

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

3 BOYUTLU YAPI MODELLERİNE GÜNEŞ ENERJİ PANELLERİNİN CBS İLE  
ENTEGRASYONUNDA HARİTA MÜHENDİSLİĞİ SÜREÇLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ece FİŞ

ŞUBAT 2025  
TRABZON



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**3 BOYUTLU YAPI MODELLERİNE GÜNEŞ ENERJİ PANELLERİNİN CBS İLE  
ENTEGRASYONUNDA HARİTA MÜHENDİSLİĞİ SÜREÇLERİ**

**Ece FİŞ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde**  
**"HARİTA YÜKSEK MÜHENDİSİ"**  
**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 03 / 01 / 2025**

**Tezin Savunma Tarihi : 07 / 02 / 2025**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hüsniye Ebru ÇOLAK**

**Trabzon 2025**

## ÖNSÖZ

“3 Boyutlu Yapı Modellerine Güneş Enerji Panellerinin CBS ile Entegrasyonunda Harita Mühendisliği Süreçleri” isimli bu tez Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Programı’nda hazırlanmıştır.

Tez çalışmam boyunca danışmanım olarak araştırmalarımı yönlendiren, fikirleri ile vizyonumu geliştiren, çok değerli saygıdeğer hocam Prof. Dr. Hüsniye Ebru ÇOLAK’a teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım boyunca destek ve bilgilerini benden esirgemeyen, Arş. Gör. Alanur YAVUZ, Harita Müh. Oğuzhan KÖSE ve Harita Müh. Alperen İNCEER arkadaşlarıma, ders dönemimde özellikle güneş panelleri ile yapmış olduğu çalışmalar ve araştırmalar doğrultusunda beni yetiştiren hocalarımdan biri olan Dr. Öğr. Üyesi Hayrettin ACAR’a ve tez çalışmalarım boyunca bana yardımcı olan ve bilgi, birikimini benimle paylaşan herkese teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak hayatımın her anında sevgi ve destekleriyle yanımda olan, üzüntü ve sevinçlerimi paylaşan anneme, babama, kardeşime en içten teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Bu tez çalışmasının bundan sonraki çalışmalara katkı sağlamasını temenni ederim.

Ece FİŞ  
Trabzon 2025

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “3 Boyutlu Yapı Modellerine Güneş Enerji Panellerinin CBS ile Entegrasyonunda Harita Mühendisliği Süreçleri ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Hüsniye Ebru ÇOLAK’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 07/02/2025

Ece FİŞ

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                            | <u>Sayfa No</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| ÖNSÖZ .....                                                                                                                | III             |
| TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....                                                                                                  | IV              |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                                                          | V               |
| ÖZET .....                                                                                                                 | VIII            |
| SUMMARY .....                                                                                                              | IX              |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                                                                                      | X               |
| TABLolar DİZİNİ.....                                                                                                       | X               |
| SEMBOLLER DİZİNİ .....                                                                                                     | XIII            |
| 1. GİRİŞ.....                                                                                                              | 1               |
| 1.1. Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi .....                                                                                 | 4               |
| 1.2. Çalışmanın Amaçları ve Hedefleri .....                                                                                | 5               |
| 1.3. Metodoloji .....                                                                                                      | 6               |
| 1.4. Literatür Araştırması.....                                                                                            | 6               |
| 1.5. Temel Kavramlar .....                                                                                                 | 8               |
| 1.6. Akıllı Şehirler .....                                                                                                 | 9               |
| 1.6.1. Akıllı Şehirlerde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı .....                                                | 10              |
| 1.6.2. Akıllı Şehirlerde Yeşil Binalar: Enerji Verimliliği ve Enerji Kimlik Belgesi (EKB) ile Sürdürülebilir Gelecek ..... | 11              |
| 1.6.3. Güneş Panelleri (Fotovoltaik Paneller) .....                                                                        | 13              |
| 1.6.4. Güneş Panellerinin Kullanım Alanları .....                                                                          | 15              |
| 1.6.5. Bina Çatılarında Yer Alan Güneş Panellerinin Mimari Projeleri .....                                                 | 16              |
| 1.6.6. Bina Çatıları Üzerine Kurulan Güneş Panellerinin Kurulum Süreçleri .....                                            | 17              |
| 1.7. Veri Tabanı .....                                                                                                     | 20              |
| 1.7.1. Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS) .....                                                                            | 20              |
| 1.7.2. Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS)'nin Temel Kavramları .....                                                       | 21              |
| 1.7.3. Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS)'nin İşlevleri .....                                                              | 21              |
| 1.7.4. Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS) Türleri .....                                                                    | 22              |
| 1.7.5. Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS)'nin Avantajları .....                                                            | 22              |
| 1.7.6. Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS) Kullanım Alanları .....                                                          | 23              |

|        |                                                                                                       |     |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1.7.7. | Veri Tabanı Yönetim Sisteminde Kullanılan Programlar.....                                             | 24  |
| 1.7.8. | Veri Tabanı Sistemleri Arasında Etkileşim ve Entegrasyon Sorunları.....                               | 25  |
| 1.8.   | Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Unsurları.....                                                      | 25  |
| 1.8.1. | Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Formatları .....                                                     | 29  |
| 1.8.2. | CBS'nin Yaygın Kullanım Alanları.....                                                                 | 30  |
| 1.8.3. | Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Harita Mühendisliğinde Kullanımı.....                                     | 31  |
| 1.8.4. | Coğrafi Bilgi Sistemleri Yazılımları .....                                                            | 32  |
| 1.9.   | 3B Yapı Modeli .....                                                                                  | 33  |
| 1.9.1. | 3B Yapı Modeli Standartları ve Uygulama Alanları .....                                                | 36  |
| 1.9.2. | CityGML ve Detay Seviyeleri .....                                                                     | 37  |
| 1.9.3. | 3B Yapı Modelinin CityGML Formatı ile İlişkisi .....                                                  | 39  |
| 1.9.4. | 3B Yapı Modelinde Kullanılan Yazılımlar.....                                                          | 42  |
| 1.9.5. | 3B Yapı Modelinin İlgili Kurum ve Kuruluşlarda Kullanılan Uygulamaları.....                           | 45  |
| 1.9.6. | 3B Yapı Modelinin Veri Tabanına Entegrasyonunda CBS'nin Rolü.....                                     | 46  |
| 1.10.  | 3B Yapı Modelinde Kullanılabilecek Veri Tabanı Türleri ve Genel Özellikleri.....                      | 48  |
| 2.     | YAPILAN ÇALIŞMALAR.....                                                                               | 52  |
| 2.1.   | Çalışmaya Yönelik UML Diyagramının Oluşturulması.....                                                 | 52  |
| 2.2.   | 3B Yapı Modelinde Kullanılan Çalışma Bölgesi ve Veri Setlerinin Özellikleri.....                      | 65  |
| 2.2.1. | Birinci Veri Setine Ait Veriler .....                                                                 | 67  |
| 2.2.2. | İkinci Veri Setine Ait Veriler.....                                                                   | 77  |
| 2.3.   | Modellemesi Yapılan Binanın Güneş Paneline Ait Veri Setinin Elde Edilmesi.....                        | 85  |
| 2.4.   | Bina Çatılarındaki Güneş Panellerinin 3B Yapı Modele İşlenmesi .....                                  | 86  |
| 2.5.   | Güneş Paneli Entegre Edilmiş 3B Yapı Modelinin Coğrafi Bilgi Sistemi Veri Tabanına Entegrasyonu ..... | 91  |
| 2.5.1. | CityGML Verisinin PostGIS ile Entegrasyonu.....                                                       | 94  |
| 2.5.2. | Oracle Spatial ile CityGML Entegrasyonu .....                                                         | 97  |
| 2.6.   | 3B Yapı Modelinde ve Veri Tabanına Entegrasyonundaki Harita Mühendisliği Süreçleri .....              | 104 |
| 2.6.1. | Veri Toplama Süreci ve Yöntemleri .....                                                               | 105 |

|          |                                                       |     |
|----------|-------------------------------------------------------|-----|
| 2.6.2.   | Veri Analizi ve Dönüştürme .....                      | 106 |
| 2.6.3.   | Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Entegrasyon .....  | 108 |
| 2.6.4.   | 3B Yapı Modellerinin Oluşturulması ve İşlenmesi ..... | 109 |
| 2.6.5.   | Koordinat Sistemleri ve Projeksiyonlar .....          | 111 |
| 2.6.6.   | Veri Tabanı Entegrasyonu ve Yönetimi .....            | 112 |
| 2.6.7.   | Görselleştirme ve Raporlama.....                      | 114 |
| 3.       | BULGULAR VE İRDELEMELER .....                         | 118 |
| 4.       | SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR.....                          | 121 |
| 5.       | KAYNAKÇA .....                                        | 125 |
| ÖZGEÇMİŞ |                                                       |     |



Yüksek Lisans Tezi

## ÖZET

### 3 BOYUTLU YAPI MODELLERİNE GÜNEŞ ENERJİ PANELLERİNİN CBS İLE ENTEGRASYONUNDA HARİTA MÜHENDİSLİĞİ SÜREÇLERİ

Ece FİŞ

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. H. Ebru ÇOLAK  
2025, 132 sayfa

3B yapı modelleri, modern şehirleşme süreçlerinde mülkiyet haklarının doğru bir şekilde yönetilmesine ve enerji verimliliği gibi hedeflere ulaşılmasına önemli katkılar sağlamaktadır. Bu çalışmada, çatılar üzerine yerleştirilen güneş panellerinin 3B yapı modeline işlenmesi, veri tabanına entegrasyonu ve bu işlemlerde harita mühendislerinin görev ve sorumluluklarına ilişkin süreci detaylı bir şekilde incelenmiştir. Ayrıca enerji kullanımı ve üretim analizlerini daha doğru, kapsamlı ve görselleştirilebilir hale getirebilmek için CBS araçlarının kullanılması gerektiği savunulmakta ve bu doğrultuda ilgili taşınmazların çatısındaki güneş panellerinin 3B sayısal yapı modeline entegre edilmesi gerektiği savunulmaktadır. Yapı çatılarındaki güneş enerji panellerinin 3B yapı modeline nasıl entegre edileceğine dair coğrafi veri tabanı tasarımı yapılmış ve modelleme süreçleri içerisinde harita mühendislerinin görev ve sorumlulukları tanımlanmıştır. Sonuç olarak, bu çalışma, mevcut 3B sayısal yapı modeli üretim standardında güneş panellerine ait konumsal bilgiler yer almamakta olup ilerleyen süreçlerde bu ihtiyacı gidermek amacıyla güneş enerjisi sistemlerinin coğrafi veri tabanına entegrasyonu ve yönetimi için modern ve yenilikçi yaklaşımların benimsenmesi gerektiğini vurgulamakta ve harita mühendisliğinin sunduğu imkanlarla sürdürülebilir şehirleşme hedeflerine ulaşmada önemli bir katkı sağlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** 3B sayısal yapı modeli, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Güneş Panelleri, Harita Mühendisliği, Veri tabanı yönetim sistemleri

Master Thesis

## SUMMARY

### SURVEY ENGINEERING PROCESSES IN INTEGRATING SOLAR PANELS IN 3D BUILDING MODELS WITH GIS

Ece FİŞ

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied  
Sciences Geomatics Engineering Graduate  
Programme Supervisor: Prof. Dr. H. Ebru ÇOLAK  
2025, 132 pages

3D building models significantly contribute to the proper management of property rights and the achievement of energy efficiency goals in modern urbanization processes. This study examines in detail the process of integrating rooftop solar panels into a 3D building model database and the roles and responsibilities of surveying engineers in these operations. Additionally, it argues that GIS tools should be utilized to enhance the accuracy, comprehensiveness, and visualization of energy consumption and production analyses. Accordingly, it is emphasized that rooftop solar panels should be integrated into the 3D digital building model. A geodatabase design has been developed for the integration of rooftop solar energy panels into 3D building models, and the roles and responsibilities of surveying engineers in the modeling process have been defined. As a result, current 3D digital building model production standards do not include spatial information on solar panels. To address this gap, the study highlights the necessity of adopting modern and innovative approaches for the integration and management of solar energy systems within the geodatabase. Furthermore, it underscores the crucial role of surveying engineering in achieving sustainable urbanization goals.

**Keywords:** 3D Digital Building Model, Geographic Information Systems (GIS), Solar Panels, Surveying Engineering, Database Management Systems

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                                                                                                                                                                          | <u>Sayfa No</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Şekil 1. Coğrafi veri temsili.....                                                                                                                                                                       | 27              |
| Şekil 2. CBS unsurları .....                                                                                                                                                                             | 28              |
| Şekil 3. Vektörel veri formatı .....                                                                                                                                                                     | 29              |
| Şekil 4. Vektör ve raster veri formatları (Netcad); a) Vektör ve raster veri formatlarının dijital gösterimi b) Vektör ve raster veri formatlarının gerçek dünya gösterimi.                              | 30              |
| Şekil 5. CityGML LoD seviyeleri .....                                                                                                                                                                    | 39              |
| Şekil 6. NetCAD- Yapınet modülü 3B yapı modeli arayüzü .....                                                                                                                                             | 43              |
| Şekil 7. Bentley MicroStation yazılımında 3B yapı modelin yapıldığı arayüz .....                                                                                                                         | 44              |
| Şekil 8. Taşınmazın 3B yapı modeli ve veri tabanı entegrasyonu süreçlerine ait UML diyagramı.....                                                                                                        | 55              |
| Şekil 9. UML diyagramına ait A bölümü .....                                                                                                                                                              | 57              |
| Şekil 10. UML diyagramına ait B bölümü .....                                                                                                                                                             | 59              |
| Şekil 11. UML diyagramına ait C bölümü .....                                                                                                                                                             | 62              |
| Şekil 12. Çalışma alanı .....                                                                                                                                                                            | 67              |
| Şekil 13. Birinci veri setinin parsel konumu .....                                                                                                                                                       | 68              |
| Şekil 14. Birinci veri setinin TIC/parsel görüntüsü .....                                                                                                                                                | 69              |
| Şekil 15. Birinci veri setine ait taşınmazın zemin kat plan görseli.; a) Birinci veri setine ait taşınmazın zemin kat planı b) Birinci veri setine ait kat 11 nolu bağımsız bölüm planı.....             | 74              |
| Şekil 16. Birinci veri setine ait taşınmazın 1. kat planı .....                                                                                                                                          | 74              |
| Şekil 17. Birinci veri setine ait taşınmazın 1. kat 1 nolu bağımsız bölüm planı .....                                                                                                                    | 75              |
| Şekil 18. Birinci veri setine ait taşınmazın 1. kat 2 nolu bağımsız bölüm planı .....                                                                                                                    | 76              |
| Şekil 19. İkinci veri setinin parsel konumu .....                                                                                                                                                        | 78              |
| Şekil 20. İkinci veri setine ait TIC/parsel görüntüsü .....                                                                                                                                              | 78              |
| Şekil 21. İkinci veri setine ait taşınmazın -1. kat planı.....                                                                                                                                           | 82              |
| Şekil 22. İkinci veri setine ait taşınmazın zemin kat plan görseli a) İkinci veri setine ait taşınmazın zemin kat planı b) İkinci veri setine ait taşınmazın zemin kat 4 nolu bağımsız bölüm planı ..... | 83              |

|                                                                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 23. İkinci veri setine ait taşınmazın 1. kat plan görseli a) İkinci veri setine ait taşınmazın 1. kat planı b) İkinci veri setine ait taşınmazın 1. kat 1 nolu bağımsız bölüm planı ..... | 84 |
| Şekil 24. 3B yapı modeline bina çatısındaki güneş panellerinin işlenmiş görüntüsü.....                                                                                                          | 89 |
| Şekil 25. CityGML LoD seviyelerine güneş panelleri entegre edilmiş versiyonu .....                                                                                                              | 91 |
| Şekil 26. CityGML verilerini PostgreSQL’e işleme adımları .....                                                                                                                                 | 95 |
| Şekil 27. CityGML verilerini Oracle Spatial'e işleme adımlarıCityGML verilerini Oracle Spatial'e işleme adımları.....                                                                           | 97 |



## TABLÖLAR DİZİNİ

|                                                                                           | <u>Sayfa No</u> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Tablo 1. Birinci veri setine ait taşınmazın parsel bilgileri.....                         | 68              |
| Tablo 2. Birinci veri setine ait taşınmazın koordinat bilgileri .....                     | 70              |
| Tablo 3. Birinci veri setinin koordinat detay bilgileri .....                             | 70              |
| Tablo 4. Birinci veri setine ait taşınmaza ait yapı bilgileri.....                        | 71              |
| Tablo 5. Birinci veri setine ait taşınmazın kat bilgileri .....                           | 72              |
| Tablo 6. Birinci veri setine ait taşınmazın bağımsız bölüm bilgileri.....                 | 72              |
| Tablo 7. Birinci veri setine ait taşınmazın zemin kat 11 nolu bağımsız bölüm detayları    | 73              |
| Tablo 8. Birinci veri setine ait taşınmazın 1. kat 1 nolu bağımsız bölüm detayları .....  | 75              |
| Tablo 9. Birinci veri setine ait taşınmazın 1. kat 2 nolu bağımsız bölüm detayları .....  | 76              |
| Tablo 10. İkinci veri setine ait taşınmazın parsel bilgileri.....                         | 77              |
| Tablo 11. İkinci veri setine ait taşınmazın koordinat bilgileri.....                      | 79              |
| Tablo 12. İkinci veri setine ait koordinat detay bilgileri .....                          | 79              |
| Tablo 13. İkinci veri setine ait taşınmaza ait yapı bilgileri.....                        | 80              |
| Tablo 14. İkinci veri setine ait taşınmazın kat bilgileri .....                           | 81              |
| Tablo 15. İkinci veri setine ait taşınmazın bağımsız bölüm bilgileri .....                | 81              |
| Tablo 16. İkinci veri setine ait taşınmazın zemin kat 4 nolu bağımsız bölüm detayları ... | 83              |
| Tablo 17. İkinci veri setine ait taşınmazın 1. kat 1 nolu bağımsız bölüm detayları .....  | 84              |
| Tablo 18. Oracle Spatial ile CityGML entegrasyonu .....                                   | 103             |

## SEMBOLLER DİZİNİ

|        |                                                                   |
|--------|-------------------------------------------------------------------|
| BIM    | : Building Information Modeling                                   |
| BREEAM | : Building Research Establishment Environmental Assessment Method |
| CAD    | : Computer-Aided Design                                           |
| CBS    | : Coğrafi Bilgi Sistemleri                                        |
| DEM    | : Digital Elevation Model                                         |
| ED50   | : European Datum 1950                                             |
| ESRI   | : Environmental Systems Research Institute Inc.                   |
| FME    | : Feature Manipulation Engine                                     |
| GDAL   | : Geospatial Data Abstraction Library                             |
| GIS    | : Geographic Information System                                   |
| GM     | : Global Mapper                                                   |
| GML    | : Geography Markup Language                                       |
| GNSS   | : Global Navigation Satellite System                              |
| GPS    | : Global Positioning System                                       |
| HBB    | : Harita Bilgi Bankası                                            |
| ICT    | : Information and Communication Technology                        |
| IFC    | : Industry Foundation Classes                                     |
| IoT    | : Internet of Things                                              |
| IMS    | : Information Management Systems                                  |
| ISO    | : International Organization for Standardization                  |
| İHA    | : İnsansız Hava Aracı                                             |
| KBS    | : Kent Bilgi Sistemleri                                           |
| LEED   | : Leadership in Energy and Environmental Design                   |
| LiDAR  | : Light Detection and Ranging                                     |
| LoD    | : Level of Detail                                                 |
| OBJ    | : Object File Format                                              |
| ODBC   | : Open Database Connectivity                                      |
| OGC    | : Open Geospatial Consortium                                      |
| PV     | : Photovoltaic                                                    |

|       |                                          |
|-------|------------------------------------------|
| RDBMS | : Relstional Database Management Systems |
| SRID  | : Spatial Referance ID                   |
| STL   | : Standard Tessellation Language         |
| SYM   | : Sayısal Yapı Modeli                    |
| SQL   | : Structured Query Language              |
| TIC   | : Terrain Intersection Curve             |
| TUREF | : Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi      |
| UML   | : Unified Modeling Language              |
| UTM   | : Universal Transverse Mercator          |
| VTYS  | : Veri Tabanı Yönetim Sistemi            |
| YBM   | : Yapı Bilgi Modellemesi                 |
| WGS84 | : World Geodetic System 1984             |
| 3B    | : 3 Boyutlu                              |

## 1. GİRİŞ

Bilgi, çağdaş toplumlar da en değerli sermaye unsurlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bilgiye erişim, onun anlaşılması ve etkili bir şekilde kullanımı, bireylerin ve kurumların sürdürülebilir başarısı için hayati öneme sahiptir. Bilgiyi etkin kullanabilme yetisi, yalnızca bilgiye sahip olmayı değil, aynı zamanda bu bilgiyi stratejik bir şekilde analiz etmeyi, yorumlamayı ve uygulamayı gerektirir. Bu yetkinlik, sorunların çözümünde ve fırsatların değerlendirilmesinde kritik bir rol oynar ve bireylerin ya da kuruluşların rekabet gücünü artırmada temel bir faktör olarak öne çıkar. Dolayısıyla, bilgiyi etkili kullanmak, günlük hayatın bütün alanlarında uzun vadeli başarı için vazgeçilmez bir unsurdur.

