemi yapılmaktaydı. 7099 sayılı kanun ile daha önce yaşanan olumsuz durumların önüne geçebilmek için mimari projenin malikler tarafından onayı yetkili kurum nezdinde ve denetiminde gerçekleştirilmekte ve böylelikle herhangi bir uyuşmazlığa mahal verilmeden yetkili kurum projeyi onaylayabilmektedir.

7099 sayılı kanun ile 12. Maddede yapılan diğer bir değişiklik ise onaylanan mimari projenin elektronik ortamda tapu müdürlüğüne gönderilmesinin emredilmesiyle ilgilidir. Bahsedilen değişiklik özellikle onaylı mimari projenin tapu müdürlüğüne teslim edilmesi sürecinde değişikliğe uğramasından dolayı onay veren kurumdaki mimari projenin aslı ile kadastral kayıtlarda yer alan mimari proje arasında oluşan uyuşmazlıkların önüne geçilmesini amaçlamaktadır.

Mimari projelerin elektronik ortamda tapu müdürlüğüne gönderilmesiyle ilgili değişiklikle ilişkili olarak TKGM’nin 2017 yılında yayımladığı 2017/6 Sayılı Genelge oldukça önem arz etmektedir. Bahsedilen genelgede *“Özellikle konut sektörünü doğrudan etkileyen kat irtifakı ve kat mülkiyeti işlemlerinde esas alınan mimari projelerin, belediye ve yetkili kurumlarca tapu müdürlüklerine güvenli elektronik ortamda kırtasiyecilikten uzak ve hızlı bir şekilde ulaştırılmasını temin etmek ve anılan projelerin elektronik ortamda saklanarak sektör temsilcileri ile paylaşılması önem arz*

etmektedir.” ifadesine yer verilerek mimari projelerin tapu müdürlüklerine elektronik ortamda gönderilmesinin önemi vurgulanmıştır. Aynı genelgede Tapu Sicili Tüzüğü’nde mimari projenin ana tapu sicili unsurlarından biri olarak sayıldığına değinilmiştir. Bunun yanında 6083 sayılı TKGM Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunu’nda yer alan “Genel müdürlük, sicillerin ve arşivin elektronik ortamda tutulmasına karar vermeye yetkilidir.” ifadesine atıf yapılarak sicillerin elektronik ortamda tutulmasına dair TKGM Tapu Daire Başkanlığı’na yetki verildiği aktarılmıştır. Bunun yanında genelgenin yayımlandığı zaman yürürlükte bulunan 10. Kalkınma Planı’nın e-devlet hizmetlerinin genişletilmesiyle ilgili maddelerine atıf yapılarak mimari projelerin elektronik ortamda toplanmasının da e-devlet dönüşümü kapsamında TKGM tarafından gerçekleştirilen projeler kapsamında önem arz ettiği aktarılmıştır. Sonuç olarak da genelgede “Kat irtifakı ve kat mülkiyeti işlemlerine esas olan mimari projelerin belediyeler veya diğer yetkili kurumlar tarafından, 634 sayılı Kat Mülkiyeti Kanunu’nun 12’nci maddesinde belirtilen özellikleri taşıyacak şekilde düzenlenerek, maliklerin imzası alındıktan ve ekli kılavuzda belirlenen standartlara uygun şekilde tarandıktan sonra güvenli elektronik ortamda tapu müdürlüklerine gönderilmesi” ifadesine yer verilmiştir. Genelgenin ekinde de TKGM tarafından yürürlüğe alınan elektronik belge yönetim sistemine ilişkin kılavuza yer verilmiştir. Bahsedilen genelgeyle ilişkili olarak KMK’de mimari projelerin elektronik ortamda tapu müdürlüğüne gönderilmesi hükme bağlanmıştır.

KMK’nin 12. Maddesiyle ilişkili olarak değinilmesi gereken bir diğer konu da aynı kanunun vaziyet plan ve projeleri başlıklı 68. Maddesidir. Kanunun toplu yapılarla ilgili bölümünde yer alan maddenin birinci fıkrası “*Toplu yapılarda; yapıların konumları, ortak nitelikteki yerler ve tesisler, bunların kullanılış amaç ve şekilleri, toplu yapı kapsamındaki parsel veya parsellerin tamamını kapsayacak şekilde, bir bütün olarak ilgili makamlarca onaylanmış imar plânı hükümlerine uygun olarak hazırlanmış vaziyet plânında ve projelerde belirtilir.*” şeklinde olup toplu yapılara ilişkin kat mülkiyeti ve kat irtifakı kurulumunda istenen belgelerden vaziyet planının içeriği detaylandırılmıştır. KMK’nin 12. Maddesi kapsamında vaziyet planlarının yapıların yerleşimlerini gösteren planlar olarak değerlendirilirken toplu yapılar bağlamındaki vaziyet planlarının yapıların konumları, ortak yer ve tesisler ile bunların kullanılış amaç ve şekillerini göstermesi gerektiği hükme bağlanmıştır.

KMK'nin 12. Maddesi ile ilgili olarak TKGM'nin "Talebe Bağlı İşlemler ile Tescile Konu Harita ve Planların Yapımı ve Kontrolü Genelgesi" konulu ve 1807 (2019/13) sayılı genelgesi ile 2021/4 sayılı genelgesi oldukça önem arz etmektedir. 1807 (2019/13) sayılı genelge 2019 yılında yayımlansa da 19.08.2021 ve 2157787 sayılı Makam Olur'u ile "Kat İrtifakı/Kat Mülkiyetine Konu Olan Yapıların Mimari Projesine ve Yapı Aplikasyon Projesine Göre Düzenlenmiş Üç Boyutlu Sayısal Modeli" başlıklı bir ek fıkra bahsi geçen genelgeye eklenerek kat irtifakı ve kat mülkiyeti kaydına ilişkin istenen belgelere resmi olarak 3B sayısal model de eklenmiştir. Sözü edilen genelgede *"Tapu Müdürlüğünce; kat irtifakı/kat mülkiyeti tesisi işlemlerinde, mimari proje, mimari projelerin onay sürecinde düzenlenmiş yapı aplikasyon projesi ile kat irtifakı/kat mülkiyetine konu yapının/yapıların mimari projelerinin Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü kurumsal sayfasında yayınlanan standartlarda hazırlanmış üç boyutlu sayısal yapı modeli, tapu işlemi esnasında güvenli elektronik ortamda kadastro müdürlüğüne gönderilir."* ifadesiyle kat irtifakı veya kat mülkiyeti tesisinde 3B sayısal yapı modelinin de istendiği belirtilmektedir. Yine aynı ek fıkroda kadastro müdürlüğü tarafından görevlendirilen harita kontrol mühendisi tarafından 3B sayısal yapı modelinin *"Her katta bağımsız bölüm sayısı ve numaralarıyla yapıda bulunduğu konumu, yapı aplikasyon projesindeki geometrisi yönleriyle yapı aplikasyon projesine ve mimari projesine uygunluğu, 2021/2 nolu genelgede belirtildiği üzere 7327 sayılı Kanunun yürürlük tarihi olan 19/06/2021 tarihinden önce düzenlenerek onaylanmış yapı aplikasyon projeleri hariç yapı aplikasyon projesinin 2021/2 nolu genelge eki Ek-1, Örnek-1 belgelerine göre düzenlendiği ve onaylandığı, yapının hangi parselde kaldığı ve parsel numarası kontrol edilir."* şeklinde kontrol edileceği aktarılmaktadır. Sözü edilen kontrol sonucunun kadastro müdürlüğünce kat irtifakı veya kat mülkiyeti işleminin devam edebilmesi için tapu müdürlüğüne bildirileceği ifade edilmektedir. Ek fıkroda ayrıca tescilin 2017/6 sayılı genelgeye göre gerçekleştirileceği ve ek olarak Tapu ve Kadastro Müdürlüklerince bağımsız bölümlerin brüt ve net yüzölçümlerine bir kontrol yapılmayacağı aktarılmıştır. İşlemin tesciliyle birlikte kat irtifakı ve kat mülkiyetine ilişkin işlemler ek fıkroda açıklanmaktadır. Kat irtifakı için; *"yapı aplikasyon projesine göre parselin tescilli haritası üzerine kesik çizgilerle kat irtifakına konu yapının sınırları işlenir. 3B boyutlu sayısal yapı Mekansal Gayrimenkul Sistemi (MEGSİS)'deki parselinin üzerine Genel Müdürlükçe belirlendiği şekilde üç boyutlu sayısal Kat İrtifaklı Yapı Modeli olarak indekslenerek işlenir."* şeklinde ifade edilirken

kat mülkiyeti için ise; “Doğrudan kat mülkiyeti tesisi işleminde; daha önce cins değişikliği işleminde paftasına, yapıya ilişkin çizimler işlenmiş olduğundan MEGSİS’de Genel Müdürlükçe belirlendiği şekilde 3B sayısal Kat Mülkiyetli Yapı Modeli olarak indekslenerek işlenir.” biçiminde ifade edilmiştir. Ek fıkra da son olarak kat irtifakı kurulu olan taşınmazlarda yapı veya yapıların tamamlanmasıyla cins değişikliği işleminin ilgili genelgedeki hükümlere göre yapılacağı aktarılıp “Cins değişikliği işlemi tescil edildiğinde paftasında, varsa kesik çizgilerle işlenmiş yapıya ilişkin çizimler düz çizgi olarak, yine MEGSİS’de kat irtifakına ilişkin 3B sayısal yapı modeli işlenmiş ise Genel Müdürlükçe belirlendiği şekilde 3B sayısal Kat Mülkiyetli Yapı Modeli olarak indekslenerek işlenir.” şeklinde yapılacak işlemler tanımlanmıştır.

Yukarıda açıklanan fıkranın TKGM tarafından ülke genelinde oluşturulması planlanan 3B kadastral veri tabanının bundan sonraki kat irtifakı veya kat mülkiyeti işlemleriyle güncelliğinin korunması bağlamında ihtiyaç duyulacak 3B sayısal yapı modellerinin elde edilmesi amacıyla ilgili genelgeye eklendiği söylenebilir. Ek fıkra da sözü edilen 3B sayısal model üretimi için kullanılacak standartların mevcut durumda devam eden 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi ve TKGM 3 Boyutlu Bilgi Sistemi kapsamında yüklenicilerden 3B CityGML modellerinin üretilmesinde kullanılması istenen standartlar olduğu değerlendirilebilir.

01.09.2021 tarihinde TKGM tarafından yayınlanan 2021/4 sayılı genelgede de kat irtifakı işlemlerinde istenen belgeler olarak mimari proje, yönetim planı, mimari projelerin onay sürecinde düzenlenmiş yapı aplikasyon projesi ve mimari projenin 3B sayısal yapı modeli yer almakta kat mülkiyeti işlemi için de bu belgelere ek olarak yapı kullanma izin belgesi ve zorunlu deprem sigortasının gerekli olduğu aktarılmaktadır.

Kat irtifakı ve kat mülkiyeti işlemlerinde istenen mimari projenin PAİY’de;

- “Vaziyet planı,
- Kat irtifakına ve kat mülkiyetine esas paylaşım tablosu,
- Bağımsız bölümler ile ortak alanların brüt inşaat alanı, eklentiler ve toplam yapı inşaat alanının yer aldığı metrekare cetveli,
- Bodrum katlar dâhil olmak üzere bütün kat planları,
- Çatı planı,

- Kat ve çatı planlarına ilişkin bir tanesi ortak merdivenden geçmek üzere en az iki adet kesit ve yeteri sayıda görünüş,
- Toprak kazı hesabı,
- Gerekğinde sistem kesitleri ve nokta detayları bulunan avan proje ve uygulama projeleri,
- Otopark, sığınak ve ağaç hesaplarından”,

oluştugu belirtilmektedir.

Vaziyet planlarının yanı sıra kat irtifakı ve kat mülkiyeti işlemlerinde kullanılan diğer bir önemli belge ise bağımsız bölüm planlarıdır. Bahsedilen planlar 2008 yılında 26980 Sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan ve taşınmazların tapu tesciline ilişkin işlemlerde kullanılacak resmi ölçüme dayalı planlara ilişkin hükümleri içeren Tapu Planları Tüzüğü ile resmîyet kazanmıştır. Bahsedilen tüzükte bağımsız bölüm planı; *“Kat irtifakı veya kat mülkiyeti kurulmasına esas teşkil eden taşınmaz üzerine inşa edilecek yapı ve eklentilerin, bağımsız bölümlerin konumlarını ve numaralarını ruhsatına, projelerine, vaziyet plânındaki ölçülerine ve teknik yöntemine uygun olarak sayısal ve çizgisel şekilde gösteren plân ve projesi”* olarak ifade edilmektedir. Bağımsız bölüm planlarından tapu sicil kaydına ilişkin farklı uygulamalarda yararlanılmaktadır. Örneğin Talebe Bağlı İşlemler ile Tescile Konu Harita ve Planların Yapımı ve Kontrolü Genelgesi’nde *“Bağımsız bölüme ilişkin yer gösterme taleplerinde, görevli kadaströ teknik personeli veya lisanslı büro teknik personeli tarafından bağımsız bölümün bulunduğu parseli gösterir pafta örneği ile bağımsız bölüm planı ve vaziyet planı örneği kadaströ müdürlüğü arşivinden alınarak mahallinde ilgisine gösterilir.”* şeklinde yer aldığı üzere bağımsız bölümlere ilişkin yer gösterme taleplerinde bağımsız bölüm planlarından faydalanılmaktadır. Bunun yanı sıra yine TKGM’nin yayımladığı 1808 (2019/14) sayılı genelgede hükme bağlandığı üzere hatalı blok ve bağımsız bölüm numaralarının düzeltilmesi işlemlerinde bağımsız bölüm planları kullanılmaktadır. Şekil 3.22 sözü edilen genelgenin eki olarak paylaşılan örnek bağımsız bölüm planını göstermektedir.

(EK-5)

BAĞIMSIZ BÖLÜM PLANI						
İLİ		ANKARA				
İLÇESİ		MAMAK				
MAH/KÖY		GÜLVEREN				
PAFTA NO		64K1-3-c				
ADA/PARSEL		3462/16				
KAT ADEDİ		A BLOK 5 KAT				
KAT	BAĞIMSIZ BÖLÜM NO	KONUM	NİTELİK	PROJE YÜZÖLÇÜMÜ	TABAN KODU	
ZEMİN	1	KD	Dükkan		+0.50m.	
	2	GD	Dükkan			
	3	GB	Dükkan			
	4	KB	Dükkan			
1. KAT	5	KD	Mesken		+3.00m.	
	6	GD	Mesken			
	7	GB	Mesken			
	8	KB	Mesken			
2. KAT	9	KD	Mesken		+6.00m.	
	10	GD	Mesken			
	11	GB	Mesken			
	12	KB	Mesken			
3. KAT	13	KD	Mesken		+9.00m.	
	14	GD	Mesken			
	15	GB	Mesken			
	16	KB	Mesken			
4. KAT	17	KD	Mesken		+12.00m.	
	18	GD	Mesken			
	19	GB	Mesken			
	20	KB	Mesken			

1 / 50

PARSEL VE PROJE KOORDİNATLARI		
NoktaNo	Y	X
1	347175.72	4037207.28
2	347185.72	4037207.28
3	347195.72	4037207.28
4	347195.72	4037197.28
5	347205.72	4037197.28
6	347205.72	4037187.28
7	347205.72	4037177.28
8	347195.72	4037177.28
9	347195.72	4037167.28
10	347185.72	4037167.28
11	347175.72	4037167.28
12	347175.72	4037177.28
13	347165.72	4037177.28
14	347165.72	4037187.28
15	347165.72	4037197.28
16	347175.72	4037197.28
50	347160.56	4037211.08
51	347213.21	4037211.06
52	347213.21	4037176.99
53	347216.35	4037176.99
54	347216.35	4037163.46
55	347160.35	4037163.45

		KD	KUZEYDOĞU
		GD	GÜNEYDOĞU
		GB	GÜNEYBATI
		KB	KUZEYBATI

	DÜZENLEYEN	UYGUNDUR BELEDİYE / ÖZEL İDARE	
		KONTROL EDEN	ONAYLAYAN
ADI SOYADI			
TARİH			
İMZA			

Şekil 3.22 : Örnek bağımsız bölüm planı.

PAİY'nin 57. maddesinin dördüncü fıkrasında yapı aplikasyon projesi *“parsele ait aplikasyon krokisine dayanılarak ve vaziyet planına göre yapının araziye aplikasyonunu sağlamak üzere, yürürlükteki imar planında gösterilen ya da planda belirtilmemiş ise bu Yönetmelikte belirlenen yapı yaklaşma mesafeleri, yapı projelerine göre köşe koordinatları ve röper noktaları ülke koordinat sistemine işlenmek üzere harita mühendislerince hazırlanıp imzalanan projeyi”* olarak ifade edilmektedir.

PAİY'nin 57. maddesinin üçüncü fıkrasında ise;

- “Parsel alanının,
- Parseldeki her bir binanın emsale konu alan büyüklüğünün,
- Parseldeki tüm binaların toplam emsale konu alan büyüklüğünün,
- Yapı inşaat alanının,
- Toplam yapı inşaat alanının,
- Binanın ve binaların taban alanının ve taban alanı katsayısının,
- Kat alanı katsayısının (emsal),
- Parsel üzerindeki yapıların blok numaralarının,
- Bloklardaki bağımsız bölüm numaralarının,
- Her bağımsız bölümün; bağımsız bölüm net alanının, eklenti net alanının, bağımsız bölüm brüt alanının, eklenti brüt alanının, bağımsız bölüm genel brüt alanının, bağımsız bölüm toplam brüt alanının”,

ruhsat eki onaylı mimari projede yer almasının zorunlu olduğu belirtilmiştir.

Yine aynı fıkarda *“imar planındaki kat adedine esas kot alınan noktaya ilişkin bilgilerin, bina derinliğinin, çıkma izdüşümleri ve yapı yaklaşma mesafelerinin, tabi zemin ve tesviye edilmiş zemine ilişkin kotların, bina ve yapı yükseklik ve kotlarının ise hem mimari projede hem de aplikasyon projesinde, 4'üncü maddedeki tanımlara, imar planına ve tapu kayıtlarına uygun olarak gösterilmesi zorunludur.”* ifadesi yer almaktadır.

Yapı aplikasyon projelerinin hazırlanmasına ilişkin olarak HKMO tarafından 2016 yılında “Yapı Aplikasyon Projesi Yapımı ve Uygulanması ile Fenni Mesuliyet

Üstlenilmesi Esasları Şartnamesi” yayımlanmıştır (HKMO, 2016). Şartnamenin 1. Maddesinde “*Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği esaslarına göre Harita Mühendisince ruhsata esas yapı projelerine göre yapının, bağımsız bölümlerinin, eklentilerinin, müştemilatın, teknik altyapıların köşe ve kırık noktalarının elektronik ortamda sayısal olarak bilgi sistemlerine esas koordinatlarının üretilmesini, Yapı Aplikasyon Projesi düzenlenmesini ve yapının, eklentilerinin, müştemilatın, teknik altyapıların ruhsat eki projelerine göre aplikasyonunun yapılarak yürürlükteki yasa, imar planı, yönetmelik, şartname ve standartlara uygun olarak inşa edilmelerini ve fenni mesuliyet üstlenilmesini sağlamaktır.*” olarak yer aldığı üzere şartname yapı aplikasyon projesine ihtiyaç duyulan mülkiyete dair işlemlerde bahsedilen projelerin harita/geomatik mühendisleri tarafından hazırlanmasını belirli bir standarda bağlamaktır. Kat mülkiyeti kurulumunda daha önce de belirtildiği üzere bağımsız bölümlerin yapı inşaat alanlarının da projede yer alması gerekmektedir. Bu bağlamda Çizelge 3.2 ülkedeki farklı mevzuatlardaki yapı inşaat alanı tanımlarını listelemektedir. Bağımsız bölümlerin alanlarına dair en ayrıntılı tanımlamalar ise Çizelge 3.3’de görülebileceği üzere PAİY’de yer almaktadır.

Çizelge 3.2 : Farklı mevzuatlardaki yapı inşaat alanı tanımları.

Mevzuat	Tanım
4708 sayılı Yapı Denetimi Hakkında Kanun	“Işıklıklar hariç, bodrum kat, asma kat ve çatı arasında yer alan mekanlar ve ortak alanlar dahil yapının inşa edilen tüm katlarının alanını”
Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği	“Işıklıklar ve avlular hariç olmak üzere, bodrum kat, asma kat ve çatı arasında yer alan mekânlar, çatı veya kat bahçeleri, çatıda, katta ve zemindeki teraslar, balkonlar, açık çıkmalar ile binadaki ortak alanlar dâhil yapının inşa edilen bütün katlarının alanını”
Plansız Alanlar İmar Yönetmeliği	“Bodrum kat, asma kat ve çatı arasındaki piyesler dahil, yapının inşa edilen tüm katlarının toplam alanıdır. Işıklıklar, hava bacaları, saçaklar, bina dışında tertiplenen yangın merdivenleri hariç, ortak alanlar bu alana dahildir.”
Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği	“Işıklıklar hariç olmak üzere, bodrum kat, asma kat ve çatı arasında yer alan mekanlar ve ortak alanlar dahil yapının inşa edilen bütün katlarının alanını”

Çizelge 3.3 : Bağımsız bölümlerin alanlarına ilişkin PAİY’de yer alan tanımlar.

Alan Türü	Tanım
Bağımsız bölüm brüt alanı	“Şaftlar, ışıklıklar, hava bacaları, galeri boşlukları hariç, bağımsız bölümün dış konturlarının çevrelediği alanı (Dış cephe haricindeki bölümlerdeki dış kontur, duvar orta aksı olarak belirlenir. Bağımsız bölümün eklentileri ayrıca belirtilmek zorundadır. Bağımsız bölümün içten bağlantılı olarak çatı araları dâhil birden fazla katta yer alan mekânlardan oluşması halinde bu katlardaki bağımsız bölüme ait alanlar birlikte değerlendirilerek bağımsız bölüm brüt alanı bulunur.)”
Bağımsız bölüm genel brüt alanı	“Bağımsız bölüm toplam brüt alanına bağımsız bölüme ortak alanlardan düşen payların da eklenmesi suretiyle hesaplanan genel brüt alanı”
Bağımsız bölüm net alanı	“İçerden bağlantılı piyesleri ile birlikte bağımsız bölümün içerisindeki boşluklar hariç, duvarlar arasında kalan temiz alanı (Bu alana; kapı ve pencere eşikleri, 2.5 santimetreyi geçmemek koşuluyla sıva payları, kolonlar, duman, çöp, atık, tesisat ve hava bacaları ile ışıklıklar, bağımsız bölüm içindeki asansör ve galeri boşlukları, tesisat odası, merdivenlerin altlarında 1.80 metre yüksekliğinden az olan yerler, tek bağımsız bölümlü müstakil binalarda bağımsız bölüm içindeki otopark, sığınak, odunluk, kömürlük, hidrofor ve arıtma tesisi alanı, su ve yakıt deposu ve kazan dairesi dâhil edilmez. Açık çıkmalar, balkonlar, zemin, çatı ve kat terasları, kat ve çatı bahçeleri gibi en az bir cephesi açık olan mekânlar ile aynı katta veya farklı katta olup bağımsız bölümün eklentisi olan mekânlar ile ortak alanlar bağımsız bölüm net alanı içinde değerlendirilmez. Bağımsız bölümün içten bağlantılı olarak çatı araları dâhil birden fazla katta yer alan mekânlardan oluşması halinde bu katlardaki bağımsız bölüme ait alanlar birlikte değerlendirilerek bağımsız bölüm net alanı bulunur.)”
Bağımsız bölüm toplam brüt alanı	“Bağımsız bölüm brüt alanına bu bölüme ait eklenti veya eklentilerin brüt alanının ilave edilmesiyle hesaplanan toplam brüt alanı”
Eklenti brüt alanı	“Sadece bağımsız bölüme ait olup bu bölümün kullanımı ve tasarrufunda bulunan, bağımsız bölümün içinde olmayıp, aynı katta veya farklı katta yer alan ve girişi bağımsız bölümden ayrı olan mekânların bağımsız bölüm brüt alanının belirlenen esaslar dikkate alınarak hesaplanacak alanı”
Eklenti net alanı	“Sadece bağımsız bölüme ait olan ve içerden bağlantısı bulunmayan, aynı veya farklı katlarda olup ayrı girişi bulunan mekânların, içindeki duvarlar arasında kalan ve bağımsız bölüm net alanında belirlenen esaslara göre hesaplanan temiz alanı”

Şekil 3.23’den de görülebileceği üzere yapıya ilişkin alan bilgileri bağlamında yapı ruhsatı formunda da “yapı ile ilgili özellikler” kısmında “yapıda bağımsız bölüm sayısı”, “yapıda konut birimi sayısı”, “toplam bağımsız bölüm sayısı” gibi bölümler yer almaktadır. Şekil 3.24’de ise yapı kullanma izin belgesi formunda “konut ile ilgili özellikler” kısmında yapıda bulunan dairelerin oda sayılarına göre adetleri ve yüz ölçümleri yer almaktadır.

Yapı İle İlgili Özellikler							
55. Benzer yapı sayısı	56. Yapıda bağımsız bölüm sayısı	57. Yapıda konut birimi (daire) sayısı	58. Yapının taban alanı (m²)	59. Yapı inşaat alanı (m²)			
60. Toplam yapı sayısı	61. Toplam bağımsız bölüm sayısı	62. Toplam konut birimi (daire) sayısı	63. Toplam taban alanı (m²)	64. Toplam yapı inşaat alanı (m²)			
65. Yapının yol kotu altı kat sayısı	66. Yapının yol kotu üstü kat sayısı	67. Yapının toplam kat sayısı	68. İlave kat sayısı				
69. Yapının yol kotu altı yüksekliği (m)	70. Yapının yol kotu üstü yüksekliği (m)	71. Yapının toplam yüksekliği (m)	72. İlave kat yüksekliği (m)				
73. Yapının sınıfı	74. Yapının grubu	75. Grup no	76. 1 m² maliyeti (TL)	77. Yapının maliyeti (TL)	78. Yapının arsa değeri (TL)	79. Arsa dahil yapının maliyeti (TL)	80. Form düzenlenen kısmın maliyeti (TL)

Şekil 3.23 : Yapı ruhsatı formunun “yapı ile ilgili özellikler” kısmı.

Konut İle İlgili Özellikler								
	97. Konutun salon dahil oda sayısı							TOPLAM
	1	2	3	4	5	6	7+	
98. Daire sayısı								
99. Parke olan daire sayısı								
100. Bir dairenin yüzölçümü								

Şekil 3.24 : Yapı kullanma izin belgesi formunun “konut ile ilgili özellikler” kısmı.

Kat mülkiyeti tapu senedine ilişkin olarak da 2018 yılında tapu senetlerine ilişkin düzenleme yapıldığı not edilebilir. Bu bağlamda Şekil 3.25 düzenleme yapılmadan önce kullanılan tapu senedi örneğini içermektedir. Şekilden de görülebildiği üzere tapu senedinde bağımsız bölümlerin yüzölçümüne ilişkin bir bilgi bulunmamaktadır. Yapılan düzenlemeyle mevcut durumda kullanılan tapu senetlerinde bağımsız bölümlerin PAİY’deki tanımlarına göre yapıların onaylı mimari projelerinde gösterilen net ve brüt yüzölçümlerinin de yer aldığı Şekil 3.26’dan görülebilmektedir.

ANA GAYRİMENKULÜN	İli			Türkiye Cumhuriyeti  TAPU SENEDİ				
	İlçesi							
	Mahallesi							
	Köyü							
	Sokağı							
	Mevkii							
Pafta No.	Ada No.	Parsel No.	Niteliği	Yüzölçümü		ha	m²	dm²
		8	1,2,3,4,5,6,7,8,9 BLOKLU 3'ER KATLI BETONARME BİNA	7.909,00 m2				
Sınırı	Planındadır			Zemin Sistem No : 33628079				
KAT MÜLKİYETİ ☒			KAT İRTİFAKI ☐			DEVRE MÜLK ☐		
Satış Bedeli		Niteliği		Arsa Payı	Blok No.	Kat No.	Bağımsız Bim. No.	
0,00		Mesken----		120000/24296448 3 18	ZEMİN	2		
Kİ dan KM ne Geçiş Ve Cins Değişikliği işleminden.								
Edinme Sebebi								
Sahibi								
Geldisi		Yevmiye No.	Cilt No.	Sahife No.	Sıra No.	Tarihi	Gittisi	
Cilt No.				6140		23/09/2010	Cilt No.	
Sahife No.		Siciline Uygundur.					Sahife No.	
Sıra No.							Sıra No.	
Tarih		NOT: * Mülkiyetin gayri ayni haklar ile beraber son tapu kütüğüne müracaat edilmelidir. ** Tebliğat Kanunu hükümleri gereğince adres değişikliği ilgili Tapu Sicil Müdürlüğüne bildirilecektir.					Tarih	

SHÇEK - 50. YIL Döner Sermaye İşletmesi tarafından bastırılmıştır. Stok No 199

Şekil 3.25 : Düzenlemeden önceki kat mülkiyeti tapu senedi örneği.



TÜRKİYE CUMHURİYETİ TAPU SENEDİ

TAŞINMAZ BİLGİLERİ	İl:			
	İlçe:			
	Mahalle/Köy:			
	Ada:	Parsel:		
	Yüz Ölçümü: 125.65 m2			
Niteliği:	1 BODRUM ZEMİN VE 3 NORMAL KATLI ÇATI ARALI BETONARME BİNA VE ARSASI			
BAĞIMSIZ BÖLÜM	Niteliği:	Arsa Payı:	Proje m²:	
	DAİRE	50/200		
	Blok/Giriş/Kat No:	Bağımsız Bölüm No:	Cilt/Sayfa No:	
	/ 2.NORMAL	4		
MALİK BİLGİLERİ	Adı Soyadı/Baba Adı:	Hissesi:		
		Tam		
TESCİL İLİŞKİN BİLGİLER	Taşınmaz Tipi/No:	Edinme Nedeni:	İşlem Bedeli:	
	- KatMülkiyeti	Kat İrtifakı Tesisi		
	Konum Bilgisi:	Tescil Tarihi/Yevmiye No:	Siciline Uygundur	
		24.05.2010 -	Veriliş Tarihi: Web- Tapu Sistemi Üzerinden Üretilmiştir. Resmi Belgedir.	

Bu belgeyi akıllı telefonunuzdan karekod tarama programları ile yukarıdaki barkodu taratarak; veya Web Tapu anasayfasından (<https://webtapu.tkgm.gov.tr> adresinden) kodunu Online işlemler alanına yazarak doğrulayabilirsiniz.

Mülkiyetin dışındaki aynı ve şahsi haklar ile şerh ve belirtmeler için tapu siciline müracaat edilmesi gerekmektedir.

Şekil 3.26 : Mevcut durumda kullanılan tapu senedi örneği.

KMK'nin Sözleşme ve Tescil başlıklı 13. Maddesi kat mülkiyeti kurulması durumunda kadastral kayıt belgelerinde hangi değişikliklerin yapılacağını açıklamaktadır. Bu bağlamda maddenin birinci fıkrası “*Tapu memuru kendisine verilen belgelerin tamam ve usulüne uygun ve dilekçeyi verenlerin veya istemde*

bulunanların yetkili olduklarına kanaat getirdikten sonra, kat mülkiyeti veya kat irtifakı kurulmasına dair resmi sözleşmeyi düzenler. Bu sözleşme aynı zamanda tescil istemi sayılır.” hükmüyle tapu memurunca sözleşmenin hangi durumda hazırlanacağını hükme bağlamaktadır. 13. Maddenin ikinci ve üçüncü fıkraları 2007 yılında 5711 sayılı kanun ile değiştirilmiştir.

Maddenin ikinci fıkrası *“Sözleşme düzenlenince kat irtifakının kat mülkiyetine çevrilmesinde kat irtifakının kayıtlı olduğu kat mülkiyeti kütüğü sayfasındaki, doğrudan doğruya kat mülkiyetinin kurulması halinde ise anagayrimenkulün kayıtlı bulunduğu tapu kütüğü sayfasındaki mülkiyet hanesine "Bu gayrimenkulün mülkiyeti kat mülkiyetine çevrilmiştir." ibaresi yazılarak, sayfa anagayrimenkulün leh ve aleyhine tesis edilecek irtifak hakları dışındaki işlemlere kapatılır ve kat mülkiyetine konu olan her bağımsız bölüm, kat mülkiyeti kütüğünün ayrı bir sayfasına o bölüme bağlı arsa payı ve anagayrimenkulün kayıtlı bulunduğu genel kütükteki pafta, ada, parsel, defter ve sayfa numaraları gösterilmek suretiyle tescil edilir; anagayrimenkulün kayıtlı bulunduğu genel kütük sayfasına da, bağımsız bölümlerin kat mülkiyeti kütüğündeki defter ve sayfa numaraları işlenmek suretiyle, kütükler arasında bağlantı sağlanır.”* şeklinde olup kat mülkiyeti kurulması halinde anagayrimenkule ait tapu kütüğü sayfasının kapatılarak kat mülkiyeti kurulan her bir bağımsız bölümün kat mülkiyeti kütüğünün ayrı sayfalarına tescil edilmelerini ve kat mülkiyeti kütüğünde oluşturulan yeni tescillerin defter ve sayfa numaralarının da anagayrimenkulün kayıtlı olduğu sayfaya işlenmesi emredilmektedir.

13. Maddenin ikinci fıkrası da *“Anagayrimenkulün sayfasında evvelce mevcut olan haklara ait sicil kaydı, irtifak hakları hariç, bağımsız bölümlerin kat mülkiyeti kütüğündeki sayfasına geçirilir. Anagayrimenkulün mülkiyetinin kat mülkiyetine çevrilmesinden sonra, anagayrimenkulün leh ve aleyhine tesis edilecek irtifak hakları da anagayrimenkulün tapu kütüğü sayfasına tescil edilir ve kat mülkiyeti kütüğünün beyanlar hanesinde belirtilir.”* şeklinde olup anagayrimenkule ait sicil kaydının irtifak hakları hariç tutulmak üzere bağımsız bölümlere ait kütüklere geçirileceğini ve bunun yanı sıra kat mülkiyeti kurulumunda sonra anagayrimenkule ait irtifak haklarının da tapu kütüğüne tescil edilip kat mülkiyeti kütüğünün beyanlar hanesinde belirtilmesiyle kadastral kayıtların hem açık olması hem de güvenilir olması sağlanmaktadır. Aynı maddenin dördüncü fıkrasında ise her bir bağımsız bölümün kat mülkiyeti kütüğüne tescil edildiğinde ayrı bir gayrimenkul niteliği kazandığı ve tescil edildiği kütükteki

bölümün tasdikli planındaki numaraya sahip olduğu ifade edilmektedir. 13. Maddenin son fıkrasında ise *“Kat malikine, anagayrimenkulün çaplı tasarruf belgesinden başka, istem halinde, 12’nci maddenin (a) bendinde belirtilen projeden kendi bağımsız bölümüne ait olan kısmının tasdikli bir örneği de verilir.”* hükmüyle bağımsız bölümlerin yapıda yer alan mevcut kapı numaralarıyla tapu kütüğü veya mimari projede yer alan numaralarının farklı olması durumunda oluşabilecek uyuşmazlıkların önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

KMK’nin 14. Maddesi kat irtifakının kurulmasına ilişkin hükümleri içermektedir. Bahsedilen madde 5711, 5912 ve 7099 sayılı kanunlarla değişikliğe uğramıştır. 14. Maddenin birinci fıkrası *“Henüz yapı yapılmamış veya yapısı tamamlanmamış bir arsa üzerinde kat irtifakının kurulması ve tapu siciline tescil edilmesi için o arsanın malikinın veya bütün paydaşlarının buna ait istem ile birlikte 12’nci maddenin birinci fıkrasının (a) bendine uygun olarak düzenlenen, yetkili kamu kurum ve kuruluşlarınca anagayrimenkulün maliki veya bütün paydaşlarının imzaları alınarak onaylanan ve elektronik ortamda tapu müdürlüğüne gönderilen proje ile (b) bendindeki yönetim plânını tapu idaresine vermeleri lazımdır. Kat mülkiyetine geçişte ayrıca yönetim plânı istenmez.”* şeklinde olup KMK’nin kat mülkiyeti kurulmasındaki istem ve belgelerle ilişkili olan 12. Maddesine atıf yapmaktadır. 14. Maddenin birinci fıkrası 5711 sayılı kanunla değişikliğe uğradığında başvuru sırasında dilekçe zorunluluğu 12. Maddeye paralel olarak kaldırılmıştır. Yine 12. Maddedeki değişikliklerle paralel olarak 5711 sayılı kanunla kat irtifakı kurulumunda istenen belgelere dair birinci fıkra düzenlenmiştir. 5912 sayılı kanunla da benzer şekilde 12. Maddede değişiklik yapıldığından 14. Maddenin de birinci fıkrasında değişiklik yapılmıştır. 14. Maddenin son halini belirleyen 7099 sayılı kanunla da birinci fıkrada 12. Maddede olduğu gibi yetkili kurum denetiminde maliklerce onaylanan mimari projelerin elektronik ortamda tapu müdürlüklerine gönderilmesi ifadesi yer almaktadır.

14. Maddenin ikinci fıkrası *“Bir arsa üzerinde kat irtifakları ancak sözleşmede veya dilekçede her kat irtifakının ilgili bulunduğu bağımsız bölüme tahsisi istenen arsa payı, arsanın kayıtlı olduğu kütüğün (Beyanlar) hanesinde belirtilmek suretiyle kurulur ve yapının, verilen projeye göre tamamlanmasından sonra kat mülkiyetine konu olacak bağımsız bölümlerinin numarası ve bu bölümlere bağlı eklentiler kütüğün beyanlar hanesinde belirtilir”* şeklinde olup kat irtifakı kurulumunda tapu kütüğüne kayıt işlemlerini içermektedir. Mevcut durumda KMK’nin 14. Maddesi iki fıkradan

oluşmaktadır. Daha öncesinde maddenin üçüncü fıkrası kat irtifaklarının kat mülkiyetine çevrilmesi için kat irtifakı sahiplerinin tapu müdürlüğüne başvuruda bulunması yükümlülüğünü ifade etmekteydi. Ancak uygulamada bu durumun fazlaca iş yükü getirmesi sebebiyle birçok tamamlanmış yapı kat mülkiyetine geçirilememekteydi. Bu durumu çözüme kavuşturabilmek adına 5711 sayılı kanunla 14. Maddeye ek bir fıkra eklenerek tamamlanmış bir anagayrimenkulün kat irtifakından kat mülkiyetine geçişi yapı kullanma izin belgesinin alındığı tarihten bir sene içerisinde yapılmak üzere zorunlu kılınmış ve bu yükümlülük yerine getirilmediğinde idari para cezası verileceği ifade edilmiştir. Ancak 5912 sayılı kanunla 14. Maddenin 5711 sayılı kanunla eklenen dördüncü fıkrası yürürlükten kaldırılmış, üçüncü fıkrası *“Yapının tamamlanmasından sonra kat irtifakının kat mülkiyetine çevrilmesi, kat irtifakının tesciline ait resmi senede ve 12’nci maddede yazılı belgelere dayalı olarak, yetkili idarece yapı kullanma izin belgesinin verildiği tarihten itibaren altmış gün içinde ilgili tapu idaresine gönderilmesi üzerine resen yapılır.”* şeklinde değiştirilerek kat irtifakından kat mülkiyetine geçiş işlemi zorunluluktan çıkarılıp idari işleme çevrilmiştir. 2021 yılında ise 7327 sayılı kanun ile 14. Maddenin üçüncü fıkrası da yürürlükten kaldırılmıştır.

Kat mülkiyetinin sona ermesi

KMK’nin altıncı bölümü kat mülkiyeti ve kat irtifakının sona ermesiyle ilgili hükümleri içermektedir. Bu anlamda kanunun 46. Maddesi anagayrimenkulün arsasıyla birlikte yok olması veya kamulaştırılması ise kat mülkiyetinin sona erebileceği hükümlerini belirtmektedir. Maddenin birinci fıkrası *“Kat mülkiyeti, kat mülkiyeti kütüğündeki sicil kaydının silinmesiyle sona erer.”* şeklinde olup sicil kaydının silinmesiyle kat mülkiyetinin sona erdiğini ifade etmektedir. Maddede ayrıca anagayrimenkule ait tüm bağımsız bölümlere tek bir kişinin malik olması durumunda kat mülkiyetinin sona ermeyeceği hükmedilmektedir. Bu duruma ilişkin hükümler üçüncü fıkra olarak *“Sicil kaydı, bütün kat maliklerinin veya bütün bağımsız bölümleri kendi mülkiyetinde toplamış bulunan malikin, anagayrimenkuldeki kat mülkiyetinin adi mülkiyete çevrilmesine ait yazılı istemi üzerine silinir ve o gayrimenkul, müstakil bölümlere bağlı arsa paylarına göre, genel kütükte yeni bir sayfaya geçirilerek ve eski kayıtlarıyla bağlantı sağlanmak suretiyle tescil olunur. Anagayrimenkulün niteliğinde kat mülkiyetinin kurulmasından sonra değişiklikler olmuşsa, yeni sicil kaydına bunlar da yazılır.”* şeklindedir. Maddenin dördüncü ve beşinci fıkraları bağımsız bölüm

üzerinde aynı veya tescil edilmiş şahsi bir hak olması durumundaki hükümleri ifade etmektedir. 46. Maddenin altıncı fıkrası *“Anagayrimenkulün arsasıyla birlikte tamamen yok olması veya kamulaştırılması halinde sicil kaydının silinmesi genel hükümlere göre yapılır.”* şeklinde olup kat mülkiyetinin sona ermesi için iki özel durumu kapsamaktadır. Aynı maddenin yedinci fıkrası *“Anagayrimenkul kamulaştırılırsa, her bağımsız bölümün kamulaştırma bedeli bağlantılı bulunduğu arsa payı ve eklentileri de göz önünde tutularak ayrı ayrı takdir olunur ve o bölümün malikine ödenir.”* şeklindedir ve kamulaştırma durumunda bağımsız bölüm bedellerinin ödenmesine ilişkin hükümleri içermektedir.

KMK'nin 47. Maddesinde ana yapının harap olması bağlamında kat mülkiyetinin sona ermesine ilişkin hükümler yer almaktadır. Bu anlamda maddenin birinci fıkrası *“Ana yapının tümü harap olmuşsa, anagayrimenkul üzerindeki kat mülkiyeti kendiliğinden sona erer.”* şeklinde olup ana yapının tamamının yol olması durumunda kat mülkiyetinin de doğrudan sona ereceğini emretmektedir. Maddenin ikinci fıkrasında ise ana yapıdaki tek bir bağımsız bölümün harap olmasına ilişkin hükümler *“Ana yapının bağımsız bölümlerinden biri tamamen harap olur ve o bölümün maliki iki yıl içinde bölümünü yeniden yaptırmazsa, diğer kat malikleri veya bunlardan bir kısmı, bu sürenin tamamlanmasından başlayarak bir yıl içinde o bölüme ait arsa payının, değeri karşılığında ve arsa payları oranında kendilerine devredilmesini hâkimden isteyebilirler. Bu halde devrolunan arsa payları kat mülkiyeti kütüğünün ilgili sayfalarının (Beyanlar) hanesine işaret olunur; arsa payını devralanlar, devraldıkları tarihten başlayarak iki yıl içinde, harap olan bağımsız bölümü yeniden yaptırmaya veya aynı süre içerisinde bütün kat malikleri bağımsız bölümlere bağlı arsa paylarını bu kanunun 3'üncü maddesinin 2'nci fıkrasındaki esaslara göre yeniden hesaplayarak kat mülkiyeti kütüğüne geçirtmeye mecburdurlar.”* şeklinde ifade edilmektedir. Üçüncü fıkra ikinci fıkranın devamı niteliğinde olup üçüncü fıkradaki hükümlere uyulmadığında kat mülkiyetinin kendiliğinde sona erip ortak mülkiyet hükümlerinin uygulandığını aktarmaktadır. Aynı maddenin dördüncü fıkrasında birden çok sayıda harap olan bağımsız bölümün yeniden yapılmasının başka bağımsız bölümlere bağlı olması durumuna ilişkin hükümleri kapsamaktadır. 47. Maddenin altıncı fıkrası *“Harap olan bağımsız bölümler üzerindeki kat mülkiyeti bu maddede yazılı süreler devamınca kendiliğinden kat irtifakına çevrilir ve kat mülkiyeti kütüğünde beyanlar hanesine geçici şerh verilir. Bağımsız bölüm yapılıncaya onun üzerindeki kat mülkiyeti*

yeniden doğar ve geçici şerh kütükten silinir.” şeklinde olup harap olan bağımsız bölümlerin mülkiyetinin kat irtifakına dönüşü yeniden yapıldıklarında tekrar kat mülkiyetine dönüştüğünü ifade etmektedir. KMK’nin 48. Maddesinde anagayrimenkulün tamamı veya bir kısmının harap olması durumunda bu durumun yönetici tarafından ilgili kurum ve kişilere bildirilmesi yükümlülüğü ve tapu sicilinde uygulanması gereken işlemler aktarılmaktadır.

KMK’nin 49. Maddesi ise kat irtifakının sona ermesiyle ilgili hükümleri kapsamaktadır. Bununla ilişkili olarak maddede yazılı bir beyanla kat irtifakının istenildiği zaman sona erdirilebileceği aktarılmaktadır. Bunun yanı sıra eğer kat irtifakına konu olan arsa tamamen yok olduğunda veya üzerinde herhangi bir yapı inşa edilemeyecek duruma geldiğinde kat irtifakının kendiliğinde yok olduğu hükmedilmiştir. Aynı maddede eğer kat irtifakı kurulan arsa üzerinde beş yıl boyunca kat irtifakı planına göre bir yapı inşa edilmezse istem üzerinde sürenin uzatılması veya kat irtifakının sona erdirilmesine ilişkin sulh hâkimi tarafından karar verileceği aktarılmaktadır. 49. Maddenin dördüncü fıkrasında da kat irtifakı kaldırıldığında tapu kütüğündeki kaydın silineceği emredilmiştir.

3.1.2.2 Temel sorunlar ve iyileştirebilir yönler

Yukarıda açıklandığı üzere kentlerdeki nüfusun ciddi miktarda artış göstermesiyle yeni yapıların sayısında da önemli bir yoğunluk yaşanmıştır. Bununla birlikte kentlerdeki yapılaşmaya müsait alanların da kısıtlı olması sebebiyle yapılar hem fazla kat sayısına hem de daha karmaşık fiziksel bileşenlere ve yapılara sahip olmaktadır. Bu noktada da sözü edilen yapılara ilişkin olarak SSS’lerin yönetimi Bölüm 3.1.1’de örneklerle açıklandığı üzere çoğu ülkede küçük hukuki tanımlama farklılıklarına sahip olursa da kat mülkiyetiyle sağlanmaktadır. Türkiye’deki KMK de 1965 yılına dayanmakta ve kat mülkiyetine ilişkin uygulamalara ilişkin oldukça ayrıntılı hükümler içermektedir. İnşa edilmiş çevrenin karmaşılaşmasıyla da hem KMK hem de kat mülkiyetine ilişkin uygulamalarla ilgili hükümler içeren farklı mevzuatlar güncel durumları yönetme ve sorunlarla hukuki dayanaklar bağlamında başa çıkabilmek amacıyla değişikliğe uğramaktadır.

Kat mülkiyetine ilişkin olarak kaydedilmesi ve yönetilmesi gereken başlıca unsurlar olarak bağımsız bölümler, ortak yerler, eklentiler ve arsa payı sayılabilir. Toplu yapılar hariç olmak üzere bu unsurlardan ortak yerler tapuya tescil edilmemektedir. Bu

bağlamda çok katlı taşınmazlarda kat mülkiyetine konu olan hakların hem kaydı hem de yönetimi için bahsedilen yasal SSS'lerin ve ilişkili fiziksel bileşenlerinin eksiksiz ve anlaşılır bir şekilde betimlenmesi ihtiyacı hem dünyadaki farklı ülkelerde hem Türkiye'de açıkça görülmektedir.

Türkiye'de çok kısa süre öncesine kadar kat mülkiyeti kaydında taşınmazlar 3B olmasına rağmen 2B çizimler kullanılmaktaydı. Bağımsız bölümlere ilişkin 2B temsiller hem mevcut taşınmaz üzerindeki bağımsız bölümler ve hem de ilişkili eklentileri ile ortak yerlerin gösterimi için yetersiz kalabilmektedir. Bunun da ötesinde bağımsız bölümlere tahsis edilen eklentiler tapu kaydında beyanlar olarak kaydedilmekte ve bağımsız bölüm maliklerinin kullanım hakkına sahip oldukları eklentilere dair ayrıntılı bilgiye sahip olmaları oldukça zor olmaktadır. Örneğin otopark olarak tasarlanan bir alan hem ortak yer olarak kullanılabilmekte hem de belirli bir bağımsız bölümün kullanımına tahsis edilmiş olabilmektedir. Bununla birlikte eksiksiz ve gerçek durumu yansıtacak şekilde ortak yerlerle bilgi sahibi olunamamasından dolayı bahsi geçen yerlerle ilgili olarak çok sayıda hukuki anlaşmazlık yaşanabilmektedir. Örnek vermek gerekirse taşınmazda yer alan hangi duvarların ortak yerler kapsamında değerlendirileceği hangilerinin ise bağımsız bölümlerin kullanımına ait olduğu bilgisinin eksiksiz bir şekilde temsil edilip sunulabilmesi gerekmektedir.

Mevcut durumda bahsedilmesi gereken diğer bir konu da arsa paylarının belirlenmesinde kullanılan bağımsız bölümlerin değerlerinin belirlenmesiyle ilişkilidir. KMK'de daha önce yapılan değişikliklerle bağımsız bölümlerin konum ve büyüklükleri dikkate alınarak değerlerinin belirlenmesi hükme bağlanmıştır ancak Yargıtay içtihatlarında bu iki faktörün yanı sıra bağımsız bölümün kaçınıcı katta yer aldığı, cadde veya sokağa cephesi olup olmadığı, manzarası, güneşten yararlanma, rüzgâr gibi dış etkenlerden etkilenme oranlarının da dikkate alınması hükmedilmektedir. Bununla birlikte Emlak Vergisine Matrah Olacak Vergi Değerlerinin Takdirine İlişkin Tüzük'de de yer aldığı üzere bağımsız bölümlerin değerlerinin tespitinde farklı kriterlerin göz önünde bulundurulması gerektiği aktarılmaktadır. Sözü edilen çok sayıda kriterin farklı bağımsız bölümlere ilişkin değerlerinin belirlenmesinde 2B planların yetersiz kalması diğer bir konudur. Örnek vermek gerekirse bir bağımsız bölümün güneşten yararlanma veya rüzgârdan etkilenme oranlarının herhangi bir sayısal analiz gerçekleştirilmeden belirlenmesi

bilimsel bir dayanağı olmayan subjektif bir değerlendirme olarak ortaya çıkabilmektedir. Bu bağlamda bağımsız bölümlerin değerini etkileyen faktörlere ilişkin öz niteliklerin ve nominal değerlerinin elde edilebileceği dijital yapı modellerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Kat irtifakı ve/veya kat mülkiyeti kaydında 2B görsellerin kullanılmasından kaynaklanan diğer bir dezavantaj ise mevcut yapılara ilişkin önemli bir veri kaynağından yararlanılamamasıdır. Örnek vermek gerekirse kullanılan 2B mimari proje taramalarıyla bağımsız bölümlere, eğer varsa eklentilerine ve taşınmaz bünyesindeki ortak yerlerin alanlarına ilişkin herhangi bir analiz gerçekleştirilmemektedir. Bunun yanı sıra inşa edilmiş çevrede gerçekleşen yapılara ilişkin değişimler tespit edilememekte ve bu nedenle mevcut yapı stoku takibinde eksiklik ile mevcut 3B dijital kent modeli veri tabanında güncelliğin sağlanamaması durumu ortaya çıkmaktadır. Bununla ilişkili olarak da 3B AİS'lerin hayata geçirilmesinde en önemli etkenlerin başında gelen mülkiyete dair 3B veri modellerinden faydalanılamamaktadır. Bunun da ötesinde günümüzde kentlerin veri altlıkları kullanılarak akıllı hale getirilmesinde faydalanılan nesnelerin interneti, 3B mekânsal planlama, dijital dönüşüm kapsamındaki kamusal e-devlet hizmetleri için 3B dijital yapı modelleri büyük önem arz etmektedir. 2B model veya taramaların kat mülkiyetine ilişkin SSS'lerin yönetilmesinde yetersiz kaldığının tespitiyle birlikte diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de adımlar atılmıştır. TKGM tarafından başlatılan 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi ile şehirlerin mevcut yapıların modellerini de içerecek şekilde 3B sayısal modelleri üretilmekte ve üretilen 3B yapı modelleri ilişkili kadastral kayıtlarla entegre edilerek yapıların mülkiyete dair bilgileri içeren 3B modellerine sahip olunması amaçlanmaktadır. Bahsedilen projenin sonraki aşaması olarak değerlendirilebilecek üzere de TKGM 3 Boyutlu Bilgi Sistemi projesi yürütülmektedir. Bu projede de 3B sistemin MAKS ve TAKBİS sistemleri ile entegrasyonu sağlanıp ülke genelinde kadastral veri tabanının yönetilmesi amaçlanmaktadır. Bahsedilen 3B modeller inşa edilmiş çevreye ilişkin 3B dijital modellerin üretilmesi ve depolanmasında ilk akla gelen coğrafi veri standartlarından CityGML formatında saklanmaktadır. Bilindiği üzere kat mülkiyeti, taşınmazların iç mekanlarıyla oldukça ilgilidir ve bu nedenle taşınmazların bünyesinde kat, bağımsız bölüm ve oda gibi farklı bileşenlerin modellenmesini gerektirmektedir. Projede de yapıların CityGML formatlı

modellerinin üretilmesi için belirli standartlar belirlenmiş ve üreticiler tarafından teslim edilen modellerin belirtilen standartlara ilişkin kontrolü tanımlanan kurallara göre gerçekleştirilmektedir. Projede yapıların kat irtifakı veya kat mülkiyeti kaydında teslim edilen onaylı 2B mimari projeleri sayısallaştırılarak CityGML formatlı yapı modelleri üretilmektedir. Yine TKGM tarafından belirtilen standartlara göre CityGML formatlı modellerinin içermesi gereken öz nitelikler paylaşılmaktadır. Oluşturulan 3B yapı veri tabanının güncel tutulması da diğer bir önemli konudur. Bu nedenle daha önce de bahsedildiği üzere kat irtifakı ve kat mülkiyeti kurulumunda istenen belgelere hem 1807 (2019/13) sayılı Talebe Bağlı İşlemler ile Tescile Konu Harita ve Planların Yapımı ve Kontrolü Genelgesi hem de 2021/4 sayılı Kat İrtifakı ve Kat Mülkiyeti konulu genelgede yer aldığı üzere TKGM tarafından yayımlanan standarda göre hazırlanmış 3B sayısal veri modeli eklenmiştir. Sözü edilen projeler kat mülkiyetinin 3B kaydı ve yönetimi için oldukça önemli gelişmeler olup hem mevcut durum hem de geleceğe yönelik olarak iyileştirmeler yapılması oldukça önem arz etmektedir. Öncelikli olarak mevcut durumda taşınmazların 3B modellerinin oluşturulmasında sağlanması istenen CityGML formatına dayalı standartlar incelenmiştir. Bu bağlamda Çizelgeler 3.4-3.7 sırasıyla bağımsız bölüm, bağımsız bölüm kısım, bağımsız bölüm kısım / ortak alan iç yapı ve ortak alan objelerinin içermesi gereken özelliklere ilişkin bilgileri içermektedirler. Çizelge 3.4’den görülebileceği üzere bağımsız bölümlere ait objelere ait 13 özellik tanımlanmış ve bu özelliklerden “additionalNote (Ek Açıklama)” özelliği hariç olmak üzere diğerleri zorunlu tutulmuştur. Bağımsız bölümlerin ülke genelindeki TAKBİS gibi sistemlerle entegrasyonunu sağlayabilmek için “takbisPropertyIdentityNumber (Taşınmaz Id)” gibi özellikler objelere eklenmektedir. Ayrıca bağımsız bölümlere ilişkin olarak alan değerleri “independentSectionPlanNetArea (Bağımsız Bölüm Mimari Projede Yazan Net Alan)”, “independentSectionPlanGrossArea (Bağımsız Bölüm Mimari Projede Yazan Brüt Alan)” ve “independentSectionCalculatedArea (Bağımsız Bölüm Çizim Alan)” özellikleri yardımıyla objelere eklenmektedir. Bunun yanı sıra “geometrySuitability (Geometrik Uygunluk)” ve “integrationState (Entegrasyon Durumu)” gibi bazı özellikler için kod listeleri (*code lists*) sağlanmıştır. Örneğin, “independentSectionUsage (Bağımsız bölüm kullanım amacı)” kod listesinde ticari ve mesken olmak üzere iki seçenek sağlanmıştır. Çizelge 3.5’de ise bağımsız bölümlerin kısımlarını modellemede kullanılan objelere ilişkin 7 adet özellik tanımlanmıştır. Bu özelliklerden “additionalNote” hariç olmak üzere hepsi zorunlu tutulmuştur.