Bilgi, akıllı şehirlerin inşasında ve yönetiminde kritik bir rol oynamaktadır. Akıllı şehirler, büyük veri, yapay zekâ, nesnelerin interneti gibi teknolojilerin bütünleştirilmesiyle, şehirlerin daha sürdürülebilir, verimli ve yaşanabilir hale getirilmesini hedeflemektedir. Bu bağlamda, bilginin toplanması, analiz edilmesi ve etkili bir şekilde kullanılması, akıllı şehirlerin başarısı için temel unsurlardır. Örneğin, trafik akışının optimize edilmesi, enerji tüketiminin azaltılması veya kamu hizmetlerinin iyileştirilmesi gibi uygulamalarda, doğru bilgiye erişim ve bu bilginin stratejik olarak kullanılması gerekmektedir. Bilginin bu şekilde etkin kullanımı, şehirlerin kaynaklarını daha verimli kullanmasını, çevresel etkilerini azaltmasını ve vatandaşlara daha kaliteli hizmetler sunmasını mümkün kılar. Bu nedenle, bilgi yönetimi ve teknolojik altyapılar, akıllı şehirlerin sürdürülebilir gelişimi için vazgeçilmez unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kent Bilgi Sistemleri (KBS), akıllı şehirlerin temel yapı taşlarından birini oluşturarak, şehir yönetimi ve planlamasında kritik bir rol oynamaktadır. KBS, bir şehirdeki coğrafi, demografik, altyapısal ve çevresel verilerin toplanması, depolanması ve analiz edilmesi sürecini içeren bütünleşmiş bir sistemdir. Bu sistemler, akıllı şehir uygulamalarının başarısı için gerekli olan bilgi altyapısını sağlar. Örneğin, KBS aracılığıyla toplanan veriler, trafik yönetimi, enerji dağıtımı, çevresel izleme ve kamu hizmetleri gibi alanlarda stratejik kararların alınmasını mümkün kılar. Akıllı şehirlerin temel hedefi olan sürdürülebilirlik, verimlilik ve yaşam kalitesini artırma amaçlarına ulaşabilmek için KBS'nin sağladığı güncel ve doğru verilere dayalı analiz ve tahmin yetenekleri hayati öneme sahiptir. Böylece, KBS ve akıllı şehirler arasındaki ilişki, bilgi yönetimi ve teknoloji entegrasyonu yoluyla şehirlerin daha yaşanabilir ve sürdürülebilir hale gelmesini sağlamaktadır.

KBS ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) arasındaki ilişki, şehir yönetimi ve planlamasında bütünleşmiş bilgi yönetimi süreçlerinin temelini oluşturan bir sinerjiye dayanır. CBS, mekânsal verilerin toplanması, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi için kullanılan bir teknoloji olup, coğrafi bilgiye dayalı kararların alınmasını sağlar. Bu sistemler, harita tabanlı verilerin yönetilmesi ve analiz edilmesiyle, şehirdeki altyapı, çevre, ulaşım ve yerleşim gibi çeşitli unsurların mekânsal ilişkilerini anlamaya olanak tanır. KBS ise, şehirle ilgili geniş bir veri yelpazesini kapsayan daha genel bir çerçevedir. KBS, CBS verilerini de içeren çok çeşitli veri kaynaklarını entegre eder ve şehir yönetimi için kapsamlı bir bilgi tabanı sağlar. CBS, KBS'nin mekânsal bileşenini oluşturur ve bu bileşen, şehirdeki mekânsal analizlerin yapılması, haritalama süreçleri ve mekâna bağlı karar destek sistemleri için kritik öneme sahiptir. Dolayısıyla CBS, şehirlerin daha etkili ve veri odaklı bir şekilde yönetilmesini mümkün kılarak, planlama ve operasyonel süreçlerin iyileştirilmesine katkıda bulunmaktadır.

3B yapı modelleme, binaların ve yapısal elemanların gerçek dünyadaki fiziksel özelliklerinin dijital olarak modellenmesini sağlar. Bu modeller, yapının iç ve dış tasarımının yanı sıra malzeme özelliklerini, boyutları, konumları gibi detayları içerebilir. 3B modellemeyle sağlanan yüksek çözünürlüklü ve detaylı görseller, yapısal analizlerde ve mimari tasarım sürecinde karar verici konumundaki bireyler için önemli bir destek sunar. Günümüzde, bu modeller yalnızca mimari değil, enerji verimliliği, çevre yönetimi ve CBS gibi çok farklı alanlarda da kullanılmaktadır.

CBS'nin en temel gücü, coğrafi konum verilerini ilişkilendirme ve çeşitli veri katmanlarıyla birlikte analiz edebilme yeteneğinden gelir. Bu, 3B yapı modellerinin konumsal veri olarak CBS ile entegre edilmesine olanak tanır. Böylece binaların yalnızca fiziki modelleri değil, aynı zamanda çevresel, sosyal ve ekonomik bağlamları da CBS ortamında değerlendirilebilir hale gelir.

Güneş panelleri (Fotovoltaik Paneller), güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren teknolojik yapılar olarak günümüzde binaların enerji verimliliğini artırmada önemli bir rol oynamaktadır. Sürdürülebilir enerjiye geçiş sürecinde büyük bir öneme sahip olan güneş panellerinin, binaların çatı yüzeylerine konumlandırılması, doğru açılarda yerleştirilmesi ve potansiyel gölgelenmelerin dikkate alınması gibi çeşitli faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Güneş panellerinin verimli bir şekilde kullanımı, enerji üretim potansiyelinin doğru tahmin edilmesi ve düzenli bakım süreçlerinin sağlanmasıyla mümkündür. 3B yapı modelleri, bu tür analizler için görsel ve sayısal veriler sağlamaktadır.

Harita Mühendisliği, arazi ölçümlerinden veri analizine kadar birçok teknik süreci kapsayan bir meslek dalıdır. Harita mühendisleri, 3B yapı modellemeleri ve CBS kullanarak güneş panelleri gibi yapı elemanlarının doğru konumlandırılması, mülkiyet haklarının belirlenmesi ve sınırların tespit edilmesinde kritik bir rol oynar. Bu tür mühendislik bilgisi, özellikle güneş panellerinin çatı yüzeylerine yerleştirilmesi gibi enerji odaklı projelerde hem fiziki modelleme hem de konumsal veri doğruluğunu sağlamak açısından önemlidir.

Veri Tabanı Yönetim Sistemleri (VTYS) ise tüm bu süreçlerin bilgi yönetimini sağlar. 3B model verileri, konum bilgileri, güneş panellerinin performans verileri ve diğer mekânsal bilgiler bir veri tabanında saklanarak CBS ile ilişkilendirilir. Bu bütünleşmiş yapı, güneş panellerinin performans değerlendirmelerini ve enerji verimliliği analizlerini mümkün kılar. Veri tabanları, verilerin düzenlenmesi, saklanması ve işlenmesi açısından sürecin merkezinde yer alır ve farklı sistemlerin birbiriyle uyum içinde çalışmasını sağlar.

Geçmişte geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilen projeler, günümüzde gelişen teknolojilerle daha verimli, sürdürülebilir ve enerji dostu hale gelmektedir. Bu bağlamda, geleceğin inşaat ve haritacılık temelli projelerinde dijitalleşme, otomasyon ve yenilikçi enerji çözümleri ön plana çıkacaktır. 3B yapı modelleme, güneş panelleri ve diğer çevre dostu teknolojiler gibi araçlar, binaların enerji verimliliğini artırarak çevresel etkiyi azaltmayı hedefleyecek ve şehirlerin sürdürülebilirliğini sağlayacaktır. Ayrıca, bu projelerde kullanılan akıllı harita sistemleri ve veri tabanı yönetimi, inşaat süreçlerinin daha hızlı, daha doğru ve daha maliyet etkin bir şekilde yönetilmesine olanak tanıyacaktır. Bu bağlamda, 3B yapı modelleri, CBS, güneş panelleri, harita mühendisliği ve veri tabanı yönetimi arasındaki entegrasyon, yenilikçi enerji çözümlerine geçişi ve sürdürülebilir şehir planlama hedeflerini desteklemekte ve bu bütünleşik yapı, binaların enerji verimliliğini artırmak, kaynakları etkin kullanmak ve çevresel etkileri en aza indirmek için önemli bir altyapı sağlamaktadır.

Bu çalışma, 3B yapı modellerine çatılardaki lisansa tabi olan güneş panellerinin CBS tabanlı entegrasyonunu inceleyerek enerji verimliliği, sürdürülebilir şehircilik ve harita mühendisliği süreçleri açısından kritik bir katkı sunmayı amaçlamaktadır. Yapılan incelemeler, mevcut 3B yapı modelleme süreçlerinin enerji yönetimiyle tam entegre edilmediğini göstermektedir. Bu bağlamda, CBS tabanlı sistemlerin, binaların enerji üretim kapasitelerinin analiz edilmesinde önemli bir araç olduğu vurgulanmaktadır.

### 1.1. Araştırmanın Önemi ve Gerekçesi

Günümüzde sürdürülebilir enerji kullanımı giderek artmakta ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelim büyük bir ivme kazanmaktadır. Avrupa Birliği 2030 yılına kadar enerji tüketiminin %40'ını yenilenebilir kaynaklardan sağlamayı hedeflemektedir (URL-1). Benzer şekilde Türkiye'de de güneş enerjisi kullanımı artmakta ve şehirleşme süreçlerinde enerji verimliliği öncelikli konular arasında yer almaktadır.

Sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelimin arttığı günümüzde, binaların enerji verimliliği sağlayabilmesi büyük önem taşımaktadır. Güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları arasında en etkili ve erişilebilir olanlardan biridir. Bu nedenle güneş panellerinin binaların çatı yüzeylerine kurulumu, enerji verimliliği artırma sürecinde temel bir adımdır.

Bu çalışmada, 3B yapı modelleri ile CBS tabanlı veri altyapısının entegrasyonu sayesinde, güneş panellerinin doğru konumlandırılması, enerji üretim potansiyelinin belirlenmesi ve düzenli bakım süreçlerinin yönetimi kolaylaşmaktadır. Araştırmanın önemi, enerji kaynaklarının sürdürülebilirliğine ve verimli kullanılmasına katkı sunmasının yanı sıra harita mühendisliği süreçlerinin dijital platformlarla entegrasyonuna da olanak tanımasından kaynaklanmaktadır.

Bu çalışma, sürdürülebilir enerji çözümlerinin daha verimli uygulanabilmesi amacıyla, güneş enerjisi sistemlerinin yönetimi için yenilikçi veri entegrasyon yaklaşımlarına olan ihtiyacı vurgulamaktadır. Günümüzde enerji verimliliği ve çevre dostu çözümler, şehir planlama ve inşaat sektörleri için temel bir gereksinim haline gelmiştir. Çatılar üzerine kurulan güneş panellerinin konumlandırılması, yönetimi ve enerji üretim potansiyelinin doğru analiz edilmesi, hem binaların enerji bağımsızlığına katkı sağlaması hem de sürdürülebilir şehirleşmeye yönelik önemli bir adım sunmaktadır. Bu bağlamda, 3B yapı modellerinin CBS tabanlı veri tabanlarına entegre edilmesi, güneş panelleri gibi enerji sistemlerinin performansını daha iyi izlemek, analiz etmek ve yönetmek için etkili bir çözüm sunmaktadır. Özellikle 3B yapı modellerinin CBS tabanlı veri tabanlarına entegrasyonu, gelecekte sürdürülebilir kentleşme politikaları açısından kritik bir gelişme olarak değerlendirilmektedir. Çalışma, harita mühendisliğinin sunduğu olanaklarla mülkiyet hakları, kullanım alanları ve irtifak haklarının etkili bir şekilde yönetilmesini sağlayarak, hukuki süreçlerde şeffaflığı artırmayı amaçlamaktadır.

## 1.2. Çalışmanın Amaçları ve Hedefleri

Bu çalışmanın temel amacı, güneş panellerinin çatı yüzeylerine yerleştirilmesi sürecinde 3B yapı modeli, CBS ve veri tabanı entegrasyonunu sağlayarak, enerji verimliliği analizlerini gerçekleştirebilecek bir altyapı oluşturmaktır. Ayrıca, güneş panellerinin performans verilerinin toplanması ve yönetimi ile bu bilgilerin CBS tabanlı sistemlerle ilişkilendirilmesi, enerji üretiminin daha doğru ve verimli şekilde analiz edilmesini sağlayacaktır. Çalışmanın hedefleri arasında, harita mühendisliği disiplininin sunduğu yöntemlerle bina enerji sistemlerinin sürdürülebilirlik hedeflerine uygun şekilde modellenmesi ve verilerin dijital platformlarda etkin yönetimi de bulunmaktadır.

Bu bağlamda, çalışmanın temel amacı, bina çatılarında yer alan güneş panellerine ait 3B yapı modellerini, CBS tabanlı veri tabanında konumsal ve öznitelik verileriyle birlikte entegre ederek enerji verimliliği ve potansiyel üretim analizlerini desteklemektir. Bu doğrultuda, güneş panellerinin yerleşim planlarını, performans verilerini ve bakım geçmişini içeren kapsamlı bir veri tabanı altyapısının oluşturulması hedeflenmektedir. Ayrıca, veri entegrasyonu sürecinde harita mühendislerinin görev ve sorumluluklarının belirlenmesi, mülkiyet hakları ve irtifak haklarının yapı modelleri ile ilişkilendirilmesi de çalışmanın bir diğer amacını oluşturmaktadır. Bu sayede, hem enerji sistemleri için sürdürülebilirlik odaklı bir altyapı sağlanacak hem de harita mühendisliği disiplininin şehir planlama ve enerji yönetim süreçlerine katkısı gösterilecektir.

Bu çalışmanın temel amaçları şu şekilde özetlenebilir:

1. Güneş panellerinin bina çatılarında konumlandırılmasının 3B yapı modellerine entegrasyonu sürecini analiz etmek,
2. CBS tabanlı sistemler kullanarak enerji üretim potansiyelini artırmaya yönelik öneriler geliştirmek,
3. Harita mühendisliği disiplininin, yenilenebilir enerji sistemlerinin optimizasyonundaki rolünü belirlemek,
4. CBS ve 3B model entegrasyonu süreçlerinin hukuki ve teknik açıdan incelenmesini sağlamak.

Bu hedefler doğrultusunda, CBS'nin enerji yönetim süreçlerinde sağladığı katkı ve harita mühendisliğinin sürdürülebilir şehirleşmeye olan etkisi kapsamlı bir şekilde incelenecektir.

### 1.3. Metodoloji

Bu tez çalışması, 3B yapı modelleri, CBS, güneş panelleri ve VTYS arasındaki entegrasyonu kapsamaktadır. Tezin yapısı, ilk aşamada araştırmanın kapsamı ve konuya ilişkin literatür taramasıyla başlamakta; ikinci aşamada, ilgili bölümde yapılan UML diyagramında belirtildiği haliyle 3B yapı modelinin işlem akışı irdelenmektedir. Bu aşama modelleme teknikleri ve CBS tabanlı veri yönetimi süreçlerini ayrıntılı bir şekilde ele almaktadır. Üçüncü aşamada ise, bu sistemlerin birbirine entegrasyonu sürecinde karşılaşılan durumlar kıyaslanarak bir sonuca ulaşılmıştır. Son olarak, yapılmış olan 3B yapı modelleri üzerinden kullanılan araçlar, süreç, analiz ve sonuçları, tartışma ve öneriler kısmıyla birlikte bulgular bölümünde sunulmaktadır. Güneş panelleri literatürde Fotovoltaik (PV) paneller olarak da isimlendirilmekte olup, bu tez kapsamında güneş panelleri şeklinde ele alınmıştır.

Tez kapsamında metodolojiye ait ana çerçeve şu şekilde takip edilmiştir:

- 3B yapı modelinin yapılması için gerçekleşen resmî işlem adımları,
- 3B yapı modellenmesi tamamlanmış taşınmazların modellenmesinde kullanılan programların irdelenmesi,
- 3B yapı modeline taşınmazların çatısındaki güneş enerji panellerinin ruhsatlandırma işlemleri,
- Oluşturulan 3B yapı modelinin veri tabanına güneş enerji panellerinin entegrasyonunda izlenmesi gereken adımlar, entegrasyon sürecinin planlanması ve harita mühendisliği süreçlerinin belirlenmesi.

Bu yapı sayesinde çalışma, kapsamlı bir bakış açısıyla hem güneş enerjisi sistemlerinin yönetimine yenilikçi çözümler sunmayı hem de harita mühendisliğinin şehirleşmeye ve enerji yönetimine sunduğu katkıları göstermeyi amaçlamaktadır.

### 1.4. Literatür Araştırması

3B yapı modellerinin ve CBS'nin entegrasyonu, kentsel sürdürülebilirliği artırma potansiyeline sahiptir. Bu entegrasyon, şehir planlamasında veri yönetimini ve karar alma süreçlerini iyileştirerek, mevcut kaynakların daha etkin kullanılmasına olanak tanır. Özellikle, Yapı Bilgi Modelleme (YBM) ve CBS'nin birlikte kullanımı, Sürdürülebilir

Kalkınma Hedefleri (SDGs-Sustainable Development Goals) doğrultusunda akıllı şehirlerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Araştırmalar, bu teknolojilerin entegrasyonunun, kentsel yönetimde dijital ikiz teknolojileri ile kullanılarak daha etkili çözümler sunabileceğini göstermektedir. Ayrıca, döngüsel ekonomi modelinin benimsenmesi ve enerji verimliliği değerlendirmeleri gibi yenilikçi uygulamalar, sürdürülebilirlik açısından büyük bir potansiyel taşımaktadır (Osmani & Liu, 2024).

Bu alandaki literatür, 3B yapı modellerinin ve entegrasyon süreçlerinin, enerji verimliliği ve şehirleşme hedefleri için sağladığı katkıları vurgulamakta ve gelecekteki araştırma yönelimlerini belirlemektedir. Gelişmiş veri entegrasyon süreçlerinin otomasyonu ve mekânsal analiz yöntemlerinin kullanımı, şehirlerin daha sürdürülebilir yönetimi için önemli bir adım olarak değerlendirilmektedir.

Türkiye’de Kent Bilgi Sistemlerine yönelik ilk çalışmalar incelendiğinde; Altay bir çalışmada, KBS ve CBS ile ilgili temel tanımlar, uygulama alanları ve dünya genelindeki örnekleri incelediği görülmüştür (Altay, 2007). Yaptığı çalışmada Türkiye'deki KBS uygulamaları değerlendirilerek, veri, yazılım, donanım ve koordinasyon sorunları ele almış, haritaların CBS’deki önemi vurgulamış ve Harita Bilgi Bankası (HBB) kurulmasını önermiştir. Ek olarak, Kayseri’de NetCAD yazılımıyla bir pilot KBS uygulaması gerçekleştirmiş ve sonuçlara dayalı öneriler sunmuştur.

Başka bir çalışmada ise akıllı şehirler konusunun önemini vurgulamış ve bu şehirlerin teknoloji kullanımıyla yaşam kalitesini artırmayı ve kent yaşamındaki zorlukları azaltmayı amaçladığını belirtmiştir (Dursun, 2022). Kentlerin karmaşık yapısı, bilgi ve iletişim teknolojilerinin entegrasyonunu gerekli kılarken, 3B kent modellerinin kullanımını da yaygınlaştırmıştır. Bu modeller, telekomünikasyon, afet yönetimi, eğitim ve tesis yönetimi gibi alanlarda görselleştirme ve mekânsal analiz için kullanılmaktadır. Çalışmada, akıllı şehirler teması çerçevesinde bir uygulama alanı seçmiş, yersel ve hava fotogrametrisiyle üretilen 3B modellerin BIM ile entegrasyonu incelemiştir (Dursun, 2022).

Korkmaz ve Başaraner ise YBM ile CBS entegrasyonunun önemini vurgulamış ve iki sistemin veri dönüşümü süreçlerini incelemişlerdir (Korkmaz & Başaraner, 2023). YBM ile CBS entegrasyonunun önemini vurgulamış ve iki sistemin veri dönüşümü süreçlerini incelemişlerdir. YBM’nin zengin geometrik ve semantik bilgileri ile CBS’nin mekânsal analiz ve görselleştirme yeteneklerini birleştirmenin, akıllı şehirler ve mekânsal dijital ikiz gibi uygulamalar için kritik olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, farklı semantik ve geometrik temsiller ile veri formatlarının entegrasyonda zorluk yarattığını tespit etmişlerdir.

Çalışmada, Endüstri Temel Sınıfları (IFC-Industry Foundation Classes) formatındaki YBM veri setlerini, FME (Feature Manipulation Engine) platformu kullanarak CityGML ve CityJSON formatlarına dönüştürmüş; bu süreçte semantik aktarım ve geometrik dönüşüm gerçekleştirerek iki veri standardı arasındaki farklar ve uygulama potansiyellerini değerlendirmişlerdir.

Erdoğan ve diğerlerinin yaptıkları çalışmada ise İnsansız Hava Araçları (İHA) ve fotogrametri teknikleri kullanılarak üretilen 3B sanal kent modellerinin önemini vurgulamışlardır (Erdoğan vd., 2024). İHA'ların mekânsal veri toplamadaki hızı ve doğruluğu, kentlerin büyüme ve yenilenme süreçlerini izlemek için büyük avantajlar sunmaktadır. Türkiye'nin bir deprem ülkesi olması nedeniyle, 3B sanal modellerin deprem sonrası hasar tespiti ve bölge sakinlerinin bilgilerine erişim gibi kritik kullanım alanları bulunmaktadır. Çalışma kapsamında, Yozgat Şefaati ilçesi Yeni Mahalle bölgesinde bir uygulama gerçekleştirmiş ve dere yatağındaki binaların 3B sanal modelini oluşturmuşlardır. Bu model, binaların görselleştirilmesinin yanı sıra öznitelik bilgilerini de içermekte olup hedefledikleri amaca başarıyla ulaşmışlardır.

Yabancı kaynaklara bakıldığında 3B yapı modeli (3D Building Model), lazer tarama, fotogrametri ve BIM gibi teknolojilerle oluşturulan, fiziksel ve işlevsel bina özelliklerini dijital ortamda temsil eden detaylı bir dijital model olduğu sonucuna varılmıştır (Borkowski vd., 2024). Kullanılan bu teknikler sonucu genelde 3B nokta bulutu verisiyle çalışıldığı için çatı üzerindeki donatı malzemelerinin veya bina üzerindeki farklı malzeme ve detayların verisini yapılan 3B yapı modelinde görüntüleme imkânı sunmaktadır. Özetle yabancı ülkelerde 3B yapı modeli kavramı daha çok LiDAR tabanlı dijital ikiz gibi gerçek zamanlı veri akışının sağlandığı dinamik bir sistemden veya BIM gibi binanın fiziksel ve işlevsel özelliklerini içeren statik bir dijital model iken ülkemizde uygulanan 3B yapı modeli kullanıcılara daha çok CBS tabanlı bir model sunmaktadır.

### 1.5. Temel Kavramlar

Bu bölümde, harita mühendisliği ve kentsel yönetim süreçlerinde önemli bir yere sahip olan temel kavramlar açıklanmaktadır. Bu kavramlar, teknolojinin gelişimiyle birlikte daha etkili, sürdürülebilir ve veri odaklı çözümler sunmak amacıyla ortaya çıkmış ve geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Harita mühendisliği, mekânsal verilerin toplanması, analiz

edilmesi ve görselleştirilmesi gibi süreçlerde kullanılan bu kavramların altyapısını oluşturmakta ve dijital dönüşüm süreçlerine önemli katkılar sağlamaktadır.

- **Bilgi Sistemi:** Bilginin toplanıp işlenmesi ve kullanılır hale dönüştürülmesi belli bir sistemin var olmasını gerektirmektedir. Bu amaçla kurulan sistemler bilgi sistemleri olarak adlandırılmakta olup, bilgi sistemi; organizasyonların yönetsel fonksiyonlarını desteklemek amacıyla bilgiyi toplayan, depolayan, üreten ve dağıtan bir mekanizma olarak tanımlanır. Dolayısıyla bilgi sistemi, bilgiye kolayca erişip, bilgiyi daha verimli kullanabilmek için oluşturulan bir sistem olarak algılanabilmektedir (Yomralıoğlu, 2000; Bulut, 2008).
- **Kent Bilgi Sistemleri (KBS):** Kentsel faaliyetlerin yerine getirilmesinde optimum karar verebilmek için ihtiyaç duyulan planlama, altyapı, mühendislik, temel hizmetler ve yönetsel bilgileri hızlı ve sağlıklı bir şekilde irdelemek amacıyla oluşturulan, CBS'nin kent bazında bir uygulaması olan konumsal bilgi sistemlerinden biridir (Yomralıoğlu, 2000; Bulut, 2008).
- **Veri tabanı:** Coğrafi verilerin depolanması, yönetilmesi ve analiz edilmesi için kullanılan bir sistemdir. Harita mühendisliğinde, veri tabanları genellikle CBS ile bütünleşmiş çalışarak mekânsal verilerin organize edilmesine, analiz edilmesine ve görselleştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu tür veri tabanlarında, hem mekânsal (coğrafi) veriler hem de bu verilerle ilişkili niteliksel veriler bulunmaktadır (Babu, 2017).

## 1.6. Akıllı Şehirler

CBS, Uzaktan Algılama (UA), fotogrametri ve 3B modelleme gibi harita mühendisliği tekniklerinin bütünleşmiş kullanımıyla, kentlerin mekânsal planlama, yönetim ve analiz süreçlerini optimize eden, sürdürülebilir ve veri odaklı şehirleşme yaklaşımıdır. Bu kavram, kentsel alanlarda mekânsal verilerin toplanması, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi süreçlerini içeren altyapılarla; ulaşım, enerji, çevre yönetimi, afet planlaması ve bina yönetimi gibi alanlarda yenilikçi çözümler sunmayı hedefler. Harita mühendisliği, akıllı şehirlerde özellikle 3B kent modelleri, dijital ikizler, ağ analizleri ve mekânsal veri tabanları aracılığıyla mekânsal bilginin doğru ve etkili bir şekilde kullanılmasını sağlayarak bu sistemlerin temelini oluşturur (Yılmaz, 2015) .

Akıllı şehirler, teknolojinin gücünü kullanarak kent yaşamını daha sürdürülebilir, verimli ve yaşanabilir hale getiren modern kentsel gelişim yaklaşımlarıdır. Bu şehirler, bilişim ve iletişim teknolojilerini (ICT) altyapısına entegre ederek trafik yönetimi, enerji verimliliği, atık yönetimi, su kaynakları optimizasyonu ve kamu hizmetleri gibi alanlarda yenilikçi çözümler sunar. Sensörler, yapay zekâ, büyük veri ve nesnelerin interneti (IoT) gibi teknolojiler, akıllı şehirlerin temel bileşenlerini oluşturur. Bu teknolojiler, şehir sakinlerinin ihtiyaçlarını gerçek zamanlı olarak analiz ederek karar alma süreçlerini iyileştirir. Örneğin, akıllı trafik yönetim sistemleri, yoğunluğu azaltarak hem zaman hem de enerji tasarrufu sağlarken, yenilenebilir enerji sistemleriyle bütünleşmiş akıllı enerji şebekeleri, karbon ayak izini önemli ölçüde düşürebilir.

Akıllı şehirlerin başarısı, yalnızca teknolojik yeniliklere değil, aynı zamanda toplumsal katılıma ve yönetişime de bağlıdır. Vatandaşların şehir hizmetlerine erişimini kolaylaştıran mobil uygulamalar, e-devlet çözümleri ve dijital platformlar, şehir sakinlerinin yaşam kalitesini artırır. Bununla birlikte, veri güvenliği, mahremiyet ve dijital eşitsizlik gibi zorluklar, akıllı şehirlerin sürdürülebilirliği açısından dikkatle ele alınmalıdır. Akıllı şehirler, doğru planlama ve yönetimle, kentsel dönüşümü teşvik ederek ekonomik kalkınmayı destekler ve çevresel sürdürülebilirliği artırır. Bu bağlamda, akıllı şehirler sadece teknolojik bir dönüşüm değil, aynı zamanda sosyal ve çevresel dengenin sağlandığı bütüncül bir yaklaşım olarak değerlendirilmelidir. Geleceğin şehirleşme anlayışı, akıllı şehir konseptiyle, daha yaşanabilir bir dünya için umut verici bir vizyon sunmaktadır.

### **1.6.1. Akıllı Şehirlerde Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımı**

Akıllı şehirler, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını merkeze alır. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve biyokütle gibi kaynaklar, karbon emisyonlarını azaltarak çevresel sürdürülebilirliği destekler. Akıllı şehir altyapıları, IoT ve büyük veri analitiği gibi teknolojilerle yenilenebilir enerji sistemlerini optimize eder. Örneğin, akıllı enerji şebekeleri, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki dengeyi sağlamak için gerçek zamanlı veri analizi yaparak enerji kayıplarını minimize eder (Jayawardena vd., 2020). Özellikle güneş enerjisi panelleri ve rüzgâr türbinleri gibi mikro enerji sistemleri, şehirlerin farklı bölgelerinde bağımsız enerji üretimi sağlayarak enerji

dağıtım sistemlerini daha esnek hale getirir. Bu tür teknolojiler hem enerji maliyetlerini düşürmekte hem de enerji bağımsızlığını artırmaktadır.

Akıllı şehirlerde yenilenebilir enerji kullanımının bir diğer önemli boyutu, kentsel sürdürülebilirlik hedeflerine doğrudan katkı sağlamasıdır. Özellikle enerji verimli binalar, yeşil altyapılar ve akıllı ulaşım sistemleri, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak karbon ayak izini azaltmaktadır. Örneğin, Avrupa'da uygulanan Covenant of Mayors for Climate and Energy girişimi, şehirlerin enerji tüketimlerini %40 oranında azaltmayı ve yenilenebilir enerji kaynaklarını artırmayı hedeflemektedir (European Commission, 2018). Bu gibi girişimler, akıllı şehir projelerinde yenilenebilir enerji kullanımının bir standart haline gelmesini sağlamıştır. Ayrıca, akıllı bina sistemleri, güneş panelleri ve enerji depolama birimleriyle donatılarak hem enerji üretimini artırmakta hem de tüketimi optimize etmektedir. Bu sayede, yenilenebilir enerji kaynaklarının akıllı şehirlerdeki rolü, sadece enerji ihtiyaçlarını karşılamaktan öte, kentsel yaşam kalitesini artırmaya yöneliktir.

#### **1.6.2. Akıllı Şehirlerde Yeşil Binalar: Enerji Verimliliği ve Enerji Kimlik Belgesi (EKB) ile Sürdürülebilir Gelecek**

Yeşil binalar, doğal kaynakları verimli kullanan ve çevreye duyarlı yapılar olarak, akıllı şehirlerin sürdürülebilirlik hedefleriyle doğrudan örtüşür. Akıllı şehirler, bilgi ve iletişim teknolojilerini kullanarak kent yaşamını daha verimli, yaşanabilir ve sürdürülebilir hale getiren sistemlerdir. Bu kapsamda, yeşil binalar akıllı şehirlerin enerji yönetimi, su tasarrufu, çevre koruma ve akıllı altyapılar gibi temel bileşenleriyle entegre olarak çalışarak şehirlerin ekolojik ayak izini azaltır. Yenilenebilir enerji kullanımı, akıllı şebekeler, su tasarrufu sistemleri ve düşük karbon salınımı gibi unsurlar, yeşil binaların akıllı şehirlerle uyumlu hale gelmesini sağlar ve daha yaşanabilir kentler oluşturur. Yeşil binalar, akıllı şehirlerin enerji yönetim sistemleriyle entegre olarak çalışarak kent genelinde enerji tüketiminin optimizasyonunu sağlar. Özellikle, bina çatılarına entegre edilen güneş panelleri (fotovoltaik paneller), binaların kendi kendine yetebilen enerji sistemlerine sahip olmasına olanak tanır. Akıllı şebekeler (smart grid) sayesinde, yeşil binalar ürettikleri fazla enerjiyi şehir şebekesine aktararak merkezi enerji sistemlerinin yükünü hafifletir ve enerji paylaşımını mümkün kılar. Böylece, akıllı şehirlerde yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaşması ve fosil yakıt bağımlılığının azalması sağlanır.

Bunun yanı sıra, yeşil binalar su yönetimi ve atık geri dönüşüm sistemleri ile akıllı şehirlerin çevresel sürdürülebilirliğini artırır. Akıllı şehirlerin IoT (Nesnelerin İnterneti) tabanlı su yönetim sistemleriyle birlikte çalışan yeşil binalar, yağmur suyu toplama ve gri su geri dönüşüm sistemleri sayesinde şehir genelinde su israfını önler ve su kaynaklarının korunmasına katkıda bulunur. Ayrıca, akıllı atık yönetim sistemleri, binalarda üretilen atıkların geri dönüşüm süreçlerine entegre edilmesini sağlayarak şehirdeki genel atık yükünü azaltır.

Akıllı ulaşım sistemleriyle entegre olan yeşil binalar, elektrikli araç şarj istasyonları, bisiklet yolları ve toplu taşıma bağlantı noktaları ile sürdürülebilir ulaşımı teşvik eder. Akıllı şehirlerde, yeşil binaların konumlandırılması şehir planlamasına uygun şekilde optimize edilerek ulaşımında karbon salınımının en aza indirilmesi sağlanır. Özellikle yeşil bina projelerinde otopark alanlarına yenilenebilir enerji ile çalışan elektrikli araç şarj istasyonlarının entegre edilmesi, fosil yakıtlara olan bağımlılığı daha da azaltarak sürdürülebilir şehirleşmeyi hızlandırır.

Yeşil binalar, akıllı şehirlerde sürdürülebilir enerji yönetiminin temel taşlarından biridir. Akıllı bina yönetim sistemleri (BMS), sensörler ve IoT teknolojileri sayesinde enerji tüketimini optimize ederek ısıtma, soğutma ve aydınlatma maliyetlerini önemli ölçüde düşürür. Yüksek verimli yalıtım sistemleri, pasif bina tasarımları ve akıllı iklimlendirme çözümleri, enerji verimliliğini artırarak küresel ölçekte karbon emisyonlarının azaltılmasına katkı sağlar. Akıllı şehirlerin temel hedeflerinden biri olan daha düşük enerji tüketimiyle daha yaşanabilir kentler oluşturma vizyonu, yeşil binaların sürdürülebilir yapısıyla tamamlanmaktadır. Bu nedenle, geleceğin akıllı şehirleri, yenilenebilir enerji sistemleriyle entegre edilmiş yeşil binalar sayesinde daha çevreci, ekonomik ve yaşanabilir hale gelecektir.

Yeşil bina, enerji verimliliği yüksek ve çevre dostu tasarımlara sahip bir yapı olarak, EKB ile sınıflandırılır ve bu belge, binanın enerji performansını belirleyerek sürdürülebilirliğini doğrular. EKB, binaların enerji verimliliğini belirleyen resmi bir belgedir ve bir binanın enerji tüketimi, yalıtım durumu ile sera gazı salınımı gibi kriterleri değerlendirilerek enerji performans sınıfını gösterir. A'dan G'ye kadar derecelendirilen bu sınıflandırmada A sınıfı en verimli, G sınıfı ise en düşük enerji performansına sahip bina olarak kabul edilir. Türkiye’de 5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği kapsamında 2011 yılından itibaren yeni yapılan tüm binalar için

EKB alma zorunluluğu getirilmiş olup, 1 Ocak 2020 itibarıyla mevcut binaların da alım, satım ve kiralama işlemlerinde bu belgeye sahip olması gerekmektedir.

EKB, binanın enerji sınıfı, ısıtma-soğutma ve sıcak su sistemlerinin enerji performansı, yalıtım durumu, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı ve karbon salınımı miktarı gibi bilgileri içerir. Bu belge, binalarda enerji tasarrufunu teşvik ederek ısıtma ve soğutma maliyetlerini azaltırken, aynı zamanda sera gazı emisyonlarını düşürerek çevresel sürdürülebilirliğe katkı sağlar. Ayrıca, enerji verimli binalar piyasada daha cazip hale geldiği için EKB, gayrimenkul değerini artırma açısından da büyük bir avantaj sunar. Türkiye’de yasal bir zorunluluk haline gelen bu belge, satış, kiralama ve ruhsat işlemlerinde mutlaka ibraz edilmelidir.

EKB, yetkilendirilmiş enerji verimliliği danışmanlık şirketleri veya mühendislik firmaları tarafından düzenlenir ve binanın enerji performansı detaylı bir şekilde incelendikten sonra oluşturulur. Yeni binalar için müteahhit veya proje sahibi, mevcut binalar için ise bina yönetimi ya da maliklerin başvuru yapması gerekmektedir. Belge, 10 yıl boyunca geçerli olup bu sürenin sonunda yenilenmesi gereklidir. Ayrıca, binada enerji verimliliğini artırıcı bir yenileme yapıldığında da EKB güncellenmelidir.

EKB, akıllı şehirler ve yeşil bina projeleri için büyük önem taşımakta olup, binaların enerji tüketimini optimize ederek daha sürdürülebilir, ekonomik ve çevre dostu hale gelmesini sağlar. Gelecekte daha yaşanabilir ve çevreci kentler oluşturabilmek için binaların enerji performansına dikkat edilmesi, yenilenebilir enerji kullanımının teşvik edilmesi ve EKB gibi düzenlemelerin etkin şekilde uygulanması büyük önem taşımaktadır.

### **1.6.3. Güneş Panelleri (Fotovoltaik Paneller)**

Güneş panelleri (fotovoltaik paneller-PV), güneş ışığını doğrudan elektriğe dönüştüren yenilikçi bir teknoloji olarak modern enerji sistemlerinin merkezinde yer almaktadır. Artan enerji talebi ve fosil yakıtların çevresel etkileri, dünya genelinde daha sürdürülebilir ve temiz enerji kaynaklarına olan ihtiyacı artırmıştır. Bu bağlamda, güneş panelleri hem bireysel hem de endüstriyel ölçeklerde enerji üretimi için etkili bir çözüm sunmaktadır. Güneş enerji sistemlerinin temel prensibi, güneş ışığını elektrik enerjisine dönüştüren yarı iletken malzemelerden faydalanmaya dayanır. Özellikle silikon bazlı güneş hücreleri, PV teknolojisinin en yaygın kullanılan bileşenleridir ve yüksek enerji dönüşüm verimliliği ile dikkat çeker (Razykov vd., 2011). Güneş enerjisi, çevre dostu bir enerji

kaynağı olması ve karbon emisyonlarını azaltmadaki etkisiyle, iklim değişikliğiyle mücadelede kritik bir role sahiptir.

Güneş panellerinin yaygınlaşmasındaki temel faktörlerden biri, son yıllarda maliyetlerinde yaşanan dramatik düşüşlerdir. Teknolojik yenilikler ve üretim süreçlerindeki verimlilik artışı, PV sistemlerin kurulumu ve işletimini ekonomik açıdan daha cazip hale getirmiştir (Goodrich vd., 2012). Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik politikalar ve teşvik mekanizmaları, güneş panellerin bireysel kullanıcılar ve kamu kurumları tarafından daha fazla benimsenmesini sağlamıştır. Şehir planlamasında, özellikle bina çatılarına yerleştirilen güneş panelleri, enerji üretim potansiyelinin en üst düzeye çıkarılması için sıkça tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir. Bu sistemler, kentsel alanlarda kullanılabilir alanları değerlendirerek sürdürülebilir enerji üretimi için yeni fırsatlar yaratmaktadır (Parida vd., 2011).

Güneş panellerin performansı, birçok faktöre bağlıdır. Coğrafi konum, güneş ışınımı miktarı, panelin yönelimi ve eğimi gibi parametreler, enerji üretim kapasitesini doğrudan etkiler. Güneş enerjisi potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerde, PV sistemlerin uygulanması, enerji bağımsızlığı sağlama ve enerji maliyetlerini düşürme açısından önemli avantajlar sunar (Razykov vd., 2011). Buna ek olarak, enerji depolama teknolojilerindeki gelişmeler, güneş panellerin gece saatlerinde ve düşük ışık koşullarında bile enerji ihtiyacını karşılayabilmesini mümkün kılmaktadır. Bu özellikler, PV sistemlerin hem bireysel konutlarda hem de ticari ve endüstriyel tesislerde yaygın olarak kullanılmasını teşvik etmektedir.

Güneş panelleri, yalnızca enerji üretimi sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada da önemli bir rol oynar. PV sistemler, enerji üretimi sırasında sıfır emisyon üretmeleri nedeniyle çevresel etkileri minimize eder ve karbon ayak izini azaltır (Razykov vd., 2011). Ayrıca, akıllı şehir projelerinde ve kentsel enerji planlamasında PV teknolojisi, yenilikçi çözümler sunarak gelecekteki enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında stratejik bir araç haline gelmiştir. Özellikle YBM ve CBS ile entegrasyonu, güneş panellerin daha etkin bir şekilde planlanmasını ve uygulanmasını sağlamaktadır (Parida vd., 2011).

Sonuç olarak, güneş panelleri, yenilenebilir enerji dönüşümünün temel taşlarından biri olarak, sürdürülebilir kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesinde kritik bir öneme sahiptir. Artan enerji talebi, çevresel kaygılar ve ekonomik faydalar, PV teknolojisinin gelecekte daha da yaygınlaşacağını göstermektedir. Bu bağlamda, güneş panelleri, sadece

çevre dostu enerji üretimi sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda enerji güvenliği, sürdürülebilirlik ve ekonomik büyüme için de yeni fırsatlar sunmaktadır.

#### **1.6.4. Güneş Panellerinin Kullanım Alanları**

- **Konut ve Ticari Tesislerde Kullanım:** Güneş panelleri, bireysel konutlardan büyük ölçekli ticari tesislere kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Konutlarda çatılara monte edilen PV sistemleri, ev sahiplerine elektrik faturalarını düşürme ve enerji bağımsızlığı sağlama imkânı tanımaktadır. Türkiye'de çatı üstü güneş enerjisi potansiyeli üzerine yapılan çalışmalar, bu alandaki potansiyelin yüksek olduğunu göstermektedir (Acar vd., 2020) . Ticari tesislerde ise geniş çatı alanları, yüksek enerji üretim kapasiteleri için fırsat sunar. Özellikle alışveriş merkezleri, oteller ve üretim tesisleri gibi enerji tüketimi yüksek olan işletmeler, güneş panelleri tercih ederek sürdürülebilir enerji politikalarına katkı sağlamaktadır.
- **Tarım ve Kırsal Alan Uygulamaları:** Güneş panelleri, tarım sektöründe sulama sistemleri, seraların enerji ihtiyaçları ve kırsal alanların elektrifikasyonu gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Tarımsal sulama sistemlerinde güneş enerjisi kullanımı, özellikle şebekeden uzak kırsal alanlarda, dizel motorların çevreye zararını azaltmak açısından büyük önem taşır. Ayrıca, tarımsal seralarda güneş panellerin entegrasyonu, seraların ısıtma, soğutma ve aydınlatma ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Bu uygulamalar, tarım sektörünün enerji maliyetlerini düşürürken, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine de katkı sunar (Atmaca vd., 2014).
- **Ulaşım ve Altyapı Sistemlerinde Kullanım:** Güneş enerjisi, ulaşım sektöründe de önemli bir rol oynamaktadır. Güneş panelleri, elektrikli araç şarj istasyonlarının enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılabilir. Bunun yanı sıra, tren istasyonları, otoparklar ve havaalanları gibi geniş yüzey alanlarına sahip altyapı tesisleri, güneş panellerle donatılarak enerji maliyetlerini azaltabilir. Ayrıca, kara yollarında yol kenarı aydınlatmalarında ve trafik sinyalizasyon sistemlerinde güneş panellerden faydalanılmaktadır. Bu sistemler, enerji verimliliği ve sürdürülebilir ulaşım için önemli katkılar sağlamaktadır.