Çizelge 3.4 : TKGM tarafından 3B yapı modellerinin CityGML formatında üretiminde uyulacak bağımsız bölüm objelerinin içermesi gereken özellikler.

Özellik Adı	Açıklama	Generic Attribute Tipi	Kaynak	Zorunluluk
geometrySuitability (Geometrik Uygunluk)	Mimari projelerde bulunan değerler ile Mimari Projelerin sayısallaştırılması sonucu elde edilen değerlerin uygunluk durumu. Dupleks yapılarda farklı kattaki bağımsız bölüm modelleri için ayrı ayrı belirtilmelidir. Değer “independentSectionGeometrySuitabilityCodeList.xml” dosyasından seçilmelidir	gen:intAttribute	CodeList	Evet
integrationState (Entegrasyon Durumu)	Mimari projeden elde edilen Blok,Giriş, Kat ve Bağımsız Bölüm Numarası alanlarının CSV ile eşleşme durumunun belirtildiği alandır. Mimari projeden bağımsız bölüm numaraların okunamaması veya bu değerlerin mimari projede hiç olmaması durumunda, yükleniciler bağımsız bölüm numaralandırma işlemini EK-B'de yer alan bağımsız bölümlerin numaralandırılması kuralına uygun olarak kendileri yapacak ve bu alana 1002 değerini girecektir. Bu durumda Takbis Id belirtilmelidir. CSV de karşılık bulunamaması halinde bu alana 1003 değeri atanır ve Takbis Id -1 olarak belirtilir. Değer “integrationStateCodeList.xml” dosyasından seçilmelidir	gen:intAttribute	CodeList	Evet
independentSectionNumber (Bağımsız Bölüm Numarası)	Mimari Projede Bağımsız Bölüm için Belirtilen Numara. (blockName eklenmeden sadece bağımsız bölüm numarası yazılmalıdır)	gen:stringAttribute	Üretim	Evet

Çizelge 3.4 (devam) : TKGM tarafından 3B yapı modellerinin CityGML formatında üretiminde uyulacak bağımsız bölüm objelerinin içermesi gereken özellikler.

Özellik Adı	Açıklama	Generic Attribute Tipi	Kaynak	Zorunluluk
takbisPropertyIdentityNumber (Taşınmaz Id)	Bağımsız bölüme ait TAKBIS tekil kimlik tanımlayıcısının (TasinmazId) saklanacağı alan. Mimari projede yer alan Blok No,Giriş,Kat No ve Bağımsız Bölüm No bilgileri ile CSV dosyasındaki karşılıkları eşleştirerek elde edilecek olan bağımsız bölüm kimlik numarası. Eşleşmenin sağlanamadığı durumda (CSV de Takbis id yoksa)bu alana -1 değeri atanacaktır.	gen:intAttribute	CSV	Evet
additionalNote (Ek Açıklama)	geometrySuitability alanına atanan değer ile ilgili var ise ilave açıklamalar.	gen:stringAttribute	Üretim	Hayır
independentSectionCardinalDirection (Bağımsız Bölüm Cephe Bilgisi)	Bağımsız bölümün gördüğü cephenin bilgisidir. Değer “CardinalDirectionCodeList.xml” dosyasından seçilmelidir. Binanın birden fazla cephesi olması durumunda, bu özellik birden fazla kez eklenmelidir. Dupleks yapılarda farklı kattaki bağımsız bölüm modelleri için ayrı ayrı belirtilmelidir.	gen:intAttribute	CodeList	Evet
independentSectionUsage (Bağımsız bölüm kullanım amacı)	Bağımsız bölüm kullanım amacıdır. Değer “independentSectionUsageCodeList.xml” dosyasından seçilmelidir	gen:intAttribute	CodeList	Evet
partCount (Bağımsız Bölüm Kısım Adedi)	Bağımsız bölüm içerisinde yer alan kısımların toplam adedi. Dupleks yapılarda farklı kattaki bağımsız bölüm modelleri için ayrı ayrı belirtilmelidir.	gen:intAttribute	Üretim	Evet

Çizelge 3.4 (devam) : TKGM tarafından 3B yapı modellerinin CityGML formatında üretiminde uyulacak bağımsız bölüm objelerinin içermesi gereken özellikler.

Özellik Adı	Açıklama	Generic Attribute Tipi	Kaynak	Zorunluluk
independentSectionPlanNetArea (Bağımsız Bölüm Mimari Projede Yazan Net Alan)	Mimari projede bağımsız bölüm için yazılan net alandır. Eğer değer yazılmadı veya okunamıyor ise -1 olarak girilmelidir. Dupleks yapılarda mimari projede net alan kat bazında ayrı ayrı yazıldı ise toplanıp bağımsız bölüm için tek bir net alan elde edilir. Elde edilen net alan dupleks yapılarda her bir katta oluşturulan model için aynı değeri alacak şekilde ayrı ayrı girilir.	gen:doubleAttribute	Üretim	Evet
independentSectionPlanGrossArea (Bağımsız Bölüm Mimari Projede Yazan Brüt Alan)	Mimari projede bağımsız bölüm için yazılan brüt alandır. Eğer değer yazılmadı veya okunamıyor ise -1 olarak girilmelidir. Dupleks yapılarda mimari projede brüt alan kat bazında ayrı ayrı yazıldı ise toplanıp bağımsız bölüm için tek bir brüt alan elde edilir. Elde edilen brüt alan dupleks yapılarda her bir katta oluşturulan model için aynı değeri alacak şekilde ayrı ayrı girilir.	gen:doubleAttribute	Üretim	Evet
independentSectionCalculatedArea (Bağımsız Bölüm Çizim Alan)	Bağımsız bölümün toplam alanı. Kat sınırları ile bağımsız bölüm ayırma çizgileri arasında kalan alan. Havalandırma boşlukları, duvar kalınlıkları vb çıkartılmadan hesaplanacaktır. Dupleks yapılarda farklı kattaki bağımsız bölüm modelleri için ayrı ayrı belirtilmelidir.	gen:doubleAttribute	Üretim	Evet
blockName (Blok Numarası)	Yapıya mimari projede verilen blok numarası. (Aynı şekilde yazılmalıdır.) Eğer yok ise boş geçilir.	gen:stringAttribute	Üretim	Evet
entrance (Giriş)	Yapıya mimari projede verilen giriş bilgisi (Aynı şekilde yazılmalıdır.). Eğer yok ise boş geçilir.	gen:stringAttribute	Üretim	Evet

Çizelge 3.5 : TKGM tarafından 3B yapı modellerinin CityGML formatında üretiminde uyulacak bağımsız bölüm kısım objelerinin içermesi gereken özellikler.

Özellik Adı	Açıklama	Generic Attribute Tipi	Kaynak	Zorunluluk
independentSectionObjectReference	Bağımsız Bölüm gml:id Referansı. Bir kısım birden fazla bağımsız bölüm ile ilişkili ise her bir ilişkili olduğu bağımsız bölümün referans değeri burada ayrı bir değer olarak belirtilmelidir.	gen:stringAttribute	Mimari Proje	Evet
partUsage	Kısımın kullanım amacıdır. Değer “partUsageCodeList.xml” dosyasından seçilmelidir	gen:intAttribute	CodeList	Evet
geometrySuitability	Mimari projelerde bulunan değerler ile Mimari Projelerin sayısallaştırılması sonucu elde edilen değerlerin uygunluk durumu. Değer “independentSectionPartGeometrySuitabilityCodeList.xml” dosyasından seçilmelidir.	gen:intAttribute	Üretim	Evet
additionalNote	Codelistte belirtilen durumlar haricinde bir uyumsuzluk olması durumunda buraya yazılmalıdır.	gen:stringAttribute	Üretim	Hayır
planArea	Mimari Projede yazılan alan değeri. Değer yok ise veya okunmuyorsa -1 girilmelidir.	gen:doubleAttribute	Üretim	Evet
calculatedArea	Sayısallaştırma sırasında kısımların çevrilmesi sonucunda elde edilen geometrik şeklin alanıdır.	gen:doubleAttribute	Üretim	Evet
volume	Mimari projenin sayısallaştırılması sonucu ilgili kısım için elde edilen hacim değeri. m3 olarak hesaplanmalıdır.	gen:doubleAttribute	Üretim	Evet

Bağımız bölümlerin içerdği kısımlarla bağımsız bölümler arasındaki bağlantı “independentSectionObjectReference” özelliğiyle mimari projedeki bilgiler baz alınarak sağlanırken kısımların kullanım amaçlarına ilişkin bilgiler “partUsage” özelliğiyle ve ilişkili olarak sağlanan kod listesiyle elde edilmektedir. Bu bağlamda Çizelge 3.6 kullanım amaçları için belirlenen kodları ve karşılıklarını listelemektedir. Bunun yanında bağımsız bölümlere ait kısımların mimari projede alanları mevcut ise “planArea”, sayısallaştırma sonucunda elde edilen objenin sahip olduğu alan bilgisi “calculatedArea” ve hacim bilgisi de “volume” özelliğiyle sağlanmaktadır. Çizelge 3.7’de bağımsız bölüm kısım / ortak alan iç yapı objelerinin zorunlu olarak içermesi gereken “roomInstallationUsage” özelliğiyle iç yapının kullanım amacı kod listesinde sağlanan merdiven ve sütun seçenekleriyle modellenenilmektedir. Çizelge 3.8’de ise taşınmazlarda yer alan ortak alanlara ait objelerin içermesi gereken 3 adet zorunlu özelliğin ayrıntıları yer almaktadır. Üretilen model kullanılarak objelerin alanları “calculatedArea” özelliğiyle temsil edilmektedir. Ortak alanların kullanım amacı ise “commonAreaUsage” özelliğiyle sağlanmakta olup kullanım amacının türleri Çizelge 3.6’da yer alan “partUsage” kod listesi ile modellenenilmektedir.

Bununla ilişkili olarak Şekil 3.27’de örnek olarak paylaşılan “gml” uzantılı dosyanın içerdği yapı modelinde yer alan bir bağımsız bölüm objesi gösterilmektedir. Şekil 3.28’de ise örnek bir bağımsız bölüm kısım objesi yer almaktadır. Şekilden de görülebileceği üzere “partUsage” özelliği 1008 değerine sahiptir ve bu değer Çizelge 3.6’dan anlaşılabilir olduğu üzere holü temsil etmek için kullanılmaktadır. Şekil 3.29’da ise örnek bir ortak alan objesi yer almakta olup “commonAreaUsage” özellik değeri 1010 olup sığınağa ait kod değerinin göstermektedir.

Eklentiler kat mülkiyetiyle ilişkili olarak modellenmesi gereken diğer bir önemli bileşendir. Bu bağlamda TKGM tarafından yayımlanan standartta yapılardaki bağımsız bölümlere tahsis edilen eklentilerin yürütülen projenin belli bir zaman dilimine kadar ortak alan olarak modellenmesi istenmiş sonrasında ise depo ve garaj gibi farklı kullanım amacıyla olabilen bahsedilen eklentilerin bağımsız bölümlere ait bir kısım olarak modellenmeleri gerektiği aktarılmıştır.

Çizelge 3.6 : “partUsage” kod listesi.

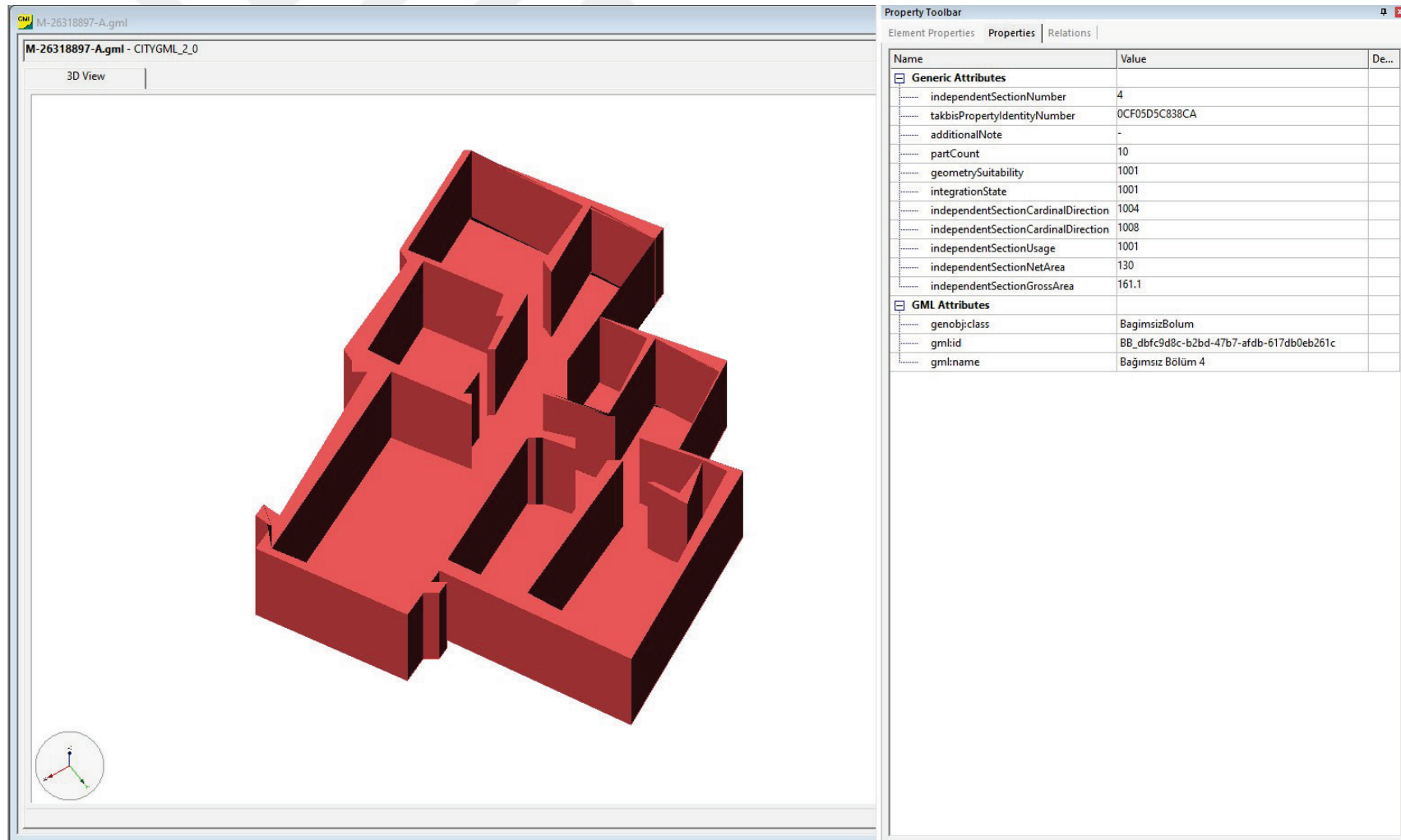
Kod	Kullanım Amacı
1001	Oda
1002	Banyo
1003	Salon
1004	Mutfak
1005	Kiler
1006	Tuvalet
1007	Kış Bahçesi
1008	Hol
1009	Dükkan
1010	Sığınak
1011	Danışma
1012	Kalorifer Dairesi
1013	Kapıcı Dairesi
1014	Elektrik Merkezi
1015	Isı Merkezi
1016	Otopark
1017	Güvenlik Odası
1018	Havuz
1019	Sosyal Tesis
1020	Spor Salonu
1021	Çöp Odası
1022	Niteliksiz Ortak Alan
1024	Merdiven
1025	Su Merkezi
1026	Dini Tesis
1027	Müştemilat
1028	Teknik Hacim
1029	İç Mekan Asansör

Çizelge 3.7 : TKGM tarafından 3B yapı modellerinin CityGML formatında üretiminde uyulacak bağımsız bölüm kısım / ortak alan iç yapı objelerinin içermesi gereken özellikler.

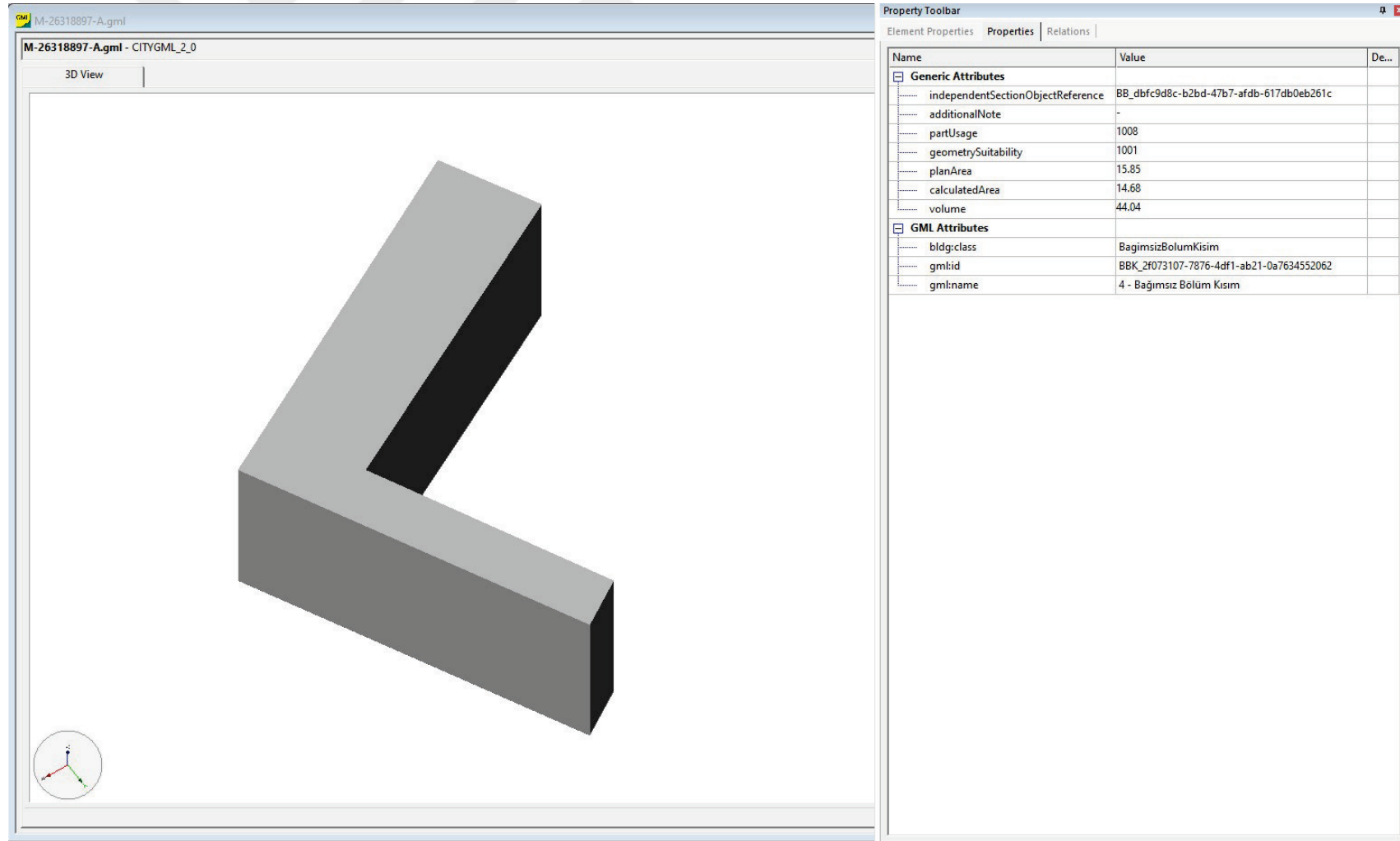
Özellik Adı	Açıklama	Generic Attribute Tipi	Kaynak	Zorunluluk
roomInstallationUsage	İç yapının kullanım amacıdır. Değer “roomInstallationUsageCodeList.xml” dosyasından seçilmelidir	gen:intAttribute	CodeList	Evet

Çizelge 3.8 : TKGM tarafından 3B yapı modellerinin CityGML formatında üretiminde uyulacak ortak alan objelerinin içermesi gereken özellikler.

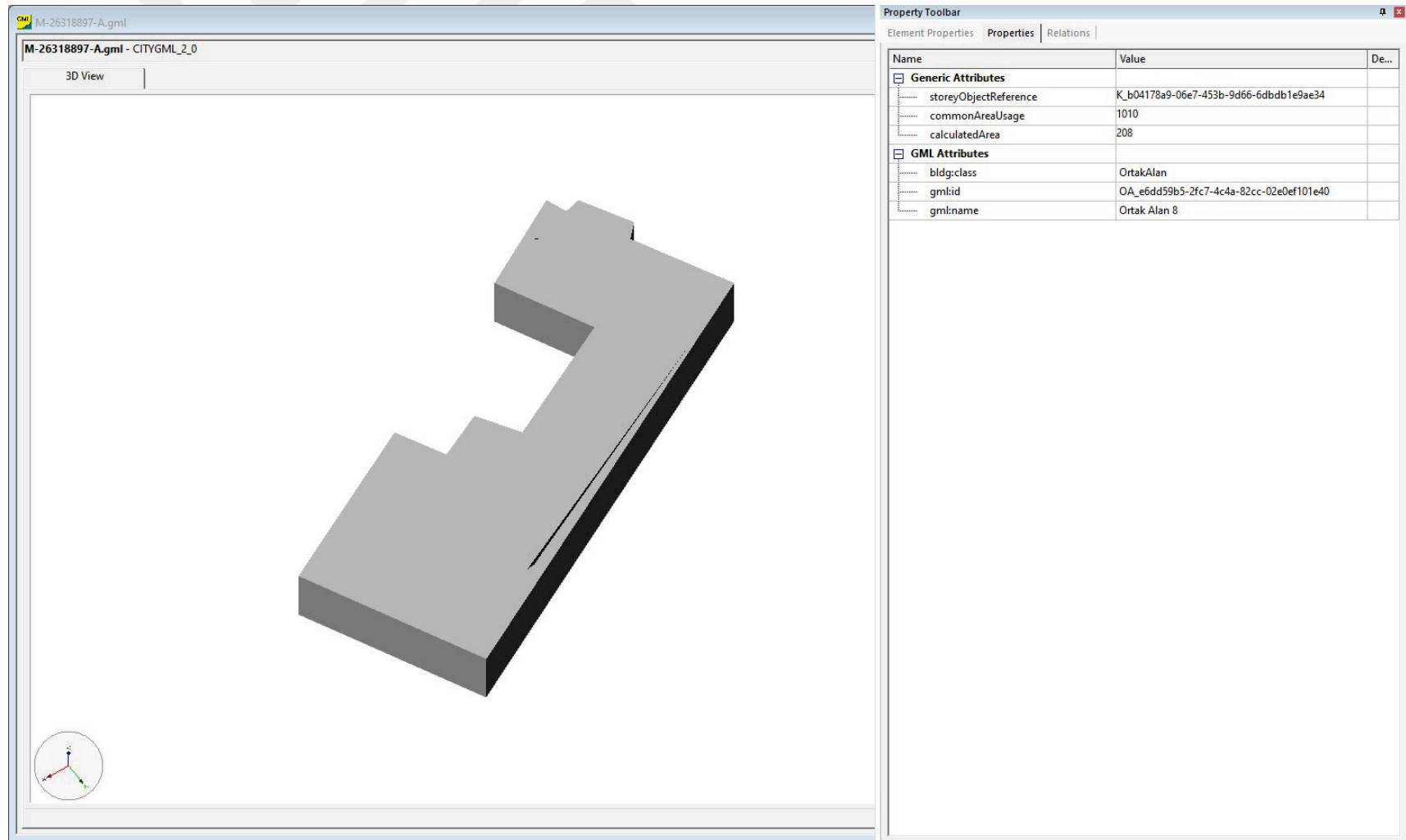
Özellik Adı	Açıklama	Generic Attribute Tipi	Kaynak	Zorunluluk
storeyObjectReference	Ortak alanın bulunduğu katın gml:id referansı. Eğer ortak alan kat ile ilişkilendirilemiyor ise -1 değeri girilmelidir.	gen:stringAttribute	Üretim	Evet
commonAreaUsage	Kısımın kullanım amacıdır. Değer “partUsageCodeList.xml” dosyasından seçilmelidir	gen:intAttribute	CodeList	Evet
calculatedArea	Sayısallaştırma sırasında ortak alanın çevrilmesi sonucunda elde edilen geometrik şeklin alanıdır.	gen:doubleAttribute	Üretim	Evet



Şekil 3.27 : FZKViewer yazılımında görselleştirilen örnek bağımsız bölüm objesi ve sahip olduğu özellikler.



Şekil 3.28 : FZKViewer yazılımında görselleştirilen örnek bağımsız bölüm kısım objesi ve sahip olduğu özellikler.



Şekil 3.29 : FZKViewer yazılımında görselleştirilen örnek ortak alan objesi ve sahip olduğu özellikler.

Kullanılması planlanan 3B Bilgi Sistemi'nin bundan sonra gerçekleştirilecek kat mülkiyetine ilişkin işlemlerle oluşturan veri tabanının güncelliğinin korunması büyük önem arz etmektedir. Bahsedilen güncelliğin sağlanabilmesi amacıyla da yayımlanan genelgelerle kat irtifakı ve kat mülkiyeti kurulumunda 3B sayısal yapı modeli istenen belgelerden biri haline getirilmiştir. Başvuruda kullanılacak 3B sayısal yapı modellerinin bilgi sisteminde mevcut durumda yer alan CityGML formatlı olarak gerçekleştirilen projede talep edilen standartlarda hazırlanması beklenmektedir. Bu duruma ilişkin olarak iki farklı açıdan değerlendirme yapmak mümkündür. İlk bakış açısı günümüzde kat irtifakı ve kat mülkiyeti kurulumuna ilişkin güncel uygulamalarla ilişkilidir. Bilindiği üzere bahsedilen genelgeler yayımlanmadan önce kat irtifakı ve kat mülkiyeti kurulumunda gerekli olan temel belgelerden birisi mimari veya yapı projeleridir. Bahsedilen projeler mimarlar ve/veya tasarımcılar tarafından kat irtifakı veya kat mülkiyeti kurulumuna ilişkin başlangıç adımı olarak hazırlanmaktadır. Türkiye'de mevcut durumda bahsedilen mimari projeler yaygın bir şekilde 2B tabanlı CAD yazılımları kullanarak üretilmektedir. Konuyla ilgili diğer bir husus da bir yapının inşa edilebilmesi için zorunlu olan yapı ruhsatı belgesi başvurularında mimari projelere ait 2B CAD verileri veya PDF uzantılı dosyaların talep edilmesidir. Kat irtifakı ve kat mülkiyeti kurulumu başvurularında yapının 3B CityGML formatlı verisinin talep edilmesi mimarlar ve/veya tasarımcılar tarafından bakıldığında zorlu bir süreç olarak görülebilir. Bu durumun mimar ve/veya tasarımcıların kendi çalışma alanları bağlamında çok fazla bilgiye sahip olmadıkları ve daha çok inşa edilmiş çevreye ilişkin mekânsal modellerin üretilmesinde kullanılan CityGML standardından kaynaklandığı söylenebilir. CityGML standardına ilişkin modelleme çalışmalarının daha çok harita/geomatik mühendislerinin ilgi alanına girdiği vurgulanabilir. Bahsedilen durumla ilgili olarak mevcutta 2B CAD dosyalarından 3B CityGML modellerine dönüşüm işleminin gerçekleştirilmesi kat irtifakı ve kat mülkiyeti kurulumunda giderilmesi gereken bir boşluk olarak ortaya çıkmaktadır.

Konuyla ilişkili olarak bahsedilmesi gereken diğer bir husus da CityGML standardının versiyonuyla ilişkilidir. Dokümanlardan anlaşılabileceği üzere bilgi sisteminde CityGML 2.0 versiyonuna ilişkin uygulama şemalarından yararlanılmaktadır. Bilindiği üzere yakın zamanda CityGML 3.0 standardı OGC tarafından resmi olarak yayımlanmıştır. Yeni versiyonda modelleme yaklaşımında *space* konseptinden yararlanılarak farklı standartlarla entegrasyonun kolaylaştırılması amaçlanmıştır. Bu

bağlamda hem bilgi sistemindeki mevcut verilerin standardın güncel versiyonuna uyumluluğunun sağlanması hem de kat irtifakı ve kat mülkiyeti kurulumunda talep edilen 3B sayısal yapı modellerinin CityGML standardının güncel versiyonunda mı isteneceğinin kararlaştırılıp kat irtifakı ve kat mülkiyeti kurulumunda yaşanabilecek herhangi bir olumsuzluğun önüne geçilebilmesi gerekmektedir. Bu konuyla ilişkili olarak da ülkede üretilen 3B yapı modellerinin mekânsal veri altyapısı bağlamında TUCBS kapsamında belirlenen standartlarla uyumlu olması veri tekrarı ve uyumsuzluğunun önüne geçilebilmesi için önem arz etmektedir. TUCBS kapsamında *Bina* veri teması kapsamındaki *Bina3B* veri modeli de bahsedilen konuyla doğrudan ilişkilidir.

İkinci bakış açısı ise hem mevcut durumda uygulanan kat irtifakı ve kat mülkiyeti kurulumu hem de bahsedilen kurulumların oluşabilmesi için gerekli olan yapı ruhsatı ve yapı kullanma izin belgelerinin alımıyla ilişkili olarak AEC sektöründe yaşanan dijital dönüşümle ilişkilidir. Yapılan araştırmalar göstermektedir ki mimarlar ve/veya tasarımcıların BIM teknolojisini kullanma oranları son 10 yıllık süre içerisinde oldukça artış göstermiştir. Sağladığı faydalardan dolayı önümüzdeki yıllarda nasıl CAD teknolojisi el ile çizimin yerini aldıysa BIM teknolojisinin de CAD teknolojisinin yerini alacağı öngörülmektedir. Öyle ki dünyada farklı ülkelerde dijital yapı ruhsatlandırma bağlamında BIM modelleri hali hazırda talep edilmektedir. Türkiye’de de 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Strateji ve Eylem Planı’nda BIM modellerinin hem yapı ruhsatlandırma hem de tesis yönetiminde kullanımına değinilmesi BIM teknolojisinin giderek artan adaptasyonuna örnek olarak gösterilebilir. Dünya genelinde giderek artan bu adaptasyon ile mimarlar ve/veya tasarımcılar tarafından üretilen BIM modellerinin yapılarıdaki mülkiyet haklarının diğer bir deyişle kat mülkiyetine konu olan hakların kaydı ve yönetimi için de ciddi derecede potansiyele sahip olduğu anlaşılmıştır. Özellikle birlikte çalışabilirliği sağlayan açık standartlar bilhassa da IFC standardının kat mülkiyetinin 3B kaydı ve yönetimi için büyük önem arz ettiği aşîkârdır. Bu bağlamda BIM modelleriyle kat mülkiyetine ilişkin olarak bağımsız bölümlerin, eklentilerin, ortak alanların modellenip arsa paylarının belirlenmesi Türkiye’de 3B AİS dönüşümü ve mevcut kat mülkiyeti kaydı uygulamalarının daha da iyileştirilmesi bağlamında araştırılması gereken en önemli konulardan biri olmaktadır. Aksi halde üretilecek BIM modellerinin farklı formatlara dönüştürülmesi talep edilecek ve hem veri dönüşümü hem de bu işlemlerin hangi

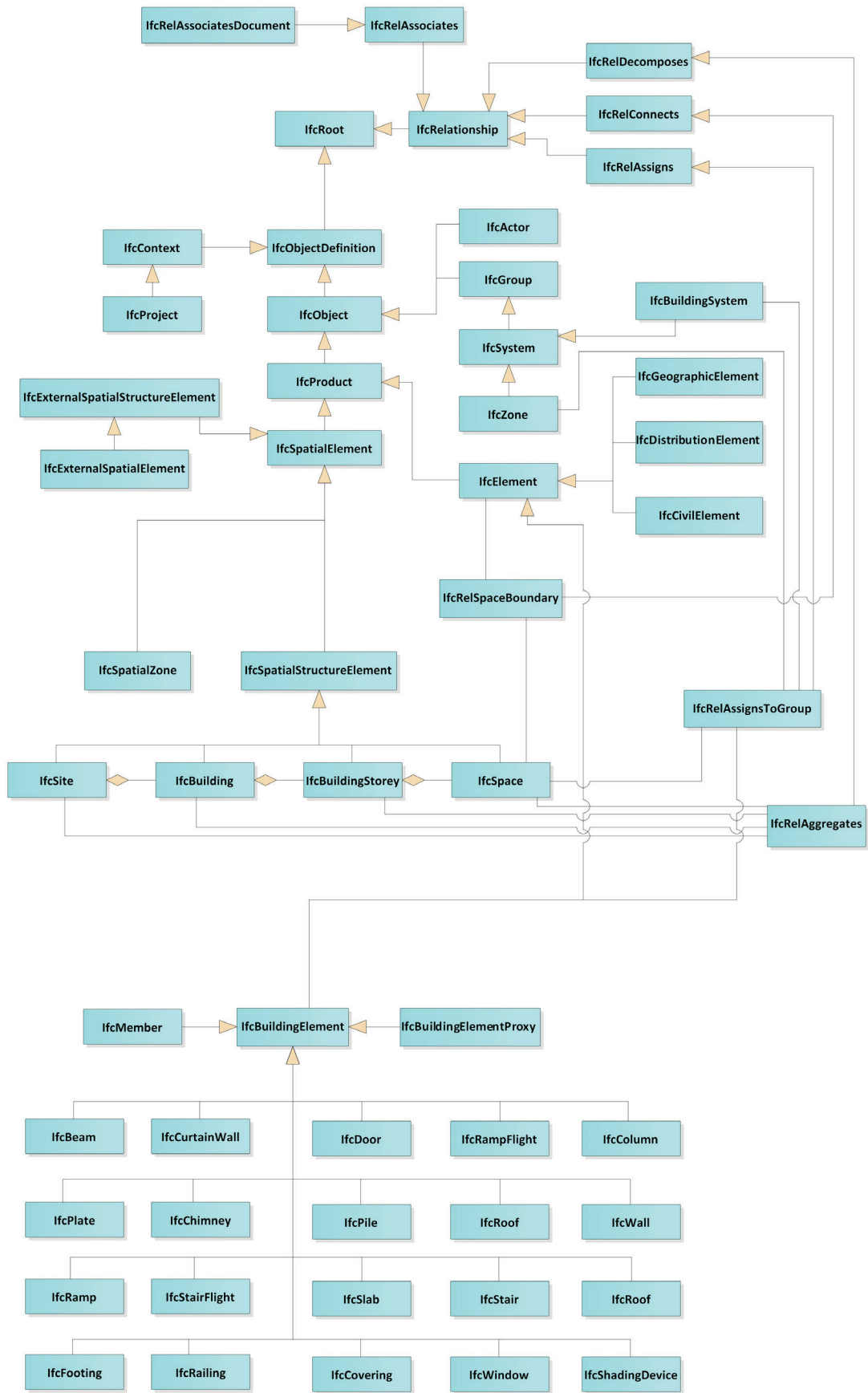
meslek grupları tarafından hangi standartlarda gerçekleştirileceğine ilişkin belirsizlikler süreçlerde aksamalara yol açabilecektir. Bu bağlamda tezin bir sonraki bölümü kat mülkiyetinin 3B kaydı ve yönetimi için geliştirilen modele ilişkin bilgileri aktarmaktadır.

3.2 Kat Mülkiyetinin Üç Boyutlu Kaydı ve Yönetimi için Model Geliştirilmesi

3.2.1 Entegre bir kavramsal model oluşturulması

Tez kapsamında LADM ve IFC standartlarının entegrasyonuna dayalı olarak BIM modelleri kullanılarak kat mülkiyetine konu haklara ait 3B yasal mekanlar ve ilişkili fiziksel diğer bileşenlerin de temsil edilebildiği bir model geliştirilmiştir. Bu bağlamda Şekil 3.30 tüm IFC şemasının kat mülkiyetine ilişkin hakların 3B betimlenmesinde kullanılabilecek varlıkları ve aralarındaki ilişkileri içerecek şekilde özetlenmiş halini görselleştirmektedir. Şekilde görülebileceği üzere *IfcRoot* şemadaki temel varlıktır kaynak (*resource*) şemasındaki varlıklar hariç olmak üzere IFC şemasındaki diğer tüm varlıklar *IfcRoot* varlığının alt türü olmaktadır. *IfcContext* varlığının bir alt türü olarak *IfcProject* varlığı sonuç ürüne ilişkin gerekli bilgileri saklamaktadır. BIM modelini içeren projedeki varsayılan birimler ile geometrik gösterimler bahsedilen bilgilere örnek olarak verilebilir. *IfcActor* varlığı projenin tasarım aşamasından yönetim ve bakım aşamasına kadarki yaşam döngüsü süresince projeye dahil olan katılımcılar ve paydaşlara dair bilgileri saklamaktadır. Bu noktada belirtmek gerekir ki bir kişi veya organizasyon aktör olarak *IfcActor* varlığı bünyesinde modellenenmektedir.

IfcProduct varlığı şema bünyesinde çok sayıda varlığa sahiptir ve *IfcSpatialElement* ve *IfcElement* bu varlıklardan 2 tanesini temsil etmektedir. *IfcElement* varlığı bir sonuç ürün bünyesinde yer alabilen tüm türlerdeki elemanlara dair bilgileri sağlayan varlıkların genelleşmiş halidir. *IfcSpatialElement* varlığı ise mekânsal bileşenler (*spatial structures*) veya mekânsal alanları (*spatial zones*) tanımlamak için kullanılabilecek mekânsal elemanlara ilişkin gerekli bilgileri saklamak için kullanılan varlıkların üst varlığıdır. Detaylandırmak gerekirse *IfcGeographicElement*, *IfcDistributionElement*, *IfcCivilElement* ile *IfcBuildingElement* varlıkları *IfcElement* varlığının alt varlıklarıdır ve farklı alt çalışma alanlarıyla ilişkili elemanların modelleme spesifikasyonlarını bünyelerinde barındırmaktadırlar. Örnek vermek istenirse *IfcGeographicElement* varlığı bir inşaat projesindeki peyzaja ilişkin özellik sınıflarını modellemek için kullanılabilecek uygun varlıktır.



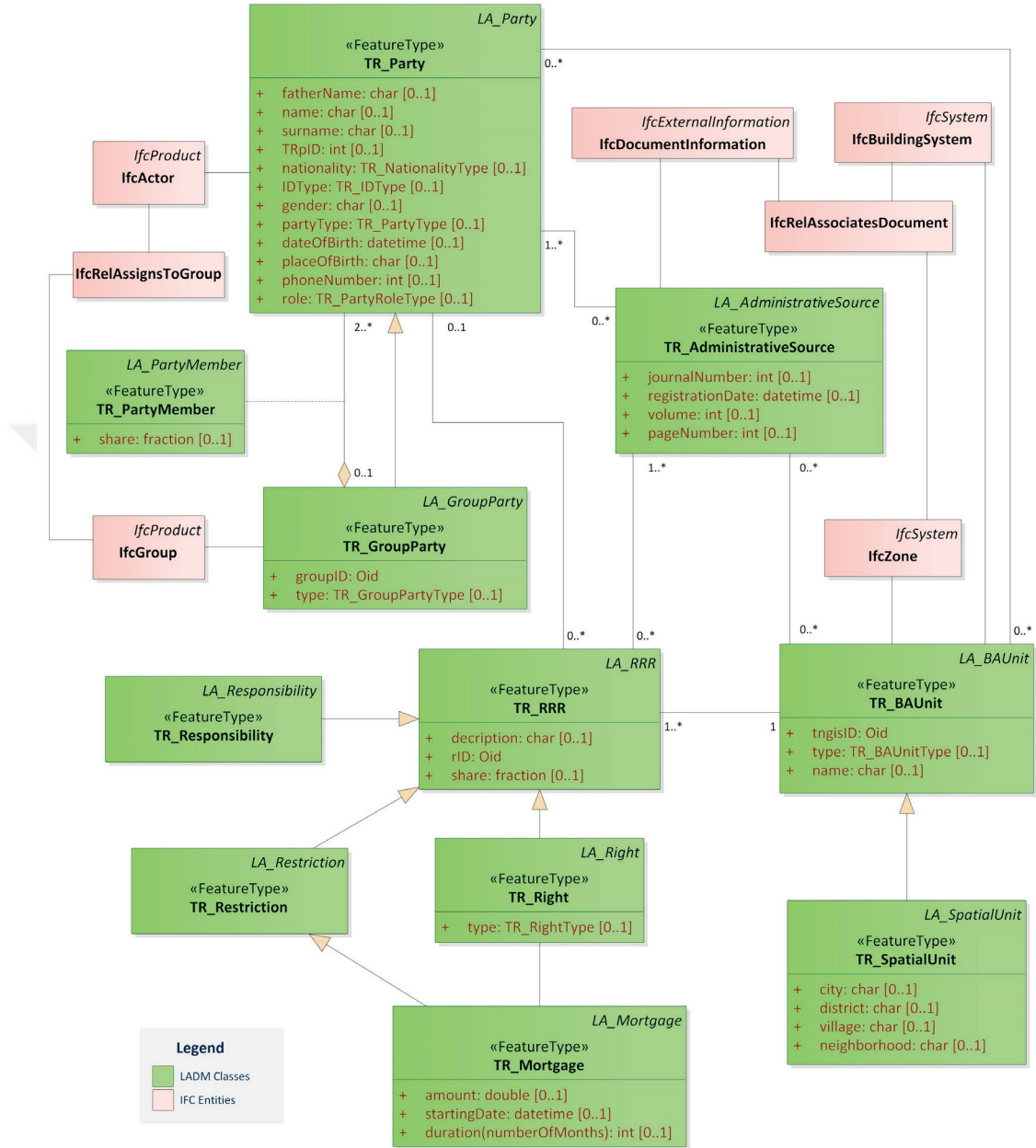
Şekil 3.30 : IFC şemasının kat mülkiyetine konu hakların 3B modellenmesinde kullanılabilecek varlıklara ilişkin özet gösterimi.

IfcBuildingElement ise giriş, kapı, duvar, korkuluk, kolon, çatı, merdiven, tavan, taban, baca ve pencere gibi çok farklı çeşit yapı elemanlarına dair objelerin modellenmesini sağlayan ana varlıktır. *IfcBuildingElementProxy* varlığı ise *IfcBuildingElement* varlığının bir alt türüdür ve asansörler ile su tankları gibi yapılarla ilgili özel olarak tanımlanmış elemanların betimlenmesi için yararlanılmaktadır. *IfcExternalSpatialStructureElement*, *IfcSpatialStructureElement* ve *IfcSpatialZone* varlıkları ise *IfcSpatialElement* varlığının alt türleridir. *IfcExternalSpatialStructureElement* varlığının bir alt türü olmak üzere *IfcExternalSpatialElement* varlığı inşaat sahasındaki yapının dışında kalan bölgelerin mantıksal veya fiziksel olarak modellenmesinde kullanılmaktadır. Yapıların farklı detay veya yapı seviyelerinin modellenenebilmesi için *IfcSpatialStructureElement* varlığı *IfcSite*, *IfcBuilding*, *IfcBuildingStorey* ve *IfcSpace* olmak üzere 4 adet alt türe sahiptir. Şekil 3.30'dan da görülebileceği üzere bahsedilen bu varlıkların arasında toplama (*aggregation*) ilişkisi bulunmaktadır ve bu ilişki *IfcRelDecomposes* varlığının bir alt türü olan *IfcRelAggregates* varlığıyla mümkün kılınmaktadır.

Belirtmek gerekir ki *IfcSpace* varlığı eğer tanımlandıysa yapı bünyesindeki bir katla ve bunun yanın sıra yapının dışında kalan bölgeyle de ilişkilendirilebilmektedir. Ayrıca *IfcRelSpaceBoundary* varlığı kullanılarak mekanlar ile diğer elemanlar arasındaki ilişkinin tanımlanabilmesi mümkün olmaktadır. Değinilmesi gereken diğer önemli bir konu ise *IfcRelAssigns* varlığının bir alt türü olan *IfcRelAssignsToGroup* varlığı yardımıyla birden fazla *IfcSpace* örneğinin tek bir *IfcZone* örneğine ve birden fazla *IfcBuildingElement* örneğinin ise tek bir *IfcBuildingSystem* örneğine toplanabileceğinin mümkün olduğudur. Özelliklerden (*properties*) oluşan özellik setleri (*property sets*) ise varlık örneklerine ilişkin detaylı semantiklerin saklanmasında kullanılmaktadır. Bahsedilen özellikler *IfcPropertyTableValue* ve *IfcPropertyListValue* gibi farklı varlıklar kullanılarak içerdikleri bilgilerin türüne bağlı olarak tanımlanabilmektedirler. Bununla ilişkili olarak IFC şeması özelliklerdeki verilerin verimli bir şekilde saklanabilmesi için çok sayıda tanımlanmış tür sağlamaktadır. Örneğin; *IfcIdentifier* varlığı insanlar tarafından anlaşılmasına ihtiyaç duyulmayan verilerin saklanması için uygunken *IfcInteger* varlığı ise tam sayıları saklamak için kullanılmaktadır.

Yapılardaki kat mülkiyetine ilişkin hakların eksiksiz bir şekilde betimlenebilmesi için IFC şemasındaki varlıklar ile LADM standardındaki özellik sınıflarını eşleştiren

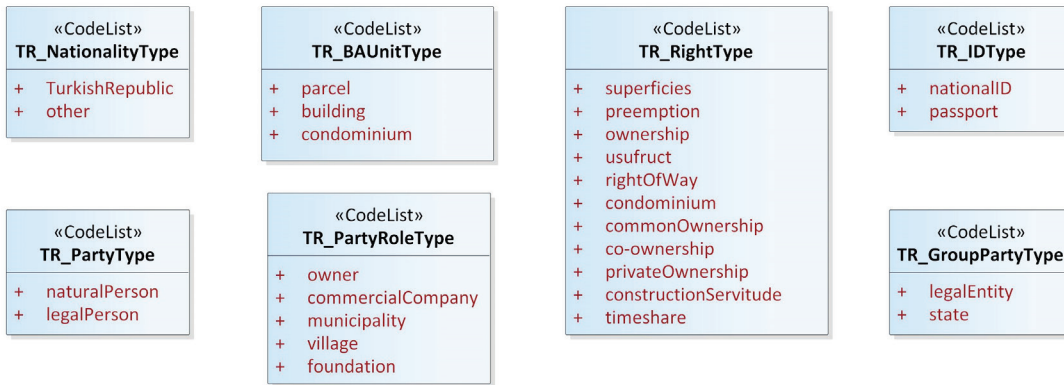
kavramsal model geliştirilmiştir. Bu bağlamda Şekil 3.31 LADM standardının *Party* ve *Administrative* paketlerini kapsayan kavramsal modeli görselleştirmektedir.



Şekil 3.31 : Geliştirilen modelin LADM standardının *Party* ve *Administrative* paketlerine karşılık gelen bölümü.

TR_Party arazi idaresine ilişkin uygulamalarda rol alan tarafların ve paydaşların modellenmesi için kullanılan özellik sınıfını temsil etmektedir. Kat mülkiyetine konu olan haklarla ilişkili maliklere dair semantiklerin kayıt altında tutulması için öz niteliklere sahiptir. Bu öz nitelikler; baba adı (*fatherName*), ad (*name*), soyad (*surname*), T.C. kimlik numarası (*TRpID*), uyruk (*nationality*), kimlik türü (*IDType*), cinsiyet (*gender*), taraf türü (*partyType*), doğum tarihi (*dateOfBirth*), doğum yeri

(*placeOfBirth*), telefon numarası (*phoneNumber*) ve rol (*role*) şeklindedir. Kavramsal model tarafların oluşturduğu grupların betimlenebilmesi için *TR_GroupParty* özellik sınıfını içermektedir. Bahsedilen özellik sınıfı tanımlama amacıyla *groupID* ve grup türünü belirtmek amacıyla da tür (*type*) öz niteliklerine sahiptir. *TR_PartyMember* özellik sınıfı ise *TR_Party* ve *TR_GroupParty* özellik sınıflarıyla ilişkilendirilmiş ilgili pay değerini saklamak için pay (*share*) öz niteliğini içermektedir. *TR_AdministrativeSource* özellik sınıfı da yasal dokümanlara ilişkin ayırt edici bilgilerin saklanması için kullanılmaktadır. Bu nedenle kütük numarası (*journalNumber*), tescil tarihi (*registrationDate*), cilt (*volume*) ve sayfa numarası (*pageNumber*) öz niteliklerine sahiptir. *TR_BAUnit* ise tescil objesini temsil etmektedir ve *ngisID*, tür (*type*) ve isim (*name*) öz niteliklerine sahiptir. Bahsedilen özellik sınıfı tescil objesinin türüne göre tür öz niteliğiyle modellenenilmektedir. *TR_RRR* ise tescili gerçekleştirilen *TR_BAUnit* örneğine ilişkin SSS'leri kaydetmek için uygun özellik sınıfıdır ve tanım (*description*), *rID* ve pay (*share*) olmak üzere 3 adet öz nitelik içermektedir. *TR_RRR* özellik sınıfı SSS'lere dayalı olarak *TR_Responsibility*, *TR_Restriction* ve *TR_Right* şeklinde 3 adet alt sınıfa sahiptir. *TR_Right* özellik sınıfı tür (*type*) öz niteliğine sahip olup tescil edilen mülkiyet hakkının türünü modellemeye yararlanılmaktadır. *TR_Restriction* özellik sınıfı ise ipoteklere ilişkin bilgilerin saklanabilmesi için kullanılan *TR_Mortgage* alt sınıfına sahiptir. *TR_Mortgage* özellik sınıfı da miktar (*amount*), başlama zamanı (*startingDate*) ve süre (*numberOfMonths*) olmak üzere 3 adet öz niteliği kapsamaktadır. Şekil 3.32'de Şekil 3.31'de yer alan modelde faydalanılan kod listelerinin içerikleri yer almaktadır.



Şekil 3.32 : Geliştirilen modelin LADM standardının *Party* ve *Administrative* paketlerine karşılık gelen bölümünde kullanılan kod listeleri.

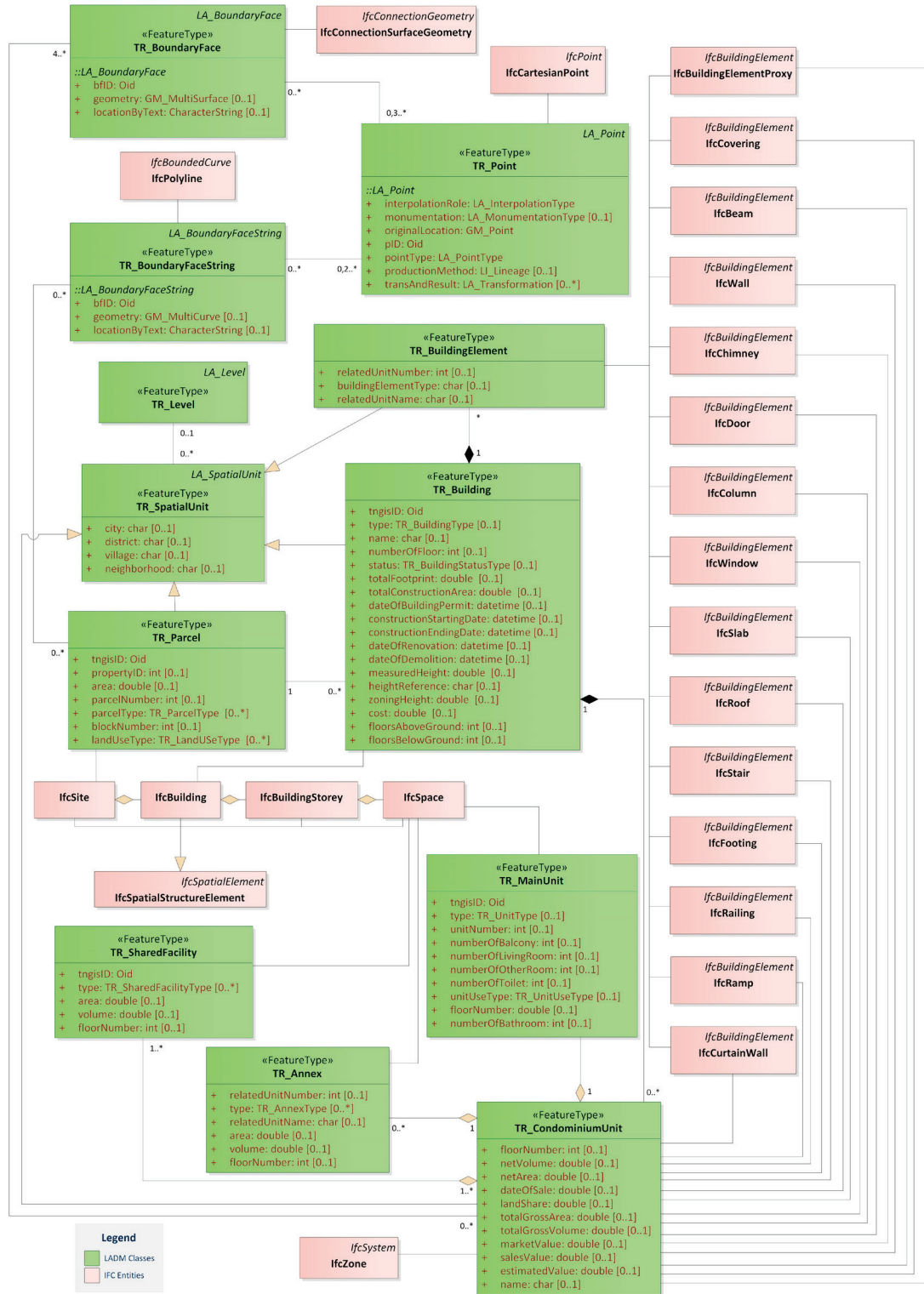
TR_NationalityType kod listesi *TR_Party* özellik sınıfında yer alan uyruk (*nationality*) öz niteliği için kullanılmaktadır ve T.C. (*TurkishRepublic*) ve diğer (*other*) olmak üzere 2 seçeneğe sahiptir. *TR_PartyType* ise yine *TR_Party* özellik sınıfında yer alan taraf türü (*partyType*) öz niteliği için modele eklenmiştir ve gerçek kişi (*naturalPerson*) ile tüzel kişi (*legalPerson*) seçeneklerini içermektedir. *TR_IDType* da *TR_Party* özellik sınıfındaki *IDType* öz niteliği için ulusal kimlik (*nationalID*) ve pasaport (*passport*) olmak üzere kimlik türlerini içermektedir. *TR_PartyRoleType* kod listesi de *TR_GroupParty* özellik sınıfının tür (*type*) öz niteliği için sağlanmış olup malik (*owner*), ticari şirket (*commercialCompany*), belediye (*municipality*), köy (*village*) ve vakıf (*foundation*) seçeneklerini kapsamaktadır. *TR_BAUnitType* kod listesi ise tescil objesinin türünü belirtmek amacıyla *TR_BAUnit* özellik sınıfındaki tür (*type*) öz niteliğine parsel (*parcel*), yapı (*building*) ve kat mülkiyeti (*condominium*) olmak üzere 3 farklı seçenek sağlamaktadır. *TR_RightType* ise *TR_Right* özellik sınıfındaki tür (*type*) öz niteliğini tanımlamada kullanılmak amacıyla üst hakkı (*superficies*), ön alım hakkı (*preemption*), mülkiyet hakkı (*ownership*), intifa hakkı (*usufruct*), geçit hakkı (*rightOfWay*), kat mülkiyeti (*condominium*), ortak mülkiyet (*commonOwnership*), elbirliği mülkiyeti (*co-ownership*), özel mülkiyet (*privateOwnership*), kat irtifakı (*constructionServitude*) ve devremülk hakkı (*timeshare*) olmak üzere farklı mülkiyet haklarına ilişkin seçenekleri kapsamaktadır.

Şekil 3.31'den görülebileceği üzere, kat mülkiyeti kurulan yapılardaki yasal mekanların fiziksel betimlemeleri ile fiziksel bileşenlerinin elde edilebilmesi için geliştirilen kavramsal modeldeki özellik sınıfları IFC şemasındaki farklı varlıklar ile ilişkilendirilmiştir. Örnek vermek gerekirse *IfcActor* varlığı *TR_Party* özellik sınıfı temsil etmek için kullanılabilirken *TR_GroupParty* özellik sınıfı *IfcRelAssignsToGroup* varlığı sayesinde birden fazla *IfcActor* örneğine sahip olabilen *IfcGroup* varlığıyla temsil edilebilmektedir. *TR_AdministrativeSource* özellik sınıfı da bir IFC modeli kapsamındaki dış kaynaklı bilgilerin saklanması için uygun varlık olan *IfcDocumentInformation* kullanılarak temsil edilebilir. Birden fazla sayıda *IfcSpace* örneğini içerebilen *IfcZone* varlığı IFC verisindeki *TR_BAUnit* özellik sınıfını modellemek için kullanılabilir. IFC-tabanlı betimlemelerde *TR_BAUnit* ve *TR_AdministrativeSource* arasındaki ilişkinin mümkün kılınması için *IfcDocumentInformation* ve *IfcZone* varlıklarını birbirine bağlayan *IfcRealAssociatesDocument* varlığı uygun bir seçenek olarak görülmektedir. Bununla

birlikte *TR_BAUnit* örneğine ilişkin olarak yapı elemanlarının bilgilerinin saklanması için *IfcBuildingElement* örneklerinin gruplandırılmasına imkân tanıyan *IfcBuildingSystem* varlığı kullanılabilir. Ayrıca *TR_BAUnit* örneğiyle ilişkilendirilmiş olan *TR_AdministrativeSource* özellik sınıfındaki bilgiyi elde edebilmek için *IfcBuildingSystem* varlığı *IfcRealAssociatesDocument* yardımıyla *IfcDocumentInformation* varlığıyla ilişkilendirilebilir.