- **Büyük Ölçekli Güneş Enerjisi Santralleri:** Güneş panelleri, geniş arazi alanlarında kurulan güneş enerjisi santrallerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de güneş enerjisi potansiyeli yüksek bölgelerde kurulan büyük ölçekli santraller, ülkenin enerji üretimine önemli katkılar sağlamaktadır (Dalcı, Yaylacı, & Delihanlar, 2019). Bu tür santraller, binlerce hanenin enerji ihtiyacını karşılayabilecek kapasiteye sahiptir ve enerji arz güvenliği sağlamada kritik bir rol oynar.
- **Mobil ve Taşınabilir Enerji Sistemleri:** Güneş panelleri, taşınabilir enerji sistemlerinde de kullanılmaktadır. Özellikle kamp yaparken kullanılan güneş enerjisi panelleri, mobil cihazların şarj edilmesi ve küçük ölçekli elektronik cihazların çalıştırılması için idealdir. Bu tür taşınabilir sistemler, doğal afet durumlarında acil enerji ihtiyacını karşılamak için de kullanılabilir.
- **Akıllı Şehir Uygulamaları ve Kentsel Entegrasyon:** Güneş panelleri, akıllı şehir projelerinde sürdürülebilir enerji kaynaklarının entegrasyonu için kritik bir bileşen haline gelmiştir. Çatılarda ve bina cephelerinde kullanılan fotovoltaik sistemler, kentsel enerji üretimini artırırken, karbon emisyonlarını azaltma hedeflerine ulaşılmasına da katkı sağlar. Ayrıca, kentsel planlama süreçlerinde, güneş panellerin YBM ve CBS ile entegrasyonu, güneş enerjisinin etkin kullanımını desteklemektedir (Hamurcu Ulubaş, 2023; Ünsal & Avcı, 2023).

Güneş panellerin geniş kullanım alanları, onların çevresel sürdürülebilirlik, enerji bağımsızlığı ve ekonomik avantajlar açısından sunduğu fırsatları ortaya koymaktadır. Bu çeşitlilik, PV teknolojisinin gelecekte enerji sektöründeki rolünün daha da artacağını göstermektedir.

#### **1.6.5. Bina Çatılarında Yer Alan Güneş Panellerinin Mimari Projeleri**

Bina çatılarında güneş panellerin kullanımı, enerji üretiminde sürdürülebilir bir çözüm sunarken aynı zamanda mimari tasarım süreçlerinde yeni yaklaşımları da beraberinde getirmektedir. Mimari projelerde güneş panellerin entegrasyonu, estetik, işlevsellik ve çevresel sürdürülebilirlik gibi çeşitli faktörlerin dengelenmesini gerektirir. Bu bağlamda, mimarlar ve tasarımcılar, güneş panellerin bina estetiğine uyum sağlaması ve enerji verimliliğini artırması için yenilikçi çözümler geliştirmektedir.

Mimari projelerde güneş panellerin tasarımı, çatının formuna, yönelimine ve eğimine uygun şekilde yapılmaktadır. Panellerin konumlandırılması sırasında, güneş ışığından maksimum fayda sağlanması hedeflenirken, aynı zamanda binanın görsel bütünlüğüne zarar vermemesi önem taşımaktadır. Çatı tipine bağlı olarak, güneş paneller eğimli çatı yüzeylerine paralel yerleştirilebileceği gibi, düz çatılarda özel montaj sistemleri ile farklı açılarda konumlandırılabilir. Özellikle modern mimaride, panellerin çatı yüzeyine entegrasyonunun yanı sıra bina cephesine dahil edilmesi de giderek yaygınlaşmaktadır. Bu durum hem enerji üretimini artırmakta hem de binanın estetik değerine katkı sağlamaktadır.

Güneş panellerin mimari projelerdeki bir diğer önemi, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşma konusundaki katkılarıdır. Bu paneller, bina tasarımında enerji etkin bir yaklaşım sunarak karbon ayak izini azaltır ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eder. Ayrıca, bina kullanıcılarının enerji maliyetlerini düşürerek ekonomik fayda sağlamaktadır. Mimari projelerde güneş panellerin kullanımı, yeşil bina sertifikaları (LEED, BREEAM gibi) almak isteyen projeler için de bir avantaj oluşturmaktadır.

Mimari projelerde güneş panellerin entegrasyonu sırasında, yapısal tasarım ve mühendislik çözümlerinin de dikkate alınması gereklidir. Çatının taşıma kapasitesi, rüzgâr yükü, kar yükü ve su yalıtımı gibi teknik gereklilikler göz önünde bulundurularak panellerin güvenli bir şekilde monte edilmesi sağlanmalıdır. Ayrıca, güneş panellerin bağlantı ekipmanları, inverter sistemleri ve kablolama gibi unsurlar, bina tasarımına entegre edilerek görünürlüğü en aza indirilmekte ve estetik bütünlük korunmaktadır.

Sonuç olarak, bina çatılarında yer alan güneş panellerin mimari projelerde kullanımı, enerji verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Estetik ve teknik gerekliliklerin uyum içinde ele alındığı projelerde, güneş panelleri hem işlevsel hem de görsel değer yaratmaktadır. Bu nedenle, mimarlık disiplini, yenilikçi güneş panelin entegrasyonları ile sürdürülebilir tasarım hedeflerine katkıda bulunmaya devam etmektedir.

#### **1.6.6. Bina Çatıları Üzerine Kurulan Güneş Panellerinin Kurulum Süreçleri**

Bina çatılarına güneş panellerinin kurulumu, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eden önemli bir süreçtir. Bu uygulama, detaylı bir planlama ve uygulama aşamalarını içermektedir. İlk olarak, kurulum süreci fizibilite çalışmaları ile başlamaktadır.

Çatının taşıma kapasitesi, yönelimi, eğimi ve gölgelenme durumu detaylı bir şekilde analiz edilerek panellerin yerleşimi ve enerji üretim potansiyeli değerlendirilmektedir. Bu aşamada yerel mevzuata uyum sağlamak adına gerekli izinler alınmakta ve enerji dağıtım şirketiyle bağlantı süreçleri planlanmaktadır. Aynı zamanda, proje tasarımı kapsamında kullanılacak panel türü, inverter sistemi ve elektrik bağlantı noktaları gibi teknik detaylar belirlenmektedir.

Kurulum sürecinde, malzeme seçimi önemli bir aşamayı oluşturmaktadır. Kullanılacak panellerin türü ve kalitesi enerji üretim verimliliğini doğrudan etkilerken, montaj sistemi çatının türüne uygun bir şekilde tasarlanmaktadır. Ayrıca, elektrik sistem bileşenleri olan inverter, şarj kontrol cihazı, kablolama ve diğer ekipmanların kalite standartlarına uygunluğu sağlanmaktadır. Bu seçimler, sistemin uzun vadeli performansı ve güvenliği açısından kritik öneme sahiptir.

Montaj sürecinde, çatının izolasyonuna zarar vermeden montaj sisteminin kurulumu gerçekleştirilmekte, paneller maksimum güneş ışığını alacak şekilde dikkatlice yerleştirilmektedir. Elektrik bağlantıları, panellerin ürettiği doğru akımı (DC) alternatif akıma (AC) dönüştüren invertere bağlanmakta ve bu enerji bina elektrik sistemine entegre edilmektedir. Aynı zamanda, elektriksel güvenlik için sistemin topraklaması yapılmakta ve aşırı akım ya da yıldırım gibi risklere karşı koruyucu elemanlar eklenmektedir. Bu süreçlerin tamamlanmasının ardından, sistem performansının ve enerji üretim kapasitesinin test edilmesiyle kurulum tamamlanmaktadır. Ayrıca, yerel elektrik dağıtım şirketi ile uyumlu bir şekilde şebekeye bağlantı sağlanmakta ve gerekirse çift yönlü sayaç kurulumu gerçekleştirilmektedir.

Kurulum sonrası bakım ve izleme süreçleri, sistemin uzun vadeli verimliliğini garanti altına almak için önemlidir. Panellerin düzenli olarak temizlenmesi, montaj elemanlarının sağlamlığının kontrol edilmesi ve inverterin bakımının yapılması bu sürecin bir parçasıdır. Ayrıca, enerji üretimini izlemek için dijital izleme sistemleri kullanılarak, performans sürekli olarak değerlendirilmekte ve olası sorunlara erken müdahale imkânı sunulmaktadır. güneş panellerinin bina çatılarına kurulumu, çevresel faydaları artırmak ve enerji maliyetlerini düşürmek adına sürdürülebilir bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. Bu süreç, doğru planlama ve uygulama ile hem bireysel hem de toplumsal enerji ihtiyaçlarının karşılanmasında önemli bir katkı sağlamaktadır.

Bina çatıları üzerine kurulan veya kurulacak olan güneş panellerinin ruhsatlandırma süreci için öncelikle çatı yüzeyinde güneş paneli olup olmadığı kontrol edilir. Eğer çatıda

güneş paneli yoksa, bina çatı hacmi normal şekilde modellenerek 3B sayısal yapı modeli oluşturulur. Çatıda eğer güneş panelleri mevcutsa, bunların yapı ruhsatı içinde olup olmadığı kontrol edilir. Yapı ruhsatı içinde ise zaten güneş panelleri yapı inşaatı ile yapıldığını göstermektedir. Bu durumda, güneş panelleri zaten yapı ruhsatına işlenmiş olarak yer almaktadır. Eğer yapı ruhsatı kapsamında değil ise güneş panelleri sonrasında yapıya monte edildiği veya edileceği sonucu çıkarılarak tadilat ruhsatı veya ilave yapı ruhsatı alınması gerekmektedir. Tadilat ruhsatı veya ilave yapı ruhsatı alınabilmesi için öncelikle çatı statik yük taşıma kapasitesi kontrol edilir ve yapının kullanım izin belgesi (iskân) teyit edilir. Güneş paneli sisteminin ruhsatlandırılması için ise tapu belgesi, imar durumu belgesi, mimari ve statik proje, elektrik projesi, çatı kullanım izni, uygunluk belgesi ve elektrik dağıtım şirketine bağlantı başvurusu gibi belgeler temin edilmelidir. Yetkili bir mühendislik firması ile yapılan hesaplamalar doğrultusunda tadilat ruhsatı veya ilave yapı ruhsatı alınarak gerekli projelendirme işlemleri tamamlanır. Ruhsatlandırma işlemi tamamlandıktan sonra her iki durumda da çatı yüzeyine yerleştirilen paneller için, çatı üzerindeki donatı malzemelerinin eklenebilmesi amacıyla mevcut çatı katmanı üzerine ikinci bir katman oluşturulmalıdır. Bu doğrultuda birinci katmanda çatı yüzeyi sayısallaştırılırken ikinci katmanda ise çatı üzerindeki donatı malzemelerinden biri olan güneş panelleri bulunacak şekilde ayrı parseller oluşturulmuş olacaktır. İkinci katmanda güneş panellerinin tesisat projesi sayısallaştırılarak ruhsatlı güneş panellerinin 3B yapı modeline entegrasyonu yapılır. Normalde 3B yapı modelinde gösterimi bulunmayan ruhsatlı güneş panellerinin, uygulanan bu yöntemle gösterimi sağlanacaktır.

Ayrıca çatı ve cepheye kurulan güneş enerji sistemlerinin kullanılabilmesi ve enerji üretiminin sağlanabilmesi için (Çatı GES) ayrı bir ruhsatlandırma süreci de bulunmaktadır. Bu GES ruhsatlandırılması sistemin kurulu gücüne ve kullanım amacına göre değişiklik göstermektedir. 5 MW'a kadar olan lisanssız GES projeleri, kendi elektrik ihtiyacını karşılamak veya şebekeye enerji satmak amacıyla kurulabilir ve EPDK üretim lisansı gerektirmez. Ancak, belediyeden yukarıdaki paragrafta belirtildiği gibi ya yapı ruhsatı ya da tadilat veya ek yapı ruhsatı alınmalı, elektrik dağıtım şirketinden şebeke bağlantı görüşü alınarak sistemin uygunluğu onaylatılmalıdır. 5 MW üzeri ticari GES projeleri için ise EPDK üretim lisansı zorunludur ve TEİAŞ ile bağlantı anlaşmaları yapılmalıdır. Her iki durumda da mimari, statik ve elektrik projeleri onaylatıldıktan sonra kurulum tamamlanır, teknik denetimler yapılır ve şebekeye bağlantı izni alındığında sistem devreye alınabilir. Bu GES ruhsatlandırma süreci daha çok disiplinler arası çalışma olarak düşünülüp güneş

panellerinin çatıdaki konumunun belirlenmesi gibi fizibilite çalışmaları harita mühendisliği kapsamında olup kurulum bağlantıların yapılması, projelendirilmesi aşamalarındaki işlem adımları diğer mühendisliklerin yer aldığı süreci oluşturmaktadır.

### **1.7. Veri Tabanı**

Veri tabanı, organize bir şekilde saklanan veri koleksiyonudur. Bu veri koleksiyonu genellikle belirli bir amaç doğrultusunda düzenlenir ve erişim için yapılandırılır. Veri tabanları, yapılandırılmış veri (örneğin, tablolarda saklanan veriler) veya yapılandırılmamış veri (örneğin, metin dosyaları veya görseller) içerebilir. Bir veri tabanı, tek başına sadece verinin kendisini temsil eder; veriler üzerinde işlem yapmak veya verileri daha anlamlı hale getirmek için ek araçlar gereklidir. Örneğin, bir okuldaki öğrencilerin adlarını ve notlarını saklayan bir tablo veri tabanıdır. Ancak bu veriyi analiz etmek, güncellemek ya da belirli kriterlere göre sorgulamak için bir sistem gereklidir.

Veri tabanları, tarih boyunca dosya tabanlı sistemlerden (örneğin, düz metin dosyaları) gelişerek ilişkisel tablolara ve daha karmaşık veri modellerine dönüşmüştür. Günümüzde bir veri tabanı, tek bir tabloyu değil, çok sayıda tabloyu ve bunların birbirleriyle olan ilişkilerini içerebilir. Ancak, bu yapıların tek başına işlevsellik sunması sınırlıdır ve yönetilmeleri için ek bir mekanizma gerektirir

#### **1.7.1. Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS)**

Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS), bir veya birden fazla kullanıcının, yapılandırılmış veri kümelerini etkili bir şekilde yönetmesine olanak tanıyan yazılımsal bir araçtır. Bu sistemler, verilerin saklanması, düzenlenmesi, erişilmesi ve işlenmesi süreçlerini optimize ederek, kullanıcıların veriyle ilgili operasyonlarını daha verimli bir şekilde gerçekleştirmelerini sağlar. Özellikle büyük ölçekli verilerin yönetiminde kritik bir öneme sahip olan VTYS, veri bütünlüğünü, güvenliğini ve erişilebilirliğini sağlamak amacıyla tasarlanmıştır (Elmas, 2016). Harita mühendisliği gibi veri yoğun disiplinlerde VTYS, mekânsal verilerin organize edilmesi ve analiz edilmesinde önemli bir rol oynar (Babu, 2017).

### 1.7.2. Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS)'nin Temel Kavramları

VTYS'ler, verilerin etkin bir şekilde saklanması, yönetilmesi ve erişilmesini sağlayan yazılımlardır. Bu sistemler, verilerin düzenli bir şekilde depolanmasını ve gerektiğinde hızlıca erişilmesini mümkün kılar (URL-2). Ayrıca, VTYS'ler veri bütünlüğü ve güvenliğini sağlamak için çeşitli mekanizmalar sunar. Örneğin, veri bağımsızlığı, verinin fiziksel temsili ile kullanımının birbirinden ayrı olmasını ifade eder; bu sayede uygulamalar, verinin nasıl ve nerede depolandığını bilmeden ihtiyaç duydukları verilere erişebilirler (URL-3).

VTYS'ler, veri tekrarı ve tutarsızlığını azaltarak, bellek kullanımını optimize eder ve veri yönetimini daha verimli hale getirir. Bu özellikler, özellikle büyük ölçekli verilerin yönetiminde kritik bir öneme sahiptir (URL-2). Veri modelleri, VTYS'lerin temel bileşenlerindendir ve verilerin mantıksal düzeyde nasıl düzenleneceğini belirler. Her VTYS, belirli bir veri modeli kullanarak verilerin yapısını, aralarındaki ilişkileri ve uygulanacak kısıtlamaları tanımlar (Ankara Üniversitesi, 2020). Sonuç olarak, VTYS'ler, verilerin etkin bir şekilde yönetilmesi, güvenliği ve tutarlılığı için vazgeçilmez araçlardır. Doğru tasarlanmış bir VTYS, kullanıcıların veriyle ilgili operasyonlarını daha verimli ve güvenilir bir şekilde gerçekleştirmelerini sağlar (Ankara Üniversitesi, 2020).

### 1.7.3. Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS)'nin İşlevleri

VTYS'ler, kullanıcılarına çeşitli temel işlevler sunar. İlk olarak, veri saklama ve yönetim işlevi öne çıkar. VTYS, büyük hacimli verilerin düzenli, erişilebilir ve güvenli bir şekilde saklanmasını sağlar. Bu sistemler, yapılandırılmış verileri organize ederek depolama süreçlerini kolaylaştırır ve veri erişimini optimize eder (Elmas, 2016). İkinci önemli işlev, veri sorgulama ve analizdir. Kullanıcılar, SQL (Structured Query Language) gibi sorgu dilleriyle VTYS üzerinde karmaşık sorgular çalıştırabilir ve veri analizi yapabilirler. Bu, iş süreçlerinde hızlı ve doğru karar alınmasını destekleyen kritik bir özelliktir (Connolly & Begg, 2015).

VTYS'ler ayrıca veri güvenliği ve erişim kontrolü mekanizmaları sağlar. Yetkilendirme ve kimlik doğrulama gibi özelliklerle, verilere yalnızca yetkilendirilmiş kişilerin erişmesini sağlar. Bu sistemler, veri tutarlılığı ve bütünlüğünü koruyarak, hatalı ya da eksik veri girişini önler (Date , 2004). Son olarak, yedekleme ve kurtarma özellikleri sayesinde veri kayıplarını önler ve sistemin sürekliliğini sağlar (Ramakrishnan & Gehrke, 2003).

#### **1.7.4. Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS) Türleri**

VTYS, kullanıcıların ihtiyaçlarına ve veri yapılarına bağlı olarak farklı türlerde sınıflandırılabilir. En yaygın tür, İlişkisel Veri Tabanı Yönetim Sistemleri'dir (RDBMS-Relational Database Management Systems). Bu sistemlerde, veriler tablolar şeklinde saklanır ve tablolar arasındaki ilişkiler birincil anahtar ve yabancı anahtar gibi mekanizmalarla tanımlanır. MySQL, PostgreSQL ve Oracle Database, RDBMS türünün önde gelen örneklerindendir (Connolly & Begg , 2015). Daha esnek bir veri modeli sunan NoSQL veri tabanları, büyük ölçekli ve yapısal olmayan verilerin işlenmesi için idealdir. NoSQL veri tabanları, belge tabanlı, anahtar-değer tabanlı, grafik tabanlı ve sütun tabanlı modelleri kapsar. MongoDB ve Cassandra, bu tür veri tabanlarının popüler örneklerindendir (Ramakrishnan & Gehrke, 2003). Daha az yaygın olan hiyerarşik ve ağ tabanlı veri tabanları, daha karmaşık ilişkileri temsil etmek için geliştirilmiştir. Hiyerarşik modeller, verilerin ağaç yapısında düzenlenmesini sağlamaktadır. International Business Machines Corporation (IBM) tarafından geliştirilen Information Management System (IMS) bu modelin bir örneğidir. IMS, hiyerarşik bir veri tabanı ve işlem yönetim sistemidir. Ağ tabanlı modeller ise birden çok ilişkiyi ve karmaşık bağlantıları desteklemek için kullanılır (Date , 2004).

#### **1.7.5. Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS)'nin Avantajları**

VTYS, kullanıcılara çeşitli avantajlar sunar. Veri tutarlılığı, bu sistemlerin temel özelliklerinden biridir. Birden fazla kullanıcının eşzamanlı erişimi durumunda bile, verinin bütünlüğü ve doğruluğu korunur (URL-3). Bu özellik, özellikle yoğun veri yönetimi süreçlerinde güvenilirliği artırır. Veri paylaşımı, VTYS'nin bir diğer önemli avantajıdır. Kullanıcılar, sistem üzerinde ortak çalışabilir ve belirli verilere erişim sağlayabilirler. Bu

özellik, özellikle iş birliği gerektiren projelerde ve organizasyonlarda büyük önem taşır (URL-4). VTYS'ler ayrıca esneklik sunar. Veri tabanı yapılarının zamanla büyümesi veya değişmesi gerektiğinde, VTYS'ler bu süreçleri kolaylaştırır. Yeni veri türlerinin ve yapıların sisteme entegre edilmesi hızlı ve sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilebilir (Öztürk & Atmaca , 2017). Güvenlik açısından, VTYS'ler kullanıcı doğrulama ve yetkilendirme mekanizmaları ile veriyi koruma altına alır. Bu mekanizmalar sayesinde, veri tabanı yalnızca yetkilendirilmiş kullanıcıların erişimine açık olur ve hassas bilgilerin güvenliği sağlanır (Katı & Küçüksille, 2018).

#### **1.7.6. Veri Tabanı Yönetim Sistemi (VTYS) Kullanım Alanları**

VTYS, modern dünyada neredeyse her sektörde yaygın olarak kullanılmaktadır. E-ticaret sektöründe, sipariş takibi, müşteri bilgileri yönetimi ve stok kontrolü gibi süreçlerde VTYS kritik bir rol oynar (Connolly & Begg , 2015). Bankacılık sektöründe, finansal işlemlerin izlenmesi, kullanıcı hesaplarının yönetimi ve veri güvenliği gibi konularda veri tabanı sistemleri etkin bir şekilde kullanılır (Ramakrishnan & Gehrke, 2003). Sağlık sektöründe, hasta kayıtlarının yönetimi, ilaç takip sistemleri ve araştırma verilerinin saklanması için VTYS kullanılmaktadır. Bu, özellikle büyük hastane ağlarında ve sağlık kuruluşlarında verilerin güvenli bir şekilde saklanması ve erişilmesi için önemlidir (Elmas, 2016). Akademik çalışmalarda ise VTYS, araştırma verilerinin analizinde, veri tabanı oluşturulmasında ve raporlanmasında önemli bir rol oynar. Özellikle büyük veri setleri üzerinde çalışan araştırmacılar için VTYS, analiz süreçlerini kolaylaştırır ve hızlandırır (Date , 2004). Harita mühendisliği disiplinde, VTYS mekânsal verilerin yönetimi, depolanması ve analiz edilmesi için kullanılmaktadır. CBS ile bütünleşmiş çalışan VTYS, altyapı planlama, şehir modelleme, afet yönetimi ve çevresel analizler gibi alanlarda hayati bir rol oynar. Mekânsal veri tabanlarının oluşturulması ve coğrafi analizlerin yapılması, bu sistemlerin temel işlevlerindendir (Yomralıoğlu, 2000).