Şekil 3.33 geliştirilen entegre modelin LADM standardı bağlamında değerlendirildiğinde *Spatial* paketi ve *Surveying and Representation* alt paketi kapsamındaki özellik sınıflarını görselleştirmektedir. Şekilden görülebileceği üzere *TR_BAUnit* alt sınıfı olan *TR_SpatialUnit* özellik sınıfı *Party* ile Şekil 3.31’de gösterilen *Administrative* paketi arasındaki bağlantıyı sağlamaktadır. *TR_SpatialUnit* özellik sınıfı modellenen objenin konumsal detaylarını saklamak amacıyla şehir (*city*), ilçe (*district*), köy (*village*) ve mahalle (*neighborhood*) olmak üzere 4 adet öz niteliğe sahiptir. *TR_Parcel* özellik sınıfı ise bir *TR_SpatialUnit* alt sınıfı olarak kavramsal modeldeki arazi parsellerini temsil etmek amacıyla kullanılmaktadır. *TR_Parcel* tngisID, taşınmaz kimlik numarası (*propertyID*), alan (*area*), parsel numarası (*parcelNumber*), parsel türü (*parcelType*), ada numarası (*blockNumber*), arazi kullanım türü (*landUseType*) olmak üzere 7 adet öz nitelik içermektedir. *TR_Parcel* örneğinin geometrisi LADM standardında yer aldığı şekliyle *TR_BoundaryFaceString* özellik sınıfıyla sağlanmaktadır. Şekil 3.33’de görülebileceği üzere *TR_BoundaryFaceString* özellik sınıfı en az 2 adet *TR_Point* örneğiyle gerçekleştirilebilmektedir. Şekil 3.33’den ayrıca *TR_Parcel* ile *TR_Building* özellik sınıfları arasındaki ilişki (1-0..*) görülebilmektedir. Bu ilişkiye göre her bir arazi parseli sonsuz sayıda yapıya sahip olabilirken her bir yapı ise sadece tek bir parsel ile ilişkilendirilebilir. *TR_Building* özellik sınıfı yapılara ait özelliklerin ayrıntılı bir şekilde modellenmesi için çok sayıda öz niteliğe sahiptir. Bahsedilen öz nitelikler; tngisID, tür (*type*), ad (*name*), kat sayısı (*numberOfFloor*), durum (*status*), toplam taban alanı (*totalFootprint*), toplam inşaat alanı (*totalConstructionArea*), yapı ruhsat belgesi tarihi (*dateOfBuildingPermit*), inşaat başlangıcı (*constructionStartingDate*), inşaat bitişi (*constructionEndingDate*), yenileme tarihi (*dateOfRenovation*), yıkım tarihi (*dateOfDemolition*), ölçülen yükseklik (*measuredHeight*), yükseklik referansı (*heightReference*), imar yüksekliği (*zoningHeight*), maliyet (*cost*), yer üstü kat sayısı (*floorsAboveGround*) ve yer altı kat sayısı (*floorsBelowGround*) şeklindedir.

Bahsedilen öz nitelikler mekânsal planlama ile kentsel dönüşüm gibi çok farklı uygulama alanlarında faydalı olmaktadır.



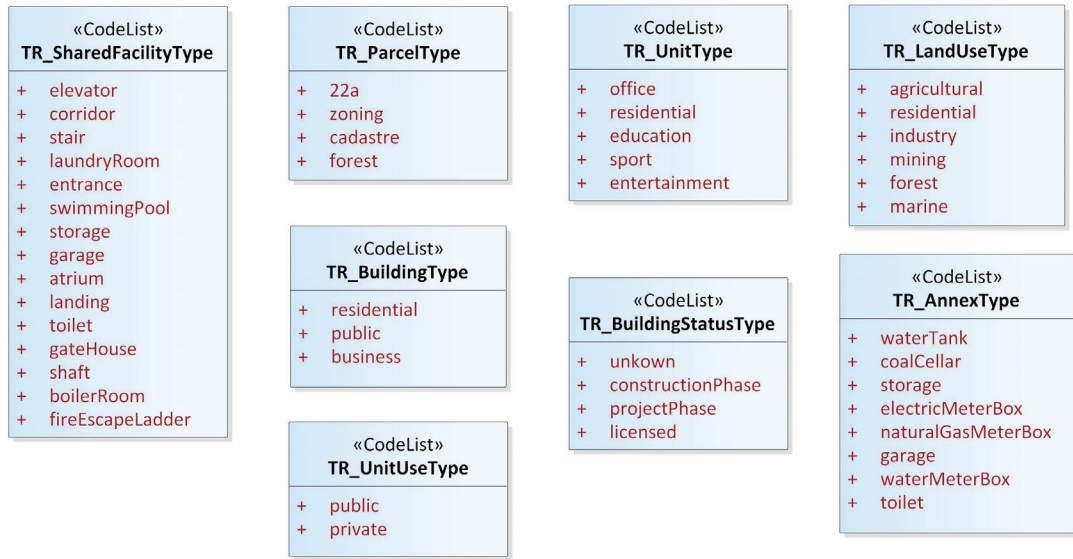
Şekil 3.33 : Geliştirilen modelin *Spatial* paketi ve *Surveying and Representation* alt paketi.

Dikkate alınması gereken diğerk bir konu da KMK'ye göre otel gibi özel yapı kullanım türleri için tüm yapı üzerinde kat mülkiyeti kurulumu ve tescili yapılabildiğinden *TR_SpatialUnit* ve *TR_Building* özellik sınıfları arasında kalıtım (*inheritance*) ilişkisi olduğudur.

TR_CondominiumUnit özellik sınıfı yapılarda kat mülkiyetine konu olan mekanların betimlenmesi için kullanılmaktadır. Sözü edilen özellik sınıfı kat mülkiyeti tescili ile ilgili semantiklerin detaylı bir şekilde saklanabilmesi amacıyla çok sayıda öz nitelik içermektedir. Bahsedilen öz nitelikler; bulunduğu kat (*floorNumber*), net hacim (*netVolume*), net alan (*netArea*), satış tarihi (*dateOfSale*), arsa payı (*landShare*), toplam brüt alan (*totalGrossArea*), toplam brüt hacim (*totalGrossVolume*), piyasa değeri (*marketValue*), satış değeri (*salesValue*), tahmini değeri (*estimatedValue*) ve ad (*name*) şeklindedir. Şekil 3.33'den anlaşılabileceği üzere *TR_Building* ve *TR_CondominiumUnit* özellik sınıfları arasında eğer bir yapı mevcut değilse kat mülkiyeti kurulamayacağından dolayı oluşum (*composition*) ilişkisi bulunmaktadır. Belirtilmesi gereken diğerk bir önemli nokta ise *TR_CondominiumUnit* örneğinin yüzeylerinin *TR_BoundaryFace* kullanılarak betimlenebileceğidir.

TR_CondominiumUnit ile *TR_MainUnit*, *TR_Annex* ve *TR_SharedFacility* özellik sınıfları arasında toplama (*aggregation*) ilişkisi bulunmaktadır. *TR_MainUnit* kat mülkiyetine tescil edilen yapı bünyesindeki oturma odası, mutfak ve yatak odası gibi farklı kısımlara sahip ana bağımsız bölümü temsil etmekteyken *TR_Annex* özellik sınıfı eklentileri, *TR_SharedFacility* ise ortak alan veya tesisleri betimlemede kullanılmaktadır. *TR_MainUnit* tngisID, tür (*type*), bağımsız bölüm numarası (*unitNumber*), balkon sayısı (*numberOfBalcony*), salon sayısı (*numberOfLivingRoom*), diğerk oda sayısı (*numberOfOtherRoom*), tuvalet sayısı (*numberOfToliet*), kullanım türü (*unitUseType*), bulunduğu kat (*floorNumber*) ve banyo sayısı (*numberOfBathroom*) öz niteliklerine sahiptir. *TR_Annex* özellik sınıfı tahsis edildiği bağımsız bölüm numarası (*relatedUnitNumber*), tür (*type*), tahsis edildiği bağımsız bölüm adı (*relatedUnitName*), alan (*area*), hacim (*volume*) ve bulunduğu kat (*floorNumber*) olmak üzere 6 adet öz niteliği kapsamaktadır. *TR_SharedFacility* ise tngisID, tür (*type*), alan (*area*), hacim (*volume*) ve bulunduğu kat (*floorNumber*) öz niteliklerine sahiptir. Daha önce de belirtildiği üzere malikler hem bağımsız bölümlere hem de belirli bağımsız bölümlere tahsis edilen eklentilerin kullanım haklarına sahip olmaktadır. *TR_Annex* özellik sınıfı kullanılarak modellenen

eklentilerin hangi bağımsız bölümlerin kullanımına tahsis edildikleri tahsis edildiği bağımsız bölüm numarası (*relatedUnitNumber*) ve tahsis edildiği bağımsız bölüm adı (*relatedUnitName*) öz nitelikleri yardımıyla modellenenmektedir. Bununla birlikte daha önceki bölümlerde aktarıldığı üzere duvar, kolon, giriş ve merdiven gibi çeşitli yapı elemanları kat mülkiyetine konu olabilmektedir. Sözü edilen bu gibi yapı elemanlarıyla ilişkili kat mülkiyetine konu olan hakların temsil edilebilmesi için geliştirilen kavramsal model bağımsız bölüm numarası (*relatedUnitNumber*) ve tahsis edildiği bağımsız bölüm adı (*relatedUnitName*) öz niteliklerine sahip olan *TR_BuildingElement* özellik sınıfını içermektedir. Bahsedilen 2 adet öz niteliğin yanı sıra yapı elemanı türü (*buildingElementType*) öz niteliği de *TR_BuildingElement* özellik sınıfında yer almaktadır. Şekil 3.34 geliştirilen entegre modeldeki *Spatial* paketi ve *Surveying and Representation* alt paketin kapsamındaki özellik sınıflarında yer alan kod listelerini sunmaktadır.



Şekil 3.34 : Geliştirilen modelin LADM standardının *Spatial* paketi ve *Surveying and Representation* alt paketine karşılık gelen bölümünde kullanılan kod listeleri.

TR_ParcelType kod listesi *TR_Parcel* özellik sınıfındaki parsel türü (*parcelType*) öz niteliğini tanımlamakta kullanılmakta ve farklı parsel türlerinin modellenmesi amacıyla 22a, imar (*zoning*), kadaströ (*cadastre*) ve orman (*forest*) seçeneklerini içermektedir. *TR_LandUseType* ise yine aynı özellik sınıfındaki arazi kullanım türü (*landUseType*) öz niteliğine ilişkin değerleri sağlamada kullanılmakta olup tarım (*agricultural*), yerleşim (*residential*), endüstri (*industry*), maden (*mining*), orman (*forest*) ve deniz (*marine*) seçeneklerini kapsamaktadır.

TR_BuildingType kod listesi *TR_Building* özellik sınıfına ait tür (*type*) öz niteliğiyle ilişkili olup yapının türüne ait mesken (*residential*), kamu (*public*) ve ticari (*business*) olmak üzere 3 farklı seçenek sunmaktadır. *TR_BuildingStatusType* ise aynı özellik sınıfındaki durum (*status*) öz niteliğini tanımlamada kullanılmaktadır ve bilinmeyen (*unknown*), inşaat aşaması (*constructionPhase*), proje aşaması (*projectPhase*) ve yapı ruhsatı belgesine sahip (*licensed*) olmak üzere 4 seçenek içermektedir. *TR_UnitType* kod listesi de *TR_MainUnit* özellik sınıfının sahip olduğu tür (*type*) öz niteliğiyle ana bağımsız bölümün kullanım özelliğini tanımlamak için kullanılmaktadır ve ofis (*office*), mesken (*residential*), eğitim (*education*), spor (*sport*) ve eğlence (*entertainment*) seçeneklerini sunmaktadır. Ana bağımsız bölümün kamu (*public*) veya özel (*private*) kullanımına sahip olduğu ise kullanım türü (*unitUseType*) öz niteliğine bağlı olarak *TR_UnitUseType* kod listesiyle modellenabilmektedir. *TR_SharedFacilityType* kod listesi *TR_SharedFacility* özellik sınıfındaki tür (*type*) öz niteliğiyle ilişkili olup kat mülkiyetine konu olabilen ortak alanların kullanım türlerinin tanımlanabilmesi için asansör (*elevator*), koridor (*corridor*), merdiven (*stair*), çamaşır odası (*laundryRoom*), giriş (*entrance*), yüzme havuzu (*swimmingPool*), depo (*storage*), garaj (*garage*), avlu (*atrium*), sahanlık (*landing*), tuvalet (*toilet*), apartman görevlisi dairesi (*gateHouse*), şaft (*shaft*), kazan dairesi (*boilerRoom*) ve yangın merdiveni (*fireEscapeLadder*) olmak üzere farklı seçenekler sağlamaktadır. *TR_AnnexType* kod listesi ise *TR_Annex* özellik sınıfının türünü tanımlayan tür (*type*) öz niteliğini dair değerleri tanımlamak için su deposu (*waterTank*), kömürlük (*coalCellar*), depo (*storage*), elektrik saati kutusu (*electricMeterBox*), su saati kutusu (*waterMeterBox*), doğalgaz kutusu (*naturalGasMeterBox*), garaj (*garage*) ve tuvalet olmak üzere çeşitli seçenekler sunmaktadır.

Şekil 3.33'den görülebileceği üzere geliştirilen entegre model LADM standardındaki özellik sınıflarıyla bağlantı kurulabilmesi amacıyla IFC şemasındaki çeşitli varlıkları içermektedir. Bu bağlamda *IfcPoint* varlığının alt türü olarak *IfcCartesianPoint* varlığı *TR_Point* özellik sınıfını temsil etmede kullanılabilirken *IfcPolyline* varlığı *TR_BoundaryFaceString* özellik sınıfını modellemede kullanılabilir. Bunun yanı sıra *IfcConnectionSurfaceGeometry* varlığı geliştirilen modelde yer alan *TR_BoundaryFace* özellik sınıfının betimlenmesinde yararlanılabilmektedir. *IfcSite* varlığı ise *TR_Parcel* özellik sınıfının modellenmesi için kullanılmaktadır. *IfcSite*

varlığının bir alt türü olmak üzere *IfcBuilding* varlığı *TR_Building* özellik sınıfıyla ilişkilendirilebilir. *TR_MainUnit*, *TR_Annex* ve *TR_SharedFacility* özellik sınıfları da mantıksal mekanların sınırlarına dair spesifikasyonlarla birlikte saklanmasını mümkün kılan *IfcSpace* varlığıyla modellenenilmektedir. *IfcSpace* örneklerinin sınırları *IfcConnectionSurfaceGeometry* varlığıyla mekanların sınırlarının mantıksal veya fiziksel olarak temsil edilebilmesini sağlayan *IfcRelSpaceBoundary* varlığı yoluyla elde edilebilmektedir. Bu sayede bir bağımsız bölüme ait yasal mekânı çevreleyen duvarlara mülkiyete dair bilgi kazandırılabilir. *IfcZone* ise birden fazla *IfcSpace* örneğine sahip olabildiğinden dolayı bir bağımsız bölüme ilişkin kat mülkiyetiyle ilişkili kullanım haklarının eksiksiz bir şekilde betimlenebilmesi için uygun varlıktır. Örnek olarak bir *TR_MainUnit* örneğine ve 2 adet farklı *TR_Annex* örneğine sahip bir bağımsız bölüm bahsedilen şekilde modellenenilmektedir. Şekil 3.33 bunun yanı sıra *IfcBuildingElement* varlığının alt türü olarak *IfcCovering*, *IfcDoor*, *IfcRoof* ve *IfcColumn* gibi varlıklar yardımıyla çeşitli yapı elemanlarına ilişkin mülkiyet haklarıyla ilgili bilgilerin temsil edilebileceğini göstermektedir.

Bahsedildiği üzere geliştirilen kavramsal modeldeki özellik sınıfları IFC şemasındaki uygun varlıklarla ilişkilendirilmiş ve bu özellik sınıflarındaki öz niteliklere dair özellik setleri belirlenen varlıklara eklenebilmektedir. Bu bağlamda Çizelge 3.9 geliştirilen entegre modelin *Party* ve *Administrative* paketlerinde Çizelge 3.10 ise *Spatial* paketi ve *Surveying and Representation* alt paketinde kullanılan özellik seti adı (*property set name*), özellik adı (*property name*), özellik türü (*property type*) ve veri türü (*data type*) yapılarına dair ayrıntıları listelemektedir. Daha önce de değinildiği üzere IFC şemasında oluşturulan IFC modelinde kullanılmak üzere modellenen farklı verilerin özelliklerini karşılayabilmek amacıyla farklı özellik ve veri türleri bulunmaktadır. Örneğin Çizelge 3.9'da yer alan *TR_Party* özellik setinin sahip olduğu isim (*name*) özelliği IFC modelinde tekil değerlerin saklanması için kullanılabilen *IfcPropertySingleValue* özellik türü ve insanlar tarafından anlaşılabilir verilerin saklanması için yararlanılan *IfcLabel* veri türü kullanılarak modellenenilmektedir. Çizelge 3.10'da yer alan *TR_SharedFacility* özellik setinde yer alan ve kod listesiyle tanımlanabilen tür (*type*) özelliği ise seçenekli özellikler için kullanılabilen *IfcPropertyEnumeratedValue* özellik türü ile *IfcLabel* veri türü yardımıyla modellenenilmektedir.

Çizelge 3.9 : Geliştirilen entegre modelin *Party* ve *Administrative* paketlerinde kullanılan özellik seti adı (*property set name*), özellik adı (*property name*), özellik türü (*property type*) ve veri türü (*data type*).

Özellik Seti Adı (<i>Property Set Name</i>)	Özellik Adı (<i>Property Name</i>)	Özellik Türü (<i>Property Type</i>)	Veri Türü (<i>Data Type</i>)
TR_Party	name	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
	surname	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
	fatherName	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
	TRpID	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	nationality	IfcPropertyEnumeratedValue	IfcLabel
	partyType	IfcPropertyEnumeratedValue	IfcLabel
	IDType	IfcPropertyEnumeratedValue	IfcLabel
	gender	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
	dateOfBirth	IfcPropertySingleValue	IfcDate
	placeOfBirth	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
	phoneNumber	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	role	IfcPropertyEnumeratedValue	IfcLabel
	groupID	IfcPropertySingleValue	IfcIdentifier
TR_GroupParty	type	IfcPropertyEnumeratedValue	IfcLabel
TR_AdministrativeSource	journalNumber	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	registrationDate	IfcPropertySingleValue	IfcDateTime
	volume	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	pageNumber	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
TR_RRR	decription	IfcPropertySingleValue	IfcText
	rID	IfcPropertySingleValue	IfcIdentifier
	share	IfcPropertySingleValue	IfcReal

Çizelge 3.9 (devam) : Geliştirilen entegre modelin Party ve Administrative paketlerinde kullanılan özellik seti adı (property set name), özellik adı (property name), özellik türü (property type) ve veri türü (data type).

Özellik Seti Adı (Property Set Name)	Özellik Adı (Property Name)	Özellik Türü (Property Type)	Veri Türü (Data Type)
TR_Right	type	IfcPropertyEnumeratedValue	IfcLabel
TR_Mortgage	amount	IfcPropertySingleValue	IfcReal
	startingDate	IfcPropertySingleValue	IfcDateTime
	duration(numberOfMonths)	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
TR_BAUnit	tngisID	IfcPropertySingleValue	IfcIdentifier
	type	IfcPropertyEnumeratedValue	IfcLabel
	name	IfcPropertySingleValue	IfcLabel

Çizelge 3.10 : Geliştirilen entegre modelin Spatial paketi ve Surveying and Representation alt paketinde kullanılan özellik seti adı (property set name), özellik adı (property name), özellik türü (property type) ve veri türü (data type).

Özellik Seti Adı (Property Set Name)	Özellik Adı (Property Name)	Özellik Türü (Property Type)	Veri Türü (Data Type)
TR_Parcel	tngisID	IfcPropertySingleValue	IfcIdentifier
	propertyID	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	area	IfcPropertySingleValue	IfcAreaMeasure
	parcelNumber	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	parcelType	IfcPropertyEnumeratedValue	IfcLabel
	blockNumber	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	landUseType	IfcPropertyEnumeratedValue	IfcLabel
TR_SpatialUnit	city	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
	district	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
	village	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
	neighborhood	IfcPropertySingleValue	IfcLabel

Çizelge 3.10 (devam) : Geliştirilen entegre modelin Spatial paketi ve Surveying and Representation alt paketinde kullanılan özellik seti adı (property set name), özellik adı (property name), özellik türü (property type) ve veri türü (data type).

Özellik Seti Adı (<i>Property Set Name</i>)	Özellik Adı (<i>Property Name</i>)	Özellik Türü (<i>Property Type</i>)	Veri Türü (<i>Data Type</i>)
TR_Building	tngisID	IfcPropertySingleValue	IfcIdentifier
	type	IfcPropertyEnumeratedValue	IfcLabel
	name	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
	numberOfFloor	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	status	IfcPropertyEnumeratedValue	IfcLabel
	totalFootprint	IfcPropertySingleValue	IfcReal
	totalConstructionArea	IfcPropertySingleValue	IfcAreaMeasure
	dateOfBuildingPermit	IfcPropertySingleValue	IfcDateTime
	constructionStartingDate	IfcPropertySingleValue	IfcDate
	constructionEndingDate	IfcPropertySingleValue	IfcDate
	dateOfRenovation	IfcPropertySingleValue	IfcDate
	dateOfDemolition	IfcPropertySingleValue	IfcDate
	measuredHeight	IfcPropertySingleValue	IfcReal
	heightReference	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
	zoningHeight	IfcPropertySingleValue	IfcReal
	cost	IfcPropertySingleValue	IfcReal
	floorsAboveGround	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	floorsBelowGround	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	relatedUnitNumber	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	buildingElementType	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
TR_BuildingElement	relatedUnitName	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
TR_CondominiumUnit	floorNumber	IfcPropertySingleValue	IfcReal
	netVolume	IfcPropertySingleValue	IfcReal
	netArea	IfcPropertySingleValue	IfcReal
	dateOfSale	IfcPropertySingleValue	IfcDate
	landShare	IfcPropertySingleValue	IfcText
	totalGrossArea	IfcPropertySingleValue	IfcReal

Çizelge 3.10 (devam) : Geliştirilen entegre modelin Spatial paketi ve Surveying and Representation alt paketinde kullanılan özellik seti adı (property set name), özellik adı (property name), özellik türü (property type) ve veri türü (data type).

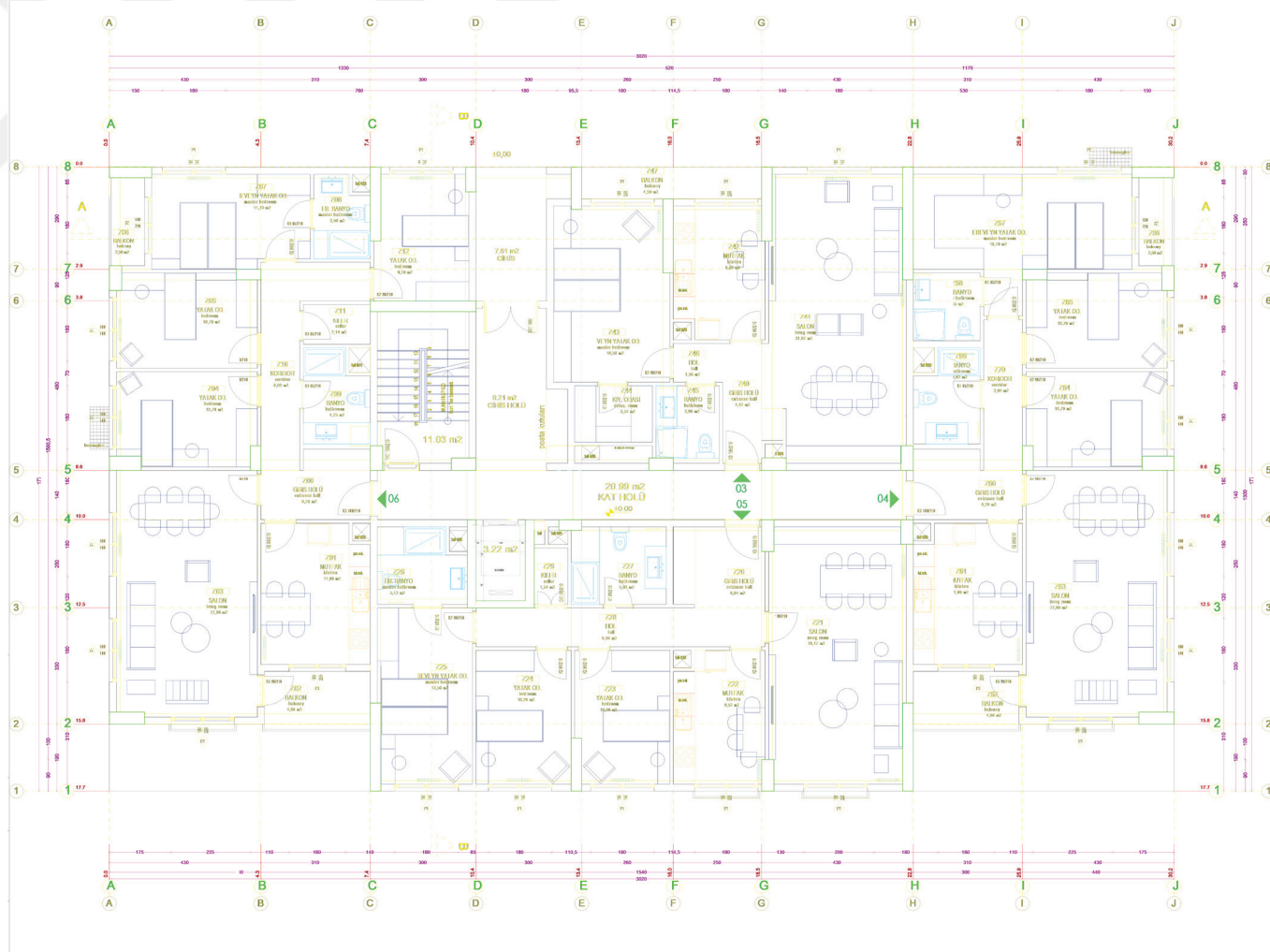
Özellik Seti Adı (<i>Property Set Name</i>)	Özellik Adı (<i>Property Name</i>)	Özellik Türü (<i>Property Type</i>)	Veri Türü (<i>Data Type</i>)
TR_MainUnit	totalGrossVolume	IfcPropertySingleValue	IfcReal
	marketValue	IfcPropertySingleValue	IfcReal
	salesValue	IfcPropertySingleValue	IfcReal
	estimatedValue	IfcPropertySingleValue	IfcReal
	name	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
	tngisID	IfcPropertySingleValue	IfcIdentifier
	type	IfcPropertyEnumeratedValue	IfcLabel
	unitNumber	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	numberOfBalcony	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	numberOfLivingRoom	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	numberOfOtherRoom	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	numberOfToilet	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	unitUseType	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
	floorNumber	IfcPropertySingleValue	IfcReal
TR_Annex	numberOfBathroom	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	relatedUnitNumber	IfcPropertySingleValue	IfcInteger
	type	IfcPropertyEnumeratedValue	IfcLabel
	relatedUnitName	IfcPropertySingleValue	IfcLabel
	area	IfcPropertySingleValue	IfcAreaMeasure
TR_SharedFacility	volume	IfcPropertySingleValue	IfcVolumeMeasure
	floorNumber	IfcPropertySingleValue	IfcReal
	tngisID	IfcPropertySingleValue	IfcIdentifier
	type	IfcPropertyEnumeratedValue	IfcLabel
	area	IfcPropertySingleValue	IfcAreaMeasure
	volume	IfcPropertySingleValue	IfcVolumeMeasure
	floorNumber	IfcPropertySingleValue	IfcReal

3.2.2 Geliştirilen kavramsal modelin örneklenmesi

Bu bölümde kat mülkiyetine konu hakların 3B kaydı ve yönetimi için IFC ve LADM standartlarının entegrasyonuna dayanan kavramsal modelin örnek bir yapıya ait BIM ve IFC modelinin oluşturulması, elde edilen modelin geliştirilen kavramsal modelin içeriğine bağlı olarak zenginleştirilmesi ve sonrasında kat mülkiyeti tescili ve yönetimiyle ilgili farklı durumlara ilişkin görselleştirmeler yardımıyla örneklenmesi yer almaktadır.

3.2.2.1 Üç boyutlu BIM/IFC modeli üretilmesi ve zenginleştirilmesi

Öncelikli olarak bir yapıya ait Autocad yazılımında tasarlanmış .dwg uzantılı dosyalar elde edilmiştir. Daha sonra yapının BIM modeli oluşturulmak üzere bahsedilen dosyalar AEC sektöründe de oldukça yaygın olarak kullanılan Autodesk Revit yazılımında içe aktarılmıştır. Şekil 3.35 modeli üretilen yapının kat planlarından bir kesit örneği sunmaktadır. Sonrasında mimari projeye uygun olarak yazılımdaki modelleme araçları kullanılarak yapının 3B BIM modeli üretilmiştir. Şekil 3.36 yapıya ilişkin BIM modelinin ön cepheden görünümünü Şekil 3.37 ise arka cepheden görünümünü içermektedir. Şekillerden de anlaşılabileceği üzere yapının ön ve arka cepheleri arasında kot farkı bulunmaktadır. Bunun yanı sıra Şekil 3.37'den görülebileceği üzere yapının arka cephesinde çizgilerle ayrılmış otopark alanları yer almaktadır. Yapı modeline ilişkin BIM modelinin üretilmesinin ardından yapıda kat mülkiyetine ilişkin SSS'lere ait semantiklerin geliştirilen kavramsal model dikkate alınarak fiziki karşılıklarıyla birlikte 3B olarak modellenmesi için gerekli işlemler gerçekleştirilmiştir. Bu anlamda öncelikle yasal mekanların modellenmesi için yazılımdaki mekanlar (*spaces*) aracı kullanılmış ve kat mülkiyetine konu olan haklarla ilişkili olarak mekanlar üretilmiştir. Şekil 3.38 yazılım bünyesinde yapı bünyesinde oluşturulan mekanlara ilişkin örnek bir gösterim sunmaktadır. Burada belirtmek gerekir ki bağımsız bölümlerin farklı kısımlarına dair mekanların oluşturulması SSS'lerin eksiksiz bir şekilde 3B olarak betimlenmesi için önem arz etmektedir. Oluşturulan BIM modelinde mekanların tanımlanmasının ardından bağımsız bölümlere tahsis edilebilen eklentilerin de modellenmesi amacıyla yazılımdaki alanlar (*zones*) aracı yardımıyla farklı bağımsız bölümlere ait eklentileri de kapsayacak şekilde hem bağımsız bölümlere ait ana birimlere hem de eklentilere ilişkin mekanlar gruplandırılarak kat mülkiyetine ilişkin haklar eksiksiz olarak modellenmiştir.



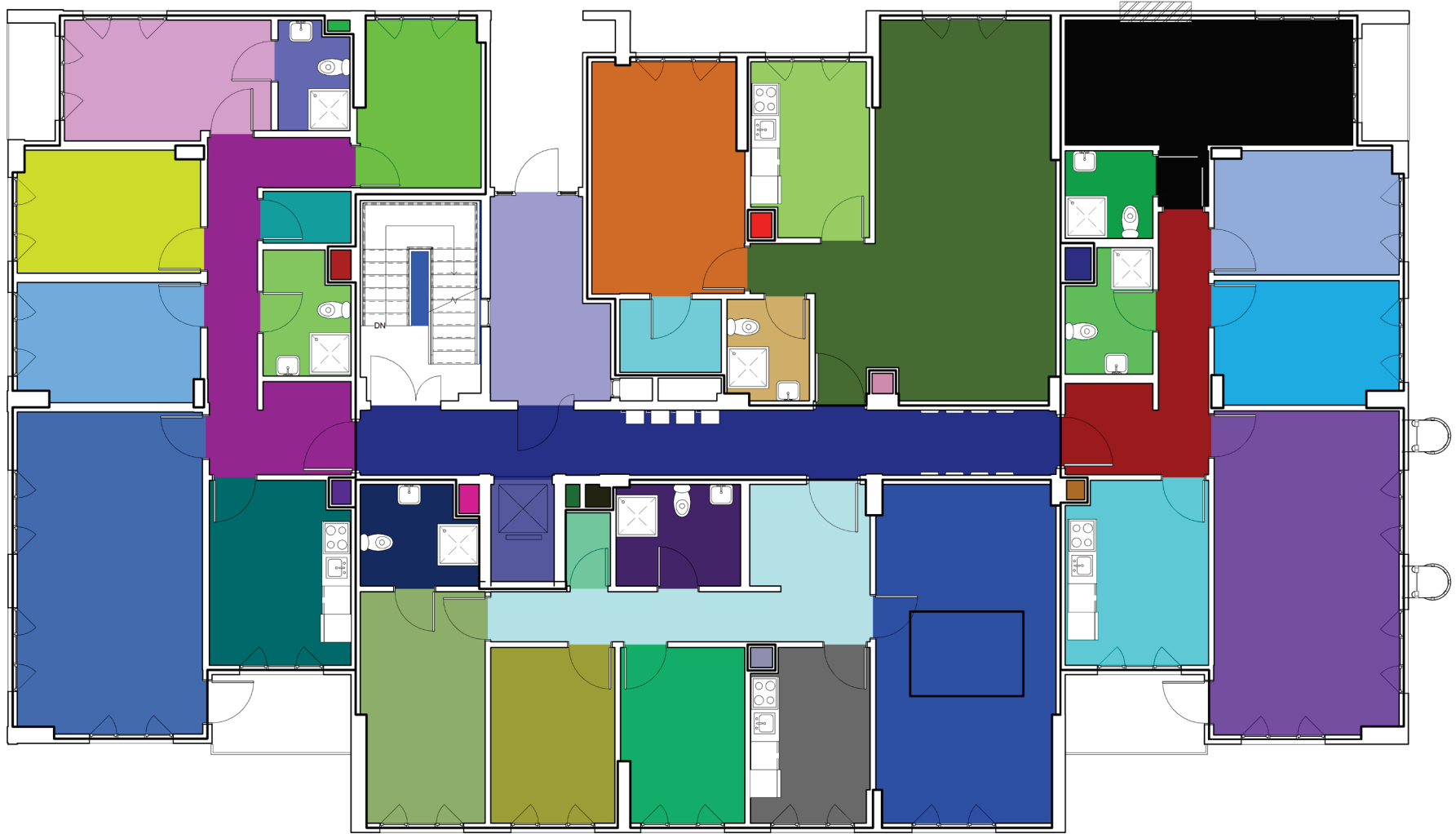
Şekil 3.35 : Modellenen örnek yapının kat planından bir kesit.



Şekil 3.36 : Örnek yapıya ait üretilen BIM modelinin ön cepheden görünüşü.



Şekil 3.37 : Örnek yapıya ait üretilen BIM modelinin arka cepheden görünüşü.



Şekil 3.38 : Autodesk Revit yazılımında örnek yapıdaki farklı mekanların (*spaces*) gösterimi.

Şekil 3.39’da ise yazılım içerisinde bağımsız bölümlerin ana birimlerinde yer alan mekanların tek bir alanda toplandığı görülebilmektedir. Bahsedilen mekanlar ve alanlar daha önce de Şekil 3.33’e istinaden yapılan açıklamalar ışığında *IfcSpace* ve *IfcZone* varlıklarıyla ilişkilidir. Mekanlar ve kat planları dikkate alınarak bağımsız bölümlere ait alanların oluşturulmasının ardından BIM modelindeki örnekler geliştirilen entegre modeldeki özellik sınıflarına bağlı olarak semantiklerle zenginleştirilmiştir. Yazılım bünyesinde özellik sınıflarının sahip oldukları öz niteliklere karşılık gelen parametreler tanımlanmış ve yapı elemanlarıyla ilişkilendirilmiştir. Sözü edilen zenginleştirme işlemi mekanlar ve alanların yanı sıra kavramsal modelde yer aldığı üzere BIM modelinde yer alan farklı yapı elemanlarına da uygulanmıştır. Semantiklerin BIM modelindeki kat mülkiyetine ilişkin yararlanılabilecek farklı elemanlara eklenmesinin ardından oluşturulan BIM modelinin IFC formatında dışa aktarılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen kavramsal modeldeki özellik sınıfları ilişkilendirildikleri IFC şemasındaki varlıklara yeni özellik sınıfları olarak yazılım bünyesinde eklenen parametreler yardımıyla eklenmiştir. Bu işlemin gerçekleştirilmesi için özellik setlerine dair bilgilerin yer aldığı bir dosya hazırlanmakta ve IFC verisinin dışa aktarımı esnasında bu dosyadan faydalanılmaktadır. Bu bağlamda Şekil 3.40 ve Şekil 3.41 geliştirilen kavramsal modele ve Çizelgeler 3.9 ve 3.10’da yer alan özelliklere (*properties*) dair bilgilere göre oluşturulan dosya içeriğini sunmaktadır. Şekillerden de görülebileceği üzere dosyada özellik setleri, içerdikleri özellikler, özelliklerin veri türleri ile hangi IFC varlıklarına eklenecekleri bilgileri yer almaktadır. Şekil 3.41 ise dışarı aktarılan IFC dosyasının içeriğinden bir kesit içermektedir. Şekilde farklı IFC varlıklarına ait örnekler görülebilmektedir. Örneğin #1733 numaralı satırda *TR_Annex* özellik sınıfına dair bilgiler yer almaktadır. Yine aynı satırdan anlaşılabileceği üzere #1733 numaralı satırda yer alan *TR_Annex* özellik sınıfı örneği #1727, #1728, #1729, #1730, #1731 ve #1732 numaralı satırlarda *IfcPropertySingleValue* veri türünde tanımlanmış olan özellikleri içermektedir. Bir başka örnek olarak ise daha önce aktarılan bilgilere dayalı olarak *TR_Annex* özellik setindeki *relatedUnitName* özelliğinin *IfcLabel* veri türünde “Condominium 5” olarak IFC modelinde saklandığı görülebilmektedir. Bunun yanı sıra yine Şekil 3.42’de #1725 numaralı satırda tanımlanan *TR_SharedFacility* özellik setine ait bir örneğin #1722, #1723 ve #1724 numaralı satırlarda bulunan ve Çizelge 3.10’da yer alan veri türlerine göre modellenen *area*, *volume* ve *floorNumber* özellikleriyle tanımlandığı anlaşılabilmektedir.



Şekil 3.39 : Autodesk Revit yazılımında örnek yapı bünyesinde oluşturulan farklı alanların (zones) gösterimi.

```

PropertySet:  TR_BuildingElement      I      IfcWall
               relatedUnitNumber      Real    BuildingElementUnitNumber
               relatedUnitName        Text    AnnexRelatedUnitName
               type      Text    buildingElementType
PropertySet:  TR_Right                I      IfcWall
               ownershipType Text    BuildingElementOwnershipType
PropertySet:  TR_BuildingElement      I      IfcDoor
               relatedUnitNumber      Real    BuildingElementUnitNumber
               relatedUnitName        Text    AnnexRelatedUnitName
               type      Text    buildingElementType
PropertySet:  TR_Right                I      IfcDoor
               ownershipType Text    BuildingElementOwnershipType
PropertySet:  TR_BuildingElement      I      IfcWindow
               relatedUnitNumber      Real    BuildingElementUnitNumber
               relatedUnitName        Text    AnnexRelatedUnitName
               type      Text    buildingElementType
PropertySet:  TR_Right                I      IfcWindow
               ownershipType Text    BuildingElementOwnershipType
PropertySet:  TR_BuildingElement      I      IfcRailing
               relatedUnitNumber      Real    BuildingElementUnitNumber
               relatedUnitName        Text    AnnexRelatedUnitName
               type      Text    buildingElementType
PropertySet:  TR_Right                I      IfcRailing
               ownershipType Text    BuildingElementOwnershipType
PropertySet:  TR_BuildingElement      I      IfcRoof
               relatedUnitNumber      Real    BuildingElementUnitNumber
               relatedUnitName        Text    AnnexRelatedUnitName
               type      Text    buildingElementType
PropertySet:  TR_Right                I      IfcRoof
               ownershipType Text    BuildingElementOwnershipType
PropertySet:  TR_BuildingElement      I      IfcStair
               relatedUnitNumber      Real    BuildingElementUnitNumber
               relatedUnitName        Text    AnnexRelatedUnitName
               type      Text    buildingElementType
PropertySet:  TR_Right                I      IfcStair
               ownershipType Text    BuildingElementOwnershipType
PropertySet:  TR_BuildingElement      I      IfcColumn
               relatedUnitNumber      Real    BuildingElementUnitNumber
               relatedUnitName        Text    AnnexRelatedUnitName
               type      Text    buildingElementType
PropertySet:  TR_Right                I      IfcColumn
               ownershipType Text    BuildingElementOwnershipType
PropertySet:  TR_BuildingElement      I      IfcSlab
               relatedUnitNumber      Real    BuildingElementUnitNumber
               relatedUnitName        Text    AnnexRelatedUnitName
               type      Text    buildingElementType
PropertySet:  TR_Right                I      IfcSlab
               ownershipType Text    BuildingElementOwnershipType
PropertySet:  TR_BuildingSpecialElement I      IfcRamp
               relatedUnitNumber      Real    BuildingElementUnitNumber
               relatedUnitName        Text    AnnexRelatedUnitName
               type      Text    buildingElementType
PropertySet:  TR_Right                I      IfcRamp
               ownershipType Text    BuildingElementOwnershipType

```

Şekil 3.40 : IFC verisinin dışa aktarılmasında ilgili özellik setlerinin modele eklenebilmesi için oluşturulan dosya içeriğinin ilk kısmı.

```

PropertySet:  TR_BuildingEquipment  I      IfcBuildingElementProxy
              type      Text      ModelSharedFacilityType
              relatedUnitNumber      Real      AnnexRelatedUnitNumber
              relatedUnitName Text      AnnexRelatedUnitName
              type      Text      buildingElementType
PropertySet:  TR_Right      I      IfcBuildingElementProxy
              ownershipType Text      BuildingElementOwnershipType
PropertySet:  TR_MainUnit  I      IfcZone
              tngisID Real      tngisID
              type      Text      CondominiumUnittype
              unitNumber      Real      MainUnitNumber
              numberOfBalcony Real      numberOfBalcony
              numberOfLivingRoom      Real      numberOfLivingRoom
              numberOfOtherRoom      Real      numberOfOtherRoom
              numberOfToilet Real      numberOfToilet
              unitUseType      Text      mainUnitUseType
              area      Area      area
              volume Volume      volume
              floorNumber      Real      FloorNumber
              numberOfBathroom      Real      numberOfBathroom
PropertySet:  TR_SharedFacility  I      IfcSpace
              tngisID Real      tngisIDSharedFacility
              type      Text      SharedFacilityType
              area      Area      area
              volume Volume      volume
              floorNumber      Real      FloorNumber
PropertySet:  TR_Annex      I      IfcSpace
              relatedUnitNumber      Real      AnnexRelatedUnitNumber
              type      Text      AnnexType
              relatedUnitName Text      AnnexRelatedUnitName
              area      Area      area
              volume Volume      volume
              floorNumber      Real      FloorNumber
PropertySet:  TR_BAUnit      I      IfcSpace
              tngisID Real      tngisID
              type      Text      BAUnitType
              name      Text      BAUnitName
PropertySet:  TR_CondominiumUnit  I      IfcZone
              floorNumber      Real      FloorNumber
              netVolume      Real      netVolume
              netArea Real      netArea
              unitNumber      Real      BAUnitNumber
              totalGrossArea Real      totalGrossArea
              totalGrossVolume      Real      totalGrossVolume
              landShare      Text      landShare
              marketValue      Real      marketValue
              salesValue      Real      salesValue
              estimatedValue Real      estimatedValue
              name      Text      BAUnitName
PropertySet:  TR_Parcel      I      IfcSite
              tngisID Real      tngisID
              propertyID      Real      propertyID
              area      Area      Projected Area
              parcelNumber      Real      ParcelNumber
              parcelType      Text      parcelType
              blockNumber      Real      blockNumber
              landUseType      Text      landUseType

```

Şekil 3.41 : IFC verisinin dışa aktarılmasında ilgili özellik setlerinin modele eklenebilmesi için oluşturulan dosya içeriğinin ikinci kısmı.

```

#1722= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('area',$,IFCAREAMEASURE(4.53328442108158),$);
#1723= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('volume',$,IFCVOLUMEASURE(11.7865394948121),$);
#1724= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('floorNumber',$,IFCREAL(-1.),$);
#1725= IFCPROPERTYSET('1gnxFKeTvEaPQuWAHP_7OX',#41,'TR_SharedFacility',$,(#1722,#1723,#1724));
#1727= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('relatedUnitNumber',$,IFCINTEGER(5.),$);
#1728= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('type',$,IFCLABEL('Coal Cellar'),$);
#1729= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('relatedUnitName',$,IFCLABEL('Condominium 5'),$);
#1730= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('area',$,IFCAREAMEASURE(4.53328442108158),$);
#1731= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('volume',$,IFCVOLUMEASURE(11.7865394948121),$);
#1732= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('floorNumber',$,IFCREAL(-1.),$);
#1733= IFCPROPERTYSET('0bOoVEwA5CqQC8vVF37pZJ',#41,'TR_Annex',$,(#1727,#1728,#1729,#1730,#1731,#1732));
#1735= IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('2CQ6rIpv91zB0enrrLBFeN',#41,$,($1593),#1720);
#1739= IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('33RSCCohX108m26biKdDq1',#41,$,($1593),#1725);
#1742= IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('1GDgdXm54m8XcmwRMojBS',#41,$,($1593),#1733);

```

Şekil 3.42 : IFC dosyasında yer alan özellik seti örneğine ilişkin bir kesit.

Şekil 3.43’de ise bir bağımsız bölümün kullanım hakkına sahip olduğu ana birim ile eklentilere ait mekanların gruplandırılmasını içeren *IfcZone* varlığı örneği yer almaktadır. Şekilden görülebileceği üzere #1912666 numaralı satır *IfcZone* varlığına ilişkin örneği ve “3RDJkXXvX5QO4WSO_LAXtn” şeklinde sahip olduğu tekil GUID numarasını içermektedir. #1912695, #1912699 ve #1912702 numaralı satırlarda da bahsedilen *IfcZone* örneğiyle *IfcRelDefinesByProperties* varlığı kullanılarak özellik setlerinin ilişkilendirildiği anlaşılmaktadır. Örnek olarak da #1912682 numaralı satırda *IfcZone* örneğinin sahip olduğu *TR_MainUnit* özellik seti ve aynı zamanda bu özellik setinin içerdiği özellikler ve nominal değerlerinin hangi satırlarda tanımlandığı yer almaktadır. #1912667 numaralı satırda ise daha önce de bahsedildiği üzere bağımsız bölümü temsil eden *IfcZone* örneğine kullanım hakkı bulunan ana birimin farklı kısımları ile yapı içerisinde veya dışarısında bulunabilen eklentilere ait mekanların (*spaces*) *IfcRelAssignsToGroup* varlığı kullanılarak ilişkilendirildiği görülebilmektedir. Sözü edilen satırda yer alan #378849, #1593, #10616, #11464, #12220, #15370, #15732 numaralı satırlar farklı *IfcSpace* örneklerini ifade etmektedir. Şekil 3.43’de örnek olarak #1593 numaralı satırda yer alan *IfcSpace* örneği verilebilir. #1727 ile #1732 numaralı satırlar arasında da bağımsız bölümün eklentisi olarak modellenen kömürlüğe (*coal cellar*) dair semantikler yer almaktadır. #1742 numaralı satırda da #1733 numaralı satırda tanımlanan *TR_Annex* özellik setinin #1593 numaralı satırda tanımlanan *IfcSpace* örneğiyle ilişkilendirildiği görülebilmektedir. #1912666 numaralı satırdaki *IfcZone* örneğinin kullanma hakkına sahip olduğu diğer bir eklenti ise #378849 numaralı satırda farklı bir *IfcSpace* örneği olarak tanımlanmaktadır. Verilen örneklere benzer şekilde bahsedilen *IfcSpace* örneğinin sahip olduğu özellikler #378859 ile #378862 numaralı satırlar arasında yer almakta olup #378860 numaralı satırda otopark (*car park*) türündeki eklentinin “Condominium 5” isimli bağımsız bölümün kullanımına atandığı bilgisi elde edilebilmektedir.


```
#1593= IFCSPACE('1LWPI_2mDfHpb1XENyc_AS',#41,'24',$,$,#1580,#1591,'',.ELEMENT.,.INTERNAL.,$);
```

```
#1727= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('relatedUnitNumber',$,IFCINTEGER(5.),$);  
#1728= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('type',$,IFCLABEL('Coal Cellar'),$);  
#1729= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('relatedUnitName',$,IFCLABEL('Condominium 5'),$);  
#1730= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('area',$,IFCAREAMEASURE(4.53328442108158),$);  
#1731= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('volume',$,IFCVOLUMEASURE(11.7865394948121),$);  
#1732= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('floorNumber',$,IFCREAL(-1.),$);  
#1733= IFCPROPERTYSET('0bOoVEwA5CqQC8vVF37pZJ',#41,'TR_Annex',$,(#1727,#1728,#1729,#1730,#1731,#1732));  
#1735= IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('2CQ6rIpv91zB0enrrLBPeN',#41,$,$,(#1593),#1720);  
#1739= IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('33RSCCohX108m26biKdDq1',#41,$,$,(#1593),#1725);  
#1742= IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('1GdgnXm54m8XcmwRmojBS',#41,$,$,(#1593),#1733);
```

```
#378849= IFCSPACE('1Nr26UDzTDnuMdYSQLzQwf',#41,'Mass_Box:Standard:359723',$,'Standard',#378848,#378843,'Mass_Box:Standard:359723',.ELEMENT.,.INTERNAL.,$);  
#378859= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('type',$,IFCLABEL('Car Park'),$);  
#378860= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('relatedUnitName',$,IFCLABEL('Condominium 5'),$);  
#378861= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('area',$,IFCAREAMEASURE(28.8000000000025),$);  
#378862= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('volume',$,IFCVOLUMEASURE(27.6480000000004),$);  
#378863= IFCPROPERTYSET('3V29TN93n5pOJjHfKp$hFC',#41,'TR_Annex',$,(#1727,#378859,#378860,#378861,#378862));  
#378865= IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('17jvYS7ofE$AtV9cki$1LM',#41,$,$,(#378849),#378853);  
#378869= IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('16LExfCpf3AfpQ9rT_ez5W',#41,$,$,(#378849),#378857);  
#378872= IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('3NabyWkKrlqvyQ7CCXjj__',#41,$,$,(#378849),#378863);
```

```
#1912666= IFCZONE('3RDJkXXvX5QO4WSO_LAXtn',#41,'11:366264',$,'');  
#1912667= IFCRELASSIGNSTOGROUP('3RDJkXXvX5QO4WSOwLAXtn',#41,$,$,(#378849,#1593,#10616,#11464,#12220,#15370,#15732),$,#1912666);  
#1912674= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('engisID',$,IFCIDENTIFIER(95745.),$);  
#1912675= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('type',$,IFCLABEL('Residential'),$);  
#1912676= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('numberOfLivingRoom',$,IFCINTEGER(1.),$);  
#1912677= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('numberOfOtherRoom',$,IFCINTEGER(1.),$);  
#1912678= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('numberOfToilet',$,IFCINTEGER(-1.),$);  
#1912679= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('unitUseType',$,IFCLABEL('Private'),$);  
#1912680= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('floorNumber',$,IFCREAL(0.),$);  
#1912681= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('numberOfBathroom',$,IFCINTEGER(1.),$);  
#1912682= IFCPROPERTYSET('3x1kTpjWj13ef97Xm1x5eK',#41,'TR_MainUnit',$,(#1912674,#1912675,#1912676,#1912677,#1912678,#1912679,#1912680,#1912681));  
#1912684= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('netVolume',$,IFCREAL(180.502),$);  
#1912685= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('netArea',$,IFCREAL(69.424),$);  
#1912686= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('unitNumber',$,IFCREAL(5.),$);  
#1912687= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('totalGrossArea',$,IFCREAL(102.757),$);  
#1912688= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('totalGrossVolume',$,IFCREAL(221.088),$);  
#1912689= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('landShare',$,IFCTEXT('1/48'),$);  
#1912690= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('salesValue',$,IFCREAL(610000.),$);  
#1912691= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('estimatedValue',$,IFCREAL(490000.),$);  
#1912692= IFCPROPERTYSINGLEVALUE('name',$,IFCLABEL('Condominium 5'),$);  
#1912693= IFCPROPERTYSET('3mBRcy8PD20PwX6xRgYXzR',#41,'TR_CondominiumUnit',$,(#1912680,#1912684,#1912685,#1912686,#1912687,#1912688,#1912689,#1912690,#1912691,#1912692));  
#1912695= IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('25uQNu4cb9hemVUVoyYwbK',#41,$,$,(#1912666),#1912672);  
#1912699= IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('2N_3FY7vf9CPwVr0jruyli',#41,$,$,(#1912666),#1912682);  
#1912702= IFCRELDEFINESBYPROPERTIES('3qf_TlQyn14eCqkOMA$Lkn',#41,$,$,(#1912666),#1912693);
```

Şekil 3.43 : Elde edilen IFC dosyasında yer alan *IfcZone* örneğine (*instance*) ilişkin bir kesit.

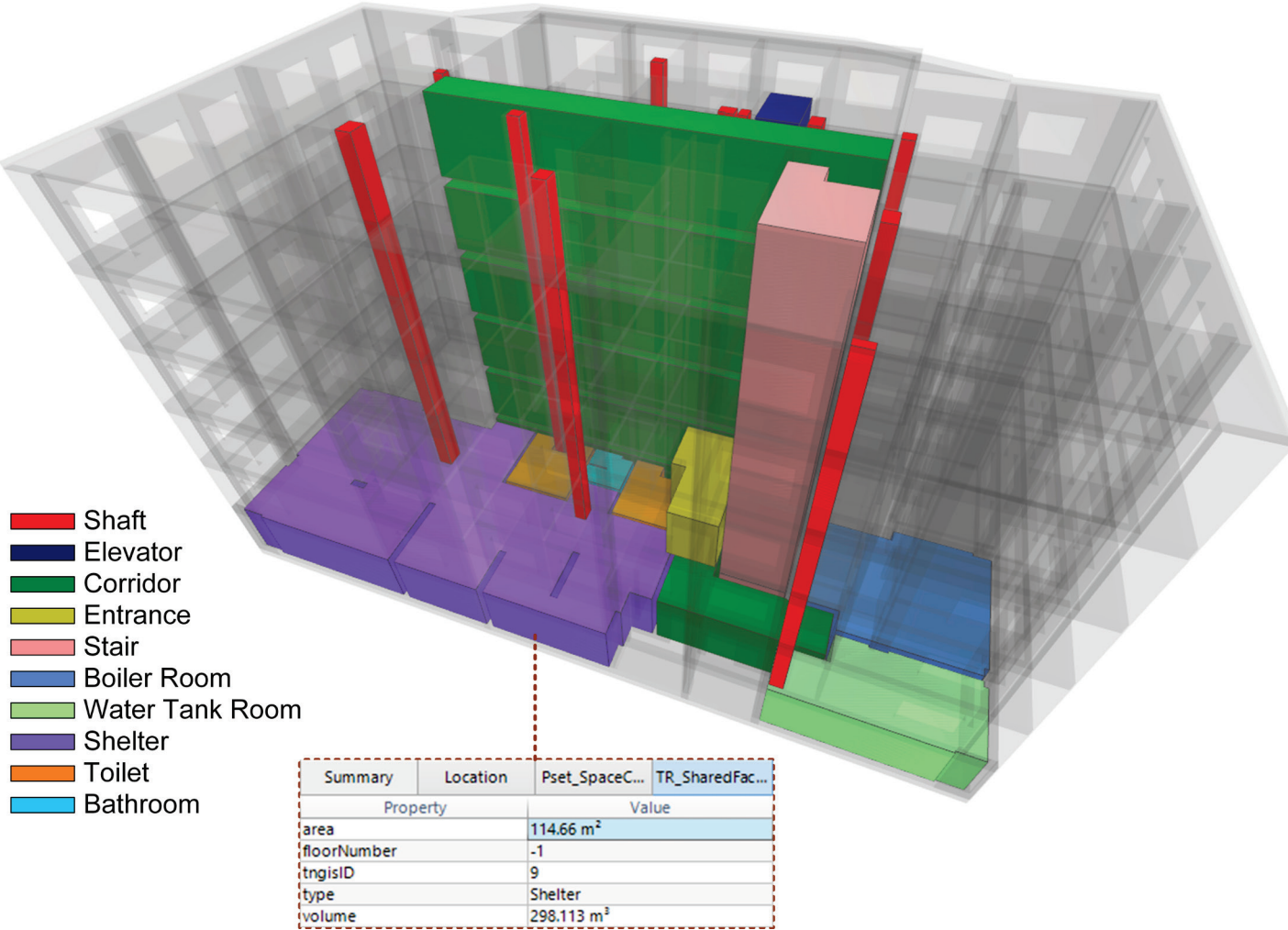
3.2.2.2 Kat mülkiyetine konu olan hakların üç boyutlu görselleştirilmesi

Kat mülkiyetine ilişkin SSS'lere ait semantiklerin fiziksel karşılıkları olan yapı elemanlarıyla modellenmesinin ardından elde edilen IFC modeli kullanılarak farklı durumlara ilişkin görselleştirmeler gerçekleştirilmiştir. Dışarı aktarılan IFC modeli Çizelge 3.9 ve 3.10'da yer alan özellik setleri ve özelliklerle zenginleştirilmiştir. IFC modellerinin sahip oldukları özellik setleriyle görselleştirilebilmesi için farklı yazılımlar mevcuttur. Çalışma kapsamında ücretsiz versiyona da sahip olan BIMcollab yazılımından yararlanılmıştır (BIMcollab, 2022). Bahsedilen yazılım IFC varlıklarına ait örneklerle ilişkin belirlenen kriterlere dayalı olarak görselleştirmeler yapılabilmesine imkân tanımaktadır.