### 1.7.7. Veri Tabanı Yönetim Sisteminde Kullanılan Programlar

3B yapı modelinin VTYS entegrasyonu için kullanılan yazılımlar, yapı tasarımı, veri yönetimi ve paylaşımını kolaylaştırarak projelerin etkin bir şekilde yönetilmesini sağlar. BIM (Building Information Modeling) yazılımları, yapıların tüm bilgilerini dijital ortamda modelleyerek bu bilgilerin VTYS ile entegrasyonunu mümkün kılar. Örneğin, Autodesk Revit, inşaat ve mimarlık alanında yaygın olarak kullanılan bir yazılımdır. Revit, yapıların özelliklerini dijital olarak temsil eder ve API'ler aracılığıyla model verilerini farklı VTYS'lere aktarabilir (Eastman vd., 2011). Archicad ve Tekla Structures gibi diğer BIM yazılımları da benzer şekilde 3D modelleme ve VTYS entegrasyonu için kullanılmaktadır. Özellikle Tekla Structures, çelik ve yapı mühendisliği projelerinde veri senkronizasyonu sağlar (Kensek, 2014). Veri tabanları olarak, MySQL ve PostgreSQL gibi açık kaynaklı sistemler, BIM yazılımlarından alınan verilerin depolanmasında yaygın bir şekilde tercih edilir. Küçük ve orta ölçekli projelerde maliyet avantajı sağlarken, Microsoft SQL Server ve Oracle Database gibi kurumsal çözümler büyük ölçekli projelerde yüksek işlem gücü ve veri güvenliği sunar (Ramakrishnan & Gehrke, 2003). Bu sistemler, modelleme yazılımlarından gelen verilerin işlenmesi ve analiz edilmesi için güçlü altyapılar sağlar. Veri aktarımı ve entegrasyonu için sıklıkla ODBC (Open Database Connectivity) gibi araçlar kullanılmaktadır. ODBC, farklı yazılım sistemleri arasındaki veri bağlantılarını sağlar. IFC (Industry Foundation Classes) ise yapı modelleme verilerinin standart bir formatta paylaşılmasına olanak tanır (Eastman vd., 2011; URL-4). Bu format, BIM yazılımlarından veri tabanlarına veri aktarımı için yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, FME (Feature Manipulation Engine), farklı veri formatları (IFC, CAD, vb.) arasında dönüşüm yaparak entegrasyonu kolaylaştırır ve verilerin düzenlenmesini sağlar (URL-5). Adres sorgulama sistemleri gibi VTYS uygulamalarında, kullanıcı bilgileri ve adres verileri MySQL veya PostgreSQL gibi açık kaynaklı veri tabanlarında saklanabilir. Büyük ölçekli sistemlerde, Microsoft SQL Server ve Oracle Database gibi kurumsal çözümler tercih edilir. Bu sistemler, kullanıcı verilerinin güvenliğini sağlayarak verilerin doğru ve hızlı bir şekilde işlenmesini temin eder.

### 1.7.8. Veri Tabanı Sistemleri Arasında Etkileşim ve Entegrasyon Sorunları

Veri tabanı entegrasyonu, farklı sistemlerde dağıtılmış ve karmaşık yapıdaki verilerin uyumlu hale getirilmesini ifade eder. Ancak bu süreçte teknik, anlamsal, organizasyonel ve güvenlik boyutlarında çeşitli zorluklarla karşılaşılır. Farklı veri tabanı sistemlerinin çeşitli format ve protokoller kullanması, entegrasyonu zorlaştıran temel faktörlerdendir (Doan & Halevy, 2011). Örneğin, SQL tabanlı bir sistem ile NoSQL tabanlı bir sistem arasındaki yapısal farklılıklar şemaların yeniden tasarlanmasını gerektirebilir. Ayrıca, veri senkronizasyonu sürecinde zamanlama uyumsuzlukları, çakışmalara ve veri kaybına yol açabilir (Navathe & Elmasri, 2020). Anlamsal uyumsuzluklar, aynı kavramın farklı sistemlerde farklı anlamları ifade etmesinden kaynaklanır. Örneğin, bir sistemde "müşteri" bireyleri ifade ederken, başka bir sistemde şirketleri temsil edebilir. Bu gibi semantik farklılıkları aşmak için ortak ontolojiler ve standart terminolojiler geliştirilmelidir (Lassila vd., 2001). Veri tabanı entegrasyonu, çoğu zaman organizasyonlar arasında iletişim eksikliği ve veri sahipliği konusundaki uyuşmazlıklar nedeniyle karmaşıklaşır (Stonebraker & Hellerstein, 2005). Ayrıca, her organizasyonun kendine has veri politikaları ve bütçe sınırlamaları entegrasyonu daha maliyetli ve zaman alıcı hale getirebilir. Verilerin farklı sistemler arasında aktarılması, güvenlik açıkları oluşturabilir. Örneğin, bir sistemde şifrelenmiş olarak tutulan veriler, başka bir sistemde yetersiz güvenlik önlemleri nedeniyle risk altında olabilir. Bu sorunları önlemek için veri maskeleyme, şifreleme ve anonimleştirme teknikleri kullanılmalıdır (Kantarcioğlu & Clifton, 2004). Entegrasyon sürecinde, tarafların rol ve sorumlulukları net bir şekilde tanımlanmalı ve iletişim mekanizmaları güçlendirilmelidir. Standart veri formatları ve protokollerinin benimsenmesi, uyumluluğu artırabilir. Bulut tabanlı entegrasyon yaklaşımları ise coğrafi olarak dağıtılmış sistemlerin entegrasyonunu kolaylaştırabilir (Marz & Warren, 2015). Veri tabanı entegrasyonu, teknik, anlamsal, organizasyonel ve güvenlik boyutlarında zorluklar içerir. Bu sorunların üstesinden gelmek için disiplinler arası iş birliği, standartlar ve yenilikçi teknolojiler önemlidir.

### 1.8. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Unsurları

CBS, konuma dayalı verilerin toplanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi süreçlerini bir araya getiren bir bilgi teknolojisidir. (Yomralıoğlu, 2000).

CBS, akademik dünyada disiplinler arası araştırmalarda geniş bir kullanım alanı bulurken, harita mühendisliği açısından arazi yönetimi, kentsel planlama ve altyapı projelerinde vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir. Bu sistem, kullanıcıların doğru ve hızlı kararlar almasına katkı sağlayarak doğal kaynakların yönetimi, risk analizi ve çevresel değerlendirme gibi birçok alanda önemli bir rol üstlenmektedir. CBS, farklı disiplinlerden kullanıcıların ihtiyaçlarına göre çeşitli şekillerde tanımlanabilir. Temel amacı, karar alma süreçlerini kolaylaştırmak ve hızlandırmaktır. Doğal afetlerin tahmini, planlama, doğal kaynak yönetimi, altyapı geliştirme, arazi kullanımı, lojistik ve acil durum yönetimi gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. CBS, doğruluk, hızlı erişim, veri bütünlüğü ve paylaşım kolaylığı gibi avantajlarla modern teknolojilerin gelişimiyle birlikte giderek daha fazla benimsenmekte ve kullanım alanı yaygınlaşmaktadır (Gün, 2023).

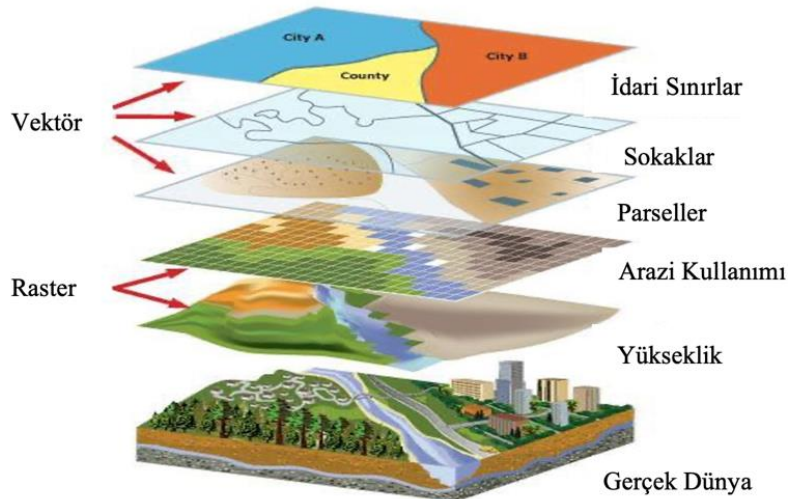
Harita mühendisliği perspektifinden bakıldığında CBS, mekânsal verilerin toplanması, işlenmesi ve altyapı projelerinin planlanmasında standart bir araçtır. CBS, arazi düzenlemeleri, ulaşım ağlarının optimizasyonu ve altyapı sistemlerinin analizi gibi teknik süreçlerde, sağladığı doğruluk ve analiz kapasitesi sayesinde mühendislik projelerinin başarısına önemli bir katkı sunmaktadır. Bu sistem, topografya, iklim, arazi kullanımı ve nüfus gibi konuma dayalı verilerin diğital ortama aktarılması, bu verilerin düzenlenmesi ve sorgulanmasıyla yeni bilgilere ulaşılmasını sağlar (Longley vd., 2015). Ayrıca CBS, farklı veri setleri arasındaki mekânsal ilişkileri ortaya koyar ve bu bilgileri harita veya diğer görsel formatlarda sunarak karar alma süreçlerini destekler (Chang, 2016).

CBS, farklı veri katmanlarının bir arada işlenmesine olanak tanıyarak kullanıcıların kapsamlı analizler yapmasına ve karar süreçlerine dhil edilmesini sağlar (Burrough & McDonnell, 1998). Özellikle arazi planlamasında, parsel sınırları, yol ağları ve yükseklik modelleri gibi çeşitli verilerin birlikte değerlendirilmesi için ideal bir altyapı sunar. Hem mekânsal hem de mekânsal olmayan verilerin bir arada kullanımı, kullanıcıların detaylı ve doğru sonuçlar elde etmesine katkı sağlamaktadır (Bolstad, 2019).

CBS, günümüz teknolojilerinin entegrasyonunda kilit bir araç olarak öne çıkmaktadır. CBS'nin etkin kullanımı, sürdürülebilir kentleşme, doğal kaynakların korunması ve afet yönetimi gibi kritik alanlarda önemli katkılar sağlayabilir. şehirler, birbirine bağlı ve sürekli etkileşim içinde olan karmaşık sistemlerdir. Bu nedenle, karmaşık yapılar arasında doğru analizler yapabilmek ve stratejik kararlar alabilmek için CBS'nin merkezi bir rol oynaması gereklidir (Tomlinson , 2007). CBS, farklı veri katmanlarını bir araya getirerek mekânsal analizlere hızlı erişim sağlar ve bu özelliği ile karar alma

süreçlerini güçlendirir. Özellikle konuma dayalı bilgi sistemlerinin önemi dikkate alındığında, CBS'nin akıllı şehirlerin geliştirilmesi ve yönetilmesinde kritik bir araç olduğu açıktır (Longley vd., 2015). CBS'nin işlevselliği, verilerin toplanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi için birlikte çalışan unsurların bütünlüğüne bağlıdır. Bu unsurlar, sistemin kullanıcı ihtiyaçlarını karşılama kapasitesini belirler ve işlevselliğini artırır (Chang, 2016).

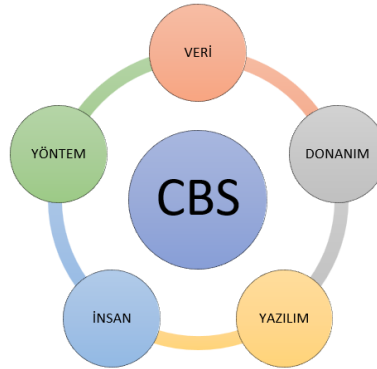
CBS'nin katmanlı yapısı, verilerin farklı katmanlar halinde depolanmasına ve her bir katmanda ayrı işlemler yapılabilmesine olanak tanır. Konumsal veriler (örneğin, uydu görüntüleri, haritalar ve GPS (Global Positioning System) koordinatları) ile öznitelik verilerinin (örneğin, nüfus, arazi kullanımı, iklim bilgileri) bir araya getirilmesi, sistemin anlamlı sonuçlar üretebilmesini sağlar. Örneğin, bir arazi haritasında yer altı suyu, jeolojik yapı ve mevcut arazi durumu gibi veriler farklı katmanlarda saklanır. Kullanıcılar, bu katmanları istedikleri sırayla birleştirerek görsel olarak analiz yapabilirler. CBS'de verilerin görsel sunumu için nokta, çizgi ve alan sembollerinden yararlanılır. Nokta sembolü, örneğin lokanta ve okul gibi belirli yerleri; çizgi sembolü, yollar ve nehirler gibi doğrusal özellikleri; alan sembolü ise ormanlar ve göller gibi yüzey alanlarını temsil etmek için kullanılır. Bu semboller, aynı harita üzerinde bir arada kullanılabilir ve farklı katmanlarda birleştirilebilir (Kapluhan E. , 2014). Veri kalitesi, sistemden elde edilen sonuçların doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Coğrafi veri temsiline bir örnek Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Coğrafi veri temsili (Kapluhan E. , 2014)

CBS'nin unsurları şu şekilde tanımlanabilir (Yomralıoğlu, 2000) (Şekil 2);

- **Veri:** CBS'nin ana yapı taşı olan veriler, mekânsal ve mekânsal olmayan (öznitelik) bilgilerden oluşur. Mekânsal veriler, nesnelerin konumlarını ve ilişkilerini ifade ederken, mekânsal olmayan veriler, nesnelerin nitelik bilgilerini içerir. Örneğin, bir bina haritası mekânsal veri sağlarken, o binanın kullanım amacı mekânsal olmayan bir veridir (Burrough & McDonnell, 1998).
- **Donanım:** CBS sistemlerini çalıştırmak için kullanılan donanımlar, bilgisayarlar, sunucular, veri toplama cihazları (örneğin GPS cihazları ve dronlar) ve tarayıcılardan oluşur. Bu donanımlar, büyük veri kümelerinin işlenmesi ve saklanması için gereken fiziksel altyapıyı sağlar (Bolstad, 2019).
- **Yazılım:** CBS yazılımları, verilerin analiz edilmesi, görselleştirilmesi ve yönetimi için tasarlanmıştır. Örneğin, ArcGIS, QGIS ve GRASS GIS gibi yazılımlar, kullanıcıların coğrafi verilerle çalışmasını kolaylaştırır ve mekânsal analiz süreçlerini optimize eder (Chang, 2016).
- **İnsan Kaynağı:** CBS'nin etkin bir şekilde kullanılması, bu sistemleri yönetecek ve analiz süreçlerini yürütecek uzman bireylerin varlığına bağlıdır. CBS uzmanları, veri toplama, işleme, analiz ve yorumlama süreçlerini yöneterek sistemin başarısını artırır (Goodchild, 2007).
- **Yöntemler:** CBS, verilerin anlamlı hale getirilmesi için çeşitli yöntemler ve algoritmalar kullanır. Bu yöntemler, mekânsal analiz, modelleme ve simülasyon gibi işlemleri içerir ve sistemin sağladığı karar destek kapasitesini artırır (Heywood vd., 2011).



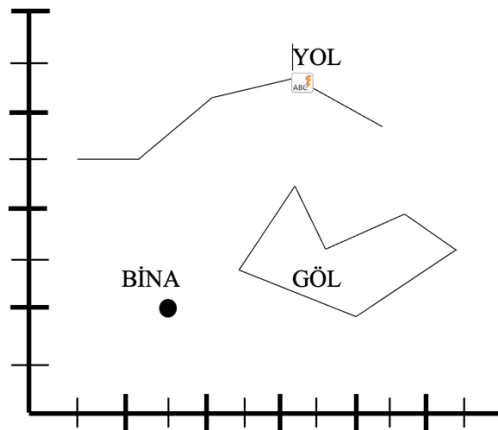
Şekil 2. CBS unsurları (Yomralıoğlu, 2000)

CBS, donanım, yazılım, veri, insan kaynakları ve yöntemlerden oluşan bir sistem bütünlüğüne sahiptir. Bu bileşenlerin her biri, sistemin etkin çalışması ve kullanıcı ihtiyaçlarını karşılaması için kritik bir öneme sahiptir. CBS'nin başarısı, bu unsurların birbiriyle uyumlu bir şekilde entegre edilmesine ve yönetilmesine bağlıdır (Bolstad, 2019). CBS'nin doğru bir şekilde tasarlanması ve uygulanması hem mühendislik projelerinde hem de bilimsel araştırmalarda değerli sonuçlar elde edilmesini sağlar. Bu sistem, karmaşık mekânsal problemleri çözmek için etkili bir araç olarak kullanılmaktadır ve farklı disiplinlerde yenilikçi çözümler sunmaktadır (Heywood vd., 2011).

### 1.8.1. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Veri Formatları

CBS içerisinde kullanılan veri formatları, mekânsal bilgilerin temsil edilmesi, işlenmesi ve depolanması açısından kritik bir öneme sahiptir. CBS'de veri formatları genellikle iki ana kategoriye ayrılır: vektör veriler ve raster veriler.

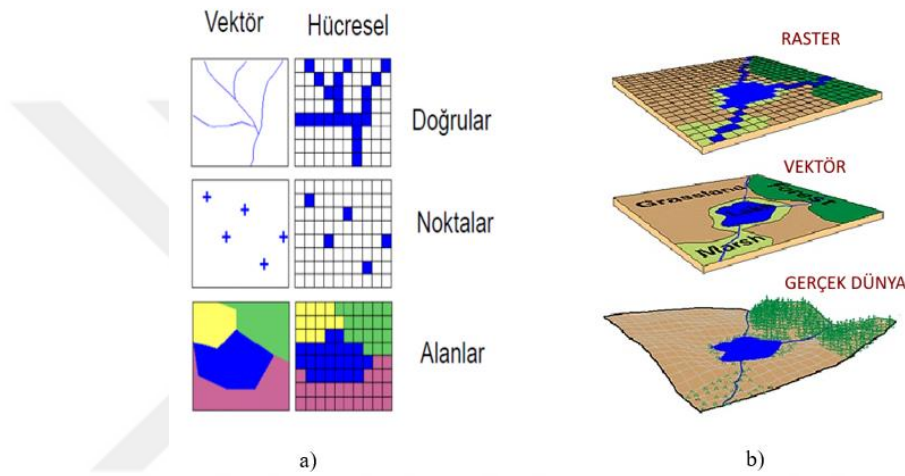
- Vektör veri formatları (Şekil 3), coğrafi nesneleri nokta, çizgi ve çokgen olarak temsil eder. Noktalar, belirli konumları ifade etmek için; çizgiler, yollar veya nehirler gibi lineer özellikleri göstermek için; çokgenler ise binalar veya arazi kullanım alanları gibi alan özelliklerini modellemek için kullanılır. En yaygın kullanılan vektör veri formatları arasında *Shapefile* (.shp), *GeoJSON* (.geojson) ve *KML* (.kml) bulunmaktadır (Chang, 2016).



Şekil 3. Vektörel veri formatı

- Raster veri formatları, mekânsal bilgileri düzenli bir ızgara yapısında temsil eder. Bu format, özellikle uydu görüntüleri ve dijital yükseklik modelleri (DEM) gibi sürekli verilerin işlenmesinde kullanılır. Raster verilerde her hücre, belirli bir değeri (örneğin, yükseklik veya sıcaklık) temsil eder. Yaygın raster formatları arasında *GeoTIFF (.tif)*, *JPEG2000 (.jp2)* ve *NetCDF (.nc)* sayılabilir (Bolstad, 2019).

Vektör ve Raster veri formatları Şekil 4 'de gösterilirken bu veri formatlarının dijital gösterimi (a), gerçek dünya gösterimleri de (b) görsellerinde gösterilmiştir.



Şekil 4. Vektör ve raster veri formatları (Netcad); a) Vektör ve raster veri formatlarının dijital gösterimi b) Vektör ve raster veri formatlarının gerçek dünya gösterimi

CBS'nin etkin bir şekilde çalışması, veri formatlarının projeye uygun şekilde seçilmesine ve yönetilmesine bağlıdır. Uygun format seçimi, verilerin doğru bir şekilde analiz edilmesini ve görselleştirilmesini sağlar.

### 1.8.2. CBS'nin Yaygın Kullanım Alanları

CBS, mekânsal verilerin yönetimi, analizi ve görselleştirilmesiyle birçok sektör ve disiplinde yaygın olarak kullanılmaktadır. CBS'nin sunduğu analiz ve karar destek imkanları, geniş bir uygulama yelpazesinde verimliliği artırmaktadır. Öne çıkan kullanım alanları şunlardır:

- Çevre Yönetimi: Orman takibi, su kaynaklarının korunması ve iklim değişikliği etkilerinin analizi gibi alanlarda etkin bir araçtır (Heywood vd., 2011).