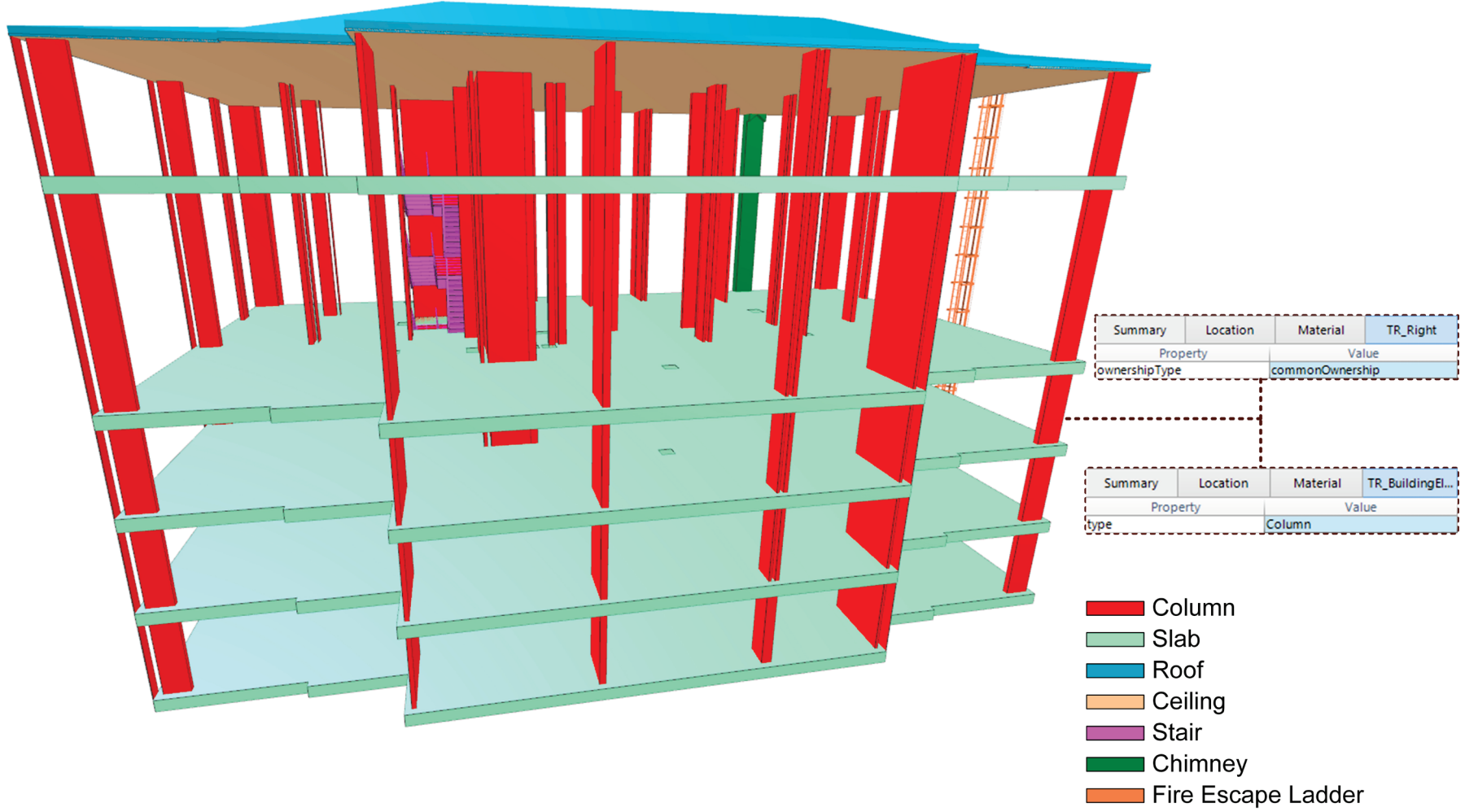
Örnek vermek gerekirse Şekil 3.44 kat mülkiyeti kurulan yapıdaki maliklerin ortak kullanım hakkına sahip olduğu alanları görselleştirmektedir. Mimari projede yer aldığı üzere şaft (*shaft*), asansör (*elevator*), giriş (*entrance*), merdiven (*stair*), kazan dairesi (*boiler room*), su deposu odası (*water tank room*), sığınak (*shelter*), tuvalet (*toilet*) ve banyo (*bathroom*) kısımlarına dair mekanlar ortak alan olarak modellenip 3B olarak görüntülenebilmektedir. Şekil 3.44'den anlaşılabileceği üzere ortak alan olarak tanımlanan *IfcSpace* örnekleri Şekil 3.33'de yer alan *TR_SharedFacility* özellik sınıfının sahip olduğu öz niteliklere karşılık gelen özelliklere sahiptir. Bahsedilen özellikler *ngisID*, tür (*type*), alan (*area*), hacim (*volume*) ve bulunduğu kat (*floorNumber*) özelliklerine sahiptir.

Şekil 3.44'de sığınak (*shelter*) olarak modellenen *IfcSpace* örneğinin IFC modelinde içerdiği özellikler ve içerdiği değerler görülmektedir. Daha önceki bölümlerde bahsedildiği üzere çeşitli yapı elemanları da kat mülkiyetine konu olabilmektedir. Bu bağlamda Şekil 3.45 kat mülkiyetine ilişkin olarak üzerinde ortak kullanım hakkı bulunan farklı yapı elemanlarının görselleştirilmesini içermektedir. Sözü edilen yapı elemanları kolon (*column*), taban (*slab*), çatı (*roof*), tavan (*ceiling*), merdiven (*stair*), baca (*chimney*) ve yangın merdiveni (*fire escape ladder*) şeklindedir.

Şekil 3.45'de örnek olarak modellenen yapıdaki bir kolon elemanına ait özellikler de görülebilmektedir. Şekilde sözü edilen yapı elemanının *TR_Right* özellik seti dahilinde *ownershipType* özelliği için *commonOwnership*, *TR_BuildingElement* özellik seti dahilinde ise *type* özelliği bünyesinde *column* değerine sahip olduğu görülmektedir.



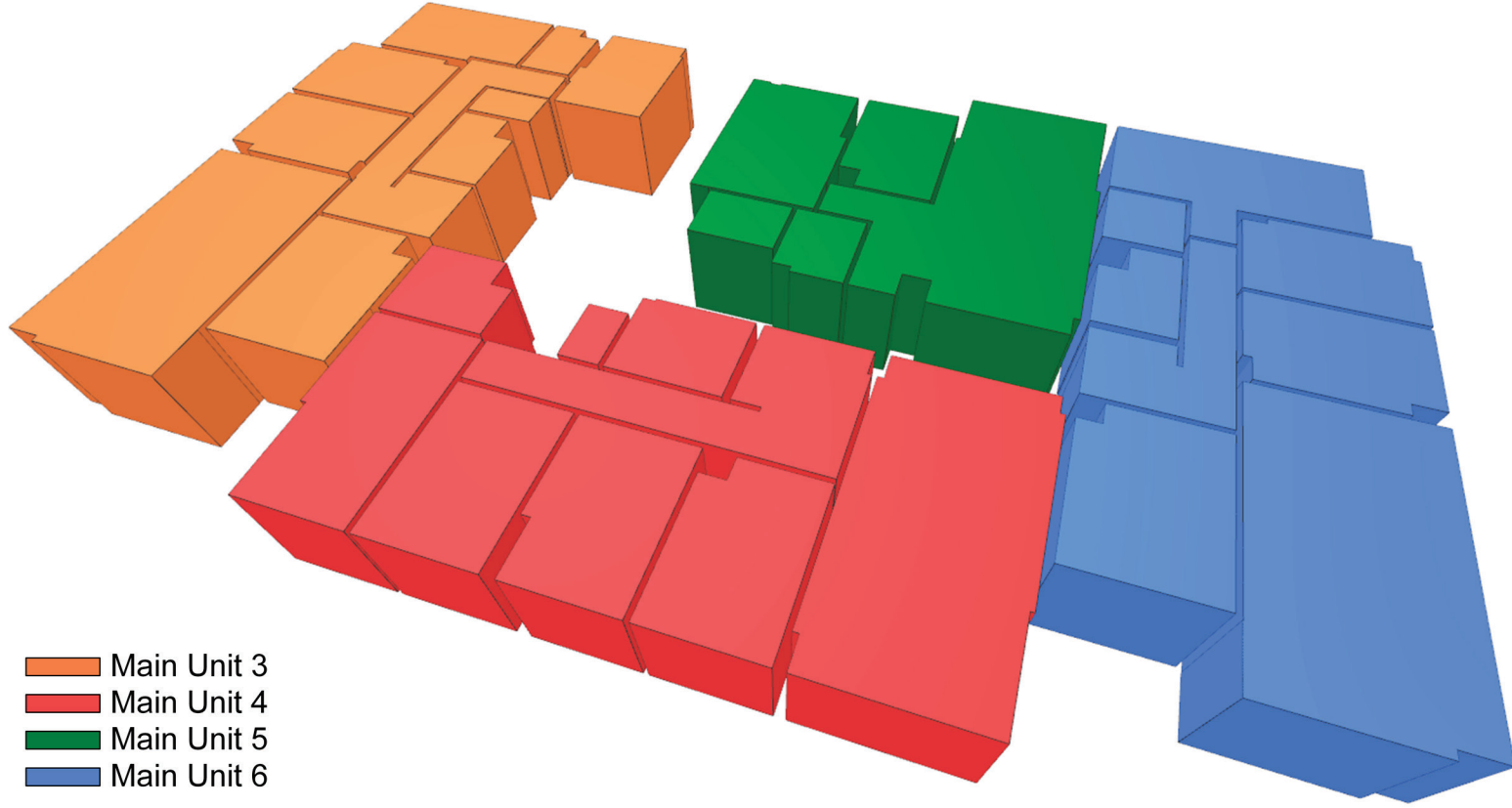
Şekil 3.44 : Modellenen örnek yapıdaki ortak alanlara ait 3B yasal mekanlar (*legal spaces*).



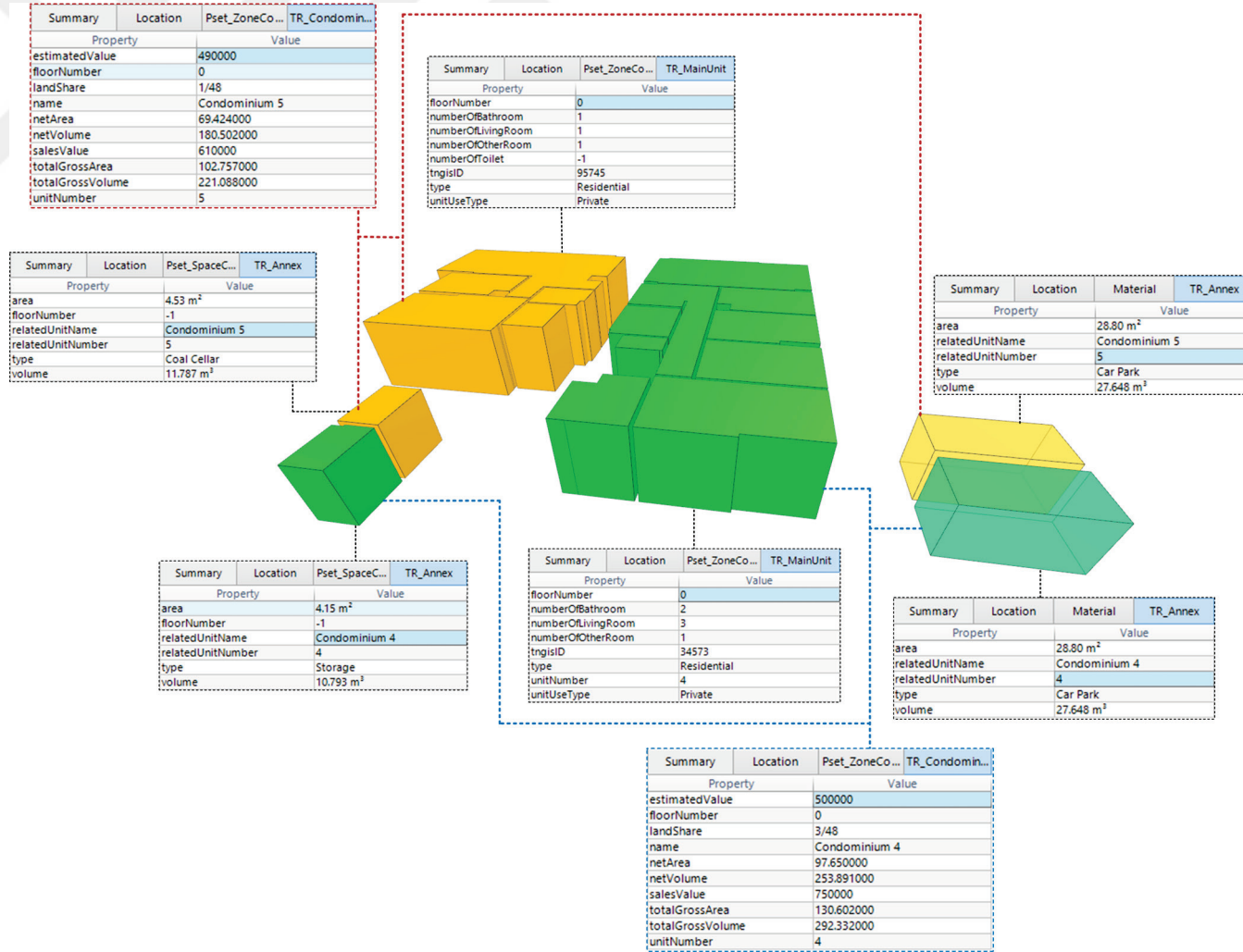
Şekil 3.45 : Modellenen örnek yapıdaki ortak kullanıma sahip olunan yapı elemanları.

Önceki bölümlerde aktarıldığı üzere bir bağımsız bölüme ait ana birim farklı kullanım amaçlarına sahip mutfak ve banyo gibi çeşitli kısımlara sahiptir. Şekil 3.46 modellenen yapının giriş katında bulunan 4 bağımsız bölüme ait ana birimlerin yasal mekanlarını örneklemektedir. Şekilden de görülebileceği üzere bağımsız bölümlere ait yasal mekanlar eklentileri içermeden sadece ana birimler bağlamında görselleştirilmiştir. Şekil 3.47 ise yapı bünyesinde Bağımsız Bölüm 4 (*Condominium 4*) ve Bağımsız Bölüm 5 (*Condominium 5*) olarak isimlendirilen bağımsız bölümlere ait yasal mekanları sahip oldukları özellikler ile görselleştirmektedir. Şekilde de görülebileceği üzere her iki bağımsız bölüm de eklenti olarak kendi kullanımlarına tahsis edilen otopark alanlarına sahiptir. Bağımsız Bölüm 4 bir diğer eklenti olarak depoya (*storage*) sahipken kömürlük eklenti olarak Bağımsız Bölüm 5'in kullanımına tahsis edilmiştir. Şekil 3.47'de ayrıca bahsedilen eklentilerin de sahip olduğu özellikler ve nominal değerler görselleştirilmiştir. Bununla birlikte *TR_MainUnit* özellik setinde de sözü edilen 2 bağımsız bölümün ana birimlerine ilişkin semantikler yer almaktadır. Şekil 3.33'de belirtildiği üzere *TR_CondominiumUnit* özellik sınıfıyla ilişkilendirilen bağımsız bölümlerin kullanım hakkına sahip olduğu tüm yasal mekanlar *IfcZone* varlığı kullanılarak modellenenebilir. Şekil 3.47 bu bağlamda bahsedilen özellik sınıfına karşılık gelen özellik setine ilişkin bilgileri Bağımsız Bölüm 4 ve Bağımsız Bölüm 5 için görselleştirmektedir. Özellik setinde yer alan değerler piyasa değeri (*marketValue*), satış değeri (*salesValue*), tahmini değeri (*estimatedValue*) ve arsa payı (*landShare*) hariç olmak üzere IFC modeli üzerinde elde edilen gerçek değerleri yansıtmaktadır.

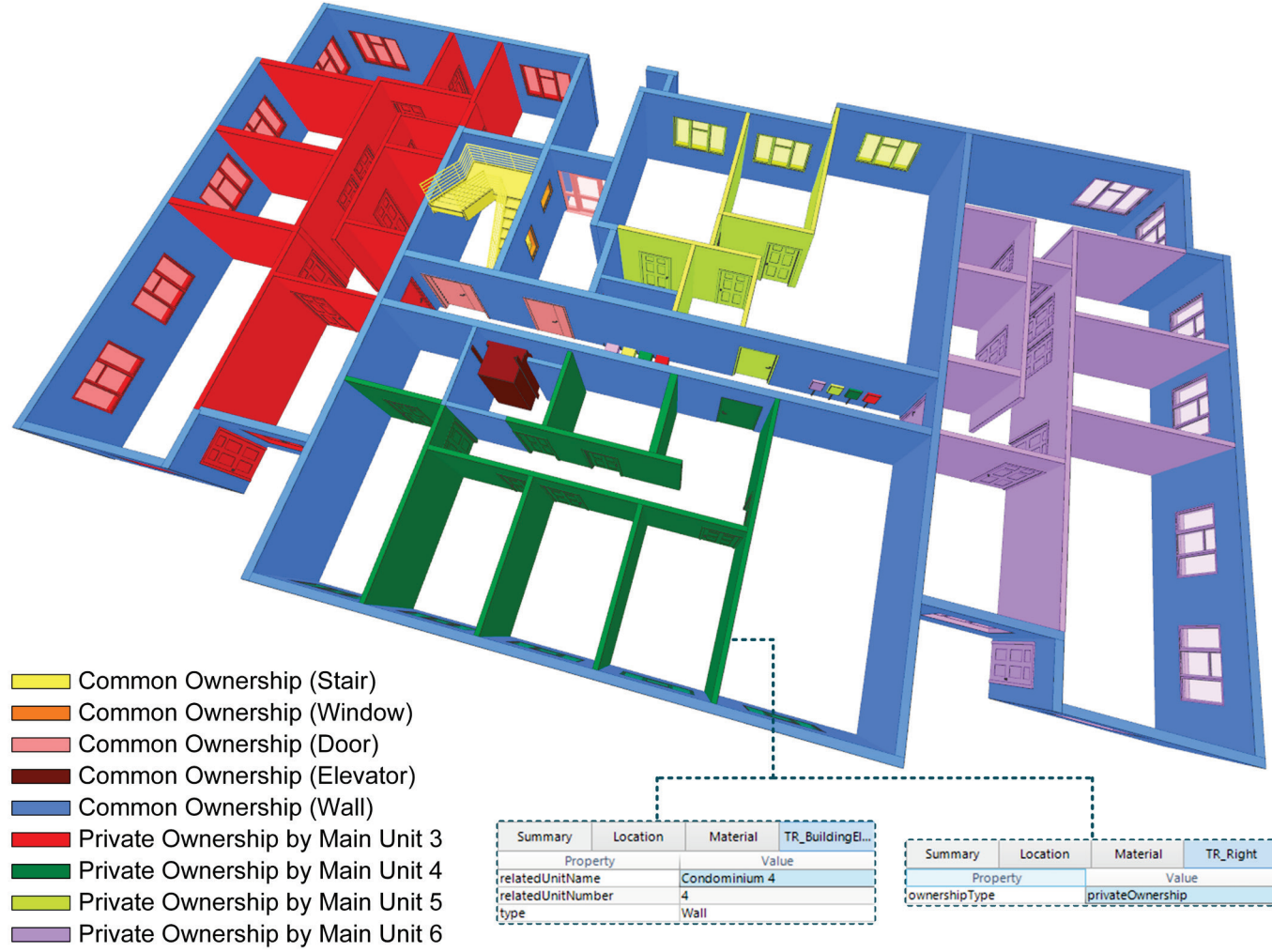
Şekil 3.48 yapının giriş katında bulunan farklı yapı elemanlarının üzerinde kurulan kullanım hakkı türüne bağlı olarak görselleştirilmesini içermektedir. Şekilden görülebileceği üzere yapı bünyesindeki bazı pencereler ortak kullanımına konu olurken belirli bağımsız bölümler bazı pencerelere dair özel kullanım hakkına sahiptirler. Kat mülkiyetine ilişkin bilgiler ilişkili özellik setlerinin kapsadığı özelliklerle sağlanmaktadır. Bağımsız Bölüm 4'ün kullanım hakkına sahip olduğu bir duvar elemanı Şekil 3.48'de örnek olarak yer almaktadır. Şekilde ayrıca eklenti olarak bağımsız bölümlerin kullanımına tahsis edilen doğalgaz kutusu ve su sayacı kutusu gibi farklı yapı elemanları da gösterilmektedir. Bununla birlikte kat malikleri tarafından ortak olarak kullanılan yapı bünyesindeki kapılar ve duvarlar da 3B olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.46 : Modellenen örnek yapıdaki 4 farklı bağımsız bölümün ana birimlerine ait yasal mekanlar (*legal spaces*).



Şekil 3.47 : Modellen yapıda 1 ana birime ve 2 farklı eklentiye dair kullanım hakkına sahip 2 farklı bağımsız bölüm örneği.

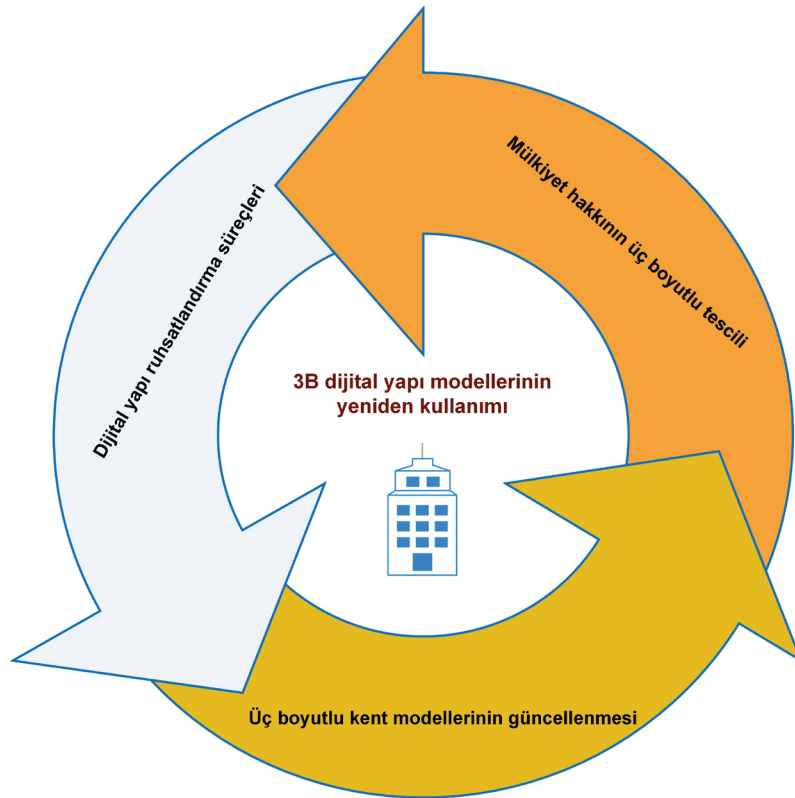


Şekil 3.48 : Üzerinde oluşan kullanım hakkı türüne göre yapı elemanlarının görselleştirilmesi.

Bununla birlikte asansör ve merdivenler gibi yapı elemanlarının yer aldığı boşluklara ilişkin yasal mekanların yanı sıra bu tür elemanlar üzerinde kurulabilen kullanım hakları *IfcBuildingElementProxy* varlığı örnekleri olarak elde edilebilen objeler yardımıyla modellenebilmektedir.

3.3 Üç Parçalı Döngü Önerisi

Üç parçalı (3P) döngü vizyonu; dijital yapı ruhsatlandırma süreçleri, 3B şehir modelleri ve 3B kadastro konularında literatürün genel anlamda incelenmesinden sonra bu tez çalışması kapsamında oluşturulmuştur (Şekil 3.49). Önceki birçok çalışmada araştırmacılar, birbirlerinden bağımsız olarak eğer yukarıda bahsedilen 3 konu entegre edilirse faydalı bir sonuç elde edilebileceğine değinmişlerdir. Dijital yapı ruhsatlandırma süreçleri, 3B kent modellerinin güncellenmesi ve mülkiyet haklarının 3B tescili arasında etkili bir etkileşim sağlayan döngüsel sürecin bilginin dijital olarak değişimine, güncellenmesine ve depolanmasına katkı sağlayacağı göz önünde bulundurulduğunda çalışmanın bu bölümünde 3P döngüsünün pratikte gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceğinin ve eğer mümkünse bu durumun nasıl sağlanabileceğine dair 3P döngüsünün parçalarına dair çalışmalar ayrıntılı olarak incelenmiştir.



Şekil 3.49 : 3P kavramsal gösterimi.

3.3.1 Parça 1: dijital yapı ruhsatlandırma süreçleri

3P döngü vizyonu dijital yapı ruhsatlandırmayı içermektedir. Bu nedenle mevcut çalışmalar elektronik yapı ruhsatlandırmadan otomatikleştirilmiş uygunluk kontrollerine kadar geniş bir yelpazede incelenmiştir. Dijital yapı ruhsatı süreçleriyle ilişkili olarak proje dokümantasyon dili (Mena ve diğ., 2010) ve internet-tabanlı yönetim sistemleri (Koo ve diğ., 2013) elektronik yapı ruhsatlandırmayı içeren inşaat işlerinin kalitesinin artırılması amacıyla geliştirilmiştir. Beach ve diğ. (2020) inşaat endüstrisinin prosedürlerin dijital yapı ruhsatı süreçleri bağlamında otomatikleştirilmesine dair potansiyel olduğunu ortaya koymuştur. Bellos ve diğ. (2015) Avrupa'daki e-devlet stratejileri kapsamında yer alan elektronik inşaat ruhsatı sistemlerindeki işlemleri incelemiştir. Çalışmada ülkelerin elektronik inşaat ruhsatı uygulamalarındaki durumlarına göre sıralamalarının yer aldığı anket sonuçlarına değinilmiştir. Araştırmacılar ayrıca anketler ve Yunanistan'daki elektronik inşaat sürecini inceleyen projedeki hükümet çalışanlarıyla yaptıkları görüşmelerden elde ettikleri sonuçları paylaşmışlardır. Bununla ilişkili olarak başarılı bir elektronik inşaat ruhsatı sisteminin hayata geçirilmesini engelleyen sebeplerin arasında aşağıdakileri tespit etmişlerdir;

- Kullanıcıların yeni sistem hakkında yeterli eğitimi almamış olmaları,
- Projenin başlangıçtan itibaren etkin bir şekilde tasarlanmamış olması,
- Kullanıcılar tarafından yeni sistemin kullanımını kolaylaştıracak yeterli motivasyonun bulunmaması.

Bunların yanında inşaat ruhsatlandırma sürecinde aktif rol oynayan mimar-mühendisler ile diğer çalışanların arasındaki ilişkide bazı problemlerin olabildiği belirtilmiştir. Daha önce gerçekleştirilen girişimlerden dersler çıkarmak amacıyla Hjelseth (2015) işbirliği içindeki kişiler, entegre olmuş süreç ve birlikte çalışabilir teknolojiye dayanan Integrated Design and Delivery (IDDS) iş çerçevesi bakımından iki başarılı dijital yapı ruhsatlandırma çözümü olarak Norveç ve Singapur'u incelemiştir. Bu bağlamda ByggSøk ve CORENET sistemlerinin belirleyici özellikleri detaylandırılmıştır.

Çalışmada dijital yapı ruhsatlandırma sistemlerinin inşaat sektörünün özellikleri ve uygulandıkları ülkelerin yasal mevzuatları bakımından farklılıklara sahip olduklarının altı çizilmiştir. Örnek vermek gerekirse ByggSøk sistemi uygunluk kontrolleri için

teknik çözümlere sahip değilken CORENET sistemi ise teknik gereksinimlerin oldukça geniş anlamda kontrolünden faydalanmaktadır. Çalışmada ayrıca dijital yapı ruhsatlandırma uygulamalarının teknolojik ve modellemeye ilişkin gelişmelerle uyum içinde olması gerektiği vurgulanmıştır.

Sektördeki onaylama oranını tespit etmek amacıyla Juan ve diğ. (2017) BIM modellerinden faydalanan elektronik yapı ruhsatlandırma sistemi için Tayvan'daki mimarlık şirketlerinin yeterliliğe sahip olup olmadıklarını analiz etmişlerdir. Çalışmada ilk olarak mimarlık şirketleri tarafından doldurulan anket sonuçları elde edilmiş ardından bu sonuçlar Yapay Sinir Ağları (*Artificial Neural Networks-ANN*) yardımıyla sektörün istekliliğinin tahmin edilmesinde kullanılmıştır. Analiz sonuçları çoğu firmanın BIM-tabanlı yapı ruhsatlandırma sistemine hazır olmadığını göstermiştir. Ancak eğer kamu ajansları tarafından gerekli teşvikler ortaya konursa firmaların sisteme güçlü bir şekilde uyum sağlamaları için dikkate değer bir potansiyel olduğu da vurgulanmıştır.

Neden yapı ruhsatlandırmada BIM modelleri kullanılmalı bağlamında Allmendinger ve Sielker (2018) BIM ve kentsel planlamanın nasıl birbirlerine katkı sağlayabileceğine odaklanmıştır. Çalışmada BIM'e ilişkin farkındalığın hem özel hem de kamu sektöründe artırılması için daha fazla çaba gösterilmesi gerektiğinin altı çizilmiştir. Örneğin bazı idarelerin yeni başlayacak inşaatlar için 3B yapı modelleri talep ettikleri ancak bu dijital modellerin SketchUp veya AutoCAD kullanılarak oluşturulduklarına değinilmiş ama IFC formatındaki BIM modelleri kullanılarak bina ve çevre hakkında daha detaylı bilgilerin elde edilebileceğinin altı çizilmiştir. Dahası elektronik başvuru sistemlerinin kullanıcıların karar verme sürecine dahil olmasının garanti altına alınmasında faydalı olacağı vurgulanmıştır.

Yapı ruhsatlandırma süreçlerinin verimliliğinin artırılması için Eirinaki ve diğ. (2018) birçok kamu ajansının yapı ruhsatlandırma sürecine dahil olmasını mümkün kıldığından dolayı akıllı kentler için faydalı olan bir bulut tabanlı yapı ruhsatlandırma sistemi geliştirmişlerdir. Geliştirilen sistem önceki başvuruların seçimlerinden yararlanan tavsiye edici bir algoritmaya sahip olması sayesinde kullanıcılara yapı ruhsatlandırma istek çeşitlerine göre farklı seçenekler sunulması özelliğine sahip olmaktadır. Çalışmada sistemin açık kaynak kodlu geliştirilmesinden dolayı farklı idareler tarafından ekonomik bir şekilde kullanılabileceğine vurgu yapılmıştır.

Farklı araştırmacılar mekânsal verilerin yapı ruhsatlandırma süreçlerinin dijitalleştirilmesinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu konuyla ilişkili olarak, Wahed ve diğ. (2012) kentsel planlama ve yapı ruhsatlandırma süreçlerine ilişkin problemlerin üstesinden gelinebilmesi için CBS tabanlı bir yaklaşım önerisinde bulunmuşlardır. Çalışmada idarelerdeki çalışanlar ve sistemle ilgili olarak yapı ruhsatlandırma sürecinde çeşitli problemlerle karşılaşılabilirdiğine değinilmiştir. Araştırmacılar belediyelerdeki yapı ruhsatlandırma sürecinde mekânsal ve semantik verileri birlikte işleyebilme ve bu verileri kullanarak değişik sorgulamalar yapabilme yeteneklerine sahip olduğundan dolayı çıktı haritalar ve kağıtlar yerine CBS'nin kullanılmasını önermişlerdir.

Bir başka çalışmada, Benner ve diğ. (2010) Almanya örneğinde yapı ruhsatlandırma süreçleri için bir CityGML ADE önerisinde bulunmuştur. Önerilen metodolojiye göre ilk olarak IFC veya DXF formatında içeri aktarılan yapı modelleri CityGML formatına dönüştürülmekte ardından bu modeller XPlanGML olarak formatlandırılan mevcut imar planları ve 3B şehir modelleri yardımıyla uygunluk kontrolünden geçirilmektedir. Çalışmada CityGML modellerinin yapılara ait uygunluk kontrollerinde daha objektif kararları sağlayacağına dikkat çekilmiştir.

van Berlo ve diğ. (2013) mimarlar tarafından üretilen BIM modellerinin 3B mekânsal planlama bağlamında kullanılabilirliğini inceleyerek yapı ruhsatlandırma süreçlerinin dijitalleştirilmesine tasarımcıların perspektifinden yaklaşmıştır. Araştırmacılar BIM modellerinin yapı ruhsatlandırma sürecindeki uygunluk kontrollerinde kullanılmalarını önermiştir. Çalışmada 2B mekânsal planlama haritaları 3B şehir modelleri olarak genişletilmiştir sonrasında bu modeller IFC verilerine dönüştürülerek mekânsal planlamaya ilişkin yasal mevzuatlara göre uygunlukları kontrol edilmiştir. Çalışmada beş aşama içeren bir iş akışı önerilmiştir;

- 3B özellikli mekânsal veri portalı kullanılarak çalışma bölgesinin tespiti,
- Mekânsal objelerin IFC formatında sistemden indirilmesi,
- Elde edilen veriler yardımıyla yapının mimari tasarımının gerçekleştirilmesi,
- Geometri, gürültü değerleri ve tarihi kalıntılar açısından yapı tasarımının yönetmeliklere uygunluğunun kontrolü,
- Nihai yapı modelinin portala yüklenmesi.

Test sonuçları BIM tabanlı mekânsal tasarım sürecinin planlama çalışmalarında kayda değer iyileşmeler vadettiğini göstermektedir. Araştırmacılar ayrıca CBS ve BIM tabanlı modeller arasındaki doğruluk farklılıklarının daha iyi bir seviyeye taşınabileceğini ve IFC ile CityGML formatları arasındaki dönüşümün de iyileştirilebileceğini aktarmışlardır. Bununla birlikte eğer mekânsal planlama çalışmalarında BIM modelleri kullanılırsa yazılımların çoğunun IFC formatını desteklemek zorunda kalabileceğine vurgu yapılmıştır.

Fransa'daki yapı ruhsatlandırma süreçlerini iyileştirmek amacıyla Brasebin ve diğ. (2016) yasal dokümanlardaki kurallara dair uygunluk kontrollerinin verimliliğini arttırmak için objeleri ve birbirleriyle olan ilişkilerini içeren bir yaklaşım önerisinde bulunmuşlardır. Önerilen yaklaşım, yapıların hangi şartlarda inşa edilebileceğiyle ilgili olan yapı ruhsatlandırma yönetmeliklerinin formüle edilmesine imkân tanımaktadır. Araştırmacılar yönetmeliklerdeki kuralları bilgisayar tarafından okunabilir bir formata dönüştürebilmek için Object Constraints Language (OCL), CityGML, INSPIRE ve COVADIS gibi birçok standarttan yararlanmışlardır. Bununla birlikte programlama hakkında bilgi sahibi olamayabilecek sorumlu kişilere ilişkin olarak karşılaşılabilecek problemlerin üstesinden gelmek amacıyla önerilen yaklaşım bir internet tabanlı uygulama olarak hazırlanmıştır. Araştırmacılar geliştirilen yaklaşımın yönetmeliklerdeki değişikliklere göre genişletilebileceğinden ve farklı ülkelerde kullanılan yapılara dönüştürülebileceğine dikkat çekmişlerdir.

Yapı ruhsatlandırma süreçlerini kavramsal olarak iyileştirmek amacıyla Wahed (2017) Mısır için CBS teknolojisine ve internet servislerine dayanan ve daha kompakt ve zahmetsiz bir yapı ruhsatlandırma sürecini mümkün kılacak bir metodoloji önermiştir. Araştırmacı, ilk olarak yapı ruhsatlandırma süreçlerinde rol alan kamusal birimleri belirlemiştir ardından yapı ruhsatlandırmada iş birliği içerisinde çalışılmasına imkân tanıyan bir iş çerçevesi oluşturmuştur. Çalışmada ayrıca önerilen sistemin başvuru süreçlerinin azaltılması, başvuranların memnuniyetlerinin artırılması ve mevcut sistemin verimliliğinin yükseltilmesi becerilerine sahip olduğunun altı çizilmiştir. Bazı araştırmacılar veri modellerindeki farklılıklara odaklanmıştır.

Örneğin Onstein ve Tognoni (2017) Norveç'deki yapı ruhsatlandırma kontrolü için CBS ve BIM modellerinin entegrasyonu yaklaşımına ilişkin incelemenin sonucunda iki modelleme sisteminin arasında modelleme seviyesi ve kavramsal modelleme dilleri bakımından farklılıklar tespit etmişlerdir.

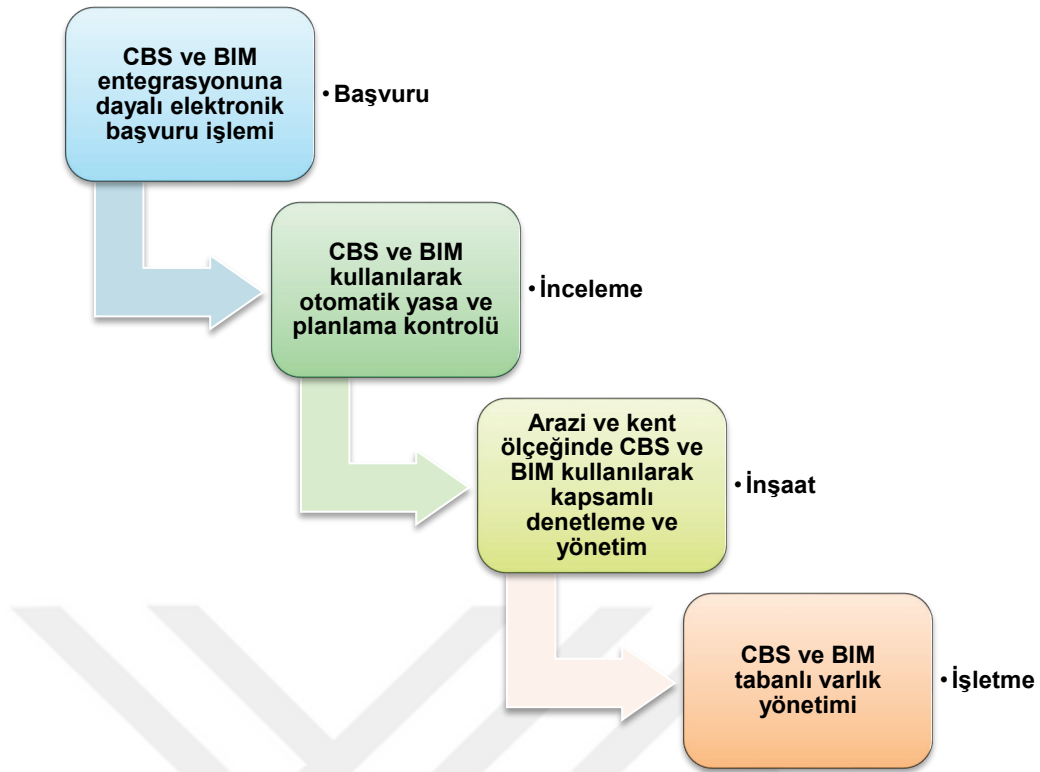
Araştırmacılar CityGML ve UML'in genellikle CBS ile ilgili çalışmalarda kullanılırken BIM tabanlı çalışmalarda yaygın olarak IFC ve STEP/EXPRESS'den faydalandığını vurgulamışlardır. Çalışmaya göre CBS ve BIM arasındaki entegrasyon için IFC4 veri şemasının CRS uyumluluğunun iyileştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Çalışmada elde edilen diğer bir bulgu da daha stabil bir versiyona geliştirilmek kaydıyla mvdXML formatının yapı ruhsatlandırmadaki kural kontrolünde kullanılabileceğidir. Araştırmacılar ayrıca daha güvenilir bir IFC doğrulama aracının yapı ruhsatlandırma çalışmalarına katkı sağlayabileceğinin altını çizmişlerdir.

Chognard ve diğ. (2018) IFC formatlı referans yapı veri dosyalarının CityGML ile değiş tokuş edilmesi bakımından yapı ruhsatlandırma süreçlerinde kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Bahsedilen çalışmada otomatik bina yönetmelik kural kontrolünden ziyade IFC ve CityGML arasındaki dönüşüme odaklanılmıştır. Bahsedilen çalışmada veriler arasındaki dönüşüm bir dönüşüm yazılım olan ve dahili olarak IFC ve CityGML dönüşümü için bir araç içeren FME ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bununla birlikte daha önce literatürdeki farklı araştırmacıların da belirttiği üzere IFC ve CityGML veri formatları farklı koordinat sistemlerine sahip olduklarından dolayı georeferanslandırmanın veri dönüşümünde oldukça önemli bir konu olduğu vurgulanmıştır. CityGML formatından dönüştürülen IFC verisinin test edilme yazılımı olarak Autodesk Revit ve Archicad'de içe aktarılabilirdiği iletilmiştir. Fizibilite çalışmasının sonuçlarına göre BIMserver aracının farklı birimlerin birlikte çalışmasına ihtiyaç duyulan yapı ruhsatlandırma işlerinde kullanılabileceği anlaşılmıştır. Örnek çalışma Cenevre, İsviçre'de gerçekleştirilmiş ve yapılarla ilgili yönetmeliklerdeki maddelerin bilgisayarlar tarafından anlaşılabilir formata dönüştürülmesine ihtiyaç duyulduğuna değinilmiştir.

Olsson ve diğ. (2018) BIM ve CBS temelli verilerin entegrasyonunun otomatik yapı ruhsatlandırma süreçlerine nasıl katkı verebileceğini araştırmıştır. Buna ilişkin olarak araştırmacılar yönetmelik uygunluklarını bina yüksekliği, bina alanı ve görselleştirme bakımından test etmişlerdir. Çalışmada IFC modelleri ile CityGML LoD3 seviyesindeki verilerin arasındaki dönüşümleri içeren bir yaklaşım uygulanmıştır. Bahsedilen yaklaşım ayrıca bu modellerin FME yazılımı aracılığıyla bilgisayar tarafından okunabilir yapı yönetmeliklerine göre kontrol edilmelerini kapsamaktadır. Araştırmacılar bina alanı için otomatik kontrol prosedürlerinin normal hesaplama

yöntemleriyle karşılaştırıldığında ikna edici sonuçlar elde ettiğini aktarmışlardır. Ayrıca tasarımcıların yönetmelikler tarafından ihtiyaç duyulan detayları dikkate alacakları göz önüne alındığında MVD standardının kullanımının kontrol prosedürlerini iyileştirebileceğinin altı çizilmiştir.

CBS ve BIM etkileşiminin yapı ruhsatlandırma sürecinde uygulanabilirliğini göstermek amacıyla Olsson ve diğ. (2019) yapılara ait BIM verisinin nasıl yapı ruhsatlandırma süreçlerinde kullanılabileceğini ve mekânsal kent veri tabanına aktarılabilceğini incelemiştir. Bu amaçla araştırmacılar BIM modellerinin LoD2 detay seviyesindeki mekânsal verilere dönüştürülmesinin otomatik yapı ruhsatlandırma süreçlerini uygulayabilmek için önermişlerdir. BIM modelinden mekânsal veriye dönüşüm daha önce literatürde Olsson (2018) tarafından önerilen bir komut dizisine dayalı olarak FME yazılımı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Yapı ruhsatlandırma için kontroller elde edilen mekânsal verinin öz nitelikleri kullanılarak bina yüksekliği, sıklaştırma seviyesi ve sınırlara minimum uzaklık olmak üzere üç farklı seviyede gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bahsedilen dönüşümde georeferanslandırma açısından problemle karşılaşmıştır. Bu problemi aşmak için araştırmacılar elektronik uzaklık ölçer yardımıyla gerçekleştirilen arazi ölçmelerinden elde edilen bina köşe koordinatları kullanılarak koordinat dönüşümünü gerçekleştirmişlerdir. Bu bağlamda inşa edilmiş BIM modellerinin arazi ölçmelerinden faydalanılarak georeferanslandırılmaları önerilmiştir. Bunun yanı sıra ulusal İsveç CityGML ADE eklentisi geliştirilerek BIM modellerinin mekânsal kent veri tabanına aktarılmasının kolaylaştırılması sağlanmıştır. Sözü edilen araştırmanın ana katkısı daha eksiksiz bir yapı ruhsatlandırma süreci için bina tasarımlarının kontrolünün planlama aşamasında mümkün kılınması ve yeni inşa edilmiş binaların BIM modelleri kullanılarak şehir mekânsal veri tabanının güncel tutulmasıdır. Yönetime ilişkin olarak Shahi ve diğ. (2019) yapı ruhsatlandırma prosedürlerini uluslararası anlamda detaylı bir şekilde incelemiştir. Araştırmacılar bahsedilen prosedürleri gelişmişlik seviyelerine göre veri ve kullandıkları sistem altyapıları bağlamında üç sınıfa ayırmıştır. Bu sınıflar geleneksel ruhsatlandırma, temel elektronik ruhsatlandırma ve otomatik elektronik ruhsatlandırmadır. Ardından idarelerin akıllı kent yönetimi kapasitelerinin artırılması için BIM ve CBS alanlarının entegrasyonunun kullanımına imkân tanıyan bir başka yapı ruhsatlandırma prosedürü önerilmiştir (Şekil 3.50).

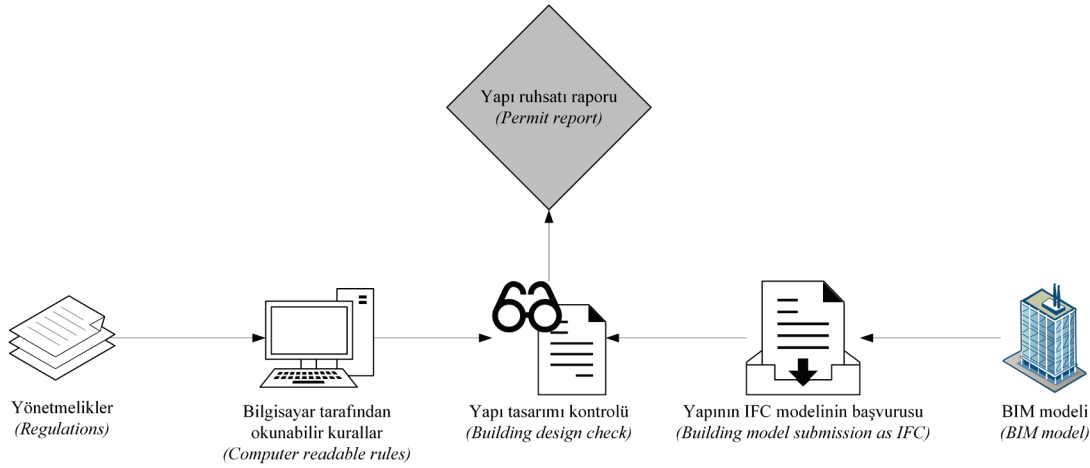


Şekil 3.50 : Otomatikleştirilmiş ve entegre edilmiş yapı ruhsatlandırma süreci (Shahi ve diğ., 2019).

Bunun yanı sıra yerel yönetimlerin desteklenmesinin etkin yapı ruhsatlandırma prosedürlerinin uygulanması için hayati önem arz ettiğinin altı çizilmiştir. Noardo ve diğ. (2020) farklı ülkelerden araştırmacılar tarafından yürütülen GeoBIM projesinin bir parçası olarak CBS ve BIM modellerinin entegrasyonunun yapı ruhsatlandırma süreçlerinden kullanılmasını önermiştir. Araştırmacılar mevcut yapı ruhsatlandırma süreçlerindeki zayıflıkların bahsedilen entegrasyon aracılığıyla ortadan kaldırılabilirliğini ifade etmişlerdir. Önerilen yaklaşım bina modellerinin IFC ve CityGML formatları arasında dönüştürülmesini kapsamaktadır. Ayrıca otomatik yapı kontrollerinin bahsedilen formatlardaki yapı modellerinden faydalanılarak gerçekleştirilebileceğine değinilmiştir.

Otomatik yapı tasarım kontrolleri yapı ruhsatlandırma prosedürlerinin dijitalleştirilmesine katkı sağlayan önemli bir faktördür (Şekil 3.51). Yönetmelik kontrolleri son aşamadan ziyade geliştirme aşamasında yapı tasarımlarına uygulanabilir ve böylece kümülatif hatalar ortadan kaldırılabilir. Literatürde bu konuya odaklanan çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Choi ve diğ., 2014; Fan ve diğ.,

2019; Jiang ve diğ., 2019; Luo ve Gong, 2015; Sydora ve Stroulia, 2020; Uhm ve diğ., 2015; C. Zhang ve diğ., 2018; Zhong ve diğ., 2018).



Şekil 3.51 : BIM tabanlı otomatik yönetmelik kontrolü işlemi.

Dimyadi ve Amor (2013) son kırk yılda otomatik yapı yönetmelik uygunluk kontrollerinin mümkün kılınması için gerçekleştirilen girişimleri değerlendirmiştir. Araştırmacılar etkin inşaat sektörü bağlamında duyulan gereksinimlerin giderilmesi için standardizasyon ve manuel değişikliklerin en aza indirilmesini garanti altına alacak bir sisteme ihtiyaç duyulduğunun altını çizmişlerdir. Preidel ve Borrmann (2018) BIM tabanlı otomatik yönetmelik kontrolü işlemlerini yöntemler, yazılımlar ve gerçeklemler bakımından özetlemişlerdir. Araştırmacılar şeffaflığın ve uygulanabilirliğin beyaz kutu (*white box*) yaklaşımıyla zenginleştirilebileceğine değinmişlerdir. Ancak çoğu kural kontrol yazılımının daha etkin algoritma kontrolü sağlaması nedeniyle kara kutu (*black box*) yaklaşımı kullandığı aktarılmıştır.

Yine araştırmacılar BIM tabanlı çözümlerin kâğıt çıktıların kullanılmasından kaynaklanan veri boşluklarını önlemede kayda değer çözümler sunduğunun altını çizmişlerdir. Buna rağmen birçok bina yönetmeliğinin bilgisayar tarafından okunabilir formata dönüştürülmeye uygun olarak hazırlanmamasından dolayı tam anlamıyla otomatikleştirilmiş kural kontrolüne yönelik olarak çalışmaya devam edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Mouloud ve diğ. (2019) Florida, ABD’de dayanıklı bir yapı ruhsatlandırma sisteminin uygulanmasında karşılaşılan mevcut zorluklar ve engellere değinmiştir. İnceleme işleminin sıklıkla güncellenen bina yönetmeliklerinden dolayı beklenenden daha uzun zaman aldığı aktarılmıştır. Bununla birlikte değerlendiricilerin bina yönetmeliklerindeki belirsizlikler nedeniyle bazı zorluklarla karşı karşıya

kaldıklarına dikkat çekilmiştir. Çalışmada sıklıkla kullanılan yerleşim alanlarıyla ilgili kuralların olduğu bölümler tespit edilmiş ve analiz edilmiştir. Bunun yanı sıra BIM tabanlı ve mevcut sistemin eksikliklerini de giderecek otomatik veya yarı otomatik bir sistem geliştirilmesi için mevcut elektronik yapı ruhsatlandırma sistemi için değerlendiricilerin tecrübeleri de incelenmiştir. Bu bağlamda Florida eyaletindeki farklı ilçelerin yapı ruhsatlandırma birimlerinin değerlendiricileri ile bir anket çalışması yapılmıştır. Anket sonuçlarına göre ruhsatlandırmayı geciktiren en önemli etkenler başvuru sayısının fazlalığı, başvuruda bulunan projenin büyüklüğü ve karmaşıklığı, değerlendiriciler ve talep edilen düzeltmelerin sayısı olarak saptanmıştır. Bununla birlikte çok sayıda birim yapı ruhsatlandırma başvurusunda DWG ve PDF dosyaları talep ederken Autodesk Revit dosyalarını sadece %3'lük bir kesimin talep ettiği aktarılmıştır.

Sonuç olarak araştırmacılar mevcut ruhsatlandırma sistemini iyileştirmek amacıyla planlama, tasarım ve uygulama ve doğrulama aşamalarını içeren bir sistem önerisinde bulunmuştur. Çalışmada yazılım çözümü bakımından gerçekleştirilebilir BIM tabanlı bir yapı ruhsatlandırma sisteminden ziyade bir iş modeli önerisinde bulunulmuştur.

Spesifik bir uygulama için Martins ve Monteiro (2013) kural kontrol işlemlerinin iyileştirilmesi amacıyla bir veri tabanı ve tasarlanan yapıların hidrolik açısından yönetmelik kontrollerin yapılmasına imkan tanıyan bir kullanıcı ara yüzünü içeren bir sistem geliştirmişlerdir. Araştırmacılar, geliştirdikleri sistem analizler için kendi varlık yapılarını kullandığından dolayı sistemi IFC şemasıyla karşılaştırarak birlikte çalışabilirlik açısından doğrulama gerçekleştirmişlerdir. Karşılaştırma sonuçları önerilen sistemdeki varlıklarının %60'nın IFC şemasındaki varlıklar ile eşleştiğini göstermiştir. Buna rağmen önerilen sistemin uygunluğunun artırılmasına ihtiyaç duyulduğu aktarılmıştır.

Otomatik kural kontrolü yapı ruhsatlandırma bağlamında inşaatlardaki güvenliğin artırılması amacıyla literatürde sıkça araştırılmıştır (Zhang ve diğ., 2015). Örneğin Zhang ve diğ. (2013) düşme kazalarını önlemek amacıyla inşaat projelerinin tasarım aşamasında otomatik güvenlik kontrolünü kullanan bir prosedür önermişlerdir. Araştırmacılar öncelikle yönetmeliklerde geçen alınması gerektiği belirtilen önlemleri saptamışlardır. Ardından belirlenen önlemleri BIM ve MVD kullanarak bilgisayar tarafından okunabilir formata dönüştürmüşlerdir. Çalışmada inşaat sahasında alınan önlemler BIM modeli yardımıyla 3B ve 4B olarak görselleştirilmiştir. Bu

görselleştirmeler proje yöneticilerinin inşaat sahası yönetiminde daha sağlıklı kararlar vermelerine yardımcı olmaktadır. Araştırmacılar ayrıca inşaat aşamasında çok fazla değişiklik olabildiğinden dolayı gerçek zamanlı güvenlik kontrollerine gereksinim duyulduğunu aktarmışlardır.

Örnek çalışma olarak Malsane ve diğ. (2015) IFC modelleri kullanılarak otomatik kural kontrollerinin İngiltere ve Galler ülkelerinde nasıl gerçekleştirilebileceğini incelemişlerdir. Araştırmacılar öncelikle şimdiye kadar diğer ülkelerde gerçekleştirilen çalışmaları değerlendirmişlerdir. Ardından ülkelerindeki yapı yönetmeliklerini özellikle de yangın güvenlik yönetmeliğini otomatik yönetmelik kontrolünü test etmek amacıyla detaylandırmışlardır. Bununla birlikte duman detektörü için Express-G obje sınıf gösterimini örnek olarak oluşturmuşlardır. Çalışmada eğer otomatik süreç kontrolü uygulanırsa zaman, iş gücü ve süreç izleme bakımından prosedürün kolaylaşacağı aktarılmıştır.