- Şehir Planlama: Arazi kullanımı düzenlemeleri, trafik yoğunluğu analizi ve kentsel dönüşüm projelerinde rehberlik eder (Longley vd., 2015).
- Tarım: Hassas tarım uygulamaları, ürün planlaması ve sulama yönetiminde kullanılır (Bolstad, 2019).
- Enerji: Güneş ve rüzgâr enerjisi potansiyelinin belirlenmesi ve enerji iletim hatlarının planlanmasında rol oynar (Chang, 2016).
- Afet Yönetimi: Risk haritalarının oluşturulması, tahliye planlarının optimize edilmesi ve hasar tespit çalışmaları yapılmasını sağlar (Burrough & McDonnell, 1998).
- Ulaşım: Trafik akışının modellenmesi, güzergâh optimizasyonu ve toplu taşıma sistemlerinin planlanmasında kullanılır (Heywood vd., 2011).
- Sağlık: Salgın hastalıkların dağılım analizi, sağlık hizmetlerine erişim haritaları ve risk bölgelerinin belirlenmesinde etkilidir (Longley vd., 2015).
- Savunma: Sınır yönetimi, kriz yönetimi ve askeri operasyonların planlanmasında stratejik bir araçtır (Tomlinson , 2007).
- Turizm: Turistik alanların planlanması, tanıtımı ve ziyaretçi yoğunluğu analizleri için CBS'den yararlanılır (Chang, 2016).
- Eğitim ve Araştırma: Mekânsal analiz yöntemlerinin öğretilmesi ve araştırmalarda uygulanması için kullanılır (Bolstad, 2019).
- Jeoloji: Maden yataklarının haritalanması ve yeraltı suyu hareketlerinin modellenmesi gibi süreçlerde CBS'den yararlanılır (Heywood vd., 2011).
- Denizcilik: Liman yönetimi, deniz yollarının planlanması ve deniz kirliliği izlenmesi gibi alanlarda kullanılır (Burrough & McDonnell, 1998).
- İklim: Yağış, sıcaklık ve rüzgâr verilerinin mekânsal analizi ve iklim değişikliği etkilerinin değerlendirilmesinde önemli bir (Longley vd., 2015).

Bu alanlarda CBS'nin sağladığı mekânsal analiz ve görselleştirme yetenekleri, karar verme süreçlerini iyileştirerek uygulamaların etkinliğini artırmaktadır.

### **1.8.3. Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Harita Mühendisliğinde Kullanımı**

CBS, mekânsal veri yönetimi, analizi ve görselleştirilmesi süreçlerinde harita mühendisliği ile bütünleşmiş bir şekilde çalışarak mühendislik projelerinin etkinliğini

artırmaktadır. Özellikle kentsel planlama, altyapı tasarımı ve arazi yönetimi gibi alanlarda CBS'nin kullanımı, harita mühendislerinin ürettiği verilerin daha verimli bir şekilde işlenmesine olanak tanır. CBS, grafik ve grafik olmayan verileri ve bu veriler arasındaki mantıksal ve topolojik ilişkileri bütünsel olarak işleyebilme yeteneği sayesinde, konuma dayalı analizlerin gerçekleştirilmesinde önemli bir rol oynar (URL-6). Örneğin, lazer tarama (LiDAR- Light Detection and Ranging) verilerinden üç boyutlu yüzey modellerinin oluşturulması veya GNSS (Global Navigation Satellite System) ile elde edilen ölçüm verilerinin CBS tabanlı analizlerle değerlendirilmesi, harita mühendisliği ile CBS'nin bütünsel kullanımını göstermektedir (URL-7). Bu entegrasyon, mühendislik projelerinde mekânsal verilerin toplanmasından analizine ve görselleştirilmesine kadar olan tüm süreçlerde CBS'nin vazgeçilmez bir araç haline gelmesini sağlamıştır. Dolayısıyla, harita mühendisliği ve CBS arasındaki bu güçlü bağ, mekânsal veri teknolojilerinin ilerlemesiyle daha da derinleşerek modern mühendislik uygulamalarına yön vermektedir.

#### **1.8.4. Coğrafi Bilgi Sistemleri Yazılımları**

CBS yazılımları, mekânsal veri işleme, analiz ve görselleştirme süreçlerinde temel araçlardır. Farklı disiplinlerdeki mekânsal analiz, planlama ve karar verme süreçlerini destekleyerek geniş bir kullanıcı kitlesine hitap etmektedir. Önde gelen CBS yazılımları aşağıda sıralanmıştır:

- ArcGIS (Esri): Ticari CBS yazılımları arasında en yaygın kullanılanlardan biridir. Gelişmiş haritalama araçları, mekânsal analiz yetenekleri ve geniş bir eklenti ekosistemi sunar. Masaüstü, çevrimiçi ve mobil sürümleri mevcuttur (URL-8).
- QGIS (Quantum GIS): Açık kaynaklı ve ücretsiz bir CBS yazılımıdır. Özelleştirilebilir yapısı ve geniş kullanıcı topluluğuyla hem temel hem de ileri düzey analizler için tercih edilir (URL-9).
- GRASS GIS: Raster analizleri ve mekânsal modelleme için güçlü açık kaynaklı bir yazılımdır. Özellikle bilimsel araştırmalarda ve coğrafi modellemelerde kullanılır (URL-10).
- AutoCAD Map 3D: CBS ile mühendislik tasarımlarını birleştiren bir yazılımdır. Altyapı projelerinde sıkça kullanılır ve coğrafi verilerle çizim entegrasyonu sunar (URL-11).

- MapInfo Pro: Ticari CBS uygulamalarında kullanılan bir yazılımdır. Haritalama ve mekânsal analizler için pratik bir arayüz sağlar (URL-12).
- Erdas Imagine: Uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarını işlemek için tasarlanmış güçlü bir yazılımdır. Arazi sınıflandırması ve görüntü analizi için etkilidir (URL-13).
- Global Mapper: Basit arayüzü ve geniş format desteğiyle hem yeni başlayanlar hem de profesyoneller için uygundur. Veri dönüştürme araçlarıyla dikkat çeker (URL-14).
- SAGA GIS (System for Automated Geoscientific Analyses): Jeolojik analizler ve veri işleme süreçleri için geliştirilmiş açık kaynaklı bir yazılımdır (URL-15).
- Google Earth Pro: Kullanıcı dostu bir arayüzle mekânsal verilerin görselleştirilmesini sağlar. Basit analizler ve sunum amaçlı kullanılır (URL-16).
- PostGIS: PostgreSQL veri tabanına mekânsal veri yönetim işlevselliği kazandıran bir eklentidir. Büyük ölçekli veri analizleri ve veri tabanı tabanlı CBS uygulamaları için uygundur (URL-17)

### 1.9. 3B Yapı Modeli

Türkiye'de 3B (üç boyutlu) yapı modelinin uygulamaları, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nce yürütülen "3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi" kapsamında 2020 yılında ilk olarak başlatılmıştır. Bu proje ile TKGM tarafından üretilen veya ürettirilecek olan üç boyutlu verilerin; üretim takibi, doğrulama ve barındırılması, entegrasyonu, sunumu, paylaşım ve süreklilik modelini içeren TKGM 3B Şehir Modelleri Yönetim Bilgi Sisteminin kurulması amaçlanmıştır (URL-18). Pilot iller arasında Amasya, Ankara, Aydın, Balıkesir, Bolu, Burdur, Çanakkale, Çankırı, Denizli, Erzincan, Eskişehir, Gaziantep, Isparta, İzmir, Kahramanmaraş, Kırıkkale, Kütahya, Osmaniye ve Tekirdağ yer almıştır. Bu illerde, 3B sayısal yapı modellerinin oluşturulması ve entegrasyonu süreçleri tamamlanmış ve kabul aşamasına gelinmiş bulunmaktadır. 1 Ocak 2025 itibarıyla, kat irtifakı ve kat mülkiyeti işlemlerinde 3B sayısal yapı modellerinin kullanımı Türkiye genelinde zorunlu hale getirilmiştir. Bu kapsamda, mimari projelerle birlikte 3B sayısal yapı modellerini yapan mühendislik firmaları bu modelleri Belediye onayına sunarak her taşınmaza ait farklı validasyon kodları ile güvenli elektronik ortamda Belediyeler tarafından Tapu ve Kadastro Müdürlükleri'ne iletmektedir.

Bu uygulama ile, gayrimenkul alım satım süreçlerinde yapıların alan büyüklüğü, cephe, oda sayısı gibi bilgilerin 3B görüntülerle sunulması sağlanacak; ayrıca, iskanlı ve iskansız binaların takibi de kolaylaşacaktır. Elde edilen veriler, şehir planlaması, arazi yönetimi, mühendislik projeleri ve afet yönetimi gibi alanlarda da kullanılabilecektir (URL-18).

3B Yapı Modeli, yapıların ve yerleşim alanlarının üç boyutlu mekânsal özelliklerini dijital ortamda temsil eden bir modelleme yöntemidir (Demir & Çetin, 2020). Bu modeller, yapıların geometrik şekli, boyutu, konumu ve çevresel ilişkileri gibi detaylı bilgileri içerir (Kolbe T. H., 2009). Harita mühendisliği açısından, özellikle kentsel planlama, altyapı yönetimi, mühendislik projeleri ve afet yönetimi gibi uygulamalarda kritik bir rol oynar (Biljecki vd., 2016).

Bu modeller, fotogrametri, lazer tarama , drone görüntüleri ve uydu verileri gibi çeşitli veri toplama yöntemleriyle oluşturulur (Turgut & Akın, 2020). CBS ile entegre edilen 3B yapı modelleri, konumsal analizlerin yapılması ve karmaşık mekânsal problemlerin çözülmesi için güçlü bir temel sağlar. Özellikle CityGML formatında hazırlanan modeller, ülke koordinat sistemlerinde düzenlenerek resmî kurumlarca yapı ruhsatı ve izin belgeleri için kullanılmaktadır (URL-19).

3B yapı modelleri, şehir planlama süreçlerinde bina yüksekliklerinin analizinden altyapı projelerinin tasarımına, trafik ve nüfus yoğunluğunun modellenmesinden enerji ve su şebekelerinin izlenmesine kadar birçok farklı alanda kullanılmaktadır (URL-20). Bina yoğunluğu, arazi eğimi ve çevresel etkiler gibi parametreleri değerlendirerek sürdürülebilir şehir planlama projelerine katkı sağlar (Demir & Çetin, 2020).

Akademik araştırmalar açısından 3B yapı modelleri, şehir morfolojisinin incelenmesi, sanal gerçeklik simülasyonları, enerji tüketimi analizleri ve çevresel sürdürülebilirlik çalışmaları gibi çeşitli alanlarda etkili bir araçtır (Kolbe T. H., 2009). CBS ile entegre edildiğinde, çok katmanlı veri analizleri ve görselleştirmeler için uygun bir platform sunar (Biljecki vd., 2016). Yapay zekâ ve makine öğrenimi yöntemleriyle desteklendiğinde ise otomatik bina modelleme, enerji verimliliği optimizasyonu ve afet risk değerlendirmesi gibi ileri düzey uygulamalara olanak tanır (Turgut & Akın, 2020).

Sonuç olarak, 3B yapı modeli hem harita mühendisliği hem de akademik araştırmalarda mekânsal analiz, planlama ve karar verme süreçlerini destekleyen kritik bir teknolojidir (Demir & Çetin, 2020). Bu modeller, yüksek doğruluk, detaylı görselleştirme ve kapsamlı analiz yetenekleriyle sürdürülebilir şehir planlama, akıllı altyapı yönetimi ve

afet risk yönetimi gibi alanlarda geleceğin temel araçlarından biri olarak değerlendirilmektedir (URL-21).

3B yapı modeli uygulamasına olan ihtiyaç, geleneksel sistemlerin yetersizliği ve modern gereksinimlerin karşılanması ihtiyacından kaynaklanmaktadır:

- Mevcut Harita ve Kadastro Sistemlerinin Sınırlamaları: İki boyutlu haritalar, özellikle karmaşık yapıların kat mülkiyeti ve irtifak ilişkilerini doğru şekilde temsil edememektedir. Bu durum, kentsel planlama ve tapu işlemlerinde aksamalara yol açmaktadır (Yavuz & Kaya, 2021). 3B yapı modelleri, katlar ve bağımsız bölümlerin ayrıntılı gösterimini sağlayarak bu eksiklikleri gidermektedir (Erdem, 2020).
- Kentsel Dönüşüm İhtiyacı: Türkiye'de artan kentsel dönüşüm projeleri, yapıların mevcut durumunu analiz etmeyi ve dönüşüm süreçlerini optimize etmeyi zorunlu hale getirmiştir. 3B yapı modelleri, dönüşüm projelerinin etkili bir şekilde planlanmasını ve sonuçlarının simüle edilmesini sağlamaktadır (Çelik & Özkan, 2019).
- Deprem ve Afet Riski: Türkiye'nin deprem kuşağında bulunması, yapıların dayanıklılığını ve afet risklerini değerlendirmenin önemini artırmaktadır. 3B yapı modelleri, deprem dayanıklılığı analizleri için kritik veriler sunmaktadır (Karaman ve Doğan, 2022). Bu modeller, afet yönetimi süreçlerinde daha etkin kararların alınmasını mümkün kılmaktadır (Şahin M. , 2020).
- Dijitalleşme ve Şeffaflık Gereksinimi: Kamu hizmetlerinde dijitalleşme, vatandaşların mülkiyet bilgilerine hızlı ve şeffaf erişim sağlamayı hedeflemektedir. 3B yapı modelleri, tapu ve kadastro süreçlerinde dijital dönüşümü desteklemektedir (Uğurlu & Arslan , 2020). Ayrıca, bu modeller kamusal süreçlerde işlem sürelerini kısaltmaktadır.
- Akıllı Şehir Uygulamaları: Akıllı şehir projelerinde veri yoğunluğu ve detay gereksinimi giderek artmaktadır. 3B yapı modelleri, enerji yönetimi, trafik planlaması ve altyapı izleme gibi alanlarda karar destek mekanizmalarının temelini oluşturmaktadır (Korkmaz & Yıldırım, 2021).

### 1.9.1. 3B Yapı Modeli Standartları ve Uygulama Alanları

3B yapı modelleri, bina ve yapıların dijital ortamda üç boyutlu olarak temsil edilmesini sağlayan yöntemler ve standartlar dizisidir. Bu standartlar, yapıların geometrik, semantik ve mekânsal özelliklerini kapsayarak veri entegrasyonu ve paylaşımını kolaylaştırır. En yaygın kullanılan 3B yapı modeli veri formatları/standartları şunlardır:

- **CityGML:** Open Geospatial Consortium (OGC) tarafından geliştirilmiş bir veri modeli olup, şehir modellerini farklı detay seviyelerinde (LOD- Level of Detail) temsil edebilme özelliğine sahiptir. Bu standart, binalar, yollar, köprüler, yeşil alanlar gibi şehir elemanlarının bütüncül bir şekilde modellenmesini sağlar ve kentsel planlama süreçlerinde yaygın olarak kullanılır (Kolbe vd., 2005).
- **Industry Foundation Classes (IFC):** Bina bilgi modelleme (BIM) projelerinde kullanılan ve yapıların mimari, mekanik, elektrik gibi bileşenlerini tanımlayan bir standarttır. IFC, projeler arası iş birliğini artırır ve BIM verilerinin analizini kolaylaştırır (URL-22).
- **LandXML:** Arazi ve altyapı projelerinde kullanılan bir veri formatıdır ve özellikle CBS yazılımlarıyla mühendislik yazılımları arasında veri paylaşımını mümkün kılar (URL-23).
- **KML ve COLLADA:** KML (Keyhole Markup Language), Coğrafi verilerin Google Earth gibi uygulamalarda görselleştirilmesi için kullanılan bir XML tabanlı dosya formatıyken COLLADA (Collaborative Design Activity), 3D modellerin paylaşımı ve değişimi için kullanılan bir dosya formatıdır. Görselleştirme amacıyla kullanılan Google Earth gibi platformlarda 3B veri sunumuna olanak tanır ve 3B modellerin farklı yazılımlar arasında değişimini kolaylaştırır (URL-24).
- **BIM,** yapıların yaşam döngüsü boyunca tüm verilerini içeren dijital bir süreçtir ve enerji verimliliği, maliyet analizi gibi sürdürülebilirlik çalışmalarında kullanılır (Eastman vd., 2011).

3B yapı modelleri, şehir planlamasından inşaat sektörüne kadar geniş bir uygulama alanına sahiptir. Şehir planlama alanında, kentsel yoğunluğun analiz edilmesi, gölgeleme analizleri ve güneş enerjisi potansiyelinin değerlendirilmesi gibi çalışmalarda önemli bir rol oynar (Biljecki vd., 2016). İnşaat sektöründe ise tasarım, maliyet yönetimi ve yapıların performans analizlerinde kullanılmaktadır. 3B yapı modelleri, aynı zamanda afet yönetimi ve risk analizlerinde kritik bilgiler sunar. Deprem senaryolarının simülasyonu veya sel riski

altındaki bölgelerin modellenmesi gibi çalışmalar, karar destek süreçlerinde bu modellerden faydalanır (Shojaei vd., 2015). Çevresel sürdürülebilirlik kapsamında, karbon emisyonlarının hesaplanması ve yeşil alanların korunması gibi çalışmalarda da 3B yapı modelleri giderek yaygınlaşmaktadır. Altyapı projelerinde, köprü, yol ve tünel tasarımlarından ulaşım yoğunluğu analizlerine kadar birçok uygulamada kullanılmaktadır (Zlatanova vd., 2016). Son olarak, dijital ikizlerin oluşturulmasında 3B yapı modelleri temel veri kaynağı olarak hizmet eder; gerçek zamanlı veri entegrasyonu ve akıllı şehir projelerinde altyapının dijital takibi için önemli bir rol oynar (Batty, 2018).

3B yapı modelleri, farklı standartlarla uyumlu olarak geliştirilmiş geniş bir uygulama alanına sahiptir. CityGML ve IFC gibi standartlar, veri entegrasyonu ve paylaşımı için uygun bir zemin sunarken; inşaat, şehir planlama, çevresel analizler, altyapı yönetimi ve afet senaryoları gibi birçok alanda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu modeller, hem projelerin tasarım ve planlama aşamasında hem de işletme süreçlerinde karar verme mekanizmalarını destekleyen kritik araçlardır.

### 1.9.2. CityGML ve Detay Seviyeleri

CBS yazılımlarında veri dönüşümü ve paylaşımı için en çok tercih edilen formatlardan biri GML (Geography Markup Language) formatıdır. Paylaşılacak veriler, bu formatın gereksinimlerine uygun olarak düzenlenir ve konum bilgilerini içerecek şekilde dönüştürülerek farklı yazılımlar tarafından kolayca okunabilir hale getirilir. Geniş bir kullanım alanına sahip olması nedeniyle, birçok CBS yazılımı GML formatını varsayılan olarak destekler ve bu format üzerinden veri okuma ve yazma işlemleri gerçekleştirebilir (Emem vd., 2008).

GML, OGC tarafından geliştirilmiş ve 2007 yılında Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından 19136 koduyla uluslararası standart olarak kabul edilmiştir. GML, kavramsal olarak temel şemalar, uygulama şemaları ve veri belgelerinden oluşan bir yapıya sahiptir. Bu format, coğrafi verilere ilişkin geometri, tür ve topoloji gibi bilgileri içermenin yanı sıra ek bilgi katmanlarını da destekler (Emem vd., 2008). Ayrıca, GML'nin bir uygulama şeması olan CityGML, sanal şehir modellerinin depolanması ve paylaşılması için geliştirilmiş açık bir veri modelidir. CityGML, şehir nesnelerinin özellikleri, ilişkileri ve varlıklarının standart bir biçimde temsil edilmesini amaçlar. Bu format, şehir planlaması,

altyapı yönetimi ve diğer kentsel uygulamalarda verilerin etkili bir şekilde paylaşımını ve yeniden kullanımını mümkün kılmaktadır (Dursun , 2022).

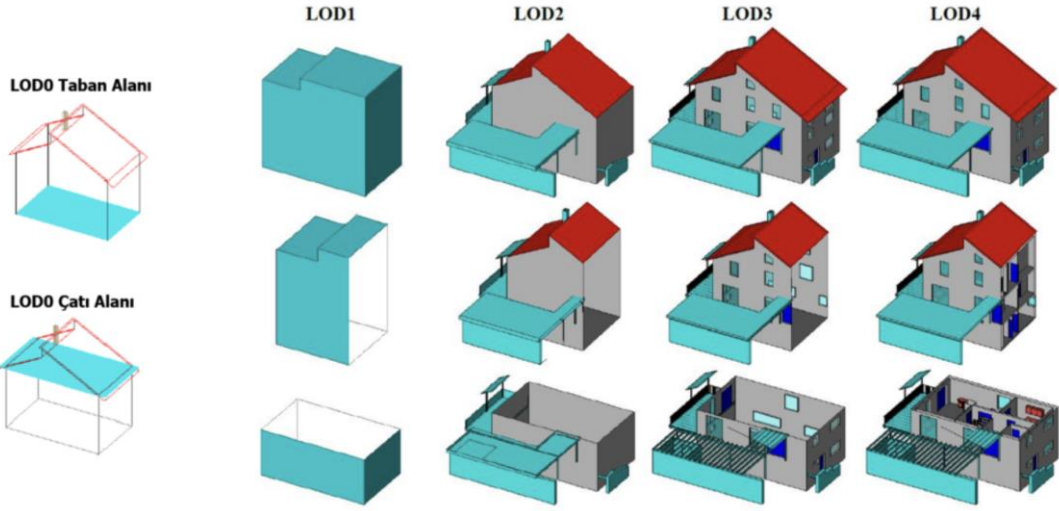
CBS yazılımlarında veri dönüşümü ve paylaşımında yaygın olarak kullanılan veri formatlarından biri GML (Geography Markup Language)'dir. Bu format, paylaşılacak verilerin konum bilgilerini içerecek şekilde yapılandırılmasına olanak sağlar ve bu sayede farklı CBS yazılımlarında sorunsuz bir şekilde okunabilir. Geniş kullanım alanı nedeniyle, pek çok CBS yazılımı GML formatını varsayılan bir özellik olarak destekler ve bu formatta veri okuma ve yazma işlemlerini gerçekleştirebilir (Emem vd., 2008).

Geniş alanlar için üretilen 3B yapı modellerinde, verilerin yoğunluğu genellikle bu verilerin düzenlenmesini ve hızlı bir şekilde sunulmasını zorlaştırır. Bu sorunun üstesinden gelmek için modelleme süreci, belirli bir amaca uygun olarak farklı ayrıntı düzeylerine (Level of Detail, LoD) ayrılarak gerçekleştirilir. Ayrıntı düzeylerine dayalı modelleme, yoğun ve karmaşık veri içeren 3B şehir modellerinin yönetimini ve sunumunu daha pratik hale getirir. Ayrıca, ayrıntı düzeylerinin kullanımı, 3B şehir modellerinin oluşturulmasında ve mekânsal verilerin kullanımında maliyetlerin azaltılmasına da katkı sağlar.

CityGML, 3B yapı modelleri için beş farklı detay seviyesi (LoD-0'dan LoD-4'e kadar) sunar. Bu seviyeler, şehir modellerinde nesnelerin ne kadar ayrıntılı bir şekilde gösterileceğini belirler:

- LoD 0, 2.5 boyutlu sayısal arazi modeli olarak tanımlanır ve temel arazi yapısını içerir.
- LoD 1, basit blok modellerden oluşur ve çatılar veya yüzey dokuları gibi detayları içermez.
- LoD 2, çatılar ve yüzey dokularını ayırt edilebilecek şekilde detaylandırır ve bitki örtüsü gibi elemanları da içerebilir.
- LoD 3, binaların duvarları, tavanları ve balkonları gibi mimari detayları içerir. Ayrıca, ayrıntılı bitki örtüsü ve ulaşım yapıları gibi unsurları da modellemeye dahil eder.
- LoD 4, en yüksek detay seviyesidir ve oda, iç kapılar, merdivenler, mobilyalar gibi iç mekân elemanlarının temsilini de kapsar.

Bu farklı seviyelerdeki detaylandırma Şekil 5 'de gösterilmiş olup 3B yapı modellerinin kullanım amacına göre optimize edilmesini ve verilerin daha etkili bir şekilde işlenmesini mümkün kılar (Dursun , 2022).



Şekil 5. CityGML LoD seviyeleri (URL-25)

### 1.9.3. 3B Yapı Modelinin CityGML Formatı ile İlişkisi

3B yapı modelleri ile CityGML arasındaki ilişki, şehirlerin ve binaların üç boyutlu olarak modellenmesi ve bu modellerin semantik (anlamsal) bilgileriyle birlikte yönetilmesi üzerine kuruludur. CityGML, özellikle şehir modelleme ve bina verilerinin 3B ortamda temsil edilmesi için kullanılan bir veri modeli ve değişim formatıdır.

3B yapı modelleri, binaların şekil, boyut, konum gibi fiziksel ve geometrik özelliklerini üç boyutlu olarak dijital ortamda temsil eden detaylı modellerdir. Bu modeller, genellikle CAD (Computer-Aided Design), BIM (Building Information Modeling) veya CBS yazılımlarıyla oluşturulmakta ve yapıların dış hatları, cepheleri ve çatısı gibi fiziksel bileşenlerini detaylı bir şekilde sunmaktadır (Eastman vd., 2011). Özellikle şehir ölçeğindeki modellerde sıkça kullanılan CityGML, 3B yapıların geometrisini çokgen (polygon) tabanlı bir yöntemle tanımlar ve farklı detay seviyelerine (LoD – Level of Detail) göre modellere olarak tanır. CityGML, LoD0 ile genel bir arazi modelinden LoD4 seviyesinde iç mekân ayrıntılarına kadar geniş bir yelpazede temsil sağlar. Bu esneklik, 3B yapı modellerinin hem şehir planlamasında hem de bina tasarımında farklı ölçeklerde ve hassasiyetlerde kullanılmasına imkân tanır (Plümer vd., 2005). LoD 0 detay seviyesinde genel yapı şeklinin, arazi üzerindeki yerleşiminin ve bina kitlesinin temsil edilmesini sağlar. Yapının genel

formu ve dış hatları gösterilir ancak ayrıntılar yoktur. LoD 1 seviyesinde yapının temel şekli ve yükseklik bilgileri tanımlanır. Bu seviyede, yapıların duvarları ve sınırları bloklar şeklinde temsil edilir. Bu detay seviyesinde çatılar gösterilmemektedir. LoD 2 yapıların dış cephelerinin yanı sıra, çatı şekli, pencereler, kapılar, balkonlar gibi daha fazla ayrıntı eklenir. Çatı detayları, genellikle LoD 2 seviyesinde tanımlanmaya başlanır. Bu seviyede, çatıların temel şekli ve eğimi, çatıda bulunan önemli yapısal elemanlar (örneğin, bacalar, havalandırma sistemleri, çatı pencereleri, güneş panelleri gibi) net bir şekilde temsil edilir. LoD 2, çatıların ana hatlarını ve önemli yapı bileşenlerini içerecek şekilde, daha karmaşık yapılara dair bilgi sağlar. Ancak çatılardaki küçük ve özel detaylar, örneğin antenler ve çatıdaki küçük donatılar ve tesisat unsurları, daha yüksek seviyelerde detaylandırılabilir. LoD 3 seviyesindeki çatıdaki tüm detaylar (çatı pencereleri, havalandırma sistemleri, antenler, çatı katındaki donatılar, güneş panelleri unsurları vb.) tamamen tanımlanır. Ayrıca yapının iç mekanları, duvarlar, tavanlar ve daha küçük yapısal unsurlar da bu seviyede ayrıntılı olarak modellenilebilir. LoD 4 seviye modeli en detaylı en kapsamlı detay seviyesine sahip modeldir. Bu özellikleri sayesinde, CityGML, 3B yapı modellerinin geometrik ve semantik zenginliğini etkin bir şekilde birleştirir ve bu alanda standart bir format sunar.

Geleneksel 3B yapı modelleri, genellikle yalnızca yapının fiziksel ve geometrik özelliklerini içerirken, semantik bilgilerin eksikliği nedeniyle bu modellerin analitik kullanım potansiyeli sınırlı kalmaktadır. Örneğin, bir binanın dış görünümünü veya fiziksel boyutlarını görebilmek mümkün olsa da hangi parçaların duvar, çatı, kapı veya pencere olduğunu ayırt etmek genellikle mümkün değildir (Donkers vd., 2016). Bu eksikliği gidermek için geliştirilen CityGML, yalnızca geometrik verileri değil, aynı zamanda zengin bir semantik bilgi altyapısını da destekler. Bu modelleme yaklaşımı, binaların bileşenlerini (örneğin, duvarlar, pencereler, çatılar) yalnızca fiziksel varlıklar olarak değil, fonksiyonel ve ilişkisel özelliklere sahip unsurlar olarak da tanımlar. Ayrıca, binaların kullanım amacı, yapım yılı ve kullanılan malzeme gibi ek bilgiler de CityGML modellerine entegre edilebilir. Böylece, CityGML, fiziksel temsilin ötesine geçerek binaların fonksiyonel ve semantik özelliklerini kapsayan çok boyutlu bir analiz aracı sunar (Plümer & Gröger, 2012).

3B yapı modelleri, mimarlık ve inşaat projelerinde görsel temsil, tasarım süreci ve simülasyonlar gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Bu modeller, özellikle bina projelerinin detaylı olarak görselleştirilmesi ve tasarım kararlarının desteklenmesi için önemli araçlar sunar. Bunun yanında, inşaat süreçlerinin planlanması ve görselleştirme çalışmalarında da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Toprak & Yılmaz, 2016). Ancak CityGML, bu

kullanımların ötesine geçerek şehir düzeyinde bilgi yönetimi ve analiz yapmayı mümkün kılan daha kapsamlı bir platformdur. Şehir planlaması, afet yönetimi ve ulaşım ağlarının analizi gibi alanlarda, CityGML'nin sunduğu 3B yapı modelleri ve semantik bilgiler büyük kolaylık sağlar. Ayrıca, enerji verimliliği analizi ve sürdürülebilir şehir planlaması gibi çevresel uygulamalarda da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Demirci & Özkan , 2019). CityGML, sadece yapı ölçeğinde değil, tüm şehrin bileşenlerini entegre eden bir yaklaşım sunarak yol ağları, yeşil alanlar ve altyapılar gibi unsurları da içerir. Bu özellikler, CityGML'yi şehir düzeyinde kapsamlı bilgi yönetimi için ideal bir araç haline getirmektedir.

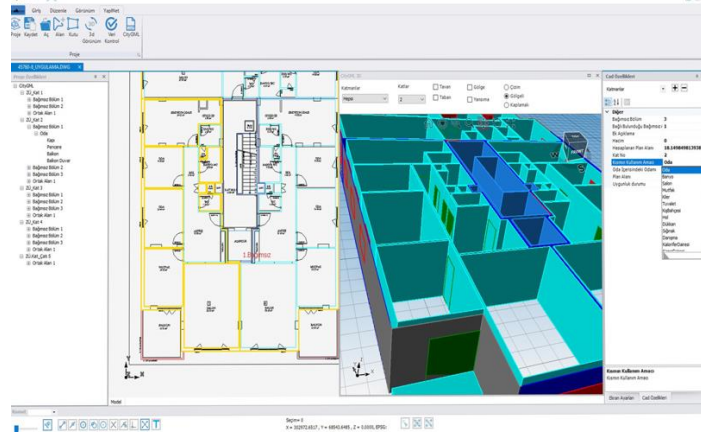
3B yapı modelleri, IFC, OBJ ve STL gibi farklı formatlarda oluşturulmakta olup, bu formatların veri yapılarının ve kullanım amaçlarının çeşitliliği nedeniyle yazılımlar arasında birlikte çalışabilirlik sınırlı kalmaktadır. Bu durum, özellikle farklı sistemler arasında veri alışverişini ve analiz süreçlerini zorlaştırmaktadır (Karataş & Yıldırım , 2018). Bu sorunun üstesinden gelmek için geliştirilen CityGML, şehir modeli verileri için açık bir standart sunarak, farklı yazılımlar ve GIS tabanlı sistemler arasında veri paylaşımını ve uyumlu çalışmayı mümkün kılar. CityGML'nin standart yapısı, veri paylaşımı ve entegrasyonu süreçlerinde kolaylık sağlamaktadır (Aydın & Kaya, 2020). Ayrıca, Application Domain Extensions (ADEs) olarak bilinen genişletilebilir modüller sayesinde, enerji verimliliği analizi, ulaşım planlaması ve afet yönetimi gibi çeşitli uygulamalara özel bilgilerin modele entegre edilmesine olanak tanır. Bu özellik, CityGML'nin esnek bir yapı sunarak farklı sektörlerin ihtiyaçlarına uyarlanabilir olmasını sağlamaktadır (Demirci & Özkan , 2019). Böylece, CityGML, standardizasyon ve genişletilebilirlik açısından 3B yapı modelleri için güçlü bir çözüm sunar.

3B yapı modelleri, genellikle mimari ve inşaat projelerinde bina geometrisinin görsel temsili, tasarım planlaması ve mühendislik analizleri gibi belirli uygulamalar için kullanılır. Bu modeller, yapıların fiziksel boyutlarını ve özelliklerini detaylı bir şekilde sunarak projelendirme süreçlerini destekler. Ancak, bu tür modellerin kapsamı çoğunlukla bina ölçeğiyle sınırlı kalır ve şehir düzeyinde yapılacak geniş ölçekli analizler için yeterli değildir (Yıldız & Çelik, 2017). Bu noktada, CityGML, 3B yapı modellerini semantik bilgilerle zenginleştirerek daha kapsamlı ve işlevsel bir veri modeli olarak öne çıkar. CityGML, yalnızca bina geometrisini değil, aynı zamanda yapı bileşenlerinin fonksiyonel ve ilişkisel özelliklerini de tanımlar. Bu özellikleri sayesinde, şehir yönetimi, afet planlaması, enerji analizi ve akıllı şehir uygulamaları gibi geniş kapsamlı projelerde kullanılabilir (Uçar & Demir, 2018). Ayrıca, CityGML, sürdürülebilirlik analizleri, enerji yönetimi ve çevresel

değerlendirmeler gibi kritik konularda detaylı bilgi sunarak şehir planlama süreçlerinde etkin bir karar destek aracı işlevi görür (Öztürk & Koç , 2020). Böylece, CityGML, 3B yapı modellerini şehir ölçeğindeki daha karmaşık ve işlevsel uygulamalara entegre edebilme kabiliyeti sunar.

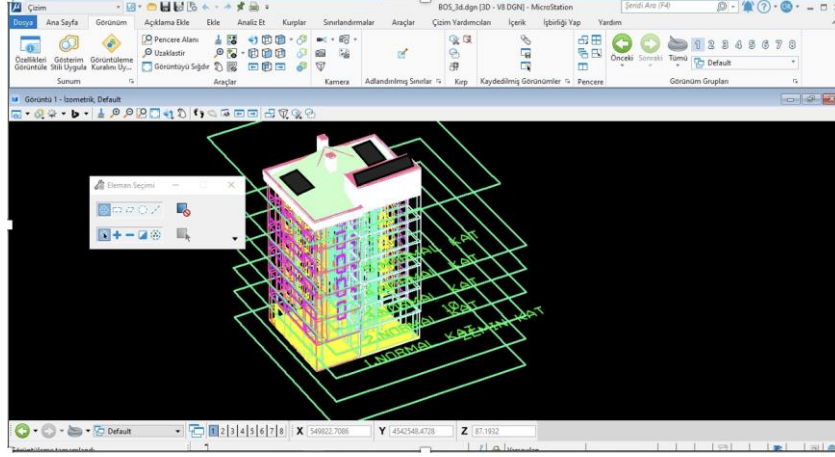
#### **1.9.4. 3B Yapı Modelinde Kullanılan Yazılımlar**

NetCAD YapıNet Modülü, özellikle Türkiye'de tapu, kadastro ve şehircilik projelerinde kullanılan, 3B yapı modellerinin oluşturulması ve yönetilmesine olanak tanıyan bir araçtır. Bu modül, binaların geometrik ve mekânsal özelliklerini detaylı bir şekilde temsil ederek CBS ile bütünleşmiş çalışır. NetCAD'in sunduğu bu özellikler, 3B yapı modeli sürecinin her aşamasında kullanılabilecek güçlü araçlar içerir. Veri entegrasyonu, detay seviyesi modelleme, mekânsal analiz ve görselleştirme araçları ile şehircilik, tapu ve kadastro projelerinde kapsamlı bir kullanım sağlar. Bu modül, özellikle Türkiye'deki kentsel planlama ve tapu-kadaastro projeleri için, yerel standartlara uyumlu ve pratik bir çözüm olarak öne çıkmaktadır. NetCAD YapıNet Modülü, Türkiye'nin yerel standartlarına uyumu sayesinde tapu, kadastro ve şehircilik projelerinde sıkça tercih edilmektedir. Yerel kullanıcılar için sade ve anlaşılır arayüzü, yazılımın hızlı öğrenilmesini ve uygulanmasını kolaylaştırır. CBS ile doğrudan bütünleşik çalışarak mekânsal analizlerin ve veri yönetiminin etkin bir şekilde yapılmasına olanak tanır. Ayrıca, ekonomik lisans maliyeti, kamu kurumları ve küçük ölçekli projeler için büyük bir avantajdır. Ancak, NetCAD YapıNet uluslararası projelerde kullanılan IFC ve CityGML gibi standartlarla tam uyumluluğa sahip olmayabilir. LoD-4 gibi yüksek detay seviyelerinde modelleme yapma kapasitesi sınırlıdır. Ayrıca, global projelerde yeterli teknik destek ve yaygınlık eksikliği dezavantaj yaratabilir (Kolbe vd., 2005). Şekil 6'da NetCAD'in bu modülüne ait program arayüzü gösterilmektedir.



Şekil 6. NetCAD- Yapinet modülü 3B yapı modeli arayüzü

Bentley MicroStation, karmaşık mühendislik ve altyapı projelerinde kullanılan güçlü bir CAD (Bilgisayar Destekli Tasarım) yazılımıdır ve 3B yapı modellerinin oluşturulması için kapsamlı araçlar sunar. Yazılım, coğrafi veriler ve mühendislik verilerinin entegre edilmesiyle yüksek hassasiyetli 3B yapı modelleri üretmek için kullanılmaktadır. Tapu ve Kadastro projelerinde, MicroStation, bina geometrilerinin detaylı bir şekilde modellenmesinden, altyapı bileşenlerinin tasarlanmasına kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bentley MicroStation, 3B mühendislik ve tasarım projelerinde geniş kapsamlı araçlar sunan bir yazılımdır. Karmaşık geometrilerin hassas bir şekilde modellenmesine olanak tanır ve büyük ölçekli projelerde yoğun veri setleriyle çalışma kapasitesi ile dikkat çeker. CBS, BIM ve mühendislik yazılımlarıyla uyumlu veri entegrasyonu, çok disiplinli projelerde avantaj sağlar. Gelişmiş görselleştirme ve animasyon araçları, modellerin gerçekçi bir şekilde sunulmasını mümkün kılar. Ancak, Bentley MicroStation'ın gelişmiş özelliklerinin öğrenilmesi ve uygulanması zaman alabilir. Yerel standartlara uyum konusunda da sınırlamalar yaşanabilir; bu durum özellikle Türkiye gibi ülkelerde, tapu ve kadastro projelerinde kullanımını kısıtlayabilir. Ayrıca, lisans maliyetinin yüksek olması, küçük projeler için bir dezavantaj oluşturabilir (Batty, 2018). Şekil 7'de yapılmakta olan 3B yapı modelin Bentley MicroStation programındaki arayüzü gösterilmektedir.



Şekil 7. Bentley MicroStation yazılımında 3B yapı modelin yapıldığı arayüz

AutoCAD Civil 3D, özellikle mühendislik ve altyapı projeleri için tasarlanmış, 3B yapı ve arazi modellerinin oluşturulmasında kullanılan güçlü bir yazılımdır. Bu yazılım, inşaat mühendisliği, arazi modelleme, yol, demiryolu, kanalizasyon ve diğer altyapı projelerinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. AutoCAD Civil 3D, coğrafi verilerle birlikte mühendislik verilerinin entegre edilmesini sağlayarak, yüksek doğrulukta 3B modeller üretir. AutoCAD Civil 3D, mühendislik ve altyapı projelerinde detaylı modelleme ve analiz yapabilmek için güçlü araçlar sunan bir yazılımdır. Arazi modelleme, yol tasarımı, boru hattı ve drenaj sistemleri gibi mühendislik uygulamalarında sıklıkla tercih edilmektedir. Parametrik tasarım araçları, kullanıcıların değişiklikleri dinamik olarak modele yansıtmasına olanak tanıyarak projelerde verimliliği artırır. Ayrıca, DEM ile uyumlu çalışması, arazi ve altyapı analizlerinde yüksek doğruluk sağlar. Bununla birlikte, IFC ve diğer veri formatlarıyla uyumluluğu sayesinde, BIM ve CBS yazılımları ile bütünleşmiş bir çalışma ortamı sunar. Ancak, AutoCAD Civil 3D'nin karmaşık arayüzü yeni kullanıcılar için zorluk yaratabilir. Ayrıca, lisans maliyetinin yüksek olması, küçük ölçekli projelerde kullanımını sınırlayabilir. Detaylı iç mekân modelleme (LoD-4) gibi yüksek detay seviyelerinde ise sınırlı yeteneklere sahiptir (Eastman vd., 2011).

AutoCAD Civil 3D, Bentley MicroStation ve NetCAD YapıNet Modülü, 3B yapı modellerinde farklı avantaj ve dezavantajlara sahiptir. AutoCAD Civil 3D, mühendislik projelerinde parametrik modelleme ve altyapı odaklı çözümleri ile öne çıkarken, Bentley MicroStation karmaşık ve büyük ölçekli projeler için yüksek hassasiyet ve görselleştirme yetenekleri sunar. NetCAD YapıNet ise yerel projelerdeki ekonomik ve standartlara uyumlu yapısıyla dikkat çeker. Bu yazılımlar arasından seçim yaparken, projenin gereksinimleri,

bütçe ve kullanıcı deneyimi gibi faktörler göz önünde bulundurulmalıdır (Zlatanova vd., 2016).

#### **1.9.5. 3B Yapı Modelinin İlgili Kurum ve Kuruluşlarda Kullanılan Uygulamaları**

3B yapı modelleri, ilgili kurum ve kuruluşlar tarafından yapıların planlama, analiz, yönetim ve bakım süreçlerinde giderek daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu uygulamalar, yapıları dijital ortamda görselleştirerek, çeşitli analiz ve simülasyonlar yapmaya olanak tanımaktadır.

Tapu ve Kadastro Bilgi Sistemi (TAKBİS): Türkiye genelindeki mülkiyet bilgilerini dijital ortama aktararak her türlü sorgulamanın yapılabilmesini sağlamayı amaçlayan önemli bir e-devlet uygulamasıdır. Sistemin amacı, tapu ve kadastro kayıtlarının elektronik ortama aktarılması ve tüm işlemlerin dijital ortamda yürütülmesiyle, özel ve kamu taşınmazlarının daha etkin bir şekilde izlenmesi ve denetlenmesidir. Bu sayede, taşınmaz malların yönetimi daha verimli hale getirilmiş olur (Çoruhlu & vd., 2015).