Görsel programlama dilleri otomatik uygunluk kontrolleri bağlamında sıkça araştırılmıştır (Ghannad ve diğ., 2019). Örneğin Preidel ve Borrmann (2015) görsel dile ve BIM'e dayalı ve mevcut sistemin eksikliklerinin üstesinden gelebilecek bir kural uygunluk kontrolü metodolojisi önermişlerdir. Araştırmacılar önerilen metodolojinin uygulanabilirliğini ortaya koymak adına farklı uygunluk senaryolarının oluşturulabildiği bir eklenti üretmişlerdir. Çalışmada zenginleştirilmiş görsel dil kütüphanesinin otomatikleştirilmiş kural uygunluk çalışmaları için daha faydalı olacağının altı çizilmiştir. Semantik web kullanımı bağlamında Beach ve diğ. (2015) spesifik yönetmeliklere göre yapı modellerinin kontrolünü mümkün kılan bir semantik yaklaşım geliştirmişlerdir. Geliştirme aşamasında ilk adım yönetmeliklerin ve veri özelliklerinin uzmanlar tarafından belirlenmesidir. Ardından çok sayıda kural yönetmelik kontrolü için üretilmiştir. Çalışmada IFC verisi girdi formatı olarak kullanılmıştır. Ayrıca SWRL yönetmeliklere ilişkin meta verilerin oluşturulması için kullanılmıştır. Önerilen metodolojinin doğrulanması amacıyla Bentley MicroStation içerisinde bir eklenti geliştirilmiş ve gerçek bir bina modeli kullanılarak yönetmelik kontrolü gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre önerilen metodoloji ve manuel işlemler kural kontrolü için aynı değerlendirmeleri sunmuştur.

Ülkelerdeki farklı kuralları inceleyen bir çalışma olarak Solihin ve Eastman (2015) otomatikleştirilmiş kural kontrol sürecinin verimliliğini arttırabilmek için yapılara ilişkin kuralları hesaplama karmaşıklıklarına göre sınıflandırmışlardır. Bununla ilgili

olarak önerilen kural sınıflandırmalarının uygunluğunun gösterilmesi amacıyla araştırmacılar model kontrolü için farklı ülkelerden mevcut yapı kuralları kullanılarak tasarlanan değişik yazılım ve araçlar kullanmışlardır. Çalışmada daha etkin kural kontrol performansı elde edilebilmesi için BIM ortamında önkoşulların tespit edilmesinin faydalı olabileceğine vurgu yapmışlardır.

Dimyadi ve diğ. (2016) Avustralya'daki yangın mühendisliği ile ilgili yönetmeliklere göre bina tasarımlarının kontrol edilmesi amacıyla açık standart olan grafiksel dile dayalı bir grafiksel yaklaşım önerisinde bulunmuştur. Önerilen yaklaşımı doğrulamak amacıyla BIM modelleri kullanılarak kural kontrolleri gerçekleştirme yeteneğine sahip ARCBIM yazılımı kullanılmıştır. Uygulama sonuçlarına göre araştırmacılar manuel kontrol prosesiyle karşılaştırıldığında kayda değer sonuçlar vermesinden dolayı önerilen metodolojinin otomatik uygunluk kontrolü için kullanılabileceğini aktarmışlardır. Kuralların dönüştürülmesi bağlamında Lee ve diğ. (2016) Kore'deki yapı ruhsatlandırmanın uygulanabilirliği anlamında yapı tasarımlarının kontrolü için mantıksal kural bazlı yöntemler yardımıyla insanlar tarafından oluşturulan yönetmeliklerin XML ve JSON formatları da dahil olmak üzere bilgisayarlar tarafından okunabilir formata dönüştürülmesini sağlayan bir kompakt sistem önermişlerdir. Önerilen sistem geliştirilen yazılım sayesinde yapı tasarımlarının görsel olarak incelenmesini mümkün kılmaktadır. Araştırmacılar geliştirilen sistemin hem otomatikleşme için hem de elektronik sistem ile IFC formatında gerekli tasarımların elde edildiği yapı ruhsatlandırma prosesinin uygulanabilirliğinin artırılmasında önemli bir avantaja sahip olduğunu aktarmışlardır.

Literatürde dikkate değer sayıda araştırma otomatik yapı ruhsatlandırma sürecinde doğal dil işleme tekniklerinin kullanımına odaklanmıştır (Kim ve diğ., 2019). Örneğin Zhang ve El-Gohary (2016) uygunluk kontrolüyle ilgili problemlerin üstesinden gelebilmek amacıyla yönetmeliklerden ilgili konseptlerin dışarı aktarılması, bu konseptlerle eşleşen IFC şemasındaki en uygun varlıkların seçimi ve doğal dil işleme ve makine öğrenmesi yöntemlerini kullanarak yönetmeliklere göre uygun ilişkilerin bulunmasını içeren bir metodoloji önermiştir. Araştırmacılar önerdikleri metodolojiyi doğrulamak için yönetmeliklerin belirledikleri bölümlerini kullanmışlardır. Bu şekilde gerçekleştirilen test sonuçlarına göre tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir. Böylelikle önerilen metodolojinin otomatik uygunluk kontrolü bakış açısının desteklenmesi için IFC şemasının genişletilmesinde ve çevre ile enerjiyle ilgili farklı yönetmeliklerde

uygulanabileceği aktarılmıştır. Ancak her aşamadaki standardın oluşturulması için halen fazlaca manuel işleme ihtiyaç duyulduğuna da değinilmiştir.

Li ve diğ. (2016) yetersiz uygunluk kontrolünden kaynaklanan kazaların önlenmesi amacıyla CBS'ye dayalı ve doğal dil işlemeyi kullanan bir yaklaşım önerisinde bulunmuşlardır. Çalışmada ilgili yönetmelikler Natural Language Toolkit (NLTK) kullanılarak bilgisayar tarafından okunabilir formata dönüştürülmüştür. Sonrasında önerilen yaklaşım örnek kural kontrol senaryoları ile test edilmiştir. Araştırmacılar doğruluk sonuçlarına göre önerilen yaklaşımın uygunluk kontrollerinde daha güvenilir sonuçlar elde edilmesi için kullanılabileceğine ve BIM gibi alternatif ortamlarda da uygulanabileceğine vurgu yapmışlardır. Zhang ve El-Gohary (2017) doğal dil işleme ve usamlama yöntemlerini kullanarak tam anlamıyla otomatikleştirilmiş uygunluk kontrolünü amaçlayan bir metodoloji önerisinde bulunmuştur. Önerilen metodoloji hem yazı formatındaki bina yönetmeliklerinin hem de IFC modellerinin uygunluk kontrol etmede kullanılabilecek bilgiye dönüştürülmesinden oluşmaktadır. Araştırmacılar JAVA diline dayalı geliştirilen sistemi International Building Code içerisinden seçilen bölüm ve bir apartmana ait tasarım yoluyla test etmişlerdir. Sonuçlar sistemin otomatik kural kontrolünün iyileştirilmesi için umut vadettiğini göstermiştir ancak önerilen yöntemin diğer yarı otomatik yöntemlerle karşılaştırılmasına ihtiyaç duyulduğu da aktarılmıştır.

BIM tabanlı örnek bir çalışma olarak Ciribini ve diğ. (2016) model doğrulaması, uyumsuzluk tespiti, kural kontrolü ve zamansal proje yönetimini içerecek şekilde BIM'in avantajlı özelliklerinden faydalanmayı amaçlayan bir inşaat projesini detaylandırmışlardır. Bu bağlamda araştırmacılar BIM tasarımlarının uygulanabilirliğini garanti altına almak için farklı ticari yazılımları kullanmışlardır. Çalışmada Requirement, Applicability, Selection, Exception (RASE) metodolojisi yangın güvenliği ve ulaşılabilirlik gibi farklı yönetmelik içeriklerinin uygunluk kontrolleri için kullanılmıştır. Araştırmacılar tasarımcıların, idarecilerin ve müteahhitlerin BIM teknolojisinin adaptasyonu ve birlikte çalışabilirliğinin hızlandırılması için daha fazla sorumluluk almaları gerektiğinin altını çizmiştir. Lee ve Chiang (2016) Tayvan'daki BIM tabanlı yeni kural kontrol sistemin yapı tasarım sürecinde rol alan çeşitli paydaşların beklentilerini karşılayıp karşılamadığını incelemişlerdir. Çalışmada Fuzzy Delphi Method (FDM) kullanılmıştır ve

yönetmeliklerle uyumlu yapı tasarımlarının oluşturulabilmesi için bütüncül yaklaşımın oldukça önemli olduğunun altı çizilmiştir.

3.3.2 Parça 2: üç boyutlu kent modellerinin güncellenmesi

Bir diğer önemli konu başlığı ise 3B kent modellerinin güncellenmesidir. Bu bağlamda literatürdeki çalışmalar CBS ve BIM tabanlı modeller arasındaki dönüşüm ve entegrasyon kapsamında incelenmiştir. Örneğin Automatic Multipatch Generation algoritması IFC modellerinin CBS tabanlı bir veri formatı olan *shapefile* ve bir geometri türü olan *multipatch* formatına dönüştürülmesi amacıyla geliştirilmiştir (Zhu ve diğ., 2020; Zhu ve diğ., 2019; Zhu ve diğ., 2019). Bunun yanı sıra daha kaliteli birlikte çalışabilirliği ve BIM ile CBS tabanlı veri setleri arasındaki dönüşümü sağlayan orta seviye modeller önerilmiştir (Knoth ve diğ., 2019; Strobl ve diğ., 2018). Jetlund ve diğ. (2020) IFC ve ISO/TC 211 şemaları arasındaki dönüşümü geliştirecek bir yapı oluşturmuştur. Zu ve diğ. (2020) web tabanlı işlemler ve analizleri iyileştirmek amacıyla IFC ve 3D Tiles veri setlerini birleştiren bir gerçekleştirme yaklaşımı önermiştir. Adouane ve diğ. (2020) IFC verilerinin CityGML formatına daha verimli bir şekilde dönüştürülmesi için semantik çözümlemeyi basitleştiren ve geometrik betimlemeye konsantre olan bir yaklaşım sunmuşlardır. Sun ve diğ. (2020) Airborne Laser Scanning (ALS) verilerinden faydalanarak BIM modellerini 3B kent modellerine entegre eden bir metodoloji uygulamıştır. Ding ve diğ. (2020) IFC veri setlerinin CityGML veri setine dönüştürülmesi için dilbilim ve metin madenciliği tekniklerini uygulayan bir çözüm önerisi sunmuşlardır.

Jeodezik koordinat dönüşümü bağlamında Uggl ve Horemuz (2018) inşaat projelerindeki IFC modellerinin CBS ortamına entegre edilmesi için farklı metotları incelemişlerdir. Araştırmacılar bahsedilen metotları mevcut IFC şemasındaki varlıklardan faydalanarak ölçek bozulması, ölçek faktörü, açı bozulması ve proje yüksekliği bakımından karşılaştırmıştır. Çalışmada Borrmann ve diğ. (2017) tarafından önerilen metodun diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında uygulanabilir bir performans gösterdiği aktarılmıştır. Ayrıca uygulanan yöntemlerle tersine georeferanslandırmanın mümkün olduğuna değinilmiştir. Bununla birlikte ulusal harita projeksiyonları veya UTM kullanılarak BIM ve CBS entegrasyonu için bir potansiyel olduğu vurgulanmıştır. Diakite ve Zlatanova (2020) BIM modellerini

otomatik olarak CBS ortamında santimetre doğrulukla georeferanslandırabilen bir yaklaşım önerisinde bulunmuştur.

de Laat ve van Berlo (2011) BIM ve CBS entegrasyonunu sağlamak amacıyla GeoBIM isimli bir CityGML ADE geliştirerek IFC modellerinin CityGML formatına dönüştürülmesini incelemiştir. Bahsedilen dönüşümü gerçekleştirebilmek için IFC ve CityGML standartlarındaki bina, pencere ve kapı gibi benzer sınıflar irdelenmiştir. Merdiven gibi IFC şemasında yer alıp CityGML standardında yer almayan sınıflarla karşılaşıldığında yeni sınıflar GeoBIM uzantısı olarak önerilmiştir. Açık kaynak kodlu BIMserver aracı eklentiye test etmek ve kullanılabilirliğini desteklemek amacıyla kullanılmıştır. Araştırmacılar çalışmanın sonuçlarının IFC modellerinin CityGML LoD4 detay seviyesine uygun bir şekilde dönüştürülmesi için umut verici olduğunu ancak CityGML LoD(0-3) detay seviyelerindeki modellerin IFC verisine tersine olarak dönüştürülmesi için daha komplike tekniklere ihtiyaç olduğunu vurgulamışlardır. Ek olarak AEC endüstrisinin BIM ve CBS arasındaki tam adaptasyonun sağlanması için merkezi model sunucuları geliştirme üzerine çalışmasının faydalı olacağı aktarılmıştır.

El-Mekawy ve diğ. (2011) IFC ve CityGML arasındaki iki taraflı dönüşümü sağlayacak genel bir model önermiştir. Önerilen model IFC ve CityGML formatlarındaki farklı detay seviyelerindeki yapı modellerinin transferini mümkün kılmaktadır. Bahsedilen çalışma yalnızca yapı modelleri ve bunların yapısal bileşenlerine odaklanmıştır. Araştırmacılar mobilyalar gibi detaylı iç mekân modellemelerini incelememişlerdir. El-Mekawy ve diğ. (2012) standartlar arasındaki birlikte çalışabilirliği sağlamak ve dönüşümlerden kaynaklanan eksikliklerin önüne geçebilmek amacıyla özellik sınıflarını belirleyerek IFC ve CityGML standartlarındaki yapılarla ilgili model bileşenlerini entegre eden bir Unified Building Model (UBM) ortamı önermişlerdir. Araştırmacılar hem bina hem de inşa edilmiş çevreyle ilişkili verilere ihtiyaç duyan farklı sorgu senaryoları bakımından önerilen metodolojiyi doğrulamak amacıyla ESRI-ArcGIS® yazılımı ve *multipatch* veri formatını kullanmışlardır. Çalışmada, amaca ilişkin olarak IFC ve CityGML verilerinin esnek bir şekilde kullanılmasına imkân tanımasından dolayı UBM sayesinde mekânsal analizlerin etkili bir şekilde kullanılabileceğine dikkat çekilmiştir. Ayrıca yapılara ilişkin tüm sınıflar UBM bünyesinde yer almadığından dolayı model özelliklerinin zenginleştirilebileceğine değinilmiştir.

Cheng ve diğ. (2013) uygulanabilir ayrıştırıcı (*parser*) tasarımı yoluyla IFC ve CityGML arasındaki iki taraflı dönüşümü mümkün kılan bir strateji geliştirmiştir. Bununla birlikte IFC modelinden gelen ve CityGML standardında temsil edilmeyen varlıkları içe aktarabilmek için “Semantic City Model (SCM)” isminde bir CityGML ADE oluşturmuşlardır. Araştırmacılar ayrıca önerilen metodoloji yardımıyla yüksek detay seviyelerindeki modellerden düşük detay seviyelerindeki modellere dönüşümün mümkün olduğunu göstermişlerdir. Boyes ve diğ. (2015) Autodesk Revit yazılımında üretilen BIM modellerinin farklı 3B CBS çalışmalarında yararlanılabilmeleri amacıyla Oracle ilişkisel veri tabanına IFC formatında aktarılmalarını incelemiştir. Araştırmacılar BIM ve CBS ortamlarındaki sınırlarla ilişkili problemlerin çözümü için FME yazılımı ve *python* komut dizilerinden yararlanmışlardır. Geiger ve diğ. (2015) IFC ve CityGML verileri arasındaki genelleştirme işlemini araştırmışlardır. Çalışmada ilk olarak duvarlar, tabanlar, çatılar, cepheler, girişler ve kolonların da aralarında yer aldığı yapıyla ilgili IFC varlıklarını semantik filtreleme yardımıyla “ExtrusionBaseModel” isimli bir ara modele dönüştürmüşlerdir. Ardından ilgili IFC varlıkları kullanılarak LoD1, LoD2 ve LoD3 detay seviyelerindeki modeller oluşturulmuştur. Önerilen metodolojinin test edilmesi için bağımsız bir bina modeli kullanılmıştır. Araştırmacılar yanlış mantık (*boolean*) işlemleri sebebiyle LoD3 detay seviyesinde bazı pencerelerin doğru bir şekilde oluşmadığını aktarmışlardır.

Donkers ve diğ. (2016) IFC ve CityGML formatlı yapı modelleri arasında geometrik özellikleri dikkate alan bir dönüşüm yaklaşımı önerisinde bulunmuşlardır. Önerilen yaklaşım ilk olarak IFC ve CityGML modelleri arasındaki semantiklerin filtrelenmesi ve eşleştirilmesiyle başlamaktadır. Sonrasında dönüştürülen yapı modelleri için geometrik dönüşümler ve gerekli değişiklikler gerçekleştirilmektedir. Önerilen metodolojinin CityGML LoD3 detay seviyesinde yapı modelleri oluşturulması adına ümit verici sonuçlar vermesine rağmen geometrilerle ilişkili olarak bazı doğaçlama işlemler içerdiği aktarılmıştır. Deng ve diğ. (2016) IFC ve CityGML arasındaki çift taraflı dönüşümün nasıl sağlanacağı üzerine çalışmıştır. Bu bağlamda girdi modeli ayrıştırabilen ve diğer bir istenen modele transfer edebilen bir model önermişlerdir. Bunun yanı sıra IFC standardının CityGML standardına kıyasla daha fazla varlığa sahip olduğundan dolayı IFC ve CityGML arasındaki eşleşmeyi kolaylaştırmak adına bir CityGML ADE sunulmuştur. Araştırmacılar önerilen metodun kullanılabilirliğini arttırmak amacıyla JAVA betik (*script*) diline dayalı bir araç geliştirmişlerdir. Bununla

birlikte geliştirilen model literatürde önerilen diğer metotlarla karşılaştırılmış ve geliştirilen modelin iki taraflı eşleştirme, detay seviyesi, şemaların genişletilmesi ve semantik bilgi açısından çok sayıda avantaja sahip olduğu aktarılmıştır. Çalışmada önerilen model yapı modelleri kullanılarak test edilmiştir ve yol, köprü ve tünel gibi diğer 3B modellerin araştırılması sonraki çalışmalara bırakılmıştır.

Ohuri ve diğ. (2017) açık kaynak kodlu kodlama yardımıyla uygulama ve veri seviyesi bakımından IFC formatındaki verilerin CityGML formatına etkili bir şekilde nasıl dönüştürülebileceği üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışma GeoBIM isimli BIM ve CBS modellerinin entegrasyonunu Hollanda örneğinde gerçekleştirmeyi amaçlayan proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar IFC ve CityGML arasındaki dönüşümü mümkün kılmak amacıyla CGAL tabanlı yeniden yönlendirmelerden (*reorientations*) yararlanmışlardır. Çalışmada mevcut durumda 60 ile 100 arasındaki sayıda IFC varlığının *polyhedral* gösterimlere çevrilebildiği aktarılmıştır. Bununla birlikte BIM ve CBS arasındaki entegrasyon için IFC şemasındaki tüm varlıkların CityGML formatına dönüştürülmesinden ziyade en yaygın olarak kullanılan geometrik sınıfların kullanımının daha faydalı olduğunun altı çizilmiştir. Ayrıca daha gelişmiş IFC standardının ve daha az hataya sahip BIM modellerinin BIM ve CBS arasında uygulanan dönüşümlerdeki verimliliği arttırabileceği vurgulanmıştır. Bunun yanı sıra çalışmadaki sonuçlar entegrasyon çalışmalarında georeferanslandırmanın verimliliğinin dikkate alınması gerektiğini ortaya koymuştur.

Kardinal Jusuf ve diğ. (2017) sürdürülebilir kentsel inşa edilmiş çevre uygulamaları bağlamında IFC ve CityGML standartlarını entegre etmek amacıyla yapı elementleri için bu iki standart arasında FME yazılımı kullanarak bir transfer metodolojisi oluşturmuşlardır. Çalışmada ilk olarak IFC formatlı yapı modelleri CityGML LoD2 ve SketchUp modellerine dönüştürülmüştür. Araştırmacılar OpenStreetMap veri tabanından elde edilen yol verisinin dönüştürülmesini de kent ölçeğinde daha detaylı enerji analizi gerçekleştirebilmek için testlere dahil etmişlerdir. Dönüştürülen veri kentsel planlama kapsamında başarılı kararlar alınabilmesine destek olmak için oluşturulan web platformunda görselleştirilmiştir.

Ohuri ve diğ. (2018) IFC veri setlerinin CityGML formatına otomatik dönüştürülmesine olanak tanıyan, yeraltı bilgilerinin altyapı projelerinin tasarım aşamasına entegrasyonunu kolaylaştıran ve IFC modellerinin doğru bir şekilde georeferanslandırılmasını sağlayan uygulanabilir yöntemleri araştırmışlardır.

Araştırmacılar IfcOpenShell ve CGAL kullanılarak IFC modellerinin CityGML formatına dönüştürülmesini içeren bir iş akışı oluşturmuşlardır. Çalışmada NetCDF formatlı olarak elde edilen yeraltına ilişkin bilgilerin projelerin tasarım aşamasında kullanılması için potansiyele sahip olduğuna dikkat çekilmiştir. Bunun yanı sıra çalışmada yalnızca Autodesk Revit 2018 yazılımı georeferanslandırma bakımından incelenmiştir bu sebeple bu işlemin diğer uygulama araçlarında da incelenmesine ihtiyaç duyulduğu aktarılmıştır. Bu durumla ilişkili olarak kullanıcıların mevcut bilgisayarlarında herhangi bir değişiklik yapmadan IFC modellerinin georeferanslandırılmasını kontrol etmek için Cesium JavaScript kütüphanesine dayalı olarak bir açık kaynak kodlu araç oluşturulmuştur. Araştırmacılar ayrıca IFC ve CityGML arasındaki başarısız dönüşümlerin en önemli sebeplerinden biri olarak tasarlanmış BIM veri setlerinin eksikliklerini ve daha gelişmiş bir IFC standardına ihtiyaç duyulduğunu vurgulamışlardır.

Floros ve diğ. (2018) FME yazılımı kullanılarak IFC verilerinin CityGML LoD4 detay seviyesindeki modellere dönüştürülmesini kolaylaştıracak bir iş akışı önerisinde bulunmuştur. Çalışmada yapı modellerine odaklanılmıştır. Böylelikle 2B çizimlerden 3B yapı modelleri oluşturulmuş, QGIS yazılımında oluşturulan modelin koordinat sistemi düzeltilmiş ve Trimble SketchUp kullanılarak modeldeki uyumsuzluklar giderilmiştir. Bunun yanı sıra önerilen iş çerçevesi avantajlı bir dönüşüm vadetse de manuel işlemlere ihtiyaç duymakta ve sadece tek yönlü dönüşümü kapsamaktadır. Stouffs ve diğ. (2018) IFC verilerinden CityGML formatlı verilere neredeyse kayıpsız bir dönüşüme ulaşmak için üç parçalı bir yaklaşım üzerine çalışmışlardır. Bahsedilen yaklaşım Triple Graph Grammar (TGG) yönteminden faydalanarak ve kullanıcı isteklerini dikkate alarak spesifik veri modelleme gereksinimlerini belirlemekte ve kullanım alanına ilişkin olarak beklentileri karşılamak ve CityGML standardında yer almayan IFC varlıklarını ilişkilendirmek amacıyla CityGML ADE oluşturmaktadır. Araştırmacılar önerilen yaklaşımı IFC formatlı basit ve karmaşık yapı modelleri kullanarak test etmişlerdir. Çalışmada önerilen yaklaşım başarılı bir performans gösterse de hiyerarşik yapıları desteklemediğinden dolayı ek çalışmaların gerçekleştirilmesi gerektiği aktarılmıştır.

Kang (2018) spesifik kullanım durumlarının beklentilerini karşılamak ve entegre edilmiş veri modellerinin verimsizliğini engellemek amacıyla “ISO/TS 19166:2021 Geographic information - BIM to GIS conceptual mapping (B2GM)” isimli bir

kavramsal eşleştirme standardı önerisinde bulunmuştur. Standardın geliştirilmesindeki amaç BIM ortamındaki detaylı yapı modellerinin CBS ortamına transferinde ortaya çıkan problemlerin üstesinden gelinmesi ihtiyacıdır. Bu anlamda IFC ve CityGML arasındaki dönüşümlerde perspektif tanımlarının oluşturulmasını, bileşenlerin yönetimini ve detay seviyelerinin temin edilmesini sağlamak amacıyla standart “B2GM PD”, “B2GM EM” ve “B2GM LM” olmak üzere üç farklı element kullanılarak oluşturulmuştur. Eğer gerçekleştirilen çalışmanın amacı veri dönüşümünden önce belirlenirse CBS ortamında daha faydalı verilerin elde edilebileceğinin altı çizilmiştir. Önerilen standardın muhtemel kullanım durumları CRS eşleştirme, görselleştirme, yönetim, sorgulama, simülasyon ve bilgi olarak örneklenmiştir.

Biljecki ve Tauscher (2019) oldukça yaygın olarak çalışılan konulardan olan çatı güneş enerjisi potansiyeli ve hacim hesapları bağlamında IFC ve CityGML verileri arasındaki dönüşümlerin kalitesini girdi verilerin özellikleri, dönüşüm teknikleri ve kullanılan yazılımlardan kaynaklanan muhtemel hataları detaylandırarak incelemişlerdir. Çalışmada farklı araştırmacıların mekânsal analizleri gerçekleştirmek için 3B modellerin spesifik varlıklarından yararlanmalarından dolayı her bir hata kaynağının veri dönüşümünün kalitesini aynı oranda etkilemediğinin altı çizilmiştir. Ayrıca IFC şemasındaki yapısal elementlere sahip olduğundan dolayı CityGML standardının yeni versiyonunun IFC verilerinden gerçekleştirilen dönüşümü kolaylaştırabileceğine değinilmiştir. Hijazi ve diğ. (2010) 3B CBS portalında IFC verilerinin görselleştirilmesini ve sorgulanabilmesini mümkün kılan açık kaynak kodlu bir CBS tabanlı iş akışı önerisinde bulunmuştur. Çalışmada en kısa yol algoritması gibi mekânsal analizlerin gerçekleştirilebilmesi için IFC objeleri *BRep* modellerine dönüştürülmüştür. Beetz ve diğ. (2010) AEC/FM sektöründeki model sunucusu boşluğunu doldurmak amacıyla IFC şemasına dayanan açık kaynak kodlu bir BIM platformu geliştirmiştir. Geliştirilen “bimserver.org” adını taşıyan araç IFC modellemeyi içeren proje prosedürüne mimarlar, mühendisler ve proje sahipleri gibi farklı paydaşların dahil olmasını mümkün kılmaktadır. Bahsedilen araç görselleştirme, modeldeki uyumsuzlukların tespiti, genişletilebilir sorgulama ile CityGML, Collada ve ifcXML gibi farklı formatlarda çıktı üretilmesini sağlamaktadır. Sebastian ve diğ. (2013) PANTURA projesi kapsamında yerel idareler tarafından yönetilen inşaat işlerinin verimli bir şekilde yönetilebilmesi için açık BIM ve açık CBS tekniklerinin

entegrasyonuna dayanan bir iş akışı önerisinde bulunmuşlardır. Araştırmacılar öncelikle BIM ve CBS entegrasyonu için en gelişmiş yöntemleri incelemiş ardından IFC modellerinin CityGML modellerine dönüşümünü içeren bir senaryo kullanmaya karar vermişlerdir. Açık kaynaklı BIM sunucusu ve “deegree” yazılım aracı sistemlerin birlikte çalışabilirliğini sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Bunun yanında PANTURA isimli bir CityGML ADE gürültü ve trafik verilerini analiz etme amacıyla üretilmiştir. Xu ve diğ. (2014) kentsel alanları verimli bir şekilde yönetebilmek için BIM ve CBS ortamlarındaki faydalı özellikleri birleştiren City Information Modeling (CIM) olgusunu önermiştir. CIM, kentlerin daha iyi bir şekilde temsil edilebilmesi için yapı, ulaşım, şehir mobilyası ve sulak alan elementlerini içermektedir. Bu bağlamda IFC ve CityGML standartlarındaki eşleşen sınıflar sayesinde semantik eşleştirme üzerine yoğunlaşmışlardır. Bunun yanı sıra yollar gibi kentlerle ilgili daha fazla sınıfın CIM olgusuna eklenmesine ve gerçek zamanlı veri yönetimi gerçekleştirilmesine ihtiyaç bulunduğu düşünülmüştür.

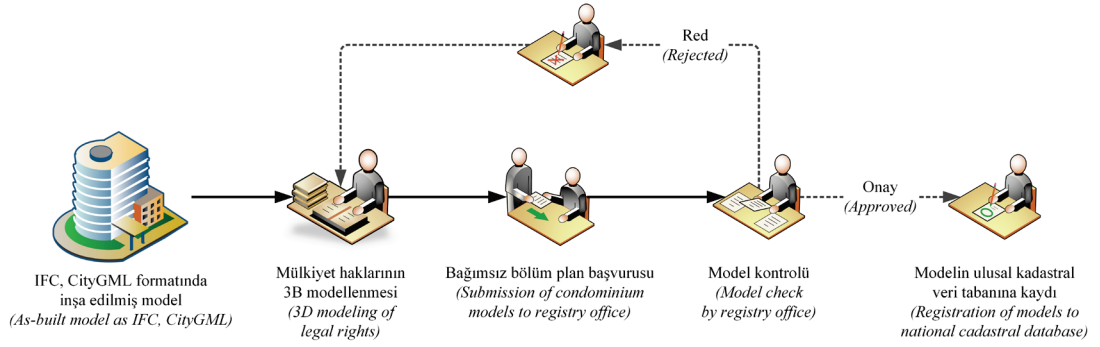
Karan ve diğ. (2016) hem BIM hem de CBS verilerinin işlenmesine gereksinim duyulduğu inşaat dağıtım zinciri yönetim uygulamalarının iyileştirilmesi amacıyla veri değişimi ile BIM ve CBS ortamları arasındaki birlikte çalışabilirliği sağlayacak semantik web teknolojilerine dayalı bir iş çerçevesi önermişlerdir. Araştırmacılar kayıpsız veri değişimini mümkün kılmak için Resource Description Framework (RDF) ve Web Ontology Language (OWL) yardımıyla IFC varlıklarını modellemişlerdir. Çalışmada, önerilen yaklaşımın diğer araçlarla karşılaştırıldığında daha fazla özellik sınıfına ait semantik veri akışını mümkün kıldığı aktarılmıştır. Ayrıca entegrasyonun kalitesinin artırılması anlamında eşleşmeyen değişimler için benzer özellik sınıflarının seçilmesi önerilmiştir. Floros ve diğ. (2017) arazi idaresi paradigması için SketchUp yazılımına dayalı olarak 3B yapı modellemelerini çalışmışlardır. Örnek çalışmada yapı modeli mimari proje kullanılarak üretilmiştir. Sonrasında bahsedilen model SketchUp yazılımında 3B olarak modellenmiştir. Üretilen bu model semantik açıdan zengin bir yapı modeli elde edebilmek için FME yazılımı kullanılarak CityGML formatına dönüştürülmüştür. Dönüşümden sonra farklı mekânsal sorgulamalara imkân tanımak için PostgreSQL ve 3DCityDatabase kullanılarak mekânsal bir veri tabanı oluşturulmuştur. Son aşamada araştırmacılar üretilen modeli QGIS ve pg3dviewer yazılımlarında görselleştirilebilecek 2B ve 3B modeller olarak dışarı aktarmışlardır. Çalışmada açık kaynak kodlu yazılım kullanılarak ve sorgulama

yapma yeteneğine sahip olunarak detaylı bir yapı modeli elde edilebileceği aktarılmıştır. Bunun yanı sıra SketchUp yazılımında üretilen model sadece CityGML formatına dönüştürülmüş IFC formatına dönüştürülmemiştir. Bununla birlikte SketchUp yazılımının yapı modellemek için kayda değer sonuçlar sunduğu ancak inşa edilmiş çevrenin modellenmesi için aynı performansı gösteremeyebileceğinin altı çizilmiştir.

Boyes ve diğ. (2017) idareler tarafından faydalanılan BIM kullanımı bakımından verimli varlık yönetimine ulaşabilmek amacıyla CAD, IFC ve 3B CBS arasındaki dönüşümün nasıl gerçekleştirileceği üzerine çalışmışlardır. MicroStation, FME, ArcScene ve SketchUp yazılımlarının da aralarında bulunduğu farklı CAD ve CBS yazılımları dönüşüm için kullanılmıştır. Araştırmacılar kavisli yüzeylerin dönüşümünde zorluklarla karşılaşmışlardır ancak bu problemlerin üstesinden gelinebilmesi için farklı çözümler denemişlerdir. BIM ve 3B CBS verilerinin işlenmesine imkân tanıyan bir portala ihtiyaç olduğunun altı çizilmiştir. Hijazi ve diğ. (2011) CityGML standardındaki altyapı hizmetleriyle ilişkili IFC varlıklarının betimlenmesini sağlayan “UtilityNetworkADE” isimli bir CityGML ADE önermişlerdir. Araştırmacılar önerilen ADE sayesinde yapılarla ilişkili çok sayıda varlığın CityGML formatında kayıpsız olarak eşleştirilebildiğini vurgulamışlardır. Bunun yanı sıra su depoları gibi farklı objelerin geometrik olarak modellenmesinde alternatif yaklaşımlar olmasına rağmen eksiksiz bir çözüme ulaşılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulduğuna değinilmiştir. Bununla birlikte altyapı hizmetleriyle ilgili farklı varlıkların önerilen ADE eklentisine eklenebildiği aktarılmıştır. Kang ve Hong (2015) başarılı bir tesis yönetiminde BIM ve CBS verilerinin entegrasyonundan yararlanmak için Extract, Transform, ve Load (ETL) metoduna dayanan bir sistem mimarisi geliştirmiştir. Araştırmacılar kullanıcıların düşüncelerinin elde edilmesi yoluyla prototip yazılımı değerlendirmişlerdir. Sonuçlar geliştirilen sistemin mevcut manuel metotlardan daha etkili olduğunu göstermiştir.

3.3.3 Parça 3: mülkiyet hakkının üç boyutlu tescili

Literatürde 3B arazi idaresi dönüşümü ve bu kapsamda yer alan kat mülkiyetine konu olan hakların 3B modellenmesi ve kaydı için çok sayıda çalışma yer almaktadır (Şekil 3.52).



Şekil 3.52 : Kat mülkiyetinin 3B kaydı.

Kalogianni ve diğ. (2020c) bununla ilişkili olarak Spatial Development Lifecycle bağlamında 3B arazi idare sistemlerini değerlendirmiştir. Döner (2010) 3B kadastral veri tabanının zaman bileşeniyle birlikte uygulanabilirliğini incelemiştir. Ayazlı ve diğ. (2011) mülkiyet haklarının 3B kaydı için UML kullanarak bir veri tabanı geliştirmiştir. Stoter ve diğ. (2013a) Hollanda’da 3B kadastraya geçiş için LADM standardına bir eklenti oluşturmuştur. Bahsedilen dönüşüm, kaynakların kullanımı bakımından 3B PDF dosyaları ve 3B modellenmiş mekânsal objeler olmak üzere iki aşamaya sahiptir. Griffith-Charles ve Sutherland (2013) Trinidad ve Tobago ülkesindeki 3B kadastral dönüşümü için harcamaları ve faydaları dikkate alarak bir analiz gerçekleştirmiştir. Analiz sonuçlarına göre spesifik bölgeler mülkiyet haklarının 3B kaydı için önerilmiştir. 3B kadastral altyapısının farklı ülkelerde kullanılmasını hızlandırmak amacıyla kamusal yasal kısıtlamalar ve yasal dayanaklar farklı çalışmalarda ayrıntılı olarak incelenmiştir (Dimopoulou ve Elia, 2013; Ho ve diğ., 2013; Kitsakis ve diğ., 2019; Kitsakis ve Dimopoulou, 2014, 2017, 2020; Paasch ve diğ., 2016).

van Oosterom (2013b) mülkiyet haklarının 3B kaydı bağlamında ortak konsept ve terminolojilerin, 3B mekânsal birimlerin, görselleştirmenin ve resmi semantiklerin önemine vurgu yapmıştır. Spirou-Sioula ve diğ. (2013) 3B kadastral sistem geliştirmek için Oracle Spatial, ArcInfo ve SketchUp gibi farklı yazılımların kullanımına dayanan yaklaşımlar sunmuştur. Pouliot ve diğ. (2013) Fransa ve Kanada’da LADM standardı ile uyumlu olarak gerçekleştirilen kat mülkiyeti haklarının 3B kaydını içeren karşılaştırılmalı bir analiz gerçekleştirmiştir. Çalışmada standardın dokümantasyonunun iyileştirilmesine ve hassas modelleme için daha fazla miktarda bilgiye ihtiyaç duyulduğunun altı çizilmiştir. Navratil ve Unger (2013) 3B kadastral için farklı yükseklik sistemlerinin kullanılabilirliğini incelemiştir ve tüm ülkelere

uygun tek bir sistem olmadığını not etmiştir. Bu nedenle uygun yükseklik sisteminin ülkelerin karakteristik özelliklerine göre seçilmesini önermiştir. Guo ve diğ. (2013) Çin ülkesinin Shenzhen şehrinde uygulanması için bir 3B kadastral sistem prototipi geliştirmiştir ve düzgün işleyen bir sistem için yasal değişikliklere ihtiyaç olduğuna değinmiştir. Paulsson (2013) inşaat sektörü ve finansal kaynaklar açısından mülkiyet haklarının 3B kaydının hukuki sistemler içi faydalı olacağına vurgu yapmıştır.

Paulsson ve Paasch (2013) farklı ülkelere örnek çalışmaları içeren karşılaştırmalı analizlerin 3B kadastral ile ilgili gerçekleştirilen araştırmalara oldukça katkı vereceğinin altını çizmiştir. Karki ve diğ. (2013) mülkiyet haklarının 3B kaydı için doğrulama kuralları geliştirmişlerdir. Jazayeri ve diğ. (2014) fotogrametri, lazer tarama, mobil haritalama, insansız hava araçları ve BIM teknolojilerinin 3B kadastral için önemli veri kaynakları olduğunun altını çizmiştir. Siejka ve diğ. (2014) Polonya'daki 3B kadastral sisteme geçişi CAD, CBS ve DBMS teknolojilerini dikkate alarak araştırmıştır. Bununla birlikte 3B kadastral için özel olarak web tabanlı görselleştirme prototipi geliştirilmiştir (Shojaei ve diğ., 2015, 2018). Li ve diğ. (2015) 3B kadastral bağlamındaki görselleştirmeler için CityGML standardına eklenti olarak Semantic Volume Texture (SVT) tekniğine dayalı bir model önermiştir.

Literatürde çok sayıda çalışma 3B kadastral sistemin kurulmasına katkı vermek amacıyla LADM standardına bağlı olarak ülke profilleri geliştirmiştir (Alkan ve Polat, 2017; Janečka ve Souček, 2017; Lee ve diğ., 2015; Radulović ve diğ., 2017, 2019b; Vučić ve diğ., 2020). Çoruhlu ve diğ. (2016) kültürel miraslara ilişkin mülkiyet haklarının 3B kaydını araştırmıştır. Ho ve Rajabifard (2016) Singapur'da 3B arazi idaresi için BIM modellerinin kullanılabilirliğini irdelemiştir. Shojaei ve diğ. (2016) Avustralya'da uygulanan dijital kadastral sistem için kullanılan e-Plan sisteminin mülkiyet haklarının 3B kaydı için uygun olduğunu ancak kavisli şekillerin modellenmesi için iyileştirmeler yapılması gerektiğini aktarmıştır. Drobež et al. (2017) Slovenya'daki 3B kadastral sisteme geçiş için mevcut veri setinin uygun olduğunu vurgulamıştır. Vučić ve diğ. (2017) Hırvatistan'da 3B kadastral sistemin mümkün kılınması için 3B Çok Amaçlı Arazi İdaresi Sistemi önerisinde bulunmuştur.

Mevcut durumda yaygın olarak kullanılan JSON gibi veri formatlarıyla hayli uyumlu olduğu için 3B kadastral kapsamında NoSQL teknolojisinin kullanımı önerilmiştir (Višnjevac ve diğ., 2017, 2019). Wang ve diğ. (2017) 3B yasal birimlerin görselleştirilmesinde üç tane şeffaflık seviyesinin yeterli olduğuna dikkat çekmiştir.

Gulliver ve diğ. (2017) Yeni Zelanda’da geliştirilen 3B kadastral sistem için 3B arazi parsellerinin mekânsal obje olarak betimlenmesini önermiştir. Ying ve diğ. (2017) 3B kadastral veri tabanı kapsamında yararlanılabilecek CityGML LoD3 detay seviyesindeki yapı modellerini kullanarak hacimsel objelerin üretilmesini sağlayan bir algoritma geliştirmiştir. Jaljolie ve diğ. (2018) İsrail bağlamında 3B kadastronun gerçekleştirilebilmesi için geliştirilmiş ve güncellenmiş yönetmeliklere ihtiyaç duyulduğunun altını çizmiştir. Bydłosz ve diğ. (2018) 3B kadastral veri modeli kapsamında mekânsal planlama objelerinin kullanılmasını önermiştir. Olfat ve diğ. (2018) Avustralya’daki Victoria eyaletindeki ölçme endüstrisini incelemiş ve verilerin yeniden kullanımının 3B dijital kadastro için oldukça önemli olduğunu aktarmıştır.

Önceki çalışmalar kitle kaynak haritalamanın 3B kadastro için dikkate değer bir veri kaynağı olduğunu not etmişlerdir (Gkeli ve diğ., 2019a, 2020). Ying ve diğ. (2019) 3B mülkiyet birimlerinin temsil edilmesinde kullanılabilecek 3B objelerin görselleştirilmesini iyileştirecek bir algoritma geliştirmiştir. Conformal Geometric Algebra (CGA) ifadeleri 3B kadastral objelerin arasındaki topolojik analizlerin geliştirilmesi için önerilmiştir (Shi ve diğ., 2019; Zhang ve diğ., 2016, 2019). Olfat ve diğ. (2019) BIM tabanlı yaklaşımın mülkiyet haklarının 3B kaydı için oldukça kullanışlı olduğunu göstermiştir. Griffith-Charles ve Sutherland (2020) yoğun yerleşimin olduğu alanlarda sınırların 3B kadastral veri tabanına aktarılmasında ekstra karar verme aşamasına ve yersel doğrulamaya ihtiyaç duyulabildiğinin altını çizmiştir. Ghawana ve diğ. (2020) Hindistan Delhi bağlamında 3B kadastroya geçiş için kamusal ve diğer ilişkili kurumların farkındalığının arttırılması önerisinde bulunmuşlardır. Knoth ve diğ. (2020) katı modellerden yararlanılarak 3B dijital kadastro veri tabanlarının güncellenmesini mümkün kılan bir iş çerçevesi önermiştir. Bunun yanı sıra önceki çalışmalarda 3B kadastral verilerin 3B iç mekan modellerinin kaynağı olarak kullanılabileceği araştırılmıştır (Tekavec ve Lisec, 2020a, 2020c).

Cagdas (2013) Türkiye’deki mülkiyet haklarıyla ilişkili yasal dayanakları dikkate alarak konutların emlak vergileri ile ilgili yasal ve fiziksel objelerin temsilini ve yönetimini mümkün kılan bir CityGML ADE geliştirmiştir. Önerilen ADE Türkiye’deki yasal mülkiyet haklarının ilişkili oldukları gerçek dünyada fiziksel objelerle betimlenmesine imkân tanıyan “PropertyUnit”, “CadastralParcel” ve “CondominiumUnit” olmak üzere üç yeni özellik sınıfı içermektedir. Bahsedilen çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak “BuildingUsePart” özellik sınıfı bağımsız

bölümler, ortak yerler ve eklentiler gibi farklı yasal bölümleri betimlemek amacıyla modele eklenmiştir. Diğer bir çalışma olarak Gózdź ve diğ. (2014) 3B kadaströ bağlamında arazi idaresinin verimliliğini arttırmak amacıyla LADM standardıyla uyumluluğı kullanarak mülkiyet haklarına ilişkin fiziksel ve yasal bileşenlerin betimlenmesini mümkün kılan bir CityGML ADE önerisinde bulunmuştur. Çalışmada yapı modelleri LoD1 detay seviyesinde modellenmiştir. Bu yaklaşım yasal mekanların temsili için yeterli olsa da LoD2 detay seviyesinde üretilecek modellerin kentsel planlama ve afet yönetimi ile ilgili çalışmaların desteklenmesinde faydalı olabileceğı aktarılmıştır. Araştırmacılar 3B betimlemelerden faydalanan sürdürülebilir arazi idaresi için CityGML standardının verimli bir şekilde kullanılmasına arazi idaresiyle ilgili tematik modülün katkı sağlayacağını aktarmışlardır. Ying ve diğ. (2014) verimli bir kadastral veri yönetimi amacıyla CityGML formatlı yapı modellerinin 3B mülkiyet birimlerine bu modelleri basitleştirme ve eksikliklerini giderme yoluyla dönüştürülmesini içeren bir iş çerçevesi önermiştir. Önerilen metodu test etmek amacıyla 5637 yüzeye sahip CityGML LoD3 detay seviyesindeki modeller kullanılmıştır. Bunun yanı sıra araştırmacılar CityGML modellerinin lazer tarama ve yersel ölçme gibi zahmetli ve maliyetli veri elde etme yöntemleri yerine faydalı bir veri kaynağı olarak kullanılabileceğine vurgu yapmışlardır.

Rönsdorff ve diğ. (2014) LADM kapsamındaki 3B kadaströ ile ilgili özellik sınıflarının modellenmesine imkân tanıyan bir CityGML ADE önermiştir. Önerilen yaklaşım standarttaki mülkiyet haklarına ilişkin özellik sınıflarının herhangi bir değişikliğe maruz bırakılmadan kullanmaktadır ve böylelikle sadece CityGML şeması genişletilmiştir. Bunun yanı sıra ADE geliştirilmesi sırasında ülkelerin spesifik yönetmeliklerinin dikkate alınması önem arz etmektedir. Taşınmaz değerlemesi bakımından Isikdag ve diğ. (2015) İngiltere, ABD, Almanya ve Hollanda'daki değerlendirme prosedürlerinin benzerliklerini ve farklılıklarını 3B modellerin kullanılması bağlamında incelemiştir. Araştırmacılar mevcut durumda taşınmaz değerlemesinde 3B yapı ve kadastral verilerin yaygın bir şekilde kullanıldığı bir ülke bulunmadığına dikkat çekmiştir. Bu sebeple taşınmazların değerlerinin 3B semantik açıdan zengin yapı modelleriyle belirlenmesinin daha gerçekçi olacağı aktarılmıştır. Bahsedilen modellerin yapıların içi, dışı ve ilişkili mülkiyet haklarına ilişkin detaylı bilgi içeren IFC ve CityGML standartları yardımıyla üretilebileceğı not edilmiştir. Böylelikle 3B dijital verilerin güncel tutulacağına da vurgu yapılmıştır.

Soon ve diğ. (2014) CityGML standardındaki yapıyla ilgili modülleri entegre etmek ve bu sayede 3B kadastro bağlamında yasal objelerin fiziksel karşılıklarıyla temsil etmek için OWL kullanarak LADM standardını biçimlendiren daha önceki bir çalışmayı genişletmiştir. Bu anlamda araştırmacılar mevcut yaklaşıma “Physical Space Utility Network” ve “Physical Space Building Unit” varlıklarını eklemişlerdir. Böylelikle Avusturalya, Yeni Zelanda ve Singapur gibi farklı ülkeler tarafından arazi idaresi işlemlerini yürütmek için kullanılan LandXML modeline dayanan LADM, CityGML ve e-Plan standartlarının semantik entegrasyonu sağlanmıştır. Li ve diğ. (2016) günümüzdeki karmaşık yapılarla ilişkili ihtiyaçlara karşılık veren arazi idaresinin bir parçası olarak yasal hakların fiziksel karşılıklarıyla düzgün bir şekilde temsil edilebilmeleri için LADM yardımıyla bir CityGML ADE önerisinde bulunmuştur. Araştırmacılar öncelikle Çin’deki yasal düzenlemelerdeki mülkiyet yapısını detaylandırmışlar ve ardından yasal hakları ve fiziksel objeleri entegre edebilmek için CityGML standart şemasına yeni özellik sınıfları eklemişlerdir. Önerilen eklenti SketchUp yazılımında modellenen iki farklı model yardımıyla doğrulanmıştır. Araştırmacılar CityGML ADE paradigmasının bağımsız bölümlere ilişkin mülkiyet haklarının yönetilmesinde uygulanabilir bir çözüm sunduğunu aktarmışlardır. Ayrıca, önerilen yaklaşım Çin’deki yasal düzenlemeler göz önünde bulundurularak geliştirilse de farklı idari bölgelerdeki uygulamalar için destekleyici bir bakış açısı sağlayacağına dikkat çekilmiştir.

Loshi (2018) Kosova’daki 2B kâğıt tabanlı sistemden 3B dijital veri tabanlı kadastro sistemine geçişi amaçlayan projeyi incelemiştir. Sonuçlara göre LoD1 detay seviyesinden LoD2 detay seviyesine geçiş mevcut CBS teknolojileri ve mekânsal veriler sayesinde çok çaba sarf etmeye gerek kalmadan sağlanabilmektedir. Ancak ülkelerin tam anlamıyla 3B kadastryu hayata geçirebilmek için yönetmeliklere göre yapıların hangi bölümlerinin kaydedileceğine ilişkin gerçek ihtiyaçları belirlemeleri gerektiği aktarılmıştır. Bunun yanı sıra araştırmacılar BIM teknolojisinin yasal hakların 3B olarak detaylı gösterimi ve kaydı için dikkate değer bir çözüm sunmasına rağmen ülkelere özgü yasal düzenlemelere ihtiyaç olduğunu vurgulamışlardır. Sun ve diğ. (2019) mülkiyet haklarının 3B temsili ve görselleştirilmesinde BIM ve CBS modellerinin entegrasyonunu içeren bir iş çerçevesi önermiş ve örneklendirmiştir. Araştırmacılar hem kadastradaki veri yönetimi hem de kent mekânsal veri tabanındaki gösterimler için IFC ve CityGML 3.0 arasındaki dönüşümü LADM standardından

faydalanarak mümkün kılmıştır. Örnek çalışma İsveç’deki binalar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre önerilen iş çerçevesi AEC şirketleri ve haritacılık ile ölçme organizasyonları gibi farklı sektörler arasındaki 3B dijital veri paylaşımına katkı vermektedir. Cemellini ve diğ. (2020b) LADM standardı ile uyumlu ve web tabanlı bir 3B kadastral sistem prototipi geliştirmiştir. Larsson ve diğ. (2020) mülkiyet haklarının 3B temsili için BIM tabanlı modellerin faydalı olduğunu vurgulamıştır.

El-Mekawy ve Östman (2012) UBM’nin 3B kadastro çalışmalarında verimli bir şekilde kullanılıp kullanılmadığını incelemiştir. Araştırmacılar UBM’nin yasal hakların 3B temsili bağlamında beklentileri karşılamadığına çünkü IFC ve CityGML arasındaki veri transferi amacıyla geliştirildiğine değinmişlerdir. Bununla ilişkili olarak 3B kadastro ile ilgili fiziksel objeleri kullanıma uygun bir şekilde betimlemeyebilmek için UBM’ye “Building Elements Surfaces”, “Digging Surfaces”, “Protecting Area Surfaces” ve “Real Estate Boundary Surfaces” olmak üzere dört yeni alt tür (*subtype*) eklenmiştir. Benzer bir çalışmada El-Mekawy ve diğ. (2014) daha önce önerilen yaklaşımın uygulanabilirliğini göstermek amacıyla İsveç’de inşa edilen bir hastane projesini örnek çalışma olarak kullanmıştır. Araştırmacılar en kapsamlı ve ayrıntılı yapı modelleme sistemi olarak kabul edilen BIM teknolojisinin giderek yaygınlaşmasına rağmen IFC, CityGML ve LADM gibi standartlar arasında bir entegrasyona ihtiyaç olduğunun altını çizmişlerdir. Bunun yanı sıra önerilen yüzey elementlerinin semantik eşleştirilmesi sonraki çalışmalara bırakılmıştır. Kim ve diğ. (2015) verimli arazi idaresine katkı vermek amacıyla lazer tarama yöntemiyle yer altındaki yapının nokta bulutu verisinin elde edilmesi, inşa edilmiş BIM modelinin oluşturulması ve 3B kadastro ile ilgili fiziksel objelerin temsilinden oluşan bir metodoloji önermişlerdir. Önerilen yaklaşım gerçek bir yer altı istasyonunda doğrulanmıştır. Ayrıca doğruluk analizi dijital kadastral haritalar için kadastro birimlerinin beklentilerinin karşılanıp karşılanamadığını tespit edebilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar, yasal hakları gerçek dünyayla ilişkilendiren fiziki objelerin dijital olarak üretilmesinde inşa edilmiş BIM modellerinin kullanılabileceğini aktarmışlardır. Drobež ve diğ. (2016) Slovenya’da 3B kadastral veri kaynağı olarak uzaktan algılanmış verilerin kullanılabilirliğini araştırmıştır.

Atazadeh ve diğ. (2017) 3B mülkiyet kaydı için görüntü sayısı, sorgulama hızı ve yapısal sınırların iletişimi bakımından BIM modellerinin özellikle de IFC açık veri

standardının kalitelerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, yalın modellerin görselleştirme ve sorgulama bakımından diğer modellerle karşılaştırıldığında daha iyi performans gösterebildiğini ancak entegre modellerin 3B yasal hakların gelişmiş görselleştirilmesine dair yeterli yeteneğe sahip olmaları gerektiğini aktarmışlardır. Atazadeh ve diğ. (2016) arazi idaresinde 2B kâğıt çıktıların kullanılmasından kaynaklanan sorunları gidermek amacıyla 3B mülkiyet haklarının temsiline yararlı bir şekilde imkân tanıyan bir BIM tabanlı prototip geliştirmiştir. Çalışmada BIM teknolojisinin varlıkların zenginleştirilmesine imkân tanınması sayesinde gerekli olan 3B mülkiyet hakları veri yönetimi çözümü sunduğunun altı çizilmiştir. Bunun yanı sıra inşa edilmiş modellerin kullanımının yasal hakların 3B kaydının doğru ve eksiksiz gerçekleştirilebilmesi için çok önemli olduğu vurgulanmıştır. Oldfield ve diğ. (2016) IFC açık veri formatlı BIM modellerinin yasal hakların kadastral veri tabanına kaydında nasıl kullanılabileceğini incelemiştir. Araştırmacılar doğru bir 3B kadastral veri tabanı için inşa edilmiş BIM modellerinin kullanılması gerektiğini çünkü tasarlanan BIM modellerinin inşaat sürecinde değişikliğe uğrayabildiğini vurgulamışlardır. Çalışmada göl üzerine inşa edilmiş bir restoran IFC standardının 3B mülkiyet haklarının modellenmesinde katkısının gösterilmesi için kullanılmıştır. Bununla birlikte çalışmada IDM standardı ile farklı paydaşların yapı ruhsatlandırma sürecindeki katkıları ve BIM modellerinin kadastral kayıta kullanımının artırılmasını içeren bir iş akışı oluşturulmuştur. Bahsedilen çalışmanın genişletilmiş versiyonunda Oldfield ve diğ. (2017b) yasal hakları fiziksel bileşenleriyle birlikte doğrudan betimleyebilmek ve bu betimlemelerin yapı tasarımı ile yapı ruhsatlandırmada dijital olarak kullanılabilmesi için IFC ve LADM standartlarını entegre eden ve eşleştiren bir yaklaşım önermiştir. Bu anlamda araştırmacılar, modeller IFC olarak dışarı aktarılırken uyumsuzluklarla karşılaşılabilirdiği için herhangi bir tasarım yapmadan önce özellik sınıflarının eşleştirilmesini incelemiş ve ardından mekânsal objeleri oluşturmuşlardır. Çalışmada *IfcSpace* ve *IfcZone* varlıkları ile *LA_SpatialUnit* özellik sınıfı bağlanmış ve bu sayede yasal objeler BIM ortamında temsil edilebilmiştir.

Atazadeh ve diğ. (2017a) 2B planların kullanımında doğan zorlukların üstesinden gelebilmek için IFC şemasını yasal hakların 3B dijital veri olarak temsil edilmesine ve görselleştirilmesine imkân tanıyacak şekilde genişletmiştir. Çalışmada mekanlara ilişkin farklı sahiplik hakları *IfcRelReferencedInPrivateProperty*, *IfcRelReferencedInCommonProperty* ve *IfcRelReferencedInEasement* varlıkları da

dahil olmak üzere yeni varlıkların oluşturulması yoluyla modellenmiştir. Araştırmacılar inşa edilmiş yapıların BIM modellerinin güncelliği açısından harita/geomatik mühendisleri tarafından kontrol edilmeleri gerektiğine değinmişlerdir. Bunun yanı sıra sandalyeler gibi IFC varlıklarına yasal hakların betimlenmesinde ihtiyaç duyulmadığına değinilmiş ve elimine edilebilecekleri önerilmiş bu sayede de dosya boyutunun azaltılacağı ve mekânsal sorguların hızlanacağı aktarılmıştır. Atazadeh ve diğ. (2017b) BIM tabanlı yaklaşımın çok katlı ve kompleks binalardaki mülkiyet haklarının güvence altına alınabilmesi için 2B bağımsız bölüm planlarının kullanımından kaynaklanan problemlerin önüne nasıl geçebileceğini irdelemiştir. Bununla ilişkili olarak yasal haklar için gerekli olan bilgiler dikkate alınarak belirlenen yeni varlıkların yardımıyla IFC şemasının genişletilmesi önerilmiştir. Bahsedilen bu varlıklar *IfcLegalPropertyObject*, *IfcPropertyTitle*, *IfcParentTitle*, *IfcPropertyDescription*, *IfcMortgage*, *IfcCaveat* ve *IfcInterestHolder* olarak belirtilmiştir. Araştırmacılar önerilen yaklaşımın kompleks yapılarla ilişkili mülkiyet haklarının daha detaylı ve anlaşılır betimlenmesini mümkün kıldığına ve IFC standardının hem CSG hem de BRep yaklaşımlarıyla modellemeye imkân tanımasından dolayı diğer modelleme standartlarına kıyasla avantajlı olduğuna vurgu yapmışlardır. Bunun yanı sıra yapılara ait semantik ve fiziksel bilgilerin bütünleşik anlamda yönetilmesinin sürdürülebilir arazi idaresi bağlamında daha faydalı olacağına değinilmiştir.

Atazadeh ve diğ. (2017) 2B kâğıt çıktılardan oluşan bağımsız bölüm planlarının kullanılmasından kaynaklanan eksikliklerin giderilmesi amacıyla kompleks yapılara ilişkin mülkiyet haklarının gösterimi için IFC tabanlı bir modelleme yaklaşımı önermişlerdir. Araştırmacılar semantik ve geometrik açıdan mülkiyet haklarına ilişkin sınırların görselleştirmesinde *IfcRelSpaceBoundary* varlığını kullanırken sırasıyla *IfcSpace* ve *IfcExternalSpatialElement* varlıklarından iç ve dış mekanların modellenmesinde faydalanmışlardır. Önerilen yaklaşımı doğrulamak için Avusturalya'nın Victoria eyaletindeki bir kompleks yapıya ait bağımsız bölüm planları öncelikle Autodesk Revit yazılımındaki *room* özelliği kullanılarak modellenmiş ardından mülkiyet hakları "Solibri Model Viewer" yazılımı yardımıyla görselleştirilmiştir. Çalışmada günümüzün iç içe geçmiş yapılarındaki mülkiyet haklarını yeterli seviyede algılayabilmek ve betimleyebilmek için BIM tabanlı

çözümün 2B bağımsız bölüm planlarına göre önemli bir avantaja sahip olduğunun altı çizilmiştir.

Rajabifard ve diğ. (2018) mevcut 3B mekânsal veri modellerinin Avusturalya'nın Victoria eyaletinde uygulanan spesifik idari yönetmelikler bakımından mülkiyet haklarının yönetilebilmesi için gereksinimleri karşılayıp karşılamadığını incelemiştir. Bununla ilişkili olarak daha önce önerilen yaklaşımları bütünüyle yasal, bütünüyle fiziksel ve entegre olarak üç sınıfa ayırmışlardır. Yapılan değerlendirmelere göre LADM ve e-Plan gibi modellerin genellikle arazi idaresinin yasal organizasyonuna odaklandığına ve bu sebeple de yasal objelerin fiziksel bileşenlerinin betimlenmesinde yetersiz kalabildiklerine vurgu yapılmıştır. Bunun yanı sıra CityGML ve IFC gibi fiziksel objelerin temsil edilebilmesi amacıyla geliştirilen modellerin arazi ve yapılarla ilgili mülkiyet haklarının ifade edilebilmesini tam olarak sağlayamadıkları aktarılmıştır. Bunun sonucunda araştırmacılar hem yasal hakların hem de bu hakların fiziksel bileşenlerinin etkili bir şekilde betimlenebilmesi için bütüncül bir yaklaşıma sahip bir mekânsal veri modeline ihtiyaç olduğu sonucuna varmışlardır.

Atazadeh ve diğ. (2018) *IfcPropertyEnumeratedValue*, *IfcPropertySingleValue* ve *IfcPropertySingleValue* gibi veri tiplerinin kullanılması yoluyla birden fazla bağımsız bölüme sahip taşınmazlar bünyesindeki ortak mülkiyet haklarının etkili bir şekilde betimlenmesini sağlayan bir BIM tabanlı yaklaşım önerisinde bulunmuşlardır. Araştırmacılar, eğer gerçekçi çıktılara ulaşmak isteniyorsa ortak mülkiyet verisi yönetimi bağlamında BIM teknolojisine yönelik olarak yasal değişikliklere ihtiyaç duyulduğunun altını çizmişlerdir. Atazadeh ve diğ. (2018) 3B kadastr bağlamında yasal ve fiziksel objelerin entegre edilebilmesi için LADM ve IFC standartlarının nasıl bütünleştirilebileceğini araştırmışlardır. Sonuç olarak, IFC varlıkları kullanılarak LADM standardının genişletilmesi ve LADM standardındaki özellik sınıflarıyla IFC şemasındaki varlıkların eşleştirilmesi olmak üzere iki yaklaşım önerilmiştir. Araştırmacılar bu standartların ayrıntılı bir şekilde anlaşılması için bir metodolojinin gereksinim olduğuna ve bir diğer ihtiyacın da LADM standardındaki fiziksel objelerin betimlenmesiyle ilişkili olduğuna dikkat çekmişlerdir. Ayrıca LADM standardının yeni versiyonlarına IFC tabanlı özellik sınıflarının eklenebilmesi mümkün olduğundan dolayı ortada önemli bir potansiyel olduğuna değinmişlerdir.

Andrée ve diğ. (2018) kentlerde 3B taşınmazların daha etkin yönetiminin kolaylaştırılması için BIM modellerinin yardımıyla gayrimenkul oluşum işleminin

iyileştirilmesini amaçlayan “Smart Built Environment” projesinin bir kısmındaki bilgileri aktarmıştır. Araştırmacılar, taşınmaz yönetiminin bir parçası olarak 2B çizimlerden 3B dijital veriye geçişin zaman alacak olmasına rağmen BIM teknolojisinin taşınmazların görselleştirilmesi ve temsili için avantajlı bir seçenek sunduğuna değinmiştir. Barzegar ve diğ. (2020) kompleks yapılardaki mülkiyet haklarının fiziksel betimlenmesiyle ilişkili öz nitelik bilgilerinin elde edilmesinde yaşanan eksiklikleri gidermek için BIM tabanlı bir mekânsal sorgu yaklaşımı önermiştir. Çalışmada Revit API aracını kullanarak önerilen mekânsal sorgu algoritmasını uygulayabilen bir Autodesk Revit yazılım eklentisi geliştirilmiş ardından Avustralya’nın Victoria eyaletinde yer alan bir örnek yapı geliştirilen metodolojiyi doğrulamak için kullanılmıştır. Araştırmacılar önerilen yaklaşım kullanılarak spesifik yasal sınırlardan kimlerin sorumlu olduğuna dair yorumlamalarla ilgili belirsizliklerin önüne geçildiğini aktarmışlardır. Ayrıca araştırmanın eğik nesnelere ilişkin sorgulama seçeneğinin eklenmesi ve web tabanlı görselleştirmelerin sağlanmasıyla genişletileceği belirtilmiştir.

Atazadeh ve diğ. (2019) kadastro uygulamalarını desteklemek amacıyla yapılardaki mülkiyet haklarına ilişkin bilgilerin 3B BIM modellerinden nasıl elde edilebileceği üzerine çalışmıştır. Araştırmacılar yapıların farklı bölümlerine ilişkin mülkiyet haklarının JSON tabanlı sorgu yapıları kullanılarak elde edilebildiğini örneklemiştir. Bahsedilen haklar yasal alanlar (*legal zones*), yasal sınırlar (*legal boundaries*) ve yasal mekanlar (*legal spaces*) olarak belirlenmiştir. Çalışmada 2B sorgulamaların kadastro birimleri ve yapı ruhsatlandırma uygunluk kontrolü gerçekleştiren birimler gibi farklı paydaşlar tarafından etkili bir şekilde kullanılabileceğine değinilmiştir. Bunun yanı sıra IFC şemasında yapılabilecek iyileştirmelerin yasal alanların düzgün bir şekilde betimlenmesinde faydalı olabileceğine dikkat çekilmiştir.

Literatürde ayrıca araziyle ilgili SSS’lerin 3B kaydına izin veren ve bunun yanında hem yasal hakların hem de fiziksel objelerin modellenmesini mümkün kılan “3D Cadastral Data Model (3DCDM)” önerisinde bulunulmuştur (Aien ve diğ., 2015; Aien, Kalantari, Rajabifard, Williamson, ve Bennett, 2013; Aien, Kalantari, Rajabifard, Williamson, ve Wallace, 2013). Araştırmacılar önerilen modelin daha önceki kadastral veri modellerinden farklı olduğuna çünkü mevcut modellerin genellikle 2B kadastral kayda odaklandığına veya sadece 3B kadastral kaydı hızlandırdığına değinmişlerdir.

Bunun yanı sıra 3B kadastronun sürdürülebilir arazi idaresini geliştireceğinin altı çizilmiştir. Soon (2013) taşınmazların kaydı ve ölçme planlarının başvurusu gibi arazi idaresiyle ilgili işlemlerin otomasyonu ve işlevselliğini geliştirmek için bu tip işlemlerdeki kullanıcı rollerinin temsilini sağlayan OWL tabanlı bir yaklaşım önermiştir. Çalışmadaki başlangıç örnekleme LADM ile gerçekleştirilmiştir. Eğer LADM standardındaki işlemler ontolojiler kullanılarak detaylı bir şekilde modellenirse arazi idaresi uygulamaları için daha karmaşık sorguların gerçekleştirilebileceği aktarılmıştır. Bunun yanı sıra arazi parselleriyle ilgili zamansal kısıtlama ve ilişkilerin modellenmesine ihtiyaç olduğuna değinilmiştir. Thompson ve diğ. (2017) LandXML kullanılarak arazi uygulamaları için ölçme planlarındaki arazi parsellerinin nasıl 3B çoklu topolojik objeler olarak betimlenebileceğini ayrıntılandırılmıştır. Önerilen yaklaşımı doğrulamak ve veri değişimini sağlamak amacıyla ölçme planları ve LADM standardını kullanarak iki farklı yapıyla ilgili LandXML dosyaları oluşturulmuştur. Araştırmacılar önerilen yaklaşımın 3B kadastral veri tabanlarında kullanılabileceğinin ve üretilen 3B objelerin görselleştirilmelerini mümkün kıldığının altını çizmişlerdir. Bunun yanı sıra araştırmanın LandXML modelleme formatına dayalı olarak gerçekleştirilmesine rağmen kolay bir şekilde InfraGML formatına aktarılabilmesine dikkat çekilmiştir. Ayrıca yakın gelecekte BIM/IFC gibi farklı dijital modelleme yöntemlerinin kullanımının temel bir gereksinim olacağı aktarılmış ve bu nedenle 3B arazi idaresi bağlamında daha fazla analizin faydalı olacağına vurgu yapılmıştır.

Stoter ve diğ. (2017) arazi idaresi bağlamında yeni inşa edilmiş yapıların yasal haklarının kadastral veri tabanına 3B olarak nasıl kayıt edilebileceğini incelemiştir. Bununla ilişkili olarak tren istasyonu ve kompleks bir bina olmak üzere Hollanda'daki iki gerçek yapıyı analiz etmişlerdir. Yapıların BIM formatındaki mimari modelleri herhangi bir uyumsuzluk içerip içermediklerine dair kontrol edilmiştir. Sonrasında BIM modelleri ulusal kadastral veri tabanına aktarılmak üzere 3B PDF olarak dışarı aktarılmıştır. İncelemelere göre yasal hakların fiziksel bileşenler olarak temsilinde bazı belirsizlikler bulunduğundan dolayı ekstra bir hukuki uzmanlığa ihtiyaç duyulduğu aktarılmıştır. Bunun yanı sıra 3B çizimlerin tüm kayıt süreci için daha avantajlı olabileceğine değinilmiştir. Ayrıca farklı yazılımlar değişik geometrik veri temsil yöntemlerine sahip olduğundan dolayı 3B kadastral işlemleri için GML gibi açık veri formatlarını kullanacak bütüncül yaklaşımlara ihtiyaç bulunduğu aktarılmıştır.

Alattas ve diğ. (2017) SSS'leri dikkate alan iç mekân navigasyon uygulamaları için IndoorGML ve LADM standartlarının entegrasyonunun dikkate değer sonuçlar vadedip vadedmediğini incelemiştir. Araştırmacılar *LA_Employee*, *LA_GroupStudent* ve *LA_GroupEmployee* olmak üzere yeni özellik sınıfları ve ilgili kod listeleri eklemek yoluyla LADM standardını genişletmişlerdir. Bu sayede model, iç mekân ortamı kapsamındaki yasal hakların ve bu hakların fiziksel karşılıklarının betimlenmesi yeteneğine sahip olmuştur. Çalışmada navigasyon rotaları farklı paydaşlar için belirlenmiş SSS'ler göz önüne alınarak örneklenmiştir. Shin ve diğ. (2020) çok katmanlı yapılardaki mülkiyet haklarına ilişkin yanlış anlaşılmanın engellenmesi için IFC şemasını genişletmiştir. Eriksson ve diğ. (2021) 3B kadastro bağlamında yapıların ve planlamaların versiyonlarının oluşturulması için Git kullanımını önermiştir. Alkan ve diğ. (2021) mülkiyet haklarının 3B kaydı için LADM standardına dayalı bir model geliştirmiştir.

3.3.4 Üç parçalı döngünün detaylandırılması

Şekil 3.53 daha önce de bahsedildiği üzere dijital yapı ruhsatlandırma süreçleri, 3B kent modellerinin güncellenmesi ve mülkiyet hakkının 3B tescilini içeren 3P döngü vizyonunu genel çerçevede görselleştirmektedir.

3B dijital modeller çok katmanlı şehirleri kapsamlı bir şekilde yönetebilmek için oldukça önemlidirler. Bu nedenle ülkelerin detaylı bir şekilde oluşturmaya çalıştıkları 3B ulusal veri tabanlarının kullanımı ve güncellenmesi 3P döngü içerisinde yer almaktadır. Bahsedilen veri tabanları kentsel alanların dijital olarak betimlenmesi için geliştirildiğinden dolayı yaygın olarak CityGML (OGC, 2021b) standardına dayalı oluşturulmaktadır. 3B ulusal veya kent veri tabanları kentsel planlama bağlamında inşa edilmiş çevreden faydalanan yapı ruhsatlandırma süreçlerini destekleyebilmek minimum olarak yapı, inşaat ve arazi kullanımına ilişkin özellik sınıflarını içermelidir.

3P döngü kapsamındaki diğer bir veri tabanı ise imar planlarını kapsamaktadır. Planlama ve kalkınma bakımından mekânsal veriyle ilgilenen farklı paydaşların entegre edilebilmesi için sözü edilen planların dijital olarak üretilmesi ve depolanması dünyada yakından değerlendirilmektedir. İmar planlarının saklanması kullanılan muhtemel formatlardan birisi GML veri formatıdır. Bahsedilen planların depolanması ve paylaşılması yapı ruhsatlandırma sürecinin dijitalleştirilmesi ve otomasyonuna

[illegible]

229

Arazi ve yapılara ilişkin mülkiyetin tesciliyle ilgili bilgileri dijital olarak saklayan kadastral veri tabanı 3P döngü kapsamındaki bir diğer önemli veri tabanıdır. Şekil 3.53'den görülebileceği üzere mülkiyet haklarının IFC ve CityGML standartlarından yararlanılarak modellenmesini amaçlayan çok sayıda önemli çalışma olduğundan dolayı kadastral veri tabanı sözü edilen bu 2 standarda dayalı olarak oluşturulabilmektedir. IFC ve CityGML standartları AİS kapsamında yer alan taraflar ve SSS'lere ilişkin özellik sınıfları ve ilişkileri için ortak bir altlık sağlayan LADM standardıyla zenginleştirilip, bütünleştirilerek yasal hakların fiziksel bileşenleriyle birlikte modellenmesinde kullanılmaktadır. 3P döngünün çok çeşitli işlemleri kapsamı göz önünde bulundurulduğunda döngüdeki kurum ve idareler kesintisiz bir mekanizmanın hayata geçirilebilmesi için oldukça önem arz etmektedir.

Yapı ruhsatlandırma, kent idaresi kuruluşları ve kadastral müdürlükler arasındaki aktif iş birliği veri değişimi açısından oldukça önemlidir. Bundan dolayı idari birimlerin farklı işlemleri kontrol edip yönetebilmelerine imkân tanıyan e-devlet uygulamalarından 3P döngü bünyesindeki işlemlerin yürütülmesinde faydalanılabilir.

Yapı ruhsatlandırma süreci, ilgili parsel üzerindeki yeni bir yapı inşaat veya yenileme talebiyle başlamaktadır. Bu noktada bahsedilen sürece taşınmaz firmaları, müteahhitler, mimarlar, yapı denetim uzmanları, bankalar ve finansçı kuruluşlar da dahil olmak üzere çok sayıda paydaşın müdahil olduğuna değinilmesi önem arz etmektedir.

Sürece başlanabilmesi için kadastral veri, imar planı verisi ve inşa edilmiş çevre verisi gibi çok çeşitli verilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bahsedilen verilere parselde mülkiyet ve tür bilgisi, yapılaşmaya ilişkin planda yer alan derinlik ve yükseklik bilgisi ve altyapı tesisleri ile tarihi sit alanlarının konum bilgisi daha detaylı örnekler olarak gösterilebilir. Sözü edilen veriler şehirlerin ve ülkelerin kalkınması için altlık olduklarından dolayı oldukça önemlidir.

Kadastral tescil sosyal ve ekonomik açıdan hem vatandaşlar hem de idareciler için arazi parselleri ve yapılara dair mülkiyet haklarına ilişkin gerekli olan bilgiyi sağlarken imar planları, arazinin etkin kullanımı için iyileştirici ön görüleri göstermektedir. Kentsel ve kırsal alanların yönetimi muhtemel yatırımlar için inşa edilmiş çevre verisi kullanılarak elde edilen analiz sonuçları sayesinde daha etkili olabilmektedir. Böylece sürdürülebilirliğin devamlılığı sağlanabilir çünkü çevre, finans ve kültür ile ilgili

eylemler güçlü bir şekilde yönetilebilmiş olmaktadır. Konuyla ilişkili olarak ülkelerin büyük bir kısmı etkin ve sürdürülebilir arazi idaresinin sağlanması için 3B mekânsal veri modelleriyle uyumlu veri uygulama şemalarına dayalı KVA oluşturmaya çaba göstermektedir.

3P döngüye göre yapılar farklı aktörler arasında birlikte çalışabilirliği garanti edebilmek için geliştirilen IFC formatında modellenenbilir çünkü BIM ve açık veri standardı olarak IFC standardının farklı sektörlerde olmak üzere özellikle de AEC endüstrisindeki adaptasyonu yakın zamanda oldukça artış göstermiştir. Bu noktada belirtmek gerekir ki 3P döngü tünel ve köprüler gibi altyapı objelerinden ziyade yapı ve yapı elemanlarına odaklanmaktadır.

Yapıların tasarımlarının doğrulanması (*validation*) yapı ruhsatlandırma süreçlerinde kullanımlarını garanti edebilmek için gerçekleştirilmektedir. Modelleme doğrulamalarından birisi muhtemel olarak yönetmeliklerindeki kurallar ve gerekliliklere ilişkin olarak ülkelerin spesifik ihtiyaçlarına göre belirlenen kriterlere dayalıdır. Diğer muhtemel doğrulama ise örnek olarak MVD kullanılarak oluşturulan modelleme yönergelerine dayalı olabilir. 3P döngü kapsamındaki süreç tasarımın yapı ruhsat belgesine ihtiyacı olup olmamasına bağlı olarak devam etmektedir. Eğer yapı ruhsatlandırmaya gerek yok ise yapı inşaat herhangi bir gecikme olmadan başlayabilmektedir. Aksi halde ise yapı tasarımının yapı yönetmelikleriyle uyumlu olup olmadığının belirlenmesi için denetleme gerçekleştirilmektedir. Elektronik başvuru sistemi ve otomatik yapı uygunluk kontrolü bu aşamada kullanılabilir. Yasal dokümanlardaki kuralları bilgisayar tarafından okunabilir formatta içeren veri tabanı hayli önem arz etmektedir. Bu bağlamda yerel birimler, başvuru sahipleri ve yapı ruhsatlandırma ofisleri gibi farklı tarafların dahil olduğu sürecin kalitesinin artırılması amacıyla dijitalleşme ve otomatikleşmeden yararlanılarak entegre edilmiş yapı ruhsatlandırma sürecinin gerçek hayat uygulamasına dönüştürülmesini amaçlayan çok sayıda çaba bulunmaktadır. Eğer yapı tasarımı herhangi bir uyumsuzluk içermekteyse gerekli değişikliklerin gerçekleştirilebilmesi için başvuru sahibine iade edilmektedir. Sonrasında yeni bir denetleme yapı ruhsatı belgesinin onaylanması için gerçekleştirilmektedir. Buna ek olarak eğer inşaat süresince yapı tasarımında değişiklik gerçekleşirse yapı ruhsatı belgesi için yeni bir onay alınmalıdır. Son olarak, yapıda oturmayı ve altyapı tesislerinden yararlanmayı mümkün kılan yapı kullanma izni eğer gerekliyse alınmalıdır.

İnşaat tamamlandıktan sonra IFC formatındaki inşa edilmiş model CityGML formatına ulusal veya bölgesel 3B kent modelini güncellemek amacıyla dönüştürülebilir. Dönüşüm, CityGML modelinin doğrulanması ile devam etmektedir. Böyle yapılarak güncel tutulması için oldukça çaba gerektiren mekânsal veri tabanının kalitesine önemli katkı yapılabilir. Bu noktada belirtmek gerekir ki IFC formatından CityGML standardına dönüşüm semantikler, betimleme yaklaşımı ve modelleme için hedeflenen ölçeğe ilişkin farklılıklardan dolayı zorluklarla karşılaşılabilen bir konudur. Bahsedilen farklılıklar, oluşturulan veride geometrik tutarsızlık ve semantiklerde eksiklik gibi bazı problemlere sebep olabilmektedir. Çıktı verisi için hedeflenen detay seviyesinin önceden belirlenmesi ve dönüşümden önce IFC verisinin doğrulanması dönüşüm kalitesini arttırabilecek muhtemel çözümler olarak görülmektedir (Noardo ve diğ., 2020b). IFC ve CityGML standart spesifikasyonları arasında artan kapsayıcılık etkin veri dönüşümü için ayrıca faydalı olabilir. Yapı ruhsatlandırma sürecinde onaylanan model yerine inşa edilmiş IFC modelinin kullanımı 3B dijital modellerin gerçeğe uygun bir şekilde güncellenmesi için önem arz etmektedir.

3P döngü kapsamında mülkiyet hakları kadastral veri tabanına IFC modelleri gibi inşa edilmiş 3B modeller sayesinde 3B olarak tescil edilebilir. Böylelikle taşınmaz değerlendirme birimi gibi farklı idari birimler arasındaki güncel ve doğru bilgi akışı sağlanabilir. Yapı kullanma izni alındıktan sonra kadastral veri tabanında uygulanması gereken cins değişikliği işlemi parsellere ilişkin doğru kadastral bilginin saklanması için kritik öneme sahiptir çünkü vergilendirme gibi temel ekonomik işlemler depolanan bilgiye göre uygulanmaktadır. Bunun yanı sıra yapı kullanma izni sürecinde onaylanan bağımsız bölüm planları yapılarla ilişkin mülkiyet haklarının kaydı için tapu müdürlüklerine gönderilmelidir. Eğer bu değişiklik gerçekleşmezse 3P döngü tamamlanmamış olacaktır. Bu noktada yeni inşa edilen yapıdaki kat mülkiyetine ilişkin haklar yapının inşa edilmiş modeli kullanılarak ulusal kadastral veri tabanının IFC ve CityGML formatlarında olmasına bağlı olarak tescil edilmektedir ve böylece 3P döngü tamamlanmış olmaktadır.

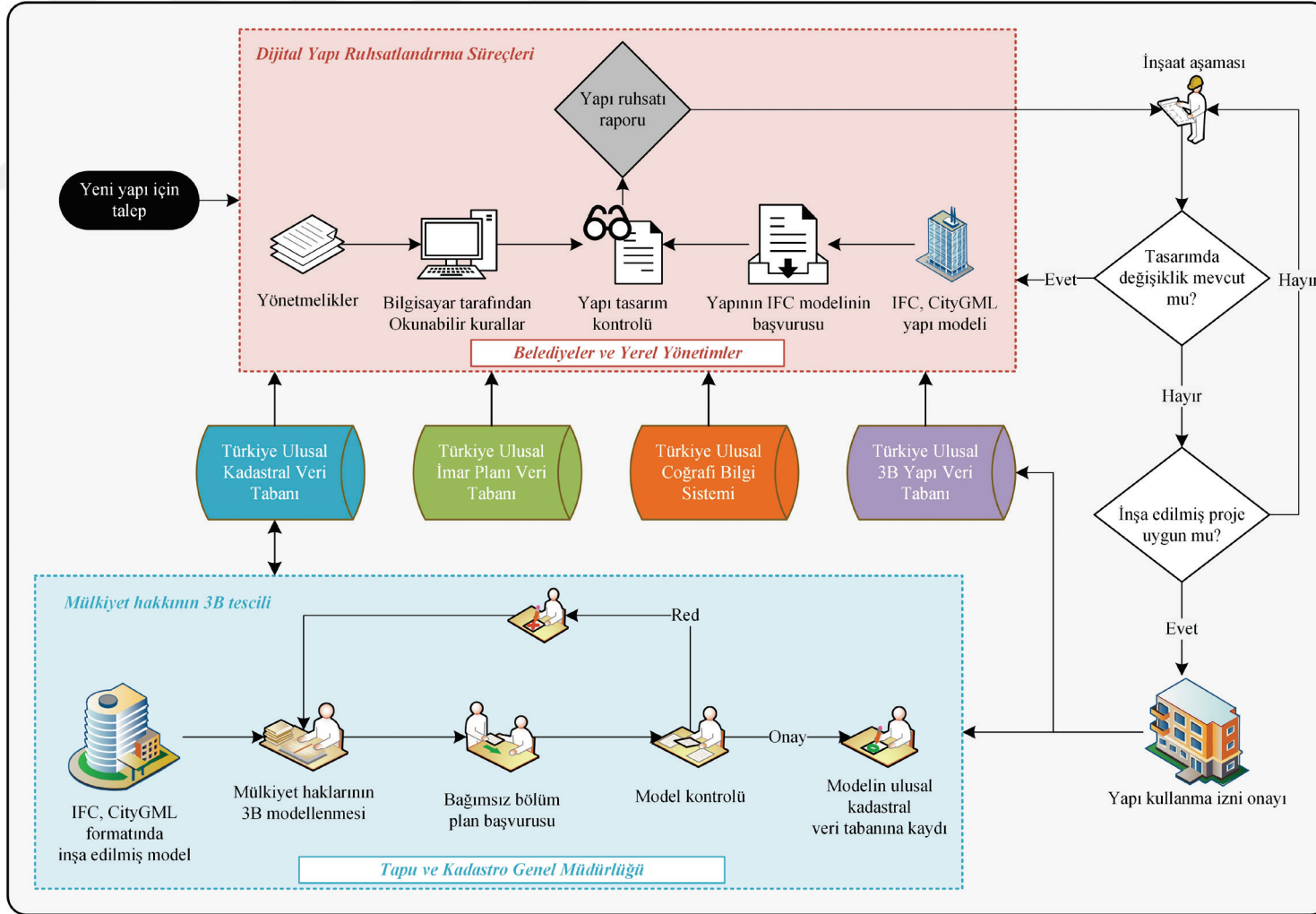
3P döngünün bir parçası olarak yapı ruhsatlandırma süreçleri mülkiyet haklarının kaydı diğer bir deyişle de arazi idaresiyle ilişkilidir çünkü işlem arazi parselinde meydana gelmektedir (Guler ve Yomralioglu, 2021a). Yapı ruhsatlandırma sürecinin başlangıcında kadastral bilgiye gereksinimin duyulmaktadır. 3P döngünün güçlü

noktası kapsamlı bir iş çerçevesi sağladığından dolayı farklı ülkelere adapte edilebilme esnekliğine sahip olmasıdır. LADM standardı objelerin fiziksel modellemesi ve betimlemesi için geliştirilen veri standartlarıyla entegre olabilmesinden dolayı 3B AİS dönüşümünün hayata geçirilebilmesi için ortaya konan önemli girişimlerden birisidir. LADM standardı bunun yanı sıra kadastro ve tapu tesciline ilişkin olarak ülkelerin veya bölgelerin spesifik ihtiyaçlarına dayalı olarak uyarlanabilmektedir. Kompleks yapılardaki mülkiyet haklarının gösteriminde 2B grafiklerin yetersiz kaldığı göz önünde bulundurulduğunda 3P döngü vizyonu oluşturulan 3B inşa edilmiş yapı modelleri sayesinde önemli bir potansiyele sahiptir.

3.3.5 Türkiye bağlamında üç parçalı döngünün değerlendirilmesi

Şekil 3.54 3P döngünün Türkiye'ye özgü olarak uyumlaştırılmış versiyonunu içermektedir. 3P döngü daha önce de bahsedildiği üzere yapı ruhsatlandırma sürecini inşa edilmiş çevre ve imar planı gibi farklı konularla ilgili mekânsal veri tabanlarının kullanımını kapsayan bir entegre süreç olarak ele almaktadır. Etkin yapı ruhsatlandırma süreçlerinin mümkün kılınması inşaat sektörünün ülke ekonomisinde sahip olduğu önemli rolden dolayı hiç olmadığı kadar önem arz etmektedir (Tekin ve Atabay, 2019). Konuyla ilişkili olarak ileriye dönük stratejiler ülke genelinde mekânsal verinin ve kadastral haritaların dijital olarak üretimini içermektedir. İlgili hedefler “11. Kalkınma Planı” gibi farklı ulusal stratejik dokümanlarda yer bulmaktadır. Buna rağmen yapı ruhsatlandırma süreçlerinin iyileştirilmesi için çok fazla çabanın ortaya konulmadığı görülmektedir.

Diğer bir yandan mekânsal veri standartlarını kullanarak yapı ruhsatlandırma süreçlerini iyileştirmenin yollarını arayan birçok ülke bulunmaktadır (Chognard ve diğ., 2018). Yine de 2020-2023 Ulusal Akıllı Şehirler Strateji ve Eylem Planı'nın yayımlanmasıyla birlikte ülkede akıllı şehirler ve ilgili konular hakkında umut vadeden bir gelişme yaşanmıştır. Sözü edilen plan dijital yapı modellerinin yapı ruhsatlandırma süreçlerinin yanı sıra tesis yönetiminde de kullanılacağına değinmektedir. Böylelikle hem 3B kent modelleri hem de 3B mülkiyet kaydının mümkün kılınmasına ilişkin hedeflere ulaşılmasında yapı ruhsatlandırma süreçlerinin dijitalleştirilmesi hakkındaki iyileştirici bakış açıları oldukça önemli hale gelmiştir. 3B kent modellerinin üretilmesi büyük alanların modellenmesi için fazlaca iş gücü gerektirdiğinden dolayı kapsamlı bir projedir (Ohori ve diğ., 2018).



Şekil 3.54 : 3P döngünün Türkiye bağlamında özelleştirilmiş versiyonu.

3B kadastro çalışmaları da ayrıca oldukça fazla miktarda ölçme ve modellemeye gereksinim duymaktadır. Ülkenin tamamen 2B kadastral veri tabanına sahip olduğu göz önünde bulundurulduğunda yasal hakların 3B kaydına geçişin ciddi miktarda iş gücü gerektirdiği söylenebilmektedir (Rajabifard ve diğ., 2019; van Oosterom, 2018). Bu nedenle 2B çizimlerden yararlanarak yasal hakların fiziksel bileşenlerinin nasıl etkin bir şekilde modellenebileceği hakkındaki bakış açısı başarıya ulaşabilmek için hayati derecede önemlidir. Bu bağlamda ülkede 3P döngünün hayata geçirilebilmesi için detaylı bir değerlendirmeye ihtiyaç bulunmaktadır. İlk olarak AEC, şehir planlama ve arazi idaresi gibi farklı sektörlerin mevcut durumlarını ortaya koymak için yapı ruhsatlandırma süreçlerinin dijitalleştirilmesi hakkında bir fizibilite çalışması gerçekleştirilebilir. Ek olarak kamu kurumlarının dijital yapı modellerinin kullanılması için altyapı ve insan kaynağı bakımından yeterli kaynaklara sahip olup olmadığının ortaya konulması önemlidir çünkü yapı ruhsatlandırma süreçlerinin dijitalleştirilmesinde IFC gibi 3B veri standartları ve modellerini kullanabilecek kayda değer oranda bilgi sahibi olan yetkili personele gereksinim duyulmaktadır. Etkin bir şekilde hizmet sağlayabilen e-devlet uygulamalarına yapı ruhsatı belgesi başvuruları ve dijital veri modellerinin işlenmesi için altyapı bakımından ihtiyaç duyulmaktadır.

İkinci olarak dijital yapı modelleri kullanılarak yapı ruhsatlandırma sürecinin nasıl gerçekleştirileceği hakkında kılavuz veya yönergeler yönetsel açıdan yerel birimler ve belediyeler için faydalı olabilir. Bu şekilde, yürütülen işlemler sırasında doğabilecek şikayetlerin önüne geçilebilir ve uygulamalarda oluşabilecek farklılıklar elimine edilebilir. Bu konuya ilişkin olarak yapı ruhsatlandırma sürecinin etkin operasyonu bakımından yönergelerin gerçek uygulamalarda kullanımı hayli önemlidir. Bu bağlamda ilgili yasa ve yönetmeliklerin bilgisayar tarafından okunabilir formata dönüşümü yapı ruhsatlandırma sürecinin otomatikleştirilmesi ve dijitalleştirilmesi için bir diğer önemli unsurdur (Nawari, 2018). Bahsedilen durum mevcut durumda daha çok araştırma aşamasındadır ancak gerçekleştirilecek daha fazla çalışma otomatikleşme için sürecin kolaylıkla uyarlanabilmesi için faydalı olacaktır.

Üçüncü olarak 3P döngü kadastro, planlama ve veri altyapısı gibi farklı alanlara ait çeşitli veri kaynaklarının kullanımını kapsadığından dolayı döngünün hayata geçirilmesinde çok yönlü yaklaşım daha yararlı olabilir. Bu anlamda mekânsal veri bakımından farklı birimler arasındaki birlikte çalışabilirlik garanti altına alınmalıdır. Diğer bir deyişle IFC, CityGML ve CityJSON gibi açık veri formatları ve standartları

veri değişiminin kullanıcılar arasında düzgün bir şekilde sağlanması için önemli bir potansiyele sahiptir.

3P döngünün hedeflerinden biri daha önce de bahsedildiği üzere mülkiyet haklarının kaydı için inşa edilmiş yapıların inşa edilmiş modellerinin kullanımının mümkün kılınmasıdır. Bu duruma ilişkin olarak 3B yasal hakların nasıl üretileceği, modelleneneceği ve depolanacağı hakkındaki konuların yönetmelikler veya kılavuzlarda ayrıntılandırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Larsson ve diğ., 2020). Böylece inşa edilmiş modellerin üretken bir şekilde kullanımına ve ayrıca yasal altyapının oluşturulmasına katkı verilebilir. Mevcut durumda ülkede yapılarla ilişkili mülkiyet hakları mimari projeler ve kadastral kayıtlar kullanılarak yürütölen proje kapsamında 3B olarak modellenmektedir. Bu anlamda yapıların inşa edilmiş modellerinin yeniden kullanımı 3B ulusal kadastral veri tabanının güncel tutulmasını kolaylaştırabilir. Bu noktada mülkiyet haklarının hangi detay seviyesinde modelleneneceğine karar verilmesi önemlidir. Diğer ölkelerde gerçekleştirilen mevcut uygulamalar yol gösterici olması bakımından incelenebilir (van Oosterom, 2018). Bir diğer önemli husus da tapu ve kadastro birimlerinde CAD, BIM ve CBS teknolojilerini kullanabilen çalışanların sayısının artırılmasıyla ilgilidir. Bahsedilen sayılar eğitimler ve projelerle artırılabilir.

3P döngü, inşa edilmiş modellerden faydalanılarak 3B ulusal coğrafi veri tabanının oluşturulmasının ve güncellenmesinin desteklenmesini de amaçlamaktadır. Bahsedilen veri tabanının içeriği yürütölen yeni inşaatlardan dolayı değişebilmektedir. Bu nedenle 3B dijital şehir modellerinin güncel tutulması zorlaşmaktadır. Bahsedilen problem yapı kullanma izni alındıktan sonra elde edilecek inşa edilmiş modellerin yeniden kullanılmasıyla çözülebilir. Ek olarak bu durum TUCBS projesinin içeriğinin çok boyutluluk bakımından zenginleştirilmesine katkı sağlayabilir. İlişkili olarak ölkedeki mülkiyet tescili, KVA ve yapı ruhsatlandırma ile ilgili e-devlet hizmetleri 3P döngü ile ilgili gerçekleştirilecek gelişmelerle birlikte iyileştirilebilir. Bununla birlikte IFC ve CityGML gibi farklı veri standartları arasındaki model dönüşümlerine ilişkin olarak kılavuzların yayımlanması faydalı olacaktır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Kat Mülkiyetine Yönelik Geliştirilen Modelin İrdelenmesi

4.1.1 Hukuki açıdan irdeleme

Çalışmada, yapılarıdaki kat mülkiyetine konu olan hakların eksiksiz bir şekilde 3B olarak betimlenmesinde LADM ve IFC standartlarından en iyi şekilde yararlanılabilmesi için bu standartlar arasında bir model eşleştirmesi sağlanmıştır. Bu noktada belirtmek gerekir ki entegre model Türkiye’deki mevcut yasal düzenlemelere ilişkin özelleştirmeleri kapsamaktadır. Örneğin KMK kat mülkiyetine ilişkin olarak bağımsız bölümlerin ana birimleri yanı sıra eklentiler ve ortak alanlar üzerinde de kullanma haklarını içermektedir. *TR_CondominiumUnit*, *TR_Annex* ve *TR_SharedFacility* özellik sınıfları ve aralarındaki ilişkiler bu bağlamda modellenmiştir.

Ayrıca ülkedeki mevcut mevzuatlarda 2 farklı bağımsız bölümü ayıran duvarlar gibi ortak yapı elemanlarında kat maliklerinin hangi değişiklikleri yapabileceklerine dair tanımlamalar bulunmamaktadır. Örnek vermek gerekirse; kat maliklerinin bahsedilen durumdaki duvarların hangi kalınlık seviyesi için kullanım haklarına sahip oldukları ayrıntılandırılmamıştır. Bu nedenle sözü edilen duvarlar *IfcWall* varlığının bir örneği olarak kat maliklerinin bu duvarlar üzerinde ortak kullanım hakkına sahip olduğu biçiminde modellenmiştir.

Bir diğer husus, Avusturalya gibi farklı ülkeler veya idari birimler yasal mevzuat veya yönetmeliklerinde yapı elemanlarına dair mülkiyet bilgileri için ayrıntılı tanımlamalara sahip olabilmektedir (Atazadeh ve diğ., 2017a). Örneğin; duvarlardaki mülkiyet sınırları iç (*interior*), orta (*median*), dış (*exterior*) ve diğer (*other*) olarak tanımlanabilmektedir. Bu durum duvarların sınırlarının duvarların hangi bölümleri üzerinde hangi bağımsız bölümlerin kullanım hakkı olduğunda dair bilgileri içerecek şekilde elde edilmesini gerektirmektedir.

Bununla birlikte Suudi Arabistan örneğinde olduğu gibi yapıdaki duvarlarla ilişkili olarak oluşabilen ayrıcalıklı (*exclusive*) mülkiyet olarak adlandırılan diğer bir mülkiyet

türü de bulunmaktadır (Alattas ve diğ., 2021). Örnekle açıklamak gerekirse; eğer bir duvar 2 farklı bağımsız bölümü ayırıyorsa bağımsız bölümler diğer bağımsız bölümün yasal mekanlarına herhangi bir zarar vermemek kaydıyla duvarın kendi yasal mekanlarında bulunan yüzeyi üzerinde kullanım hakkına sahip olmaktadır. Ayrıcalıklı mülkiyet, eğer duvarın bir yüzeyi bağımsız bölümün yasal mekanına ait diğer yüzeyi ise yapıdaki bir shaftın mekanının bir bölümü olduğunda da kurulabilmektedir. Daha önce de değinildiği üzere Türkiye’de ortak alanlar veya tesisler yönetim planıyla belirli bağımsız bölümlerin kullanımına tahsis edilebilmektedir ancak 2 özel bağımsız bölüm arasında ortak kullanım haklarının duvar veya taban gibi farklı yapı elemanları üzerinde nasıl kurulabileceğine dair herhangi bir yasal dayanak bulunmamaktadır. Bu duruma istinaden KMK’nin duvarlar gibi farklı yapı elemanlarının hangi bölümleri için hangi kat maliklerinin kullanım haklarına sahip olduğuna dair detaylı tanımlamaları sağlayacak şekilde güncellenmesi değerlendirilebilir.

Bu noktada Türkiye’de kat mülkiyeti uygulamalarında arsa payının belirlenmesinde kullanılan değerlendirme yöntemine de değinilebilir. KMK, değerlendirme yöntemine ilişkin herhangi bir detaylı bilgi içermemektedir. Ancak Emlak Vergisine Matrah Olacak Vergi Değerlerinin Takdirine İlişkin Tüzük’de vergilendirme amacıyla bağımsız bölümlerin ve ortak alanların değerlerinin belirlenmesinde oda ve banyo sayısı ile yapının inşaat cinsi ve sınıfı gibi farklı kriterlerin göz alınması gerektiği yer almaktadır. Bunun yanı sıra Yargıtay içtihatlarında da bağımsız bölümlerin yüz ölçümü, kaçınca katta yer aldığı, cadde veya sokağa cephesi olup olmadığı, manzarası, güneşten yararlanma, rüzgâr ve diğer dış etkenlerden etkilenme oranları gibi farklı faktörlere göre değerlerinin belirleneceği aktarılmaktadır. Konuya ilişkin olarak eğer yapı ruhsatlandırma ve yapı kullanma izni aşamalarında yapıların BIM/IFC modelleri elde edilebilirse bu modellerin hem kat mülkiyetine ilişkin SSS’lerin 3B betimlenmesinde hem de bağımsız bölümlerin değerlerinin belirlenmesinde kullanılabileceğine değinmek önem arz etmektedir. Bununla birlikte bağımsız bölümlere ait arsa payları değeri etkileyen materyal türü, gün ışığı ve güneş ışığı yararlanma oranları, termal ve yalıtım seviyeleri ile enerji verimliliği gibi yukarıda bahsedilen ve de daha da fazla kriter BIM/IFC verilerinden elde edilebileceğinden dolayı gerçekçi bir şekilde belirlenebilecektir (Celik Simsek ve Uzun, 2021; El Yamani ve diğ., 2021; Isikdag ve diğ., 2014).

İlaveten, İstanbul'da 7,5 büyüklüğündeki olası bir depremin simülasyonu ile şehirde analiz edilen 1.166.330 yapının %17'sinin yaklaşık olarak da 194.000 adedinin orta ve üstü seviyede hasar görebileceği tespit edilmiştir (İBB ve Boğaziçi Üniversitesi, 2019). Riskli yapılara ilişkin gerçekleştirilen kentsel dönüşüm çalışmalarında da arsa payından yararlanıldığı göz önünde alındığında arsa payının belirlenmesi için kullanılan yöntemlerin de önemi artmaktadır. Ancak bağımsız bölümlerin değerlerinin hangi kriterler kullanılarak belirleneceğini belirten ve detaylandıran yasal mevzuatın varlığı önem arz etmektedir.

4.1.2 Teknik açıdan irdeleme

Çalışmada geliştirilen, kat mülkiyetine konu olan hakların 3B olarak tam anlamıyla betimlenmesini için IFC ve LADM varlık ile özellik sınıflarını eşleştiren model temel olarak Türkiye'deki yasal mevzuatlara dayanmaktadır. Ancak bu modelin daha önce literatürde önerilen modellerle uygulama ve kavramsal anlamda benzerliklere sahip olduğuna değinmek oldukça önemlidir (Alattas ve diğ., 2021; Atazadeh ve diğ., 2021; Barzegar ve diğ., 2021a; Ying ve diğ., 2021). Örnek vermek gerekirse *IfcSpace* örnekleri bir yapı veya apartmandaki yasal mekanların betimlenmesinde kullanılmakta *IfcZone* örnekleri de bir bağımsız bölüme ait ana birim ve eklentileri içeren tüm yasal mekanların temsilinde kullanılmaktadır. Bununla birlikte kolon ve kiriş gibi yapı elemanları hangi kat maliklerinin bahsedilen elemanlar üzerinde kullanım haklarına sahip olduğuna dair bilgiyi sağlayacak biçimde modellenmiştir. Benzerliklere dair örnekler önem teşkil etmektedir çünkü BIM/IFC modellerinden mülkiyet haklarının kaydında bir veri kaynağı olarak faydalanan entegre modelin farklı ülke ve idari bölgelerde dikkate değer bir çözüm olarak kullanılabilirliğinin arttığı gösterilmektedir. Diğer bir deyişle çalışma kapsamında geliştirilen entegre model özellik sınıfları ve öz nitelikler bakımından ülkelerdeki veya idari bölgelerdeki yasal dokümanlara ait spesifik ihtiyaçlara karşılık verebilecek şekilde revize edilebilir.

Belirtilmesi önem arz eden diğer bir husus da Türkiye'de mevcut yasada detaylı bir açıklama olmamasından dolayı gerçekleştirilen çalışmanın yapı elemanlarının farklı yüzeyleriyle ilgili mülkiyet haklarına dair herhangi bir gösterim içermemesidir. Ancak çalışmadaki mevcut model *TR_BoundaryFace* özellik sınıfı ile *IfcConnectionSurfaceGeometry* varlığı arasındaki bir bağlantıya sahiptir ve böylelikle çeşitli yapı elemanlarının farklı yüzeylerine (*faces*) mülkiyete dair semantikler

kazandırılabilir. Bununla birlikte yapı elemanlarının farklı taraflarındaki yüzeylere dayalı olarak mülkiyet bilgisini temsil eden öz nitelikler sözü edilen yapı elemanlarını betimleyen özellik sınıflarına Alattas ve diğ. (2021) tarafından önerildiği şekilde eklenebilir.

Dışarı aktarılan IFC modellerindeki farklılıklar teknik açıdan ayrıca önem arz etmektedir. Örneğin; ortak alanları temsil eden ve IFC2x3 versiyonunda dışarı aktarılan çok katlı merdivenler (*multi-storey stairs*) olarak modellenen objeler IFC görüntüleme yazılımında görselleştirilebilirken bahsedilen objeler IFC4 versiyonundaki IFC modelleri kullanılarak görselleştirilememiştir. Bu anlamda farklılıklar kat mülkiyetine ilişkin SSS'lerin eksiksiz bir şekilde betimlenebilmesi için oldukça önemlidir. Bu nedenle kullanılan IFC şema versiyona ilişkin homojenlik tapu ve kadastro birimleri bünyesindeki tescil işlemi için faydalı olacaktır. Bu işlemle bağlantılı olarak farklı paydaşlar arasındaki gerekli veri değişimini mümkün kılan MVD standardı yapılar da kurulacak kat mülkiyetine ilişkin ihtiyaç duyulan bilgilerin elde edilmesinde faydalanılabilir. Gerekli olan varlıklar ile bu varlıkların özellikleri MVD için tanımlanırsa mülkiyete dair kayıt süreci hızlanacak ve iyileşecektir. Bu noktada tapu birimlerinin tescil sürecini onaylanmış ve kendilerine sağlanan mimari modellere dayalı olarak gerçekleştirmelerinin altını çizmek önemlidir. Bununla birlikte yapı kullanma izni sürecinde ilgili birimler tarafından onay için başvuru gerçekleştirilen yapılara ait inşa edilmiş BIM/IFC modellerinin doğruluklarına dair bazı kontrol mekanizmalarının devriye sokulması değerlendirilebilir. Bu bağlamda bahsedilen modeller bağımsız bölümlerin kullanım türü, alanı ve hacmi gibi kat mülkiyeti kaydında önemli verilere dair doğru bilgileri içermelidir.

Daha önce de belirtildiği üzere *IfcZone* varlığına dair örnekler yapının farklı bölümlerinde yer alan bir bağımsız bölüme ait tüm yasal mekanların modellenmesinde kullanılabilmektedir. Ancak bu noktada belirtmek gerekir ki otopark gibi çeşitli yasal mekanlar yapıların yakın çevresinde konumlanabilmektedir (bk. Şekil 3.37). Böyle bir durum olduğunda otoparka ait mekanlar BIM yazılım aracında *space* veya *room* seçenekleri yerine boşlukta da mekân oluşturulmasına imkân tanıyan *mass* seçeneğiyle modellenabilmektedir. Bunun sebebi de *space* veya *room* seçeneklerinin sadece kapalı sınırlar mevcut olduğunda tanımlanabilmelerinin mümkün olmasından kaynaklanmaktadır. Otopark gibi sadece mantıksal sınırlardan oluşan eklentilerin

eksiksiz olarak modellenmesi söz konusu olduğunda sözü edilen 2 seçeneğin kullanımı yetersiz kalabilmektedir.

Değınilmesi gereken diğeri bir husus da BIM yazılım aracının sadece mekanların gruplandırılarak alanların oluşturulmasına izin verdiğidir. Bu sebeple IFC modelinin hem *mass* seçeneğıyle modellenip *IfcSpace* örneğı olarak dışarı aktarılan otopark gibi eklentiler hem de ana birime dair bağımsız bölüme ait tüm yasal mekanların bir *IfcZone* örneğı olacak şekilde düzenlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Teknik açıdan değeriendirilmesi gereken diğeri bir konu da mülkiyete ilişkin semantikleri ilişkili objelerle birlikte içeren BIM/IFC modellerinin kadastral tescil anlamında hangi amaçla kullanılabilecekleriyle ilgilidir. Açıklamak gerekirse; ilk seçenek BIM/IFC modellerinin bir kadastral veri kaynağı olarak kullanılmasıdır. Bu seçenekte mevcut durumda elektronik olarak saklanan kadastral kayıtlar yeni kat mülkiyeti tescillerine ilişkin modellerden elde edilecek semantiklerle güncellenebilir. Bu durumda yapılara ilişkin 3B coğrafi modeller CityGML veya CityJSON gibi farklı mekânsal veri standardına bağılı olarak yayımlanabilir ancak bu durumda BIM/IFC modellerinden dönüşüm yapılması gerekecektir. Diğeri bir seçenek ise kadastral kayıtların doğrudan BIM/IFC verilerinin saklandığı bir veri tabanında tutulmasıdır. Bu veri tabanındaki veriler kullanılarak SSS'lere ilişkin yasal mekânlar ve semantikler 3B olarak görselleştirilebilir ve yapılar ile içerisindeki bağımsız bölümlerle ilgili analizler gerçekleştirilebilir. Bilindiğı üzere TKGM tarafından yakın zamanda yayımlanan 2021/4 sayılı genelgede ve 2019/13 sayılı genelgeye 2021 yılında eklenen ek fıkra ile kat mülkiyeti kurulumunda istenen belgelerden birisi olarak 3B sayısal yapı modeli yer almaktadır. Bu noktada daha önce TKGM tarafından yürütölen proje kapsamında yapıların 3B CityGML modellerinin nasıl üretileceğine dair yayımlanan kılavuz bilgilerine benzer şekilde yeni kat mülkiyeti tescilleri için de talep edilen 3B yapı modellerinin içeriğine dair hem yasal hem de teknik açıdan ayrıntılı kılavuzların yayımlanması önem arz etmektedir. Tasarımcılar tarafından üretilen mimari projelerin CAD mi yoksa BIM ortamında mı üretildiğı bu noktada değeriendirilmesi gereken unsurlardan birisi olmaktadır. Eğer yapı CAD tabanlı mimari proje dosyalarına sahip ise bu dosyaların daha önce yürütölen projedeki işlemlere benzer olarak 3B modellere dönüştürölmesi gerekmektedir. Diğeri taraftan yapı eğer BIM modeli olarak üretilmişse talep edilen 3B sayısal modelin veri formatı herhangi bir dönüşüme ihtiyaç duyulup duyulmadığının tespit edilebilmesi için önemlidir.

4.1.3 Sosyal açıdan irdeleme

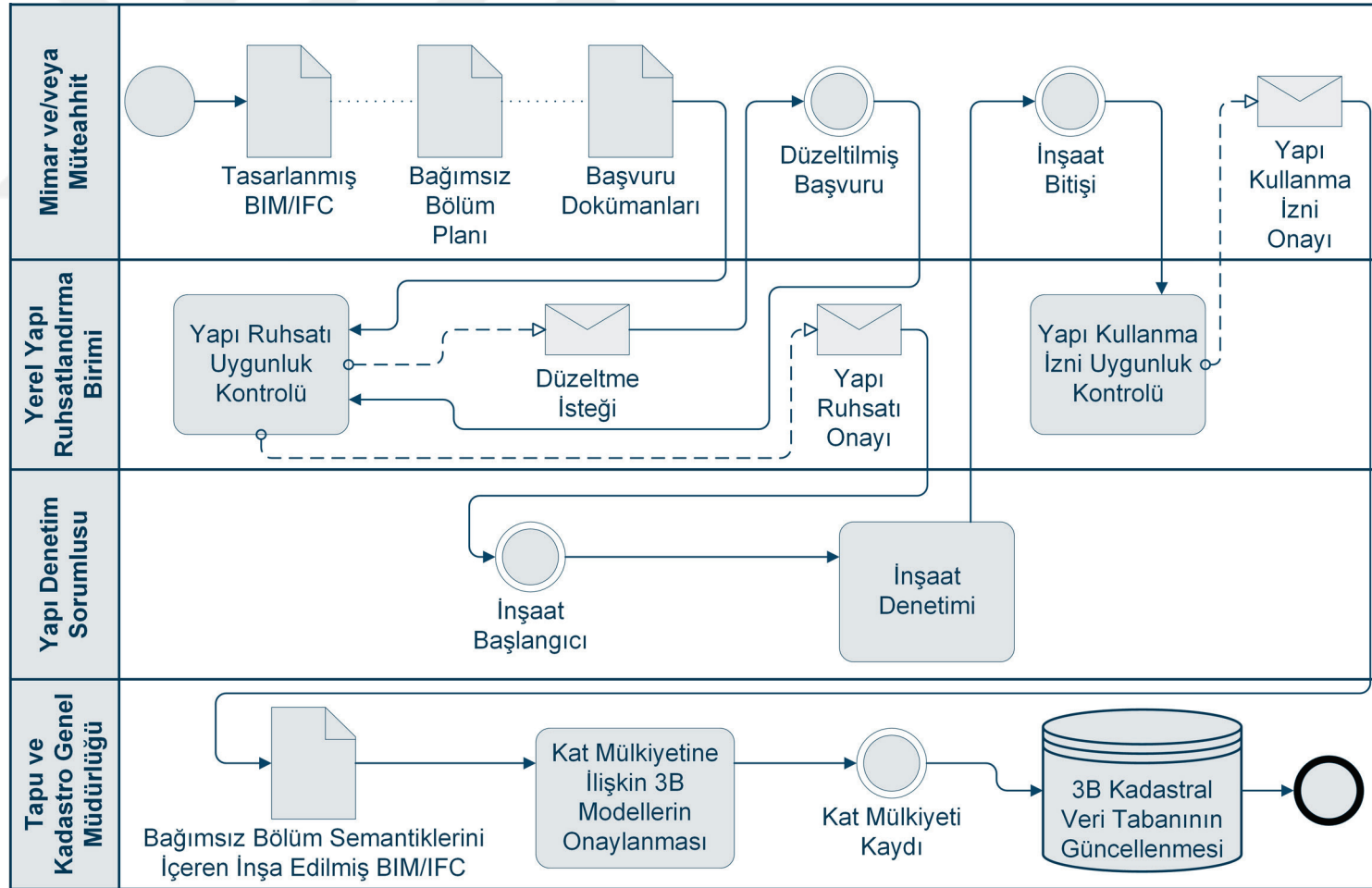
Hem literatür hem de sahadaki tecrübeler yapılarıdaki daire veya bağımsız bölümlerin güncel durumuna ilişkin detaylı bilginin kolay bir şekilde sağlanamadığını ortaya koymaktadır (Shin ve diğ., 2021, 2022). Bahsedilen bilgi; mülkiyet hakları ve bağlı paylar, arazi kaydı geçmişi, alanlar ve hacimler, ısınma ve izolasyona ilişkin özellikler ile yenilebilir enerji özellikleri gibi çok geniş bir yelpazedeki konularla ilgili olabilmektedir. Bağımsız bölümler hakkındaki bu tarz bilgilerin eksikliği alım-satım ya da kiralama işlemlerinde potansiyel alıcı veya kiracıların bağımsız bölüm özellikleri için doğru bilgiye sahip olmak istemesinden dolayı çeşitli problemlere yol açabilmektedir. Bu problemler bağımsız bölümlere ilişkin olarak yukarıda bahsedilen konular hakkında bilgi sağlanabilirse engellenebilir. Yapıya ait IFC modelinden sözü edilen konularla ilişkili bilgilerin elde edilmesinde faydalanılabilir. Böylelikle muhtemel alıcılar veya kiracılar bağımsız bölüme dair kat mülkiyetine ilişkin bilgiler ile diğer öz niteliklerin betimlenmesini içeren 3B modellerin görselleştirilmesi sayesinde detaylı bilgiye sahip olabilirler.

Bunun yanı sıra yapının farklı bölümleri ve elemanlarıyla ilişkili olarak kat malikleri arasında daha önceki bölümlerde de aktarıldığı üzere anlaşmazlıklar yaşanabilmektedir. Kat mülkiyetine konu olan hakların 3B betimlemelerine detaylandırılmış semantikleriyle ulaşılabilmesi fayda sağlayabilir çünkü karmaşık durumlarda 2B betimlemelerden kaynaklanan yanlış yorumlamalar veya sübjektif kararlar elimine edilebilir. Örneğin kat mülkiyeti kurulmuş olan bir yapıda gerçekleşen bir arıza durumunda sorumluluğun tüm kat maliklerinde mi yoksa belirli kat maliklerinde mi olduğu BIM/IFC modellerinden elde edilebilen ortak alan veya eklentilere ilişkin bilgilerle belirlenebilir. Bu konuyla ilişkili olarak kat mülkiyetine dair 3B betimlemelerin yayımı için gizlilik konularının göz önünde bulundurulması gerektiğinin altı çizilebilir. Çünkü kat mülkiyetine ilişkin bazı bilgilerin kamusal anlamda herkesle paylaşılması kişisel hakların ihlaline yol açabilir. Bu nedenle taşınmazla ilgili faaliyetlerde rol olan farklı paydaşların belirli semantiklere erişimi sağlanabilir.

4.1.4 Yapı ruhsatlandırma ile ilişkisi açısından irdeleme

Daha önceki bölümlerde belirtildiği üzere farklı sebepler nedeniyle Türkiye ve çok sayıda ülkede yapı ruhsatlandırma süreçleriyle kat mülkiyeti kaydı arasında bir ilişki

bulunmaktadır. Bunun bir sebebi olarak yapı ruhsatı belgesi başvurularında bağımsız bölüm planlarının da istenen dosyalar arasında olması gösterilebilir. Diğer bir sebep olarak ise tapu sicil kaydında yapı kullanma izni onayı verilmiş yapılardaki bağımsız bölümlerin sınırlarını, konumlarını ve öz niteliklerini içeren bağımsız bölüm planlarının kullanılmasıdır. Yapı ruhsatlandırma yaygın olarak 2B verilere dayalı olarak yürütülse de yavaş işleyen inceleme süreçleri ile meydana gelebilen yanlış yorumlamalar nedeniyle yapı ruhsatlandırmanın dijitalleştirilmesi ve otomatikleştirilmesi için giderek artan bir yönelim bulunmaktadır (Malsane ve diğ., 2015; Noardo ve diğ., 2022; Noardo ve diğ., 2020a). Bundan dolayı çok sayıda ülke yapı ruhsatlandırmanın da dahil olduğu kamu hizmetlerinin hızlandırılması ve iyileştirilmesi amacıyla dijitalleşmeyle ilişkili olarak politikalar geliştirmektedir. Örneğin Türkiye’de 2021 yılında binalar için onaylanan yapı ruhsatı ve yapı kullanma izni sayıları sırasıyla 138.027 ve 92.167’dir (TÜİK, 2021). Aktarılan rakamlar yapı ruhsatlandırmanın ülkedeki yaygın olarak uygulanan ve önemli kamu hizmetlerinden birisi olduğunu göstermektedir. Yapı ruhsatlandırmanın dijitalleştirilmesi yarı veya tam otomatik uygunluk kontrolü ve 3B verilerden yararlanılmasını kapsamaktadır. Yapıların bünyesindeki çok çeşitli objelerin ve semantiklerin modellenmesi, depolanması ve görselleştirilmesini mümkün kılan BIM teknolojisinin adaptasyonunun artış gösterdiği göz önünde bulundurulduğunda BIM/IFC modellerinin yapı ruhsatlandırma süreçlerinde kullanılması oldukça kayda değer bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. Bu noktada özellikle belirtmek gerekir ki yapı ruhsatlandırma ve yapı kullanma izni süreçlerindeki BIM/IFC modellerinin yeniden kullanımı sayesinde kat mülkiyetine konu olan hakların 3B kaydı için güçlü bir potansiyel bulunmaktadır. Ancak dikkat çekilmesi gereken bir konu da yapı ruhsatı başvurularında yer alan IFC modellerinin tasarlanmış (*as-designed*) formunda olduğu ancak inşaat aşamasında tasarımda farklılıklar oluşabileceğinden dolayı yapı kullanma izni işlemlerinde bahsedilen IFC modellerinin inşa edilmiş (*as-built*) formlarına ihtiyaç duyulduğudur. Kat mülkiyeti tescili bakımından IFC modellerinin inşa edilmiş versiyonlarının kullanımı oldukça önemlidir çünkü tasarlanmış versiyonlarının kullanılması bağımsız bölümlere ilişkin alan, hacim ve arsa payı gibi çok sayıda öz niteliğin tescilinde hatalara sebebiyet verebilmektedir. Aktarılan bilgiler ışığında Şekil 3.55 yapı ruhsatlandırma ve kat mülkiyetine konu olan hakların 3B olarak tescil edilmesinde BIM/IFC modellerinden faydalanan iş çerçevesini görselleştirmektedir.



Şekil 3.55 : Dijital yapı ruhsatlandırma ile 3B kadastral tescil süreçlerini kapsayan BIM/IFC temelli iş akışı.

Değinilmesi gereken diğeri bir husus da yapı ruhsatlandırmanın ayrıca arazi idaresi paradigmasının bir bileşeni olan arazi geliştirmeye ilişkin olarak mekânsal planlamanın bir parçası olduğudur (Indrajit ve diğ., 2020; Williamson ve diğ., 2010). Bu durum AEC endüstrisiyle arazi idaresi sektörü arasındaki ilişkiyi somutlaştırmaktadır. Sözü edilen ilişkiden en iyi şekilde faydalanılabilmesi için mimarlar, tasarımcılar ve diğeri paydaşlar yapılarıdaki mülkiyet haklarına ilişkin yasal mekanlar ve sınırlar hakkında bilgilendirilebilir. Böyle yaparak kadastral tescil süreci için kat mülkiyetine ilişkin çeşitli öz nitelikleri kapsayan daha eksiksiz IFC modelleri elde edilebilir.

4.1.5 Üç boyutlu kent modellerinin güncellenmesi potansiyeli açısından irdeleme

İnşa edilmiş çevreyi etkili bir şekilde yönetebilmek amacıyla dünya genelindeki diğeri ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de 3B kent modeli veri tabanının oluşturulması ve güncel tutulması için oldukça güçlü bir istek bulunmaktadır (Biljecki ve diğ., 2015). Bu konuyla ilgili olarak çalışmada kullanılan BIM modelleri tabanlı 3B kat mülkiyeti tescili yaklaşımından yararlanılabilmesi beklenebilir. Daha spesifik olarak açıklamak gerekirse eğer kat mülkiyetine konu olan hakların 3B temsili için yapı kullanma izni sürecinde yer alan IFC modelleri elde edilebilirse bu modeller mevcut 3B kent modelleri veri tabanının güncellenmesi için kullanılabilir.

CBSGM tarafından tüm ülkeyi kapsayacak şekilde 3B kent modelleri üretildiği göz önüne alındığında bu veri tabanının güncelliğinin sağlanması hayli önemlidir. Belirtmek gerekir ki kentsel dönüşüm gibi farklı uygulamalar için gerçekleştirilen inşaat çalışmalarından dolayı özellikle İstanbul, Ankara ve İzmir gibi metropollerde dikkat çeken oranda değişimler gerçekleşmektedir. AEC endüstrisindeki BIM teknolojisine yönelik artan yönelim göz önüne alındığında 3B kent modellerinin bahsedilen değişiklikler karşısında güncelliğinin sağlanması için inşa edilmiş versiyondaki IFC modellerinin CityGML ve CityJSON gibi standartlarda formatlı coğrafi verilere dönüştürülmesi yoluyla yeniden kullanımından doğan potansiyelden faydalanılabilir. Ancak bu noktada belirtmek gerekir ki CBS ve BIM tabanlı veriler arasındaki dönüşüm halen en iyi seviyede değildir. Georeferanslandırma, LoD ve hacim geometrileri gibi bahsedilen dönüşüme ilişkin olarak zorluklara sebep olan konulardan bahsedilebilir. Bunun yanı sıra BIM alanının temel olarak tüm inşa edilmiş çevreyi kapsayacak modeller üretilmesi amacına sahip olmadığına değinilebilir. Bu

sebeple yapı ve arazi kullanımı gibi inşa edilmiş çevre bünyesindeki geniş yelpazedeki alt alanlarla ilişkili fiziksel objelerin geometrik temsilleri için spesifikasyonları içeren farklı modülleri sağlayan coğrafi veri standartlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

4.2 Üç Parçalı Döngünün İrdelenmesi

3P döngü vizyonu genel anlamda bilgi akışı ve işlemlerinin dijital olarak yürütülmesine dayanmaktadır. Dijitalleşme inşa edilmiş çevrenin yönetimiyle ilgilenen farklı organizasyonları kaçınılmaz bir şekilde etkilemektedir. AEC şirketleri, kadastro ve tapu müdürlükleri ile kentsel planlama ve çevreyle ilgili birimler diğer organizasyonlar arasından sıyrılmaktadır. Dijital verinin işlenmesi bahsedilen organizasyonların sorumlu olduğu farklı uygulamalar arasındaki etkileşimi gerekli kılmaktadır. Örnek vermek gerekirse yapı ruhsatlandırmayla ilişkili gereksinimlere bağlı olarak uygun bir şekilde yeni bir yapı tasarlanabilmesi için hem kadastral kayıt hem de inşa edilmiş çevreye ilişkin güncel bilgiye gereksinim duyulmaktadır. Bu bağlamda yapı ruhsatlandırma süreçlerinin dijitalleştirilmesi hem ülke hem de yerel seviyelerdeki yönetim birimleri tarafından geliştirilen güncel bir konudur. Bu konuda literatür de dijital yapı ruhsatlandırmanın etkili uygulamalarını hayata geçirebilecek yollara odaklanmaktadır. Önceki çalışmalar incelendiğinde dijital yapı ruhsatlandırmanın adaptasyonun ülkeler arasında farklılık gösterdiği ancak dijital yapı ruhsatlandırmanın ilgili işlemleri hızlandırabileceği ve geliştirilebileceği konusunda hem fikir olduğu görülmektedir. Örneğin; AB ülkeleri Avrupa Komisyonu (AK)'nın muhtemel stratejileri ve direktiflerinde yer aldığından dolayı dijital yapı ruhsatlandırma süreçlerinin gerçekte uygulanması amacının başarılmasına çabalamaktadır (European Commission, 2014, 2020).

Otomatik yapı tasarım uygunluk kontrolü yapı ruhsatlandırma süreçlerinin dijitalleştirilmesine katkı sağlayan önemli bir faktördür. BIM modellerinin özellikle de IFC verilerinin yapı bileşenlerine ilişkin semantiklerin ve geometrik bilgilerin sorgulanması için önemli bir fırsat vadetmesinden dolayı yapı ruhsatlandırma kapsamında uygunluk kontrollerinin otomatikleştirilmesini amaçlayan yaklaşımlar oldukça gündemdedir. Bu noktada belirtmek önem arz etmektedir ki kural kontrolü yapı tasarımlarına son aşamadan ziyade geliştirme aşamasında uygulanabilir ve böylece kümülatif hataların önüne geçilebilir. Konuyla ilişkili olarak yapay zekâ yöntemleri gibi uygulanan farklı yaklaşımlar olumlu sonuçlar vadetmesine rağmen

tam otomatik kod kontrolünün hayata geçirilebilmesi için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğuna değinilebilir. Çünkü yasal dokümanlardaki belirsizliğe sebebiyet verebilecek kuralların bilgisayar tarafından okunabilir formata dönüştürülmesi için manuel müdahalelere ihtiyaç duyulmaktadır. Buna rağmen imar uygulamalarını kapsayan yönetmeliklerin yapının kendisi ve yakın çevresine ilişkin kurallar içermesinden dolayı CBS ve BIM tabanlı modellerin kullanımını içeren entegre iş akışlarından yararlanmaya yönelik giderek artan bir eğilim bulunmaktadır. Belirtmek gerekir ki CBS ve BIM tabanlı modeller arasındaki etkileşim kuralların kapsamlı bir şekilde kontrol edilmesinde etkili olabilir. Bu nedenle bahsedilen iş çerçevelerinin daha iyi bir şekilde uygulanabilmesi için açık standartlar arasındaki uyum oldukça önemlidir.

Bununla birlikte dijital devlet uygulamaları geçişinin bir parçası olan dijital yapı ruhsatlandırmanın etkili bir şekilde gerçek uygulamalara dönüşebilmesi için elektronik başvuru uygulamalarının gelişmiş sürümü olarak internet tabanlı sistemler önemlidir ve bu sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanı sıra BIM teknolojisinin inşa edilmiş modellerin mevcudiyetini arttırdığı ise tartışmasız bir gerçektir. Bu durum BIM modelleri kullanılarak 3B şehir modellerinin güncellenmesi için önemli bir fırsat oluşturmaktadır. Böylelikle inşa edilmiş çevrenin sürdürülebilir bir şekilde yönetiminin hem CBS hem de BIM tabanlı modellerin işlenmesine gereksinim duyduğu göz önüne alındığında entegrasyon ve dönüşüm perspektiflerinde çok sayıda çalışmanın bulunması sürpriz bir sonuç olmamaktadır. Bu noktada belirtmek gerekir ki inşa edilmiş BIM modellerinin yardımıyla 3B yapı modellerinin güncellenmesine az sayıda çalışma direkt olarak değinmiştir. Literatür genellikle CityGML standardının sahip olduğu ADE mekanizmasından yararlanılarak IFC verilerinin CityGML formatına dönüştürülmesine odaklanmıştır. Konuyla ilgili olarak modelleme yaklaşımı ve koordinat sistemlerine ilişkin standartlar arasındaki farklılıkların kayıpsız dönüşümün elde edilmesine engel olduğu görülmektedir. Bu bağlamda CityGML standardındaki modellerin uygulamalarda gerçekleşmesi ve dönüşüm ile ilgili pratiğe dayalı problemlerle ilgilenerek bu verilerin farklı amaçlarla kullanımını kolaylaştırmayı amaçlayan CityJSON standardı yakın zaman içerisinde OGC standardı olarak kabul edilmiştir. Bu noktada önemle belirtmek gerekir ki 3P döngü kapsamında 3B şehir modellerinin kayıpsız bir şekilde güncellenebilmesi için BIM tabanlı modellerin CBS ortamına daha rahat entegrasyonu amacıyla koordinat

dönüşümü, georeferanslandırma ve veri tabanı yönetimi hayati önem taşımaktadır. Şehir model güncellemelerinin dijital olarak gerçekleştirilebilmesi için BIM ve CBS tabanlı modellerin internet tabanlı platformlarda entegrasyonu da ayrıca önemlidir.

Bununla birlikte ülkelerin uluslararası standartlara dayalı 3B AİS'leri hayata geçirmek için çaba harcadıkları görülmektedir. Bu noktada, yasal haklar ve ilgili fiziksel bileşenlerini betimleyen etkili modellerin üretilmesini sağlayacak ve bu modeller bünyesinde sorgulama yapılabilmesini mümkün kılacak yaklaşımların güvenilir kadastral veri tabanlarının gerçeğe dönüştürülmesi için önemli olduğuna dikkat çekilebilir. LADM standardı kavramsal olarak önemli ve ortak bir dayanak sağlamasından dolayı başı çeken bir standart iken SSS'lerin fiziksel betimlenmesi için CityGML standardının kullanımı LADM standardı ile entegre edilerek araştırılmıştır. Bunun yanı sıra yasal hakların yeterli bir şekilde betimlenmesine imkân tanıdıklarından dolayı çok sayıda araştırmanın BIM modellerinden faydalanılmasına odaklandığı aktarılabilir.

Açıkça görülmektedir ki birlikte çalışabilirliği sağlayan standartlar 3B mülkiyet kaydı, dijital yapı ruhsatlandırma süreçleri ve 3B kent modellerinin güncellenmesi için hayli önemlidir. Bu durum uygulama ölçeği ve alanı bakımından farklı amaçlarla geliştirilen standartlar arasındaki entegrasyonun önemini arttırmaktadır. CityGML ve IFC standartlarıyla LandInfra (OGC, 2016a) standardının birlikte çalışabilirliği bahsedilen entegrasyona dair önemli bir örnektir (OGC ve buildingSMART International, 2020). Bu noktada yakın zamanda onaylanan CityGML standardının yeni versiyonunun önceki çalışmalarda yer alan önerilerin dikkate alınması ve sağlanan yeni *space* konseptiyle IFC ve LADM standartlarıyla daha uyumlu olacak şekilde tasarlandığı vurgulanabilir (Kutzner ve diğ., 2020).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan bu tez çalışmasının temel amacı 3B arazi idaresi dönüşümünde önemli bir role sahip olan günümüz çok katlı ve kompleks yapılarındaki kat mülkiyetine konu olan hakların eksiksiz bir şekilde modellenip kayıt altına alınmasına katkı vermektir. Bu bağlamda mevcutta kullanılan 2B veriler yerine detaylı incelemelere imkân tanıyıp görsel açıdan gerçek durumları daha iyi yansıtabilecek ve bunun yanı sıra hem mülkiyet haklarıyla ilgili olarak hem de kat mülkiyetinin kurulduğu yapılardaki bağımsız bölümlere ilişkin fiziksel veya mantıksal yapı bileşenlerin kullanılarak analizler gerçekleştirilebilmesini mümkün kılacak 3B dijital yapı modellerinin kullanımına odaklanılmıştır.

3B dijital yapı modelleri noktasında dünya genelinde ve Türkiye’de adaptasyonu gün geçtikçe artan ve kullanım yoğunluğunun giderek artış göstermesi beklenen BIM teknolojisinden ve ilgili modellerinden yararlanılmıştır. Özellikle AEC endüstrisinde BIM modellerinin kullanımının yaygınlaşması bahsedilen modellerin ilişkili uygulama alanlarında yararlanılmasına ve bununla birlikte yeniden kullanılabilmesine imkân tanımaktadır. Sözü edilen ilişkili süreçlerden birisi de inşa edilecek yapıların sürdürebilir kentler ve inşa edilmiş çevre bağlamında inşa edilecek konuma da bağlı olarak mevzuatla belirlenmiş belli kurallara göre inşa edilmelerinin garanti altına alınmasının amaçlandığı yapı kullanma iznini de kapsayan yapı ruhsatlandırma süreçleridir.

BIM modelleri yapılara ait 3B dijital modelleri obje tabanlı yaklaşım ile semantikleri de kapsayacak şekilde ayrıntılı bir şekilde sağlayabildiğinden dolayı mimari projeler BIM modelleri olarak başvuruda teslim edilip kontrolleri bahsedilen modeller yardımıyla gerçekleştirilebilmektedir. BIM modellerinin sağladığı yukarıda sözü edilen özelliklerden dolayı kat mülkiyetine konu olan yasal hakların hem ilişkili fiziksel hem de mantıksal karşılıklarıyla modellenip kadastral tescil sürecinde kullanılabilmeleri seçeneği tez çalışması kapsamında araştırılmıştır. Bu bağlamda BIM alanında üretilen dijital modellerin süreç içerisinde kullanılabilirliğini ve bu

modellerin farklı paydaşlar tarafından paylaşımını sağlayan standartlardan birisi aynı zamanda bir ISO standardı olan IFC standardından yararlanılmıştır.

Arazi idaresi bağlamında ise kapsamlı bir kavramsal temel model sağlayan LADM standardından faydalanılmıştır. Bu noktada kat mülkiyetine konu olan hakların daha önce de bahsedildiği üzere yapılara ilişkin olarak fiziksel ve mantıksal karşılıklarıyla modellenenebilmesi amacıyla IFC ve LADM standartları arasında entegrasyonu sağlayan bir model oluşturulmuştur. Bir yapıya ait BIM/IFC modeli geliştirilen modelin içeriğine dayalı olarak ilgili semantiklerle zenginleştirilerek kat mülkiyeti bağlamında bağımsız bölümler, eklentiler ve ortak alanlara ilişkin 3B dijital örneklemeler üretilmiş ve 3B AİS kapsamında yararlanılabilecek yaklaşımlar sunulmuştur.

Dijital örneklemeler yapılara ilişkin bağımsız bölümlerin 3B gösteriminin ötesinde kat mülkiyetine ilişkin semantiklerle zenginleştirilmekle beraber bağımsız bölümlerin sahip olabileceği eklentilerin de mevcut yasa ve yönetmeliklerdeki kapsamlara uygun olarak nasıl modellenenebileceğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte hem eklentiler hem de ortak alanlara ilişkin su deposu, kapı ve pencere gibi yapılara ait fiziksel elamanlar hem de garaj, kömürlük ve giriş gibi örneklere ait mantıksal mekanların kat mülkiyetine ilişkin semantiklerle nasıl modellenenebileceği gösterilmiştir. Bu bağlamda aşağıdaki sonuçlar aktarılabilir;

- a) BIM modelleri yapılarda kurulabilen kat mülkiyetine konu olan hakların ilişkili yasal mekanlarının 3B olarak modellenenebilmesi için önemli bir seçenek sunmaktadır,
- b) IFC şeması kat mülkiyetine ilişkin olarak özel varlıklar ve özellikler içermemesine rağmen varlıkların yeni özellik setleri ve özellikler ile genişletilmesi yoluyla mevcut ilişkiler kullanılarak kat mülkiyeti tescilinde yararlanılabilecek 3B dijital modeller elde edilebilmektedir,
- c) Zenginleştirilmiş IFC modelleri kat mülkiyeti tescilinde bağımsız bölümlere ve eklentiler gibi ilgili mülkiyet bileşenlerine dair sağlayabileceği hem 3B geometrik bilgi hem de semantiklerle 3B AİS dönüşümünde yararlanılabilecek önemli bir kaynak konumundadır,
- d) BIM/IFC modelleri bağımsız bölümlerin değerlerine ilişkin olarak belirlen kat mülkiyeti uygulamalarında önemli bir yere sahip olan arsa paylarının

belirlenmesinde mevcut durumda 3B dijital modellerden faydalanılarak gerçekleştirilmesine doğru giderek artan bir yönelim bulunan 3B taşınmaz değerlendirme kapsamındaki faktörlerin nominal değerlerinin belirlenmesi için önemli bir dayanak sağlamaktadır,

- e) Kat mülkiyetine ilişkin olarak belirsizliklerden kaynaklı olarak sorunların yaşanabildiği ortak alanlara ilişkin durumlarda BIM/IFC modellerinin sağladığı hem 3B görselleştirme hem zengin semantik dayanak ile birlikte anlaşmazlıkların çözümü daha kolay bir şekilde sağlanabilir,
- f) Vergilendirme amaçlı olarak bağımsız bölümlere ilişkin değerlemeler elde edilen kapsamlı BIM/IFC modelleri kullanılarak daha gerçekçi ve bilimsel bir şekilde belirlenebilir ve böylece taşınmazların değer bildirimiyle ilişkili sorunlar minimize edilebilir,
- g) Elde edilen BIM/IFC modelleri yapılara ilişkin enerji analizlerinde kullanılarak sürdürülebilir kalkınma bağlamında yeşil enerji ve yenilebilir enerjinin yaygınlaştırılmasına ilişkin daha doğru değerlendirmeler yapılabilir,
- h) Mevcut durumda da gerçekleştirilmesi planlanan taşınmaz alım satım işlemlerinde bağımsız bölümler ile kullanım hakkına sahip olduğu eklentilere ilişkin doğru bilgiler BIM/IFC modelleri yardımıyla sağlanabilir,
- i) Kat mülkiyeti tescilinde yararlanılacak BIM/IFC modelleri 3B AİS bağlamında gerçekleştirilebilecek 3B mekânsal analizleri mümkün kılacak önemli bir veri kaynağı sunmaktadır,
- j) Yeni inşa edilen yapılara ait BIM/IFC modelleri elde edileceğinden dolayı nesnelerin interneti gibi farklı akıllı şehir uygulamaları için bu modellerden faydalanılabilir,
- k) Kat mülkiyeti tescilinde yararlanılan BIM/IFC modelleri IndoorGML gibi farklı mekânsal veri standartlarına dönüştürülerek iç mekân navigasyonu gibi farklı uygulama alanları için veri altlığı sağlanabilir.

Yapılan çalışmalardan elde edilen bulgular kapsamında aşağıdaki öneriler aktarılabilir;

- a) IFC standardı kat mülkiyetine konu olan hakların modellenenebilmesini mümkün kılacak şekilde ülkedeki mevcut mevzuat yapısına göre ulusal bir standarda dönüştürülerek kullanılabilir,
- b) BIM/IFC modellerinin georeferanslandırılması için standartlar belirlenip yönergeler yayımlanabilir,
- c) Yapılara ilişkin yükseklik tanımları BIM/IFC modellerinin kullanımı da göz önünde bulundurulduğunda daha net bir şekilde sağlanabilir,
- d) BIM/IFC modellerinin üretim aşamasında bağımsız bölümler ile kat mülkiyetiyle ilgili yasal mekanlara istinaden mimarların ve tasarımcıların bilgi sahibi olmaları sağlanabilir,
- e) Mimarlar ve tasarımcılar tarafından üretilecek yapı projesi bünyesinde IFC modelinin bağımsız bölümlere ilişkin olarak hangi öz nitelikleri içermesi gerektiği açık bir şekilde açıklanıp bu konuda yönergeler yayımlanabilir,
- f) BIM/IFC modelleri kat mülkiyeti tescilinde kullanıldığı takdirde artık yapılara ait dijital modeller elde edilebileceğinden dolayı kat mülkiyetiyle ilgili olarak yasal sınırlarla ilgili daha ayrıntılı tanımlamalar yapılabilir,
- g) Kat mülkiyeti tescili, elde edilen BIM/IFC modelleri kullanılarak blokzincir (*blockchain*) teknolojisi tabanlı yöntemler ile gerçekleştirilebilir.

Tez çalışması kapsamında detaylı bir inceleme gerçekleştirilerek dijital yapı ruhsatlandırma süreçleri, 3B kent modellerinin güncellenmesi ve mülkiyet haklarının 3B kaydını içeren bir 3P döngü vizyonu önerisinde bulunmuştur. Sözü edilen döngü bağlamında aşağıdaki sonuçlar ve sonrasında öneriler aktarılabilir;

- a) Yasal dokümanlardaki ifadelerin kapalılığından kaynaklanabilen zorluklarından dolayı yapı ruhsatlandırmaya ilişkin mevzuat kurallarının bilgisayar tarafından okunabilir formata dönüştürülmesi özel bir çabayı gerektirir.
- b) BIM ve CBS tabanlı modeller arasındaki dönüşüm 3P döngü kapsamındaki 3B kent modellerinin etkin bir şekilde güncellenebilmesi için oldukça önemlidir.
- c) 3P döngü içerisinde mülkiyet haklarının 3B olarak tescilinin etkin bir şekilde uygulamaya dönüştürülebilmesi için uluslararası standartlar büyük önem taşımaktadır çünkü bahsedilen standartlar uygulama alanının gereksinimleri

karşılama için genişletilebilen güçlü bir dayanak sağlamalarının yanı sıra birlikte çalışabilirliği de garanti altına almaktadırlar.

- d) AEC endüstrisindeki giderek artan BIM adaptasyonu, BIM modellerinin 3B arazi idaresi için kullanımının önünü açmaktadır. Bunun yanında BIM tabanlı sorgu yaklaşımları 3P döngü kapsamında mevcut bilginin ulaşılabilirliğinin sağlanması için önem arz etmektedir.
- e) Dijital yapı ruhsatlandırma süreçleri için giderek artan bir yönelim olmasına rağmen farklı sektörlerdeki paydaşların geçiş için gerekli altyapıya sahip olup olmadıklarının tespit edilmesi önemli bir role sahiptir.
- f) Dijital yapı ruhsatlandırma süreçlerinin genel olarak BIM ve özellikle IFC modellerinin kullanımına dayandığı göz önünde bulundurulduğunda BIM teknolojisinin AEC, arazi idaresi ve mekânsal planlama gibi sürece dahil olan sektörle etkin bir şekilde adaptasyonunun sağlanması gerekmektedir.

Sonraki çalışmalar 3P döngü vizyonunun hayata geçirilebilmesi için etkili yolların bulunmasına odaklanabilir. Müteahhitteler ve mimarlar web tabanlı platformlar yoluyla yapı tasarımına başlayabilmek için temel destekleyici dokümanları elde edebilmelidirler. Kadastral veri tabanları, imar planları ve 3B kent modelleri yetkili birimlere bu amaçla etkin bir şekilde servis edilebilir. Bu bağlamda araştırmalar dijital yapı ruhsatlandırma süreçleri için gerekli verilerin yönetilmesi ve yayımlanması açısından en uygun veri formatlarının hangileri olduğunu inceleyebilir.

Etkin ve gerçekçi bir tasarımın mümkün kılınabilmesi için veri formatlarının birlikte çalışabilir olması gerektiğinin altı çizilebilir. Bu nedenle standartların güncel versiyonları ve yeni önerilen uluslararası standartlar dijital yapı ruhsatlandırma süreçleri için kullanım açısından detaylı bir şekilde analiz edilebilir.

Yapı ruhsatı belgesi için merkezi elektronik başvuru platformunun kullanımı verimliliği arttırmak için incelenebilir. Yapı ruhsatlandırma sürecinin otomatikleştirilmesi için yönetmeliklerin bilgisayar tarafından okunabilir formata dönüştürülmesi mevcut çalışmaların yaygın olarak İngilizce diline dayalı doğal dil işleme teknikleri olmasından farklı dillerde yasa veya yönetmeliklere sahip olan ülkeler için zorlu bir süreç olabilmektedir. Bu nedenle ilerideki çalışmalar farklı dillerdeki yapı ruhsatlandırma ile ilgili kuralların bilgisayar tarafından okunabilir formata dönüştürülmesine odaklanabilir.

Ayrıca yapı tasarımları idareciler için ekonomik ve esnek bir çözüm sunulabilmesi için açık kaynak kodlu araçlar yardımıyla doğrulanabilir. Bu anlamda yapı ruhsatlandırma sürecinin farklı aşamaları için detay seviyeleri süreçler için gerekli olan veriler analiz edilerek belirlenebilir. Yapı kullanma izni sürecinde yapı projelerinin kontrol işlemlerinden sorumlu birimler denetlemeleri uygun bir şekilde gerçekleştirebilmek için yapıların inşa edilmiş modellerine erişebilmelidirler. Bu noktada araştırmalar IFC tabanlı modellerin görselleştirilmesine ve sorgulanabilmesine imkân veren web tabanlı çözümlere odaklanabilir.

Bunun yanı sıra BIM ve CBS tabanlı veri formatlarının arasındaki etkin dönüşümün mümkün kılınması önem arz etmektedir. Bu bağlamda 3B şehir modelleri için güvenilir verilerin sağlanması amacıyla yeni dönüşüm yöntemleri incelenmeli ve test edilmelidir. Araştırmalar mülkiyet kaydı için yapı ruhsatlandırma ve yapı kullanma izni sürecinde onaylanan bağımsız bölüm planlarının kullanımına odaklanabilir. Ülkelerin büyük çoğunluğunda 2B tabanlı kadastral tescil işlemleri uygulanmaktadır ancak 3B arazi idaresinin günümüz şehirleri için önemli ve gereksinim olduğu bir gerçektir. Bu anlamda ilerideki çalışmalar mülkiyet haklarının 3B tescilinde inşa edilmiş modellerin kullanımına odaklanmalıdır. Bahsedilen konu 3P döngü vizyonu kapsamında sağlanan önemli avantajlardan birisidir.

3P döngü vizyonunun etkin bir şekilde uygulanabilmesi için teşvik edici politikalar ve anlaşılabilir kılavuzlar ile yönetmelikler geliştirilmesi önem arz etmektedir. Bu anlamda akademi, endüstri ve yönetim birimleri arasındaki iş birliği daha gerçekçi kararların alınabilmesi için faydalı olacaktır. Ayrıca idari birimlerin karakteristik özellikleri ve gereksinimleri politika geliştirilirken ve yasal düzenlemeler yapılırken göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda eğer yapı ruhsatlandırmayla ilişkili sektörler 3B dijital yapı modellerini kullanmaya hazır ise yukarıdan aşağıya (*top-down*) yaklaşım etkili olabilir. Bununla ilişkili olarak 3P döngünün hayata geçirilmesinde ülkeleri başarılı yapacak en iyi yolun uygulama bölgesine bağlı olduğuna değinmek önem arz etmektedir. Farklı idari birim ve departmanlar 3P döngüye dahil olduklarından dolayı veri birlikte çalışabilirliği oldukça önemlidir.

3B dijital modellerin kullanımında yapı ruhsatlandırmayı, kent modellerini ve kadastral veri tabanlarını birbirini etkileyen unsurlar olarak değerlendiren bütüncül bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bu şekilde hem idareciler hem de vatandaşlar için faydalı olan etkin ve uygulanabilir politikalar üretilebilir.

KAYNAKLAR

- Abdel Wahed, M. M., El Barmalgy, M. M., ve Haggag, M. R.** (2012). Towards an advanced mechanism to benefit from information systems in issuance of building permits. *HBRC Journal*, 8(1), 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcej.2012.08.007>
- Adad, M. A., Semlali, E. H., El-Ayachi, M., ve Ibannain, F.** (2020). Supporting land data integration and standardization through the LADM standard: Case of Morocco's country profile MA-LADM. *Land Use Policy*, 97, 104762. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104762>
- Adouane, K., Stouffs, R., Janssen, P., ve Domer, B.** (2020). A model-based approach to convert a building BIM-IFC data set model into CityGML. *Journal of Spatial Science*, 65(2), 257–280. <https://doi.org/10.1080/14498596.2019.1658650>
- Aien, A., Kalantari, M., Rajabifard, A., Williamson, I., ve Bennett, R.** (2013). Utilising data modelling to understand the structure of 3D cadastral. *Journal of Spatial Science*, 58(2), 215–234. <https://doi.org/10.1080/14498596.2013.801330>
- Aien, A., Kalantari, M., Rajabifard, A., Williamson, I., ve Wallace, J.** (2013). Towards integration of 3D legal and physical objects in cadastral data models. *Land Use Policy*, 35, 140–154. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.05.014>
- Aien, A., Rajabifard, A., Kalantari, M., ve Shojaei, D.** (2015). Integrating legal and physical dimensions of urban environments. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(3), 1442–1479. <https://doi.org/10.3390/ijgi4031442>
- Alattas, A., Kalogianni, E., Alzahrani, T., Zlatanova, S., ve van Oosterom, P.** (2021). Mapping private, common, and exclusive common spaces in buildings from BIM/IFC to LADM. A case study from Saudi Arabia. *Land Use Policy*, 104, 105355. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105355>
- Alattas, A., Zlatanova, S., Van Oosterom, P., Chatzinikolaou, E., Lemmen, C., ve Li, K.-J.** (2017). Supporting Indoor Navigation Using Access Rights to Spaces Based on Combined Use of IndoorGML and LADM Models. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(12), 384. <https://doi.org/10.3390/ijgi6120384>
- Alkan, M., Gürsoy Sürmeneli, H., ve Polat, Z. A.** (2021). Design and development 3D RRR model for Turkish cadastral system using international standards. *Survey Review*, 53(379), 312–324. <https://doi.org/10.1080/00396265.2020.1758386>

- Alkan, M., ve Polat, Z. A.** (2017). Design and development of LADM-based infrastructure for Turkey. *Survey Review*, 49(356), 370–385. <https://doi.org/10.1080/00396265.2016.1180777>
- Allmendinger, P., ve Sielker, F.** (2018). *Urban Planning and BIM*. <https://www.cdbb.cam.ac.uk/system/files/documents/UrbanPlanningandBuildingInformationManagementInterim.pdf>
- Andrée, M., Paasch, J. M., Paulsson, J., ve Seipel, S.** (2018). BIM and 3D property visualisation. *FIG Congress 2018*.
- Atazadeh, B., Kalantari, M., Rajabifard, A., Champion, T., ve Ho, S.** (2016). Harnessing BIM for 3D digital management of stratified ownership rights in buildings. *FIG Working Week 2016*.
- Atazadeh, B., Kalantari, M., Rajabifard, A., ve Ho, S.** (2017). Modelling building ownership boundaries within BIM environment: A case study in Victoria, Australia. *Computers, Environment and Urban Systems*, 61, 24–38. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.09.001>
- Atazadeh, B., Kalantari, M., Rajabifard, A., Ho, S., ve Champion, T.** (2017a). Extending a BIM-based data model to support 3D digital management of complex ownership spaces. *International Journal of Geographical Information Science*, 31(3), 499–522. <https://doi.org/10.1080/13658816.2016.1207775>
- Atazadeh, B., Kalantari, M., Rajabifard, A., Ho, S., ve Ngo, T.** (2017b). Building Information Modelling for High-rise Land Administration. *Transactions in GIS*, 21(1), 91–113. <https://doi.org/10.1111/tgis.12199>
- Atazadeh, B., Olfat, H., Rajabifard, A., Kalantari, M., Shojaei, D., ve Marjani, A. M.** (2021). Linking Land Administration Domain Model and BIM environment for 3D digital cadastre in multi-storey buildings. *Land Use Policy*, 104, 105367. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105367>
- Atazadeh, B., Rajabifard, A., ve Kalantari, M.** (2017). Assessing performance of three BIM-based views of buildings for communication and management of vertically stratified legal interests. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(7). <https://doi.org/10.3390/ijgi6070198>
- Atazadeh, B., Rajabifard, A., ve Kalantari, M.** (2018). Connecting LADM and IFC Standards—Pathways towards an Integrated Legal-Physical Model. *7th International FIG Workshop on the Land Administration Domain Model*, 89–102.
- Atazadeh, B., Rajabifard, A., Kalantari, M., ve Shin, J.** (2018). A BIM-Driven Approach to Managing Common Properties within MultiOwned Developments. *6th International FIG 3D Cadastre Workshop*, 201–216.
- Atazadeh, B., Rajabifard, A., Zhang, Y., ve Barzegar, M.** (2019). Querying 3D Cadastral Information from BIM Models. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(8), 329. <https://doi.org/10.3390/ijgi8080329>
- Ayazli, I. E., Helvacı, C., Batuk, F., ve Stoter, J.** (2011). Designing three dimensional property right database for Turkey. *African Journal of Business Management*, 5(22), 9440–9447.

- Ayazlı, İ. E.** (2006). *Üç Boyutlu Kadastro*. Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Aydinoglu, A. C., ve Bovkir, R.** (2017). Generic land registry and cadastre data model supporting interoperability based on international standards for Turkey. *Land Use Policy*, 68, 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.07.029>
- Barzegar, M., Rajabifard, A., Kalantari, M., ve Atazadeh, B.** (2020). 3D BIM-enabled spatial query for retrieving property boundaries: a case study in Victoria, Australia. *International Journal of Geographical Information Science*, 34(2), 251–271. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1658877>
- Barzegar, M., Rajabifard, A., Kalantari, M., ve Atazadeh, B.** (2021a). An IFC-based database schema for mapping BIM data into a 3D spatially enabled land administration database. *International Journal of Digital Earth*, 1–30. <https://doi.org/10.1080/17538947.2021.1875062>
- Barzegar, M., Rajabifard, A., Kalantari, M., ve Atazadeh, B.** (2021b). Identification of property boundaries using an ifc-based cadastral database. *Land*, 10(3), 300. <https://doi.org/10.3390/land10030300>
- Batty, M.** (2018). Digital twins. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 45(5), 817–820. <https://doi.org/10.1177/2399808318796416>
- Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Ouzounis, G., ve Portugali, Y.** (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481–518. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3>
- Beach, T. H., Hippolyte, J. L., ve Rezgui, Y.** (2020). Towards the adoption of automated regulatory compliance checking in the built environment. *Automation in Construction*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103285>
- Beach, T. H., Rezgui, Y., Li, H., ve Kasim, T.** (2015). A rule-based semantic approach for automated regulatory compliance in the construction sector. *Expert Systems with Applications*, 42(12), 5219–5231. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.02.029>
- Beetz, J., Borrmann, A., ve Weise, M.** (2018). Process-Based Definition of Model Content. İçinde A. Borrmann, M. König, C. Koch, ve J. Beetz (Ed.), *Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice* (ss. 127–138). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_6
- Beetz, J., van Berlo, L., de Laat, R., ve van den Helm, P.** (2010). BIMserver. org—An open source IFC model server. *Proceedings of the CIP W78 conference*.
- Bellos, C. V., Petrousatou, K., ve Anthopoulos, L.** (2015). Electronic Building Permission System: The Case of Greece. *Procedia Engineering*, 123, 50–58. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.10.056>

- Benner, J., Geiger, A., ve Häfele, K.-H.** (2010). Concept for building licensing based on standardized 3D geo information. *Proceedings of the 5th International 3D GeoInfo Conference, Berlin, Germany*, 9–12.
- Bennett, R. M., Pickering, M., ve Sargent, J.** (2019). Transformations, transitions, or tall tales? A global review of the uptake and impact of NoSQL, blockchain, and big data analytics on the land administration sector. *Land Use Policy*, 83, 435–448. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.02.016>
- Biljecki, F., Kumar, K., ve Nagel, C.** (2018). CityGML Application Domain Extension (ADE): overview of developments. *Open Geospatial Data, Software and Standards* 2018 3:1, 3(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/S40965-018-0055-6>
- Biljecki, F., Ledoux, H., ve Stoter, J.** (2017). Generating 3D city models without elevation data. *Computers, Environment and Urban Systems*, 64, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.01.001>
- Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S., ve Çöltekin, A.** (2015). Applications of 3D City Models: State of the Art Review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(4), 2842–2889. <https://doi.org/10.3390/ijgi4042842>
- Biljecki, F., ve Tauscher, H.** (2019). Quality of BIM–GIS Conversion. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, IV-4/W8, 35–42. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W8-35-2019>
- BIMcollab.** (2022). *BIMcollab ZOOM*. <https://www.bimcollab.com/>
- BIMForum.** (2021). *Level of Development (LOD) Specification - Part I, Guide ve Commentary*. <https://bimforum.org/lod/>
- BIMgenius.** (2020). *Türkiye BIM Raporu*. https://www.bimgenius.org/uploads/6/3/9/9/63997129/bImgenius_p0002_turkiye_bIm_raporu_2019_rev_0.pdf
- Borrmann, A., Amann, J., Chipman, T., Hyvärinen, J., Liebich, T., Muhič, S., Mol, L., Plume, J., ve Scarponcini, P.** (2017). *IFC Infra Overall Architecture Project Documentation and Guidelines*.
- Borrmann, A., Beetz, J., Koch, C., Liebich, T., ve Muhic, S.** (2018). Industry Foundation Classes: A Standardized Data Model for the Vendor-Neutral Exchange of Digital Building Models. İçinde A. Borrmann, M. König, C. Koch, ve J. Beetz (Ed.), *Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice* (ss. 81–126). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_5
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., ve Beetz, J.** (2018). Building Information Modeling: Why? What? How? İçinde *Building Information Modeling* (ss. 1–24). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_1
- Boyes, G. A., Ellul, C., ve Irwin, D.** (2017). Exploring BIM for Operational Integrated Asset Management - A Preliminary Study Utilising Real-world Infrastructure Data. *ISPRS Annals of the Photogrammetry*,

- Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 4(4W5), 49–56.
<https://doi.org/10.5194/isprs-annals-IV-4-W5-49-2017>
- Boyes, G., Thomson, C., ve Ellul, C.** (2015). Integrating BIM and GIS: Exploring the use of IFC space objects and boundaries. *Proceedings of the GISRUK*.
- Brasebin, M., Perret, J., Mustière, S., ve Weber, C.** (2016). A generic model to exploit urban regulation knowledge. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(2). <https://doi.org/10.3390/ijgi5020014>
- Broekhuizen, M.** (2021). *BIM/IFC-files as Input for 3D Land Administration Systems*. TU Delft.
- Broekhuizen, M., Kalogianni, E., ve van Oosterom, P.** (2021). BIM Models as Input for 3D Land Administration Systems for Apartment Registration. *7th International FIG 3D Cadastre Workshop*, 53–74.
- buildingSMART.** (2020). *Industry Foundation Classes 4.0.2.1*. https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/HTML/
- buildingSMART.** (2022a). *BIM Collaboration Format (BCF) - An Introduction*. <https://technical.buildingsmart.org/standards/bcf/>
- buildingSMART.** (2022b). *buildingSMART Data Dictionary*. <http://bsdd.buildingsmart.org/>
- buildingSMART.** (2022c). *Machine readable Information Delivery Specification*. <https://technical.buildingsmart.org/projects/information-delivery-specification-ids/>
- buildingSMART.** (2022d). *Model View Definition (MVD) - An Introduction*. <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/mvd/>
- buildingSMART.** (2022e). *Solutions and Standards*. <https://www.buildingsmart.org/standards/>
- Bydłosz, J., Bieda, A., ve Parzych, P.** (2018). The Implementation of Spatial Planning Objects in a 3D Cadastral Model. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(4), 153. <https://doi.org/10.3390/ijgi7040153>
- Cagdas, V.** (2013). An application domain extension to citygml for immovable property taxation: A Turkish case study. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 21(1), 545–555. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.07.013>
- Caragliu, A., Del Bo, C., ve Nijkamp, P.** (2011). Smart Cities in Europe. *Journal of Urban Technology*, 18(2), 65–82. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- CDBB.** (2015). *Digital Built Britain Level 3 Strategic Plan*. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/410096/bis-15-155-digital-built-britain-level-3-strategy.pdf
- Çelik Şimşek, N.** (2019). *Kat Mülkiyetine Konu Taşınmazların Yönetiminde Üç Boyutlu Model Tabanlı Yaklaşım*. Karadeniz Teknik Üniversitesi.

- Celik Simsek, N., ve Uzun, B.** (2021). Building Information Modelling (BIM) for property valuation: A new approach for Turkish Condominium Ownership. *Survey Review*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/00396265.2021.1905251>
- Cemellini, B., van Oosterom, P., Thompson, R., ve de Vries, M.** (2020a). Design, development and usability testing of an LADM compliant 3D Cadastral prototype system. *Land Use Policy*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104418>
- Cemellini, B., van Oosterom, P., Thompson, R., ve de Vries, M.** (2020b). Design, development and usability testing of an LADM compliant 3D Cadastral prototype system. *Land Use Policy*, 98(104418). <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104418>
- Cesium.** (2015). *Introducing 3D Tiles*. <https://cesium.com/blog/2015/08/10/introducing-3d-tiles/>
- Çete, M.** (2008). *Türkiye İçin Bir Arazi İdare Sistemi Yaklaşımı*. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Cheng, J., Deng, Y., ve Du, Q.** (2013). Mapping between BIM models and 3D GIS city models of different levels of detail. *13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, 502–514.
- Chognard, S., Dubois, A., Benmansour, Y., Torri, E., ve Domer, B.** (2018). Digital construction permit: A round trip between GIS and IFC. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 10864 LNCS, 287–306. https://doi.org/10.1007/978-3-319-91638-5_16
- Choi, J., Choi, J., ve Kim, I.** (2014). Development of BIM-based evacuation regulation checking system for high-rise and complex buildings. *Automation in Construction*, 46, 38–49. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.12.005>
- Ciribini, A. L. C., Mastrolembro Ventura, S., ve Paneroni, M.** (2016). Implementation of an interoperable process to optimise design and construction phases of a residential building: A BIM Pilot Project. *Automation in Construction*, 71, 62–73. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.03.005>
- Çoruhlu, Y. E., Demir, O., Yıldız, O., ve Çete, M.** (2016). The relation between structured cultural heritages and condominium towards 3D cadastre. *Survey Review*, 48(351), 438–449. <https://doi.org/10.1179/1752270615Y.00000000045>
- Crotty, R.** (2013). *The Impact of Building Information Modelling*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203836019>
- Dale, P., ve McLaughlin, J.** (1988). *Land Information Management*. Oxford University Press.
- Dale, P., ve McLaughlin, J.** (2000). *Land Administration*. Oxford University Press.
- de Laat, R., ve van Berlo, L.** (2011). Integration of BIM and GIS: The Development of the CityGML GeoBIM Extension. İçinde T. H. Kolbe, G. König, ve C. Nagel (Ed.), *Advances in 3D Geo-Information Sciences* (ss. 211–

- 225). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12670-3_13
- de Vries, W. T., Bennett, R. M., ve Zevenbergen, J. A.** (2015). Toward Responsible Land Administration. İçinde *Advances in Responsible Land Administration* (ss. 3–14). Taylor ve Francis, CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18988>
- Deng, Y., Cheng, J. C. P., ve Anumba, C.** (2016). Mapping between BIM and 3D GIS in different levels of detail using schema mediation and instance comparison. *Automation in Construction*, 67, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.03.006>
- Diakite, A. A., ve Zlatanova, S.** (2020). Automatic geo-referencing of BIM in GIS environments using building footprints. *Computers, Environment and Urban Systems*, 80, 101453. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.101453>
- Dimopoulou, E., ve Elia, E.** (2013). Towards common basis for 3D Cadastres from legal perspective. *Survey Review*, 45(333), 410–418. <https://doi.org/10.1179/1752270613Y.0000000061>
- Dimyadi, J., ve Amor, R.** (2013). Automated building code compliance checking—where is it at? *19th International CIB World Building Congress*.
- Dimyadi, J., Clifton, C., Spearpoint, M., ve Amor, R.** (2016). Computerizing Regulatory Knowledge for Building Engineering Design. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 30(5), C4016001. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000572](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000572)
- Ding, X., Yang, J., Liu, L., Huang, W., ve Wu, P.** (2020). Integrating IFC and CityGML Model at Schema Level by Using Linguistic and Text Mining Techniques. *IEEE Access*, 8, 56429–56440. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2982044>
- Döner, F.** (2010). *A 3D approach for Turkish Cadastral System*. KTU.
- Döner, F., ve Şirin, S.** (2020). 3D Digital Representation of Cadastral Data in Turkey—Apartments Case. *Land*, 9(6), 179. <https://doi.org/10.3390/land9060179>
- Döner, F., Thompson, R., Stoter, J., Lemmen, C., Ploeger, H., van Oosterom, P., ve Zlatanova, S.** (2010). 4D cadastres: First analysis of legal, organizational, and technical impact-With a case study on utility networks. *Land Use Policy*, 27(4), 1068–1081. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2010.02.003>
- Döner, F., Thompson, R., Stoter, J., Lemmen, C., Ploeger, H., van Oosterom, P., ve Zlatanova, S.** (2011). Solutions for 4D cadastre – with a case study on utility networks. *International Journal of Geographical Information Science*, 25(7), 1173–1189. <https://doi.org/10.1080/13658816.2010.520272>
- Donkers, S., Ledoux, H., Zhao, J., ve Stoter, J.** (2016). Automatic conversion of IFC datasets to geometrically and semantically correct CityGML LOD3 buildings. *Transactions in GIS*, 20(4), 547–569. <https://doi.org/10.1111/tgis.12162>

- Drobež, P., Fras, M. K., Ferlan, M., ve Lisec, A.** (2017). Transition from 2D to 3D real property cadastre: The case of the Slovenian cadastre. *Computers, Environment and Urban Systems*, 62, 125–135. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.11.002>
- Drobež, P., Grigillo, D., Lisec, A., ve Kosmatin Fras, M.** (2016). Remote Sensing Data as A Potential Source for Establishment of the 3D Cadastre in Slovenia. *Geodetski Vestnik*, 60(3), 392–422. <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.03.392-422>
- Eastman, C., Fisher, D., Lafue, G., Lividini, J., Stoker, D., ve Yessios, C.** (1974). *An Outline of the Building Description System*. <https://eric.ed.gov/?id=ED113833>
- Einali, M., Alesheikh, A. A., ve Atazadeh, B.** (2022). Developing a Building Information Modelling Approach for 3D Urban Land Administration in Iran: A Case Study in the City of Tehran. *Geocarto International*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2071471>
- Eirinaki, M., Dhar, S., Mathur, S., Kaley, A., Patel, A., Joshi, A., ve Shah, D.** (2018). A building permit system for smart cities: A cloud-based framework. *Computers, Environment and Urban Systems*, 70, 175–188. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2018.03.006>
- El-Mekawy, M., ve Östman, A.** (2012). Feasibility of building information models for 3D cadastre in unified city models. *International Journal of E-Planning Research (IJEPR)*, 1(4), 35–58.
- El-Mekawy, M., Östman, A., ve Hijazi, I.** (2012). A unified building model for 3D urban GIS. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 1(2), 120–145. <https://doi.org/10.3390/ijgi1020120>
- El-Mekawy, M., Östman, A., ve Shahzad, K.** (2011). Towards Interoperating CityGML and IFC Building Models: A Unified Model Based Approach. İçinde T. H. Kolbe, G. König, ve C. Nagel (Ed.), *Advances in 3D Geo-Information Sciences* (ss. 73–93). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12670-3_5
- El-Mekawy, M., Paasch, J. M., ve Paulsson, J.** (2014). Integration of 3D cadastre, 3D property formation and BIM in Sweden. *4th International Workshop on 3D Cadastres, 9-11 November 2014, Dubai, United Arab Emirates*, 17–34.
- El Yamani, S., Hajji, R., Nys, G.-A., Ettarid, M., ve Billen, R.** (2021). 3D Variables Requirements for Property Valuation Modeling Based on the Integration of BIM and CIM. *Sustainability*, 13(5), 2814. <https://doi.org/10.3390/su13052814>
- Enemark, S., Williamson, I., ve Wallace, J.** (2005). Building modern land administration systems in developed economies. *Journal of Spatial Science*, 50(2), 51–68. <https://doi.org/10.1080/14498596.2005.9635049>
- Eraslanoglu, T.** (2021). *Türkiye Kadastro ile İlişkili Genel Amaçlı BIM tasarımı*. Yıldız Teknik Üniversitesi.

- Eriksson, H., Sun, J., Tarandi, V., ve Harrie, L.** (2021). Comparison of versioning methods to improve the information flow in the planning and building processes. *Transactions in GIS*, 25(1), 134–163. <https://doi.org/10.1111/tgis.12672>
- Eriksson, Johansson, Olsson, Andersson, Engvall, Hast, ve Harrie.** (2020). Requirements, Development, and Evaluation of A National Building Standard—A Swedish Case Study. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/ijgi9020078>
- European Commission.** (2013). *INSPIRE Data Specifications*. <https://inspire.ec.europa.eu/data-specifications/2892>
- European Commission.** (2014). *Directive 2014/24/EU*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0024&from=EN>
- European Commission.** (2020). *A Renovation Wave for Europe - Greening Our Buildings, Creating Jobs, Improving Lives*. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:0638aa1d-0f02-11eb-bc07-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF
- European Commission.** (2022). *INSPIRE*. <https://inspire.ec.europa.eu/>
- European Parliament.** (2014). *Mapping Smart Cities in the EU*. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET\(2014\)507480_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/etudes/join/2014/507480/IPOL-ITRE_ET(2014)507480_EN.pdf)
- Fan, S. L., Chi, H. L., ve Pan, P. Q.** (2019). Rule checking Interface development between building information model and end user. *Automation in Construction*, 105. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102842>
- FIG.** (1995). *The FIG Statement on the Cadastre*. <https://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub11/figpub11.asp>
- Floros, G. S., Ellul, C., ve Dimopoulou, E.** (2018). Investigating interoperability capabilities between IFC and CityGML LOD 4—retaining semantic information. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLII-4/W10*, 33–40. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W10-33-2018>
- Floros, G., Tsiliakou, E., Kitsakis, D., Pispidikis, I., ve Dimopoulou, E.** (2017). Investigating semantic functionality of 3D geometry for land administration. İçinde *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* (Sayı 9783319256894, ss. 247–264). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-319-25691-7_14
- Fuller, A., Fan, Z., Day, C., ve Barlow, C.** (2020). Digital Twin: Enabling Technologies, Challenges and Open Research. *IEEE Access*, 8, 108952–108971. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2998358>
- Geiger, A., Benner, J., ve Haefele, K. H.** (2015). Generalization of 3D IFC Building Models. İçinde M. Breunig, M. Al-Doori, E. Butwilowski, P. V Kuper, J. Benner, ve K. H. Haefele (Ed.), *3D Geoinformation Science* (ss. 19–35). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12181-9_2

- Ghannad, P., Lee, Y.-C., Dimyadi, J., ve Solihin, W.** (2019). Automated BIM data validation integrating open-standard schema with visual programming language. *Advanced Engineering Informatics*, 40, 14–28. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.01.006>
- Ghawana, T., Sargent, J., Bennett, R. M., Zevenbergen, J., Khandelwal, P., ve Rahman, S.** (2020). 3D Cadastres in India: Examining the status and potential for land administration and management in Delhi. *Land Use Policy*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104389>
- Gkeli, M., Potsiou, C., ve Ioannidis, C.** (2019a). Crowdsourced 3D cadastral surveys: looking towards the next 10 years. *Journal of Geographical Systems*, 21(1), 61–87. <https://doi.org/10.1007/s10109-018-0287-0>
- Gkeli, M., Potsiou, C., ve Ioannidis, C.** (2019b). Crowdsourced 3D cadastral surveys: looking towards the next 10 years. *Journal of Geographical Systems*, 21(1), 61–87. <https://doi.org/10.1007/s10109-018-0287-0>
- Gkeli, M., Potsiou, C., ve Ioannidis, C.** (2020). A technical solution for 3D crowdsourced cadastral surveys. *Land Use Policy*, 98, 104419. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104419>
- Gkeli, M., Potsiou, C., Soile, S., Vathiotis, G., ve Cravariti, M.-E.** (2021). A BIM-IFC Technical Solution for 3D Crowdsourced Cadastral Surveys Based on LADM. *Earth 2021, Vol. 2, Pages 605-621*, 2(3), 605–621. <https://doi.org/10.3390/EARTH2030035>
- Glaessgen, E., ve Stargel, D.** (2012). The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles. *53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference*, 1818.
- Government of Canada.** (2019). *Geospatial Standards and Operational Policies*. <https://www.nrcan.gc.ca/earth-sciences/geomatics/canadas-spatial-data-infrastructure/8902>
- Gózdź, K., Pachelski, W., Van Oosterom, P., ve Coors, V.** (2014). The possibilities of using CityGML for 3D representation of buildings in the cadastre. *4th International Workshop on 3D Cadastres*, 339–362.
- Grieves, M.** (2014). *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*. Florida Institute of Technology.
- Griffith-Charles, C., ve Sutherland, M.** (2013). Analysing the costs and benefits of 3D cadastres with reference to Trinidad and Tobago. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 24–33. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.07.002>
- Griffith-Charles, C., ve Sutherland, M.** (2020). 3D cadastres for densely occupied informal situations: Necessity and possibility. *Land Use Policy*, 98, 104372. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104372>
- Guler, D., ve Yomralioglu, T.** (2021a). A Conceptual Model for IFC-Based Delineation of Condominium Rights in Turkey: Initial Experiments. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, VIII–4(W2-2021), 5–12. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VIII-4-W2-2021-5-2021>

- Guler, D., ve Yomralioglu, T.** (2021b). A reformative framework for processes from building permit issuing to property ownership in Turkey. *Land Use Policy*, 101, 105115. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105115>
- Gulliver, T., Haanen, A., ve Goodin, M.** (2017). A 3D Digital Cadastre for New Zealand and the International Opportunity. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(11), 375. <https://doi.org/10.3390/ijgi6110375>
- Guo, R., Li, L., Ying, S., Luo, P., He, B., ve Jiang, R.** (2013). Developing a 3D cadastre for the administration of urban land use: A case study of Shenzhen, China. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 46–55. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.07.006>
- Gürsoy Sürmeneli, H., Alkan, M., ve Koeva, M.** (2022). Design and implementation of a 4D cadastral legal model for Turkish land administration infrastructure based on LADM. *Geocarto International*, 1–23. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2063410>
- Gürsoy Sürmeneli, H., Koeva, M., ve Alkan, M.** (2022). The Application Domain Extension (ADE) 4D Cadastral Data Model and Its Application in Turkey. *Land*, 11(5), 634. <https://doi.org/10.3390/land11050634>
- Hajji, R., Yaagoubi, R., Meliana, I., Laafou, I., ve Gholabzouri, A. El.** (2021). Development of an Integrated BIM-3D GIS Approach for 3D Cadastre in Morocco. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(5), 351. <https://doi.org/10.3390/ijgi10050351>
- Hardin, B., ve McCool, D.** (2015). *BIM and Construction Management*. Wiley.
- Harrison, C., Eckman, B., Hamilton, R., Hartswick, P., Kalagnanam, J., Paraszczak, J., ve Williams, P.** (2010). Foundations for Smarter Cities. *IBM Journal of Research and Development*, 54(4), 1–16. <https://doi.org/10.1147/JRD.2010.2048257>
- Hijazi, I., Ehlers, M., ve Zlatanova, S.** (2010). BIM for geo-analysis (BIM4GEOA): set up of 3D information system with open source software and open specification (OS). *5th International 3D Geoinfo Conference, Berlin, November 3-2, 2010. International archives of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, vol. 38-4/W15*, 45–49.
- Hijazi, I., Ehlers, M., Zlatanova, S., Becker, T., ve van Berlo, L.** (2011). Initial Investigations for Modeling Interior Utilities Within 3D Geo Context: Transforming IFC-Interior Utility to CityGML/UtilityNetworkADE. İçinde T. H. Kolbe, G. König, ve C. Nagel (Ed.), *Advances in 3D Geo-Information Sciences* (ss. 95–113). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12670-3_6
- Hjelseth, E.** (2015). Public BIM-based model checking solutions: lessons learned from Singapore and Norway. *Building Information Modelling (BIM) in Design, Construction and Operations*, 149, 421–436.
- HKMO.** (2016). *Yapı Aplikasyon Projesi Yapımı ve Uygulanması ile Fenni Mesuliyet Üstlenilmesi Esasları Şartnamesi*. <https://www.hkmo.org.tr/mevzuat/58/54249/detail>

- Ho, S., ve Rajabifard, A.** (2016). Towards 3D-enabled urban land administration: Strategic lessons from the bim initiative in singapore. *Land Use Policy*, 57, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.05.011>
- Ho, S., Rajabifard, A., Stoter, J., ve Kalantari, M.** (2013). Legal barriers to 3D cadastre implementation: What is the issue? *Land Use Policy*, 35, 379–387. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.06.010>
- İBB, ve Boğaziçi Üniversitesi.** (2019). *İstanbul İli Olası Deprem Kayıp Tahminlerinin Güncellenmesi Projesi*. https://depremezmin.ibb.istanbul/wp-content/uploads/2020/02/DEZiM_KANDiLLi_DEPREM-HASAR-TAHMiN_RAPORU.pdf
- Indrajit, A., van Loenen, B., Ploeger, H., ve van Oosterom, P.** (2020). Developing a spatial planning information package in ISO 19152 land administration domain model. *Land Use Policy*, 98(104111), 104111. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104111>
- Isikdag, U., Horhammer, M., Zlatanova, S., Isikdag, U., Horhammer, M., ve Zlatanova, S.** (2014). Semantically Rich 3D Building and Cadastral Models for Valuation. *Proceedings of 4th International Workshop on 3D Cadastres, November 2014*, 35–54.
- Isikdag, U., Horhammer, M., Zlatanova, S., Kathmann, R., ve Van Oosterom, P. J. M.** (2015). Utilizing 3D building and 3D cadastre geometries for better valuation of existing real estate. *FIG Working Week 2015*.
- ISO/TC 211.** (2021). *Draft ISO/NP 19152-5 Geographic Information — Land Administration Domain Model (LADM) — Part 5: Spatial Plan Information*.
- ISO.** (2003). *ISO 19107:2003 Geographic information — Spatial schema*. <https://www.iso.org/standard/26012.html>
- ISO.** (2010). *ISO 29481-1:2010 Building information modelling — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format*. <https://www.iso.org/standard/45501.html>
- ISO.** (2012). *ISO 19152:2012 Geographic information — Land Administration Domain Model (LADM)*. <https://www.iso.org/standard/51206.html>
- ISO.** (2013). *ISO 16739:2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries*. International Organization for Standardization. http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=51622
- ISO.** (2016). *ISO 29481-1:2016 Building information models — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format*. <https://www.iso.org/standard/60553.html>
- ISO.** (2018). *ISO 16739-1:2018 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema*. <https://www.iso.org/standard/70303.html>
- ISO.** (2020). *ISO 10303-242:2020 Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 242: Application*

protocol: *Managed model-based 3D engineering*.
<https://www.iso.org/standard/66654.html>

- Jackson, D., ve Simpson, R.** (2020). Digital City: An Urban Perspective on Digital Earth. İçinde H. Guo, M. F. Goodchild, ve A. Annoni (Ed.), *Manual of Digital Earth* (ss. 527–563). Springer Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-32-9915-3_16
- Jaljolie, R., van Oosterom, P., ve Dalyot, S.** (2018). Spatial Data Structure and Functionalities for 3D Land Management System Implementation: Israel Case Study. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(1), 10. <https://doi.org/10.3390/ijgi7010010>
- Janečka, K., ve Souček, P.** (2017). A country profile of the Czech Republic based on an LADM for the development of a 3d cadastre. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(5). <https://doi.org/10.3390/ijgi6050143>
- Jazayeri, I., Rajabifard, A., ve Kalantari, M.** (2014). A geometric and semantic evaluation of 3D data sourcing methods for land and property information. *Land Use Policy*, 36, 219–230.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.08.004>
- Jetlund, K., Onstein, E., ve Huang, L.** (2020). IFC Schemas in ISO/TC 211 Compliant UML for Improved Interoperability between BIM and GIS. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(4), 278.
<https://doi.org/10.3390/ijgi9040278>
- Jiang, S., Wu, Z., Zhang, B., ve Cha, H. S.** (2019). Combined MvdXML and semantic technologies for green construction code checking. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/app9071463>
- Juan, Y. K., Lai, W. Y., ve Shih, S. G.** (2017). Building information modeling acceptance and readiness assessment in Taiwanese architectural firms. *Journal of Civil Engineering and Management*, 23(3), 356–367.
<https://doi.org/10.3846/13923730.2015.1128480>
- Kalogianni, E., Dimopoulou, E., Lemmen, C., ve van Oosterom, P.** (2020a). BIM/IFC files for 3D real property registration: an initial analysis. *FIG Working Week 2020*.
- Kalogianni, E., Dimopoulou, E., Quak, W., Germann, M., Jenni, L., ve Van Oosterom, P.** (2017). INTERLIS language for modelling legal 3D spaces and physical 3D objects by including formalized implementable constraints and meaningful code lists. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(10). <https://doi.org/10.3390/ijgi6100319>
- Kalogianni, E., Dimopoulou, E., Thompson, R. J., Lemmen, C., Ying, S., ve van Oosterom, P.** (2020b). Development of 3D spatial profiles to support the full lifecycle of 3D objects. *Land Use Policy*, 98, 104177.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104177>
- Kalogianni, E., Janečka, K., Kalantari, M., Dimopoulou, E., Bydłosz, J., Radulović, A., Vučić, N., Sladić, D., Govedarica, M., Lemmen, C., ve van Oosterom, P.** (2021). Methodology for the development of LADM country profiles. *Land Use Policy*, 105, 105380.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105380>

- Kalogianni, E., van Oosterom, P., Dimopoulou, E., ve Lemmen, C. (2020c).** 3D Land Administration: A Review and a Future Vision in the Context of the Spatial Development Lifecycle. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(2), 107. <https://doi.org/10.3390/ijgi9020107>
- Kang, T. (2018).** Development of a conceptual mapping standard to link building and geospatial information. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(5). <https://doi.org/10.3390/ijgi7050162>
- Kang, T. W., ve Hong, C. H. (2015).** A study on software architecture for effective BIM/GIS-based facility management data integration. *Automation in Construction*, 54, 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.019>
- Kara, A., Çağdaş, V., Isikdag, U., van Oosterom, P., Lemmen, C., ve Stubkjaer, E. (2021).** The LADM Valuation Information Model and its application to the Turkey case. *Land Use Policy*, 104, 105307. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105307>
- Kara, A., van Oosterom, P., Çağdaş, V., Işıkdag, Ü., ve Lemmen, C. (2020).** 3 Dimensional data research for property valuation in the context of the LADM Valuation Information Model. *Land Use Policy*, 98(104179), 104179. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104179>
- Karan, E. P., Irizarry, J., ve Haymaker, J. (2016).** BIM and GIS Integration and Interoperability Based on Semantic Web Technology. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 30(3). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000519](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000519)
- Kardinal Jusuf, S., Mousseau, B., Godfroid, G., ve Soh Jin Hui, V. (2017).** Integrated modeling of CityGML and IFC for city/neighborhood development for urban microclimates analysis. *Energy Procedia*, 122, 145–150. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.329>
- Karki, S., Thompson, R., ve McDougall, K. (2013).** Development of validation rules to support digital lodgement of 3D cadastral plans. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 34–45. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.10.007>
- Kim, H., Lee, J. K., Shin, J., ve Choi, J. (2019).** Visual language approach to representing KBimCode-based Korea building code sentences for automated rule checking. *Journal of Computational Design and Engineering*, 6(2), 143–148. <https://doi.org/10.1016/j.jcde.2018.08.002>
- Kim, S., Kim, J., Jung, J., ve Heo, J. (2015).** Development of a 3d underground cadastral system with indoor mapping for As-Built BIM: The case study of gangnam subway station in Korea. *Sensors*, 15(12), 30870–30893. <https://doi.org/10.3390/s151229833>
- Kitsakis, D., ve Dimopoulou, E. (2014).** 3D cadastres: legal approaches and necessary reforms. *Survey Review*, 46(338), 322–332. <https://doi.org/10.1179/1752270614Y.0000000119>
- Kitsakis, D., ve Dimopoulou, E. (2017).** Addressing Public Law Restrictions within a 3D Cadastral Context. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(7), 182. <https://doi.org/10.3390/ijgi6070182>

- Kitsakis, D., ve Dimopoulou, E.** (2020). Assessing the environmental impact of 3D public law restrictions. *Land Use Policy*, 98, 104151. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104151>
- Kitsakis, D., Kalantari, M., Rajabifard, A., Atazadeh, B., ve Dimopoulou, E.** (2019). Exploring the 3 rd dimension within public law restrictions: A case study of Victoria, Australia. *Land Use Policy*, 85, 195–206. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.03.024>
- Knoth, L., Atazadeh, B., ve Rajabifard, A.** (2020). Developing a new framework based on solid models for 3D cadastres. *Land Use Policy*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104480>
- Knoth, L., Mittlböck, M., Vockner, B., Andorfer, M., ve Atzl, C.** (2019). Buildings in GI: How to deal with building models in the GIS domain. *Transactions in GIS*, 23(3), 435–449. <https://doi.org/10.1111/tgis.12541>
- Kolbe, T. H., ve Donaubauer, A.** (2021). Semantic 3D City Modeling and BIM. İçinde W. Shi, M. F. Goodchild, M. Batty, M. Kwan, ve A. Zhang (Ed.), *Urban Informatics* (ss. 609–636). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8983-6_34
- Koo, C. W., Park, S. H., Yi, J. S., ve Kwon, O. K.** (2013). Development of web-based design management system through user participatory design and use-case modeling. *International Journal of Civil Engineering*, 11(1), 23–32.
- Krigsholm, P., Riekkinen, K., ve Ståhle, P.** (2018). The Changing Uses of Cadastral Information: A User-Driven Case Study. *Land*, 7(3). <https://doi.org/10.3390/land7030083>
- Kuleyin, Y.** (2016). *Üç Boyutlu Kat Mülkiyeti Kurulum Metodolojisi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Kumar, K., Labetski, A., Otori, K. A., Ledoux, H., ve Stoter, J.** (2019). The LandInfra standard and its role in solving the BIM-GIS quagmire. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40965-019-0065-z>
- Kutzner, T., Chaturvedi, K., ve Kolbe, T. H.** (2020). CityGML 3.0: New Functions Open Up New Applications. *PFG - Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 88(1), 43–61. <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00095-z>
- Laakso, M., ve Kiviniemi, A.** (2012). The IFC standard - a review of history, development, and standardization. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 17, 134–161. <http://www.itcon.org/2012/9>
- Larsson, K., Paasch, J. M., ve Paulsson, J.** (2020). Representation of 3D cadastral boundaries - From analogue to digital. *Land Use Policy*, 98, 104178. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104178>
- Ledoux, H., Arroyo Otori, K., Kumar, K., Dukai, B., Labetski, A., ve Vitalis, S.** (2019). CityJSON: a compact and easy-to-use encoding of the CityGML data model. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 4(1), 4. <https://doi.org/10.1186/s40965-019-0064-0>

- Lee, B.-M., Kim, T.-J., Kwak, B.-Y., Lee, Y., ve Choi, J.** (2015). Improvement of the Korean LADM country profile to build a 3D cadastre model. *Land Use Policy*, 49(SI), 660–667. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.10.012>
- Lee, H., Lee, J. K., Park, S., ve Kim, I.** (2016). Translating building legislation into a computer-executable format for evaluating building permit requirements. *Automation in Construction*, 71, 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.04.008>
- Lee, W. I., ve Chiang, N. C.** (2016). An investigation of the methods of logicalizing the code-checking system for architectural design review in New Taipei City. *Applied Sciences*, 6(12). <https://doi.org/10.3390/app6120407>
- Li, L., Duan, X., Zhu, H., Guo, R., ve Ying, S.** (2015). Semantic volume texture for virtual city building model visualisation. *Computers, Environment and Urban Systems*, 54, 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2015.07.003>
- Li, S., Cai, H., ve Kamat, V. R.** (2016). Integrating natural language processing and spatial reasoning for utility compliance checking. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(12). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001199](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001199)
- Li, Wu, J., Zhu, H., Duan, X., ve Luo, F.** (2016). 3D modeling of the ownership structure of condominium units. *Computers, Environment and Urban Systems*, 59, 50–63. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.05.004>
- Lindgren, I., Madsen, C. Ø., Hofmann, S., ve Melin, U.** (2019). Close encounters of the digital kind: A research agenda for the digitalization of public services. *Government Information Quarterly*, 36(3), 427–436. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2019.03.002>
- Liu, X., Wang, X., Wright, G., Cheng, J., Li, X., ve Liu, R.** (2017). A State-of-the-Art Review on the Integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(2), 53. <https://doi.org/10.3390/ijgi6020053>
- Lombardi, P., Giordano, S., Farouh, H., ve Yousef, W.** (2012). Modelling the smart city performance. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, 25(2), 137–149. <https://doi.org/10.1080/13511610.2012.660325>
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., ve Rhind, D. W.** (2015). *Geographic Information Science and Systems* (4th baskı). Wiley.
- Loshi, F.** (2018). From 2D representation of the buildings into cadastral maps towards 3D GIS applications and BIM – a case study for Prishtina. *FIG Congress 2018*.
- Luo, H., ve Gong, P.** (2015). A BIM-based Code Compliance Checking Process of Deep Foundation Construction Plans. *Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications*, 79(3–4), 549–576. <https://doi.org/10.1007/s10846-014-0120-z>

- Ma, Z., ve Ren, Y.** (2017). Integrated Application of BIM and GIS: An Overview. *Procedia Engineering*, 196, 1072–1079. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.08.064>
- Macit İlal, S., ve Günaydın, H. M.** (2017). Computer representation of building codes for automated compliance checking. *Automation in Construction*, 82, 43–58. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.06.018>
- Macke, J., Rubim Sarate, J. A., ve de Atayde Moschen, S.** (2019). Smart sustainable cities evaluation and sense of community. *Journal of Cleaner Production*, 239, 118103. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118103>
- Madni, A. M., Madni, C. C., ve Lucero, S. D.** (2019). Leveraging digital twin technology in model-based systems engineering. *Systems*, 7(1), 7. <https://doi.org/10.3390/systems7010007>
- Malsane, S., Matthews, J., Lockley, S., Love, P. E. D., ve Greenwood, D.** (2015). Development of an object model for automated compliance checking. *Automation in Construction*, 49(PA), 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2014.10.004>
- Martins, J. P., ve Monteiro, A.** (2013). LicA: A BIM based automated code-checking application for water distribution systems. *Automation in Construction*, 29, 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.08.008>
- Marzouk, M., ve Othman, A.** (2020). Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS. *Sustainable Cities and Society*, 57(102120). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102120>
- Mena, Á., López, F., Framiñan, J. M., Flores, F., ve Gallego, J. M.** (2010). XPDR project: Improving the project documentation quality in the Spanish architectural, engineering and construction sector. *Automation in Construction*, 19(2), 270–282. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.10.001>
- Merrill, T., ve Smith, H.** (2001). What Happened to Property in Law and Economics? *The Yale Law Journal*, 111(2), 357–398.
- Meulmeester, R. W. E.** (2019). *BIM Legal: Proposal for defining legal spaces for apartment rights in the Dutch cadastre using the IFC data model*. TU Delft.
- Mouloud, M., O., N. N., ve Ravi, S.** (2019). Virtual Building Permitting Framework for the State of Florida: Data Collection and Analysis. *Computing in Civil Engineering* 2019, 328–335. <https://doi.org/doi:10.1061/9780784482421.042>
- Navratil, G., ve Unger, E. M.** (2013). Requirements of 3D cadastres for height systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40(SI), 14–23. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2013.04.001>
- Nawari, N. O.** (2018). Building Information Modeling: Automated Code Checking and Compliance Processes. İçinde *Building Information Modeling* (1st baskı). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351200998>

- NBS.** (2020). *10th Annual BIM Report*. <https://www.thenbs.com/knowledge/national-bim-report-2020>
- NBS.** (2021). *What is a BIM?* <https://www.nationalbimstandard.org/>
- Noardo, F., Ellul, C., Harrie, L., Overland, I., Shariat, M., Arroyo Oho, K., ve Stoter, J.** (2020). Opportunities and challenges for GeoBIM in Europe: developing a building permits use-case to raise awareness and examine technical interoperability challenges. *Journal of Spatial Science*, 65(2), 209–233. <https://doi.org/10.1080/14498596.2019.1627253>
- Noardo, F., Guler, D., Fauth, J., Malacarne, G., Mastrolemo Ventura, S., Azenha, M., Olsson, P., ve Senger, L.** (2022). Unveiling the actual progress of Digital Building Permit: Getting awareness through a critical state of the art review. *Building and Environment*, 213, 108854. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108854>
- Noardo, F., Malacarne, G., Mastrolemo Ventura, S., Tagliabue, L. C., Ciribini, A. L. C., Ellul, C., Guler, D., Harrie, L., Senger, L., Waha, A., ve Stoter, J.** (2020a). Integrating Expertises and Ambitions for Data-Driven Digital Building Permits – the EUNET4DBP. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIV–4(W1-2020), 103–110. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W1-2020-103-2020>
- Noardo, Harrie, L., Oho, K. A., Biljecki, F., Ellul, C., Krijnen, T., Eriksson, H., Guler, D., Hintz, D., Jadidi, M. A., Pla, M., Sanchez, S., Soini, V. P., Stouffs, R., Tekavec, J., ve Stoter, J.** (2020b). Tools for BIM-GIS integration (IFC georeferencing and conversions): Results from the GeoBIM benchmark 2019. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(9), 502. <https://doi.org/10.3390/ijgi9090502>
- OECD/European Commission.** (2020). *Cities in the World: A New Perspective on Urbanisation*. <https://doi.org/10.1787/d0efcbda-en>.
- OGC.** (2016a). *Land and Infrastructure Conceptual Model Standard (LandInfra)*. <https://www.ogc.org/standards/landinfra>
- OGC.** (2016b). *OGC Land and Infrastructure Conceptual Model Standard (LandInfra)* / *InfraGML*. <https://www.opengeospatial.org/standards/infragml>
- OGC.** (2019). *3D Tiles*. <https://www.ogc.org/standards/3DTiles>
- OGC.** (2020). *OGC IndoorGML 1.1*. <https://www.ogc.org/standards/indoorgml>
- OGC.** (2021a). *CityJSON Community Standard 1.0*. <https://docs.ogc.org/cs/20-072r2/20-072r2.html>
- OGC.** (2021b). *OGC City Geography Markup Language (CityGML) 3.0*. <https://www.ogc.org/standards/citygml>
- OGC ve buildingSMART International.** (2020). *Built environment data standards and their integration: an analysis of IFC, CityGML and LandInfra*. https://portal.ogc.org/files/?artifact_id=92634

- OGC, ISO, ve IHO.** (2018). *A Guide to the Role of Standards in Geospatial Information Management*. http://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/8th-Session/documents/Standards_Guide_2018.pdf
- Ohori, K. A., Biljecki, F., Diakit , A., Krijnen, T., Ledoux, H., ve Stoter, J.** (2017). Towards an integration of GIS and BIM data: what are the geometric and topological issues? *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing ve Spatial Information Sciences, Proceedings of ISPRS 12th GeoInfo Conference, Melbourne, Australia*, 1–8.
- Ohori, K. A., Biljecki, F., Kumar, K., Ledoux, H., ve Stoter, J.** (2018). Modeling Cities and Landscapes in 3D with CityGML.  inde A. Borrmann, M. K nig, C. Koch, ve J. Beetz (Ed.), *Building Information Modeling* (ss. 199–215). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_11
- Ohori, K. A., Diakit , A., Krijnen, T., Ledoux, H., ve Stoter, J.** (2018). Processing BIM and GIS models in practice: Experiences and recommendations from a GeoBIM project in The Netherlands. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(8). <https://doi.org/10.3390/ijgi7080311>
- Oldfield, J., Bergs, R., Van Oosterom, P., Krijnen, T., ve Galano, M.** (2018). 3D Cadastral Lifecycle: An Information Delivery Manual ISO 29481 for 3D Data Extraction from the Building Permit Application Process. *7th International FIG Workshop on the Land Administration Domain Model*, 153–170.
- Oldfield, J., Van Oosterom, P., Beetz, J., ve Krijnen, T. F.** (2017a). Working with open BIM standards to source legal spaces for a 3D cadastre.  inde *ISPRS International Journal of Geo-Information* (C. 6, Sayı 11). <https://doi.org/10.3390/ijgi6110351>
- Oldfield, J., Van Oosterom, P., Beetz, J., ve Krijnen, T. F.** (2017b). Working with open BIM standards to source legal spaces for a 3D cadastre. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(11). <https://doi.org/10.3390/ijgi6110351>
- Oldfield, J., van Oosterom, P., Quak, W., van der Veen, J., ve Beetz, J.** (2016). Can data from BIMs be used as input for a 3D Cadastre? *5th International FIG 3D Cadastre Workshop, International Federation of Surveyors (FIG)*, 199–214.
- Olfat, Atazadeh, Shojaei, ve Rajabifard.** (2019). The Feasibility of a BIM-Driven Approach to Support Building Subdivision Workflows—Case Study of Victoria, Australia. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(11). <https://doi.org/10.3390/ijgi8110499>
- Olfat, H., Shojaei, D., Briffa, M., Maley, S., ve Rajabifard, A.** (2018). Strategic actions for increasing the submission of digital cadastral data by the surveying industry based on lessons learned from Victoria, Australia. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(2), 47. <https://doi.org/10.3390/ijgi7020047>
- Olsson.** (2018). Conversion of an IFC-model to a LOD2-3 3D-GIS Building Model. *AGILE Conference*.

- Olsson, Johansson, T., Eriksson, H., Lithén, T., Bengtsson, L.-H., Axelsson, J., Roos, U., Neland, K., Rydén, B., ve Harrie, L.** (2019). Unbroken Digital Data Flow in The Built Environment Process – A Case Study in Sweden. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-2/W13, 1347–1352. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-1347-2019>
- Olsson, P., Axelsson, J., Hooper, M., ve Harrie, L.** (2018). Automation of Building Permission by Integration of BIM and Geospatial Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(8), 307. <https://doi.org/10.3390/ijgi7080307>
- Onstein, E., ve Tognoni, M. G.** (2017). Building permits as proof of concepts in merging GIS and BIM information: A case study. İçinde *WIT Transactions on the Built Environment* (C. 169, ss. 155–166). WITPress. <https://doi.org/10.2495/BIM170151>
- Orozco, C. V., ve Steudler, D.** (2017). *Land Administration and Land Management in the Information Age*.
- Özkan, S.** (2009). *Türkiye Kadastrounda Üçüncü Boyut İhtiyacı*. Selçuk Üniversitesi.
- Öztürk, R.** (2007). *ÜÇ BOYUTLU KADASTRO'DA YENİ YAKLAŞIMLAR*. YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ.
- Paasch, J. M., ve Paulsson, J.** (2021). 3D Property Research from a Legal Perspective Revisited. *Land 2021, Vol. 10, Page 494, 10(5)*, 494. <https://doi.org/10.3390/LAND10050494>
- Paasch, J. M., Paulsson, J., Navratil, G., Vučić, N., Kitsakis, D., Erba, D., Karabin, M., ve El-Mekawy, M.** (2016). Building a modern cadastre: legal issues in describing real property in 3D. *Geodetski vestnik*, 60(02), 256–268. <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2016.02.256-268>
- Paulsson, J.** (2013). Reasons for introducing 3D property in a legal system-Illustrated by the Swedish case. *Land Use Policy*, 33, 195–203. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.12.019>
- Paulsson, J., ve Paasch, J. M.** (2013). 3D property research from a legal perspective. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 7–13. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.11.004>
- Petronijević, M., Višnjevac, N., Prašević, N., ve Bajat, B.** (2021). The Extension of IFC For Supporting 3D Cadastre LADM Geometry. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(5), 297. <https://doi.org/10.3390/ijgi10050297>
- Platt, R.** (1975). *Land Use Control: Innerface of Law and Geography*.
- Pouliot, J., Roy, T., Fouquet-Asselin, G., ve Desgroseilliers, J.** (2011). 3D Cadastre in the Province of Quebec: A First Experiment for the Construction of a Volumetric Representation. İçinde T. H. Kolbe, G. König, ve C. Nagel (Ed.), *Advances in 3D Geo-Information Sciences* (ss. 149–162). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12670-3_9
- Pouliot, J., Vasseur, M., ve Boubehrezh, A.** (2013). How the ISO 19152 Land Administration Domain Model performs in the comparison of cadastral

- systems: A case study of condominium/co-ownership in Quebec (Canada) and Alsace Moselle (France). *Computers, Environment and Urban Systems*, 40(2013), 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.08.006>
- Preidel, C., ve Borrmann, A.** (2015). Automated code compliance checking based on a visual language and building information modeling. *ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, 32.
- Preidel, C., ve Borrmann, A.** (2018). BIM-based code compliance checking. İçinde *Building Information Modeling: Technology Foundations and Industry Practice* (ss. 367–381). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_22
- Pulak, T. M.** (2021). *Kat Mülkiyeti Kanunu El Kitabı*. Adalet Yayınevi.
- Radulović, A., Sladić, D., ve Govedarica, M.** (2017). Towards 3D Cadastre in Serbia: Development of Serbian Cadastral Domain Model. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(10), 312. <https://doi.org/10.3390/ijgi6100312>
- Radulović, A., Sladić, D., Govedarica, M., Ristić, A., ve Jovanović, D.** (2019a). LADM based utility network cadastre in Serbia. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/ijgi8050206>
- Radulović, A., Sladić, D., Govedarica, M., Ristić, A., ve Jovanović, D.** (2019b). LADM Based Utility Network Cadastre in Serbia. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(5), 206. <https://doi.org/10.3390/ijgi8050206>
- Rajabifard, A.** (2014). 3D Cadastres and Beyond. *4th International Workshop on 3D Cadastres*.
- Rajabifard, A., Atazadeh, B., ve Kalantari, M.** (2018). A critical evaluation of 3D spatial information models for managing legal arrangements of multi-owned developments in Victoria, Australia. *International Journal of Geographical Information Science*, 32(10), 2098–2122. <https://doi.org/10.1080/13658816.2018.1484125>
- Rajabifard, A., Atazadeh, B., ve Kalantari, M.** (2019). *BIM and Urban Land Administration* (1st baskı). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351032346>
- Rajabifard, A., Binns, A., Masser, I., ve Williamson, I.** (2006). The role of sub-national government and the private sector in future spatial data infrastructures. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7), 727–741. <https://doi.org/10.1080/13658810500432224>
- Ramlakhan, R., Kalogianni, E., ve van Oosterom, P.** (2021). Modelling 3D underground legal spaces in 3D Land Administration Systems. *7th International FIG 3D Cadastre Workshop*, 37–52.
- Rönsdorff, C., Wilson, D., ve Stoter, J. E.** (2014). Integration of Land Administration Domain Model with CityGML for 3D Cadastre. *4th International Workshop on 3D Cadastres*, 313–322.

- Sachs, J. D., Schmidt-Traub, G., Mazzucato, M., Messner, D., Nakicenovic, N., ve Rockström, J.** (2019). Six Transformations to achieve the Sustainable Development Goals. *Nature Sustainability*, 2(9), 805–814. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0352-9>
- Sebastian, R., Böhms, M., ve van den Helm, P.** (2013). BIM and GIS for low-disturbance construction. *Proceedings of the 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, 469–479.
- Şener, R.** (2021). *GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİNDEKİ GELİŞMELERE BAĞLI OLARAK 3 BOYUTLU MÜLKİYET HARİTALARININ OLUŞTURULMASI*. ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ.
- Shahi, K., McCabe, B. Y., ve Shahi, A.** (2019). Framework for Automated Model-Based e-Permitting System for Municipal Jurisdictions. *Journal of Management in Engineering*, 35(6), 04019025. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)me.1943-5479.0000712](https://doi.org/10.1061/(asce)me.1943-5479.0000712)
- Shi, Hu, Yin, Wang, Chen, ve Zhang.** (2019). Calculation for Multidimensional Topological Relations in 3D Cadastre Based on Geometric Algebra. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(11), 469. <https://doi.org/10.3390/ijgi8110469>
- Shin, J., Rajabifard, A., Kalantari, M., ve Atazadeh, B.** (2020). Applying BIM to support dispute avoidance in managing multi-owned buildings. *Journal of Computational Design and Engineering*. <https://doi.org/10.1093/jcde/qwaa057>
- Shin, J., Rajabifard, A., Kalantari, M., ve Atazadeh, B.** (2021). Impact of ownership and architectural design on property disputes in multi-owned buildings. *Habitat International*, 112, 102371. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2021.102371>
- Shin, J., Rajabifard, A., Kalantari, M., ve Atazadeh, B.** (2022). A BIM-based framework for property dispute minimization – A case study for Victoria, Australia. *Land Use Policy*, 119, 106200. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2022.106200>
- Shojaei, D., Olfat, H., Rajabifard, A., ve Briffa, M.** (2018). Design and Development of a 3D Digital Cadastre Visualization Prototype. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(10), 384. <https://doi.org/10.3390/ijgi7100384>
- Shojaei, D., Olfat, H., Rajabifard, A., Darvill, A., ve Briffa, M.** (2016). Assessment of the Australian digital cadastre protocol (ePlan) in terms of supporting 3D building subdivisions. *Land Use Policy*, 56, 112–124. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.05.002>
- Shojaei, D., Rajabifard, A., Kalantari, M., Bishop, I. D., ve Aien, A.** (2015). Design and development of a web-based 3D cadastral visualisation prototype. *International Journal of Digital Earth*, 8(7), 538–557. <https://doi.org/10.1080/17538947.2014.902512>

- Siejka, M., Ślusarski, M., ve Zygmunt, M. (2014). 3D + time Cadastre, possibility of implementation in Poland. *Survey Review*, 46(335), 79–89. <https://doi.org/10.1179/1752270613Y.00000000067>
- Simsion, G., ve Witt, G. (2004). *Data Modeling Essentials*. Elsevier.
- Şirin, S. (2019). *Kadaastro Verilerinin Üç Boyutlu Gösterimi*. Gümüşhane Üniversitesi.
- Sladić, D., Radulović, A., ve Govedarica, M. (2020). Development of process model for Serbian cadastre. *Land Use Policy*, 98. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104273>
- Solihin, W., ve Eastman, C. (2015). Classification of rules for automated BIM rule checking development. *Automation in Construction*, 53, 69–82. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.003>
- Song, Y., Wang, X., Tan, Y., Wu, P., Sutrisna, M., Cheng, J., ve Hampson, K. (2017). Trends and Opportunities of BIM-GIS Integration in the Architecture, Engineering and Construction Industry: A Review from a Spatio-Temporal Statistical Perspective. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(12). <https://doi.org/10.3390/ijgi6120397>
- Soon, K. H. (2013). Representing roles in formalizing domain ontology for land administration. *5th Land Administration Domain Model Workshop*, 203–222.
- Soon, K. H., Thompson, R., ve Khoo, V. (2014). Semantics-based fusion for CityGML and 3D LandXML. *Proceedings of 4th International Workshop on 3D Cadastres, Dubai, UAE*, 323–338.
- Spirou-Sioula, K., Ioannidis, C., ve Potsiou, C. (2013). Technical aspects for 3D hybrid cadastral model. *Survey Review*, 45(333), 419–427. <https://doi.org/10.1179/1752270613Y.00000000056>
- Stoter, J., Ploeger, H., Roes, R., Van Der Riet, E., Biljecki, F., Ledoux, H., Kok, D., ve Kim, S. (2017). Registration of multi-level property rights in 3d in the netherlands: Two cases and next steps in further implementation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(6). <https://doi.org/10.3390/ijgi6060158>
- Stoter, J., Ploeger, H., ve van Oosterom, P. (2013a). 3D cadastre in the Netherlands: Developments and international applicability. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.08.008>
- Stoter, J., Ploeger, H., ve van Oosterom, P. (2013b). 3D cadastre in the Netherlands: Developments and international applicability. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40(SI), 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.08.008>
- Stoter, J., ve van Oosterom, P. (2006). *3D Cadastre in an International Context*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420005677>
- Stouffs, R., Tauscher, H., ve Biljecki, F. (2018). Achieving complete and near-lossless conversion from IFC to CityGML. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(9). <https://doi.org/10.3390/ijgi7090355>

- Strobl, J., Atazadeh, B., Mittlböck, M., Knoth, L., Vockner, B., Atzl, C., Rajabifard, A., ve Scholz, J.** (2018). Cross-Domain Building Models—A Step towards Interoperability. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. <https://doi.org/10.3390/ijgi7090363>
- Sun, J., Mi, S., Olsson, P., Paulsson, J., ve Harrie, L.** (2019). Utilizing BIM and GIS for Representation and Visualization of 3D Cadastre. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(11), 503. <https://doi.org/10.3390/ijgi8110503>
- Sun, J., Olsson, P., Eriksson, H., ve Harrie, L.** (2020). Evaluating the geometric aspects of integrating BIM data into city models. *Journal of Spatial Science*, 65(2), 235–255. <https://doi.org/10.1080/14498596.2019.1636722>
- Sydora, C., ve Stroulia, E.** (2020). Rule-based compliance checking and generative design for building interiors using BIM. *Automation in Construction*, 120, 103368. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103368>
- T.C. Resmi Gazete.** (1965). *Kat Mülkiyeti Kanunu*. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.634.pdf>
- T.C. Resmi Gazete.** (1972). *Emlak Vergisine Matrah Olacak Vergi Değerlerinin Takdirine İlişkin Tüzük*. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/2.5.73995.pdf>
- T.C. Resmi Gazete.** (1985). *İmar Kanunu*. <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.3194.pdf>
- T.C. Resmi Gazete.** (2001a). *Türk Medeni Kanunu*.
- T.C. Resmi Gazete.** (2001b). *Yapı Denetimi Hakkında Kanun*.
- T.C. Resmi Gazete.** (2012). *Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun*.
- T.C. Resmi Gazete.** (2017). *Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği*. <https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=23722vemevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligivemevzuatTertip=5>
- T.C. Resmi Gazete.** (2018a). *Cumhurbaşkanlığı Teşkilatı Hakkında Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi*.
- T.C. Resmi Gazete.** (2018b). *Otopark Yönetmeliği*. <https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=24408vemevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeligivemevzuatTertip=5>
- Tan, X., Hammad, A., ve Fazio, P.** (2010). Automated Code Compliance Checking for Building Envelope Design. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 24(2), 203–211. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(2010\)24:2\(203\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(2010)24:2(203))
- Teicholz, P., Lee, G., Eastman, C., ve Sachs, R.** (2018a). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers* (3rd baskı). John Wiley ve Sons, Inc.
- Teicholz, P., Lee, G., Eastman, C., ve Sachs, R.** (2018b). Collaboration and Interoperability. İçinde *BIM Handbook: A Guide to Building*

Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers (3rd baskı, ss. 85–130). John Wiley ve Sons, Inc.

- Tekavec, J., Čeh, M., ve Lisec, A.** (2020). Indoor space as the basis for modelling of buildings in a 3D Cadastre. *Survey Review*, 1–12. <https://doi.org/10.1080/00396265.2020.1838761>
- Tekavec, J., ve Lisec, A.** (2020a). 3D Geometry-Based Indoor Network Extraction for Navigation Applications Using SFCGAL. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/ijgi9070417>
- Tekavec, J., ve Lisec, A.** (2020b). 3D Geometry-Based Indoor Network Extraction for Navigation Applications Using SFCGAL. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(7), 417. <https://doi.org/10.3390/ijgi9070417>
- Tekavec, J., ve Lisec, A.** (2020c). Cadastral data as a source for 3D indoor modelling. *Land Use Policy*, 98, 104322. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104322>
- Tekin, H., ve Atabay, Ş.** (2019). Building information modelling roadmap strategy for Turkish construction sector. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer*, 172(3), 145–156. <https://doi.org/10.1680/jmuen.17.00001>
- Thompson, R. J., Van Oosterom, P., ve Soon, K. H.** (2017). LandXML encoding of mixed 2D and 3D survey plans with multi-level topology. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(6). <https://doi.org/10.3390/ijgi6060171>
- TKGM.** (2022). *Coğrafi Bilgi Sistemleri Şube Müdürlüğü*. <https://cbs.tkgm.gov.tr/istatistik/liste.aspx>
- TÜİK.** (2021). *İnşaat ve Konut*. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Insaat-ve-Konut-116>
- Ugla, G., ve Horemuz, M.** (2018). Geographic capabilities and limitations of Industry Foundation Classes. *Automation in Construction*, 96, 554–566. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.014>
- Uhm, M., Lee, G., Park, Y., Kim, S., Jung, J., ve Lee, J. K.** (2015). Requirements for computational rule checking of requests for proposals (RFPs) for building designs in South Korea. *Advanced Engineering Informatics*, 29(3), 602–615. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.05.006>
- UNECE.** (1996). *Land Administration Guidelines with Special Reference to Countries in Transition*. <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/hlm/documents/Publications/Land.administration.guidelines.e.pdf>
- United Nations.** (2015). *Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development*. [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030Agenda for Sustainable Development web.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf)
- van Berlo, L., Dijkmans, T., ve Stoter, J.** (2013). Experiment for integrating Dutch 3D spatial planning and BIM for checking building permits. *ISPRS Ann.*

- Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, II-2/W1, 279–284.
<https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-2-W1-279-2013>
- van Nederveen, G. A., ve Tolman, F. P.** (1992). Modelling multiple views on buildings. *Automation in Construction*, 1(3), 215–224.
[https://doi.org/10.1016/0926-5805\(92\)90014-B](https://doi.org/10.1016/0926-5805(92)90014-B)
- van Oosterom, P.** (2013a). Research and development in 3D cadastres. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40(SI), 1–6.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2013.01.002>
- van Oosterom, P.** (2013b). Research and development in 3D cadastres. *Computers, Environment and Urban Systems*, 40, 1–6.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2013.01.002>
- van Oosterom, P.** (Ed.). (2018). *Best Practices 3D Cadastres Extended Version*. International Federation of Surveyors (FIG).
- van Oosterom, P., Bennett, R., Koeva, M., ve Lemmen, C.** (2020). 3D Land Administration for 3D Land Uses. *Land Use Policy*, 98, 104665.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104665>
- Višnjevac, N., Mihajlović, R., Šoškić, M., Cvijetinić, Ž., ve Bajat, B.** (2017). Uporaba podatkovne baze NoSQL na području 3D-katastra. *Geodetski Vestnik*, 61(3), 412–426. <https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2017.03.412-426>
- Višnjevac, N., Mihajlović, R., Šoškić, M., Cvijetinić, Ž., ve Bajat, B.** (2019). Prototype of the 3D cadastral system based on a NoSQL database and a Javascript visualization application. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/ijgi8050227>
- Vučić, N., Mader, M., Vranić, S., ve Roić, M.** (2020). Initial 3D cadastre registration by cadastral resurvey in the Republic of Croatia. *Land Use Policy*, 98(SI), 104335. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104335>
- Vucic, N., Roic, M., Mader, M., Vranic, S., ve van Oosterom, P.** (2017). Overview of the Croatian Land Administration System and the Possibilities for Its Upgrade to 3D by Existing Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(7), 223. <https://doi.org/10.3390/ijgi6070223>
- Vučić, N., Roić, M., Mader, M., Vranić, S., ve Van Oosterom, P.** (2017). Overview of the Croatian Land Administration System and the possibilities for its upgrade to 3D by existing data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(7). <https://doi.org/10.3390/ijgi6070223>
- Wagner, M., ve de Vries, W. T.** (2019). Comparative Review of Methods Supporting Decision-Making in Urban Development and Land Management. *Land*, 8(8). <https://doi.org/10.3390/land8080123>
- Wahed, M. M. A.** (2017). Requirements for establishing an information system to manage issuing building permits. *HBRC Journal*, 13(1), 83–88.
<https://doi.org/10.1016/j.hbrj.2015.04.001>
- Wang, C., Pouliot, J., ve Hubert, F.** (2017). How users perceive transparency in the 3D visualization of cadastre: testing its usability in an online questionnaire. *GeoInformatica*, 21(3), 599–618.
<https://doi.org/10.1007/s10707-016-0281-y>

- Wang, H., Pan, Y., ve Luo, X.** (2019). Integration of BIM and GIS in sustainable built environment: A review and bibliometric analysis. *Automation in Construction*, 103, 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.005>
- Williamson, I., Enemark, S., Wallace, J., ve Rajabifard, A.** (2010). *Land Administration for Sustainable Development*. ESRI Press Academic.
- Xu, X., Ding, L., Luo, H., ve Ma, L.** (2014). From building information modeling to city information modeling. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 19(Special Issue BIM Cloud-Based Technology in the AEC Sector: Present Status and Future Trends), 292–307.
- Xu, Z., Zhang, L., Li, H., Lin, Y. H., ve Yin, S.** (2020). Combining IFC and 3D tiles to create 3D visualization for building information modeling. *Automation in Construction*, 109. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102995>
- Ying, S., Chen, N., Li, W., Li, C., ve Guo, R.** (2019). Distortion visualization techniques for 3D coherent sets: A case study of 3D building property units. *Computers, Environment and Urban Systems*, 78, 101382. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.101382>
- Ying, S., Guo, R., Yang, J., He, B., Zhao, Z., ve Jin, F.** (2017). 3D Space Shift from CityGML LoD3-Based Multiple Building Elements to a 3D Volumetric Object. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(1), 17. <https://doi.org/10.3390/ijgi6010017>
- Ying, S., Jin, F., Guo, R., Li, L., Yang, J., ve Zhou, Y.** (2014). The Conversion from CityGML to 3D Property Units. *4th International Workshop on 3D Cadastres, 9-11 November 2014, Dubai, United Arab Emirates*.
- Ying, S., Xu, Y., Li, C., Guo, R., ve Li, L.** (2021). Easement spatialization with two cases based on LADM and BIM. *Land Use Policy*, 109, 105641. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105641>
- Yomralıoğlu, T.** (2009). *Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar* (5. baskı). İber Ofset.
- Zhang, C., Beetz, J., ve De Vries, B.** (2018). BimSPARQL: Domain-specific functional SPARQL extensions for querying RDF building data. *Semantic Web*, 9(6), 829–855. <https://doi.org/10.3233/SW-180297>
- Zhang, J., ve El-Gohary, N. M.** (2016). Extending Building Information Models Semiautomatically Using Semantic Natural Language Processing Techniques. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 30(5), C4016004. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)cp.1943-5487.0000536](https://doi.org/10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000536)
- Zhang, J., ve El-Gohary, N. M.** (2017). Integrating semantic NLP and logic reasoning into a unified system for fully-automated code checking. *Automation in Construction*, 73, 45–57. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.08.027>
- Zhang, J., Yin, P., Li, G., Gu, H., Zhao, H., ve Fu, J.** (2016). 3D Cadastral Data Model Based on Conformal Geometry Algebra. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 5(2), 20. <https://doi.org/10.3390/ijgi5020020>

- Zhang, J., Yin, P., Wang, C., Chen, T., ve Shi, Z.** (2019). 3D Topological Error Detection for Cadastral Parcels Based on Conformal Geometric Algebra. *Advances in Applied Clifford Algebras*, 29(4), 76. <https://doi.org/10.1007/s00006-019-0994-8>
- Zhang, S., Sulankivi, K., Kiviniemi, M., Romo, I., Eastman, C. M., ve Teizer, J.** (2015). BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning. *Safety Science*, 72, 31–45. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.08.001>
- Zhang, S., Teizer, J., Lee, J. K., Eastman, C. M., ve Venugopal, M.** (2013). Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking of Construction Models and Schedules. *Automation in Construction*, 29, 183–195. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2012.05.006>
- Zhong, B., Gan, C., Luo, H., ve Xing, X.** (2018). Ontology-based framework for building environmental monitoring and compliance checking under BIM environment. *Building and Environment*, 141, 127–142. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.05.046>
- Zhu, J., Wang, X., Chen, M., Wu, P., ve Kim, M. J.** (2019). Integration of BIM and GIS: IFC geometry transformation to shapefile using enhanced open-source approach. *Automation in Construction*, 106, 102859. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.102859>
- Zhu, J., Wang, X., Wang, P., Wu, Z., ve Kim, M. J.** (2019). Integration of BIM and GIS: Geometry from IFC to shapefile using open-source technology. *Automation in Construction*, 102, 105–119. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.014>
- Zhu, J., Wu, P., Chen, M., Kim, M. J., Wang, X., ve Fang, T.** (2020). Automatically Processing IFC Clipping Representation for BIM and GIS Integration at the Process Level. *Applied Sciences*, 10(6), 2009. <https://doi.org/10.3390/app10062009>
- Zhuo, Y., Ma, Z., Lemmen, C., ve Bennett, R. M.** (2015). Application of LADM for the integration of land and housing information in China: The legal dimension. *Land Use Policy*, 49, 634–648. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2015.09.005>

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Doğuş GÜLER

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2015, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü
- **Yüksek Lisans:** 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Programı
- **Doktora:** 2017-2022, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Programı

MESLEKİ DENEYİM:

- 2018-devam, Araştırma Görevlisi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü
- 2019-2020, Misafir Araştırmacı, University of Colorado Boulder (YÖK YUDAB)
- 2022, Misafir Araştırmacı, Delft University of Technology (FIG Foundation PhD Scholarship)

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR VE SUNUMLAR

- 1) **Guler, D.,** ve Yomralioglu, T. (2021). A reformative framework for processes from building permit issuing to property ownership in Turkey. *Land Use Policy* 101: 105115.
- 2) **Guler, D.,** ve Yomralioglu, T. (2021). Yapı Ruhsatlandırmadan Kat Mülkiyetine Giden Süreçlerin Dijitalleştirilmesi: Mevcut Durum Analizi ve Öneri. *Geomatik*, 6(2), 93–106.
- 3) **Guler, D.,** ve Yomralioglu, T. (2021). A Conceptual Model for IFC-Based Delineation of Condominium Rights in Turkey: Initial Experiments. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, VIII–4(W2-2021), 5–12.
- 4) **Guler, D.,** ve Yomralioglu, T. (2022). 3D Description of Condominium Rights in Turkey: Improving the Integrated Model of LADM and IFC. *FIG Congress*, Warsaw, Poland.
- 5) **Guler, D.,** ve Yomralioglu, T. (2022). The Role of Open Standards in Digital Building Permitting, 3D Registration of Condominium, and Update of 3D City Models. *FOSS4G*, Firenze, Italy.

- 6) **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T. (2022). Reviewing the Literature on the Tripartite Cycle Containing Digital Building Permit, 3D City Modeling, and 3D Property Ownership (*hakem değerlendirmesinde*).
- 7) **Guler, D.**, van Oosterom, P., ve Yomralioglu, T. (2022). How to Exploit BIM/IFC for 3D Registration of Ownership Rights in Multi-Storey Buildings: An Evidence from Turkey (*hakem değerlendirmesinde*).

DİĞER YAYINLAR VE SUNUMLAR:

SCI ve/veya SSCI İndeksli Makaleler

- 1) Noardo, F., **Guler, D.**, Fauth, J., Malacarne, G., Mastrolemba Ventura, S., Azenha, M., Olsson, P., ve Senger, L. (2022). Unveiling the actual progress of Digital Building Permit: Getting awareness through a critical state of the art review. *Building and Environment*, 213, 108854. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108854>
- 2) **Guler, D.**, Charisoulis, G., Battenfield, B. P., ve Yomralioglu, T. (2021). Suitability modeling and sensitivity analysis for biomass energy facilities in Turkey. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 23(7), 2183–2199. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02126-8>
- 3) **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T. (2017). Alternative suitable landfill site selection using analytic hierarchy process and geographic information systems: a case study in Istanbul. *Environmental Earth Sciences*, 76(20), 678. <https://doi.org/10.1007/s12665-017-7039-1>
- 4) **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T. (2021). Location Evaluation of Bicycle Sharing System Stations and Cycling Infrastructures with Best Worst Method Using GIS. *Professional Geographer*, 73(3), 535–552. <https://doi.org/10.1080/00330124.2021.1883446>
- 5) Noardo, Harrie, L., Otori, K. A., Biljecki, F., Ellul, C., Krijnen, T., Eriksson, H., **Guler, D.**, Hintz, D., Jadidi, M. A., Pla, M., Sanchez, S., Soini, V. P., Stouffs, R., Tekavec, J., ve Stoter, J. (2020). Tools for BIM-GIS integration (IFC georeferencing and conversions): Results from the GeoBIM benchmark 2019. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(9), 502. <https://doi.org/10.3390/ijgi9090502>

Diğer İndeksli Makaleler

- 1) **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T. (2020). Suitable location selection for the electric vehicle fast charging station with AHP and fuzzy AHP methods using GIS. *Annals of GIS*, 26(2), 169–189. <https://doi.org/10.1080/19475683.2020.1737226> (Scopus)
- 2) **Güler, D.**, ve Yomralioğlu, T. (2017). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşı Yöntemi ile Düzenli Deponi Yer Seçimi: İstanbul İli Örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17 (Özel Sayı), 262–269.

- 3) Mete, M.O., **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T. (2018). Development of 3D Web GIS Application with Open Source Library. *Selcuk University Journal of Engineering, Science, and Technology*, 6 (Special), 818–824.
- 4) **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T. (2020). Açık Kaynak Kodlu CBS Yazılımı ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemini İçeren Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçimi Önerisi. *Harita Dergisi*, 163, 17–28.

Konferans Bildirileri

- 1) **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T. (2017). A GIS-Based Landfill Site Selection Approach Using Spatial Multi-Criteria Decision Making Methods. *In: International Symposium on GIS Applications in Geography ve Geosciences*. Çanakkale, Turkey.
- 2) **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T. (2017). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Düzenli Deponi Yer Seçimi: İstanbul İli Örneği. *In: IX. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) Teknik Sempozyumu*.
- 3) **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T. (2018). GIS and Fuzzy AHP Based Area Selection for Electric Vehicle Charging Stations. *In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*. 249–252.
- 4) **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T. (2018). Optimal Location Selection for Electric Vehicle Charging Stations Using GIS. *In: 7th International Conference on Cartography and GIS*. 340–345.
- 5) **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T. (2018). Comparison of Supervised Classification Methods Accuracies Using Sentinel-2 Data. *In: 42nd COSPAR Scientific Assembly*.
- 6) Mete, M.O., **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T. (2018). Development of 3D Web GIS Application with Open Source Library. *In: Eurasian GIS 2018 Congress, Baku, Azerbaijan*. 818–824.
- 7) **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T. (2019). Elektrikli Araç Şarj İstasyonu Yer Seçiminde Açık Kaynak Kodlu CBS Yazılım Kullanımı. *In: X. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) Teknik Sempozyumu*.
- 8) Noardo, F., Malacarne, G., Mastrolemba Ventura, S., Tagliabue, L.C., Ciribini, A.L.C., Ellul, C., **Guler, D.**, Harrie, L., Senger, L., Waha, A., ve Stoter, J. (2020). Integrating Expertises and Ambitions for Data-Driven Digital Building Permits – the EUNET4DBP. *In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*. 103–110.
- 9) **Guler, D.**, Alattas, A., Broekhuizen, M., Kalogianni, E., Kara, A., ve Van Oosterom, P. (2022). 3D Registration of Apartment Rights using BIM/IFC : Comparing the cases of the Netherlands, Saudi Arabia, and Turkey. *FIG Congress 2022, Warsaw, Poland*.

Kitap Bölümleri

- 1) **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T., (2021). Bicycle Station and Lane Location Selection Using Open Source GIS Technology. *In: A. Mobasheri, ed. Open Source Geospatial Science for Urban Studies: The Value of Open Geospatial Data.* Springer, Cham, 9–36.
- 2) Mete, M. O., **Guler, D.**, ve Yomralioglu, T. (2022). Towards a 3D Real Estate Valuation Model Using BIM and GIS. In M. Ben Ahmed, A. A. Boudhir, I. R. Karas, V. Jain, ve S. Mellouli (Eds.), *Innovations in Smart Cities Applications Volume 5* (pp. 945–962). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94191-8_77