Tapu ve Kadastro Müdürlükleri (TKGM): Türkiye'de taşınmaz mülkiyeti, kadastro ve tapu kayıtlarını düzenleyen, denetleyen ve yönetiminden sorumlu resmî kurumlardır. Bu müdürlükler, TKGM bünyesinde faaliyet gösterir ve ülkedeki tüm taşınmaz mal varlıklarının kaydını tutar. TKGM'nin temel görevleri arasında; taşınmazların sahiplik ve kullanım haklarını belirlemek, bu bilgileri kaydetmek, tapu işlemlerini gerçekleştirmek, kadastro haritalarını ve parselasyon planlarını oluşturmak yer alır. Kadastro Müdürlükleri, arazi üzerindeki sınırların tespit edilmesi ve harita üzerinde dijital olarak işlenmesi için görev yaparken, Tapu Müdürlükleri, taşınmazların sahiplik durumlarını ve mülkiyet hakkını belgeleyen tapu kayıtlarını tutar. Tapu ve Kadastro Müdürlükleri, vatandaşların taşınmazlarıyla ilgili resmi işlemleri gerçekleştirmelerine, tapu sicil bilgilerine ulaşmalarına ve mülkiyet haklarını tescil ettirmelerine olanak tanır. Ayrıca, mülkiyetle ilgili uyuşmazlıkların çözülmesi ve hukuki güvenliğin sağlanması noktasında da önemli bir rol oynar. Bu müdürlükler, dijital sistemlerin entegrasyonu ile e-devlet uygulamaları üzerinden vatandaşlara daha hızlı ve güvenli hizmet sunmak amacıyla çeşitli projeler geliştirmektedir. Örneğin, TAKBİS ve Mekânsal Gayrimenkul Sistemi (MEGSİS) gibi sistemler, taşınmaz

verilerinin dijital ortamda toplanması ve paylaşılarak daha verimli bir taşınmaz yönetimi sağlanmasını hedefler.

MEGSİS: Kadastro Müdürlüklerinde bulunan sayısal verilerin merkezi bir sistemde toplanarak tapu bilgileriyle entegrasyonunu sağlamak amacıyla geliştirilmiş bir uygulamadır. Bu sistem, verilerin ilgili kurumlar, kuruluşlar ve belediyelerle paylaşılmasını ve uluslararası harita servisleri standartlarına uygun olarak sunulmasını sağlar. Ayrıca, e-Devlet kapısı üzerinden vatandaşlara da erişim imkânı sunarak, TKGM tarafından açık kaynaklı olarak hayata geçirilmiştir (Çoruhlu vd., 2015).

Belediyeler: Merkezi hükümetin belirlediği yasa ve yönetmeliklere dayanarak, kendi bölgelerindeki vatandaşlara çeşitli hizmetler sunar. Bu hizmetler arasında altyapı, ulaşım, temizlik, parklar, sosyal hizmetler, çevre düzenlemeleri, kültürel etkinlikler ve şehir planlaması gibi birçok alan bulunur. Ayrıca 3B yapı modeli uygulamasında LİHKAB (Lisanslı Harita, Kadastro ve Bağımsız Değerleme Uzmanları Birliği) veya özel harita bürolarının yapmış olduğu modellerin TKGM'ye iletilmesi için aracı ve denetleyici bir rol üstlenmektedir.

Lisanslı Harita Kadastro Mühendisleri Bürosu (LİHKAB): 2005 yılında yürürlüğe giren 5368 sayılı kanuna dayalı olarak kurulan, Kadastro Müdürlüğü denetimindeki özel harita kadastro bürolarının ve TKGM'nin gerçekleştirdiği bazı teknik kadastro çalışmalarını kapsayan bir yapıdır. Bu uygulamalar, TKGM'nin kontrolü altında, LİHKAB tarafından gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, konum tabanlı bilgi sistemlerinin önemli bir bileşeni olan TAKBİS, 1990'larda başlatılan büyük bir projedir ve bu sistem, mülkiyet verilerinin dijital ortamda yönetilmesini sağlar (Çoruhlu vd., 2015).

#### **1.9.6. 3B Yapı Modelinin Veri Tabanına Entegrasyonunda CBS'nin Rolü**

CBS, mekânsal verilerin toplanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi süreçlerini bir araya getirerek şehir planlaması, mühendislik projeleri ve Bina Bilgi Modellemesi (BIM) gibi disiplinlerde kritik bir araç haline gelmiştir. Özellikle 3B yapı modellerinin veri tabanlarına entegrasyonunda, CBS hem mekânsal doğruluk hem de mekân-zaman analizleri açısından temel bir rol oynar. Bu entegrasyon, kentsel mekânların dijital ikizlerinin oluşturulmasını ve bu ikizlerin gerçek zamanlı verilerle zenginleştirilmesini mümkün kılar (Korkmaz & Başaraner, 2023).

3B yapı modelleri genellikle karmaşık mekânsal ilişkiler ve büyük hacimli veri setleri içerir. CBS, bu verilerin merkezi bir veri tabanında depolanması ve sorgulanması için güçlü bir altyapı sunar. CBS yazılımları, 3B yapı modellerinin topolojik ilişkilerini analiz ederek katmanlar arası uyumu sağlar ve mekânsal verinin doğruluğunu artırır. Örneğin, bina ve altyapı modellerinin birbirine entegre edilmesi, altyapı planlamasında çakışmaları önlerken, doğru topolojik ilişkiler kurar (Akkaya vd., 2011).

CBS, dinamik verilerin entegrasyonu için de uygun bir platform sunar. 3B yapı modellerine gerçek zamanlı sensör verilerinin (hava durumu, trafik yoğunluğu, yapı hareketleri gibi) entegre edilmesiyle, şehirlerdeki olayların anlık izlenmesi ve müdahaleler için altyapı sağlanabilir. Bu özellik, özellikle afet yönetimi, akıllı şehir uygulamaları ve enerji verimliliği projelerinde hayati önem taşımaktadır.

CBS tabanlı 3B yapı modelleri, mekânsal analizlerin yanı sıra senaryo oluşturma ve simülasyon yapma kapasiteleriyle de öne çıkar. Örneğin, bir bölgedeki binaların deprem senaryosundaki dayanıklılığını değerlendirmek veya bir şehirdeki güneş ışığı alımını analiz etmek gibi çalışmalarda, CBS'nin güçlü analiz yetenekleri ve 3B yapı modeli entegrasyonu bir arada kullanılabilir. Bu tür analizler, karar alıcılar için somut ve görselleştirilmiş bilgiler sunarak projelerin risk yönetimini güçlendirmektedir (Cengiz vd., 2016).

CBS ve 3B yapı modellerinin bütünleşmiş kullanımı, sürdürülebilir kentsel planlama süreçlerinin de temelini oluşturur. Örneğin, bina yoğunluk analizleri, ulaşım ağlarının etkileri, yeşil alanların erişilebilirliği gibi konular, CBS tabanlı 3B modelleme ile detaylı bir şekilde değerlendirilebilir. Ayrıca, zaman tabanlı CBS analizleriyle kentsel gelişim süreçleri geçmişten günümüze ve geleceğe dönük olarak izlenebilmektedir (Hamal & Ulvi, 2022).

3B yapı modellerinin CBS ile entegrasyonu, mekânsal verilerin etkin kullanımını sağlayarak mekân bazlı projelerde yenilikçi ve sürdürülebilir çözümler sunar. CBS'nin sunduğu analiz, görselleştirme ve veri yönetimi kapasiteleri, mekânsal doğruluğun ve verimliliğin artırılmasında kritik öneme sahiptir. Bu entegrasyon, mühendislik projelerinden şehir planlamasına kadar geniş bir yelpazede, karar alıcılar için güçlü bir bilgi temeli oluşturmaktadır (Şeker, 2020).

### 1.10. 3B Yapı Modelinde Kullanılabilecek Veri Tabanı Türleri ve Genel Özellikleri

Mekânsal veri yönetimi amacıyla kullanılan sistemler, projelerin gereksinimlerine, veri miktarına, performans ihtiyaçlarına ve bütçelerine bağlı olarak çeşitli veri tabanı teknolojilerini tercih eder. Her teknolojinin kendine özgü avantajları ve kullanım alanları bulunmaktadır. Aşağıda, yaygın olarak kullanılan bazı veri tabanı türleri detaylı bir şekilde ele alınmıştır.

- **MySQL + Spatial Extensions:** MySQL, açık kaynaklı bir ilişkisel veri tabanı olarak popüler bir seçenek sunar. Mekânsal veri işlemleri için Spatial Extensions eklentisiyle desteklenmiştir. Ancak, bu özellikler genellikle daha küçük ölçekli projeler veya uygulamalar için yeterlidir. MySQL Spatial, daha basit sorgulama ihtiyaçlarını karşılamakla birlikte, PostGIS veya Oracle Spatial kadar kapsamlı mekânsal veri desteği sağlamaz. Küçük ve orta ölçekli web uygulamaları ve e-ticaret platformları, MySQL Spatial'ın yaygın kullanım alanları arasında yer alır (Koç & Ergin, 2021).
- **SQL Server + Spatial Data Types:** Microsoft SQL Server, özellikle kurumsal ortamlarda tercih edilen bir veri tabanıdır. Mekânsal veri türlerini desteklemesi sayesinde adres veri tabanlarının yönetiminde etkili bir seçenek sunar. SQL Server, Windows tabanlı sistemlerde yüksek performansla çalışır ve özellikle banka sistemleri ve kamu uygulamaları gibi alanlarda tercih edilir. SQL Server'ın sunduğu entegrasyon araçları, büyük ölçekli kurumsal projelerde veri yönetimini kolaylaştırır (Aydın & Şahin, 2020).
- **Elasticsearch + Geo Data:** Elasticsearch, büyük veri yönetimi ve metin arama optimizasyonu için geliştirilmiş bir veri tabanı çözümüdür. Aynı zamanda, coğrafi veri (geo data) desteği de sağlayarak, büyük miktarda veri üzerinde hızlı arama ve yakınlık sorguları yapma imkânı sunar. Elasticsearch, e-ticaret platformlarında ve büyük ölçekli veri arama uygulamalarında yaygın olarak kullanılır. Özellikle, hızlı performansı ve ölçeklenebilirliği ile dikkat çeker (Çelik & Karataş, 2021).
- **MongoDB + Geospatial Queries:** MongoDB, NoSQL tabanlı bir veri tabanı olup, coğrafi sorgular için yerleşik destek sunar. JSON tabanlı veri yapılarıyla esnek bir veri depolama ortamı sağlar. Konum bazlı sorgular, yakınlık analizleri ve ters geokodlama işlemleri gibi işlemler için etkili bir çözümdür. MongoDB, özellikle

harita servisleri, konum bazlı uygulamalar ve coğrafi veri yönetimi projelerinde sıkça tercih edilir (Yıldız & Aksoy, 2021).

- Oracle Spatial: Oracle Spatial, büyük ölçekli adres ve mekânsal veri yönetimi için kurumsal seviyede bir çözümdür. Mekânsal verilerin yönetilmesi ve sorgulanması konusundaki performansı ile dikkat çeker. Özellikle çok büyük hacimli adres verilerini işlemek için tasarlanmıştır ve genellikle kamu kurumları, tapu ve kadastro hizmetleri, büyük bankalar ve kentsel planlama projelerinde kullanılır. Oracle Spatial, kurumsal destek hizmetleri ve gelişmiş güvenlik özellikleri ile kritik projelerde sıklıkla tercih edilmektedir (Demirci & Özkan, 2020).
- PostgreSQL + PostGIS: PostgreSQL, açık kaynaklı bir ilişkisel veri tabanı yönetim sistemi olup, PostGIS uzantısı ile güçlü mekânsal veri yönetimi özellikleri sunar. PostGIS, coğrafi verilerin hızlı ve etkili bir şekilde sorgulanmasını sağlar. Bu sayede, yakınlık sorguları, koordinat bazlı aramalar ve ters geokodlama gibi işlemler kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Özellikle açık kaynak harita projeleri, belediyeler ve CBS gibi alanlarda sıklıkla tercih edilmektedir. Özgür yapısı sayesinde maliyet avantajı sunar ve küçük ölçekli projelerden büyük belediye projelerine kadar geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılabilir (Kaya & Yılmaz, 2019).

3B yapı modelleri, bina ve şehir düzeyindeki projelerde karmaşık verilerin yönetimi ve analiz edilmesi için kritik bir öneme sahiptir. Bu modeller, binaların ve altyapı sistemlerinin hem geometrik hem de semantik bilgilerinin bir arada saklanmasına olanak tanır. Bu nedenle, 3B modellerin etkin bir şekilde yönetilmesi, verilerin doğruluğunu ve performansını optimize eden veri tabanı sistemlerinin varlığını gerektirir. İşlevsel veri yönetimi için Oracle ve PostgreSQL gibi veri tabanı sistemleri öne çıkmaktadır. Bunlar, farklı özellikleri ve yetenekleriyle çeşitli projelere özgün çözümler sunar.

Oracle ve PostgreSQL, gelişmiş özelliklere sahip iki önemli veri tabanı sistemidir. Her iki çözüm de geniş kullanıcı kitlesine hitap ederken, özellikle mekânsal veri yönetimi ve 3B modelleme projelerinde kritik bir rol oynar. Oracle, ticari yapısı ve kurumsal düzeyde destek hizmetleriyle dikkat çekerken; PostgreSQL, açık kaynaklı ve esnek bir yapı sunar. Bu bağlamda, bu iki sistemin belirli avantajları ve kullanım alanları bulunmaktadır (Karataş & Çelik, 2019).

Oracle'ın ticari yapısı nedeniyle yüksek lisans maliyetleri dikkat çeker. Büyük projelerde ek özellikler için ekstra maliyetler gerektirirken, bu durum onu bütçesi sınırlı projeler için zor bir seçenek haline getirir. Buna karşın, PostgreSQL tamamen açık

kaynaklıdır ve PostGIS gibi güçlü uzantılar da ücretsiz olarak sunulur. Bu özellik, PostgreSQL'i özellikle akademik araştırmalar ve küçük ölçekli işletmeler için ideal hale getirir (Yıldırım & Özkan , 2021). Oracle, yüksek hacimli verilerle çalışmak için gelişmiş sorgu optimizasyonu ve paralel işlem yetenekleri sunar. Özellikle büyük ölçekli projelerde Oracle'ın Real Application Clusters (RAC) gibi özellikleri, ölçeklenebilirliği artırır. Buna karşın, PostgreSQL de ölçeklenebilirlik konusunda gelişmeler göstermiştir. Özellikle son sürümlerinde paralel sorgu desteği ve büyük veri kümeleri için optimizasyonlar dikkat çekmektedir. Ancak, çok büyük ve karmaşık sistemlerde Oracle'ın performansı daha üstündür (Öztürk & Koç , 2020). Oracle, mekânsal veri yönetiminde Oracle Spatial ile 3B ve 2B modellemeler için güçlü bir altyapı sağlar. Bununla birlikte, PostgreSQL'in PostGIS uzantısı, mekânsal veri işleme yetenekleriyle etkili bir alternatif olarak öne çıkar. Özellikle PostGIS'in esnek yapısı ve açık kaynaklı olması, GIS projelerinde PostgreSQL'i tercih edilir kılar. Ayrıca, PostgreSQL'in JSONB gibi yapılandırılmamış veri desteği, modern uygulamalar için büyük bir avantaj sunar (Ergin & Kaya , 2019). Oracle Spatial, 3B şehir modelleri ve CityGML gibi formatlar için gelişmiş destek sunar. Bu, Oracle'ı şehir planlama ve altyapı projelerinde sıkça tercih edilen bir çözüm haline getirir. Buna karşılık, PostGIS açık kaynaklı yapısıyla ve geniş topluluk desteğiyle daha erişilebilir bir alternatiftir. PostGIS'in yakınlık sorguları ve ters geo kodlama gibi özellikleri, lojistik ve navigasyon sistemlerinde yaygın kullanım alanı bulur (Şahin & Aydın, 2020). Oracle, kurumsal müşterilere özel destek hizmetleri sunar ve bu, kritik projelerde büyük bir avantajdır. Ancak bu hizmetlerin maliyeti oldukça yüksektir. PostgreSQL ise güçlü bir açık kaynak topluluğuna sahiptir. Topluluk desteği, sürekli gelişim ve yazılımın güncel kalmasını sağlar. Bunun yanında, kurumsal düzeyde destek arayan kullanıcılar, üçüncü taraf sağlayıcılardan hizmet alabilir (Demirci & Özkan , 2019). Oracle'ın Recovery Manager (RMAN) gibi araçları, büyük ve kritik veri tabanlarının yedeklenmesi ve kurtarılması için etkili bir çözüm sunar. PostgreSQL ise *pg\_dump* ve *WAL (Write-Ahead Logging)* gibi araçlarla benzer işlevsellik sağlasa da Oracle'ın yedekleme ve kurtarma alanındaki gelişmiş özelliklerine kıyasla daha sınırlıdır. Ancak, PostgreSQL'in yedekleme yetenekleri küçük ve orta ölçekli projeler için yeterli düzeydedir (Aksoy & Yılmaz , 2021). Oracle, büyük ölçekli veri yönetimi için tasarlanmıştır ve dünya çapındaki dağıtık veri merkezlerinde sorunsuz çalışır. PostgreSQL ise daha geniş bir platform yelpazesine sahiptir ve Linux, Windows, macOS gibi sistemlerde kolaylıkla çalıştırılabilir. Bu, PostgreSQL'i platform esnekliği açısından daha cazip hale getirir (Karataş & Çelik , 2019).

Adres sorgulama sistemleri gibi kurumsal sistemler için kullanılacak veri tabanı teknolojisinin seçimi, projenin ölçeği, veri miktarı ve bütçesine bağlı olarak değişiklik gösterir. PostgreSQL + PostGIS, açık kaynaklı yapısı ve maliyet avantajıyla GIS projelerinde ideal bir çözüm sunarken, Oracle Spatial, kurumsal projelerde yüksek performans ve güvenilirlik sağlar. Daha küçük ölçekli uygulamalar için MySQL ve MongoDB gibi çözümler yeterli olabilirken, büyük veri arama ve analiz projelerinde Elasticsearch öne çıkmaktadır. Projeye uygun teknoloji seçimi, adres sorgulama sisteminin başarısını doğrudan etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Oracle ve PostgreSQL, farklı kullanım senaryoları için güçlü çözümler sunar. Oracle, büyük ölçekli ve kritik sistemler için üstün performans ve destek hizmetleri sunarken, PostgreSQL açık kaynaklı yapısı, maliyet etkinliği ve topluluk desteği ile geniş bir kullanıcı kitlesine hitap eder. Hangi sistemin tercih edileceği, projenin bütçesi, ölçeği ve teknik gereksinimlerine bağlıdır. Büyük kurumsal projeler için Oracle öne çıkarken, PostgreSQL, akademik projeler ve maliyet duyarlılığı olan kullanıcılar için ideal bir alternatiftir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Çalışmaya Yönelik UML Diyagramının Oluşturulması

3B yapı modeli oluşturulması, günümüzde taşınmaz yönetimi taşınmazlara ilişkin süreçlerin modern haritacılık teknolojileriyle ilişkilendirilmesini ve 3B yapı modeli üzerinden yönetilmesini amaçlamaktadır. Geleneksel yöntemlerin yerini hızla dijitalleşme ve akıllı şehir çözümlerine bıraktığı günümüzde, taşınmaz süreçlerinin etkin yönetimi, CBS ve 3B modelleme teknikleriyle mümkün hale gelmiştir. Bu süreç, mevcut mimari projeler, tapu bilgileri, güneş paneli tesisat projeleri ve diğer teknik belgelerin derlenmesiyle başlar. Yapı ve güneş panellerine ilişkin konum, mülkiyet ve kullanım haklarının dijital ortama aktarılabilmesi için detaylı bir veri toplama aşaması gerçekleştirilir. Bu aşamada, yapının fiziksel özelliklerini ve mekânsal ilişkilerini yansıtan köşe noktalarının koordinatları, panellerin yerleşim planları ve projelere ilişkin teknik bilgiler toplanır. Mimari projeler ve güneş paneli tesisat planları temel alınarak gerçekleştirilen 3B modelleme çalışmaları, yapının fiziksel boyutlarını dijital ortamda temsil etmenin yanı sıra, mülkiyet sınırlarının ve ilişkilerinin de açıkça belirlenmesini sağlar.

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)'nin sorumlu olduğu, 3B Yapı Modeli Projesi ile Türkiye genelindeki yapıların dijitalleştirilmesini, tapu ve kadastro işlemlerinin daha şeffaf ve erişilebilir hale getirilmesini hedeflemektedir. Bu proje, yapıların mevcut durumlarının dijital ortamda saklanarak, bağımsız bölümlere ilişkin bilgilerin görselleştirilmesini ve doğru, güncel verilere dayalı bir yapı yönetim sisteminin oluşturulmasını amaçlamaktadır. Ayrıca, vatandaşların taşınmaz bilgilerine daha hızlı ulaşmasını sağlamak ve kamu kurumları arasındaki veri paylaşımını kolaylaştırmak projenin temel amaçları arasında yer almaktadır.

Sürecin önemli bir bileşeni, yapı ruhsatı, kat irtifakı ve kat mülkiyeti gibi hukuki prosedürlerin eksiksiz bir şekilde tamamlanmasıdır. Yapı ruhsatı, inşaat projelerinin yasal çerçevede değerlendirilmesi için bir temel oluştururken, kat irtifakı ve kat mülkiyeti işlemleri, taşınmaz üzerindeki bağımsız bölümlerin mülkiyet haklarının düzenlenmesini ve tapu kayıtlarına işlenmesini sağlar. Bu hukuki aşamalar, taşınmaz verilerinin CBS ve 3B modelleme altyapısıyla entegre edilmesine zemin hazırlar. Özellikle irtifak haklarının, yasal sınırların ve teknik standartların dikkate alınması, sürecin hem teknik hem de hukuki açıdan şeffaf bir şekilde yürütülmesini mümkün kılar.

3B yapı modelleme, özellikle kat irtifakı ve mülkiyetle ilgili işlemlerde önemli bir gerekliliktir. Önceden, mimari projeler fiziksel olarak tapuya gönderilirken artık yeni düzenlemelerle sadece dijital olarak 3B yapı modelleri gönderilmektedir. Kat irtifakı kurmak ya da mülkiyet değişikliği yapmak için 3B yapı modeli şart denilebilecek hale gelmiştir, ancak mevcut bir kat irtifakı varsa ve tapuda mimari proje kayıtlıysa, 3B yapı modeli zorunlu değildir. Tapu Genel Müdürlüğü, tüm illerdeki mimari projeleri tarayıp dijitalleştirdiği için bu durum artık zorunlu hale getirilmiştir.

Vatandaşların talepleri doğrultusunda, Tapu sistemi üzerinde 3B yapı modeli adında bir başvuru açılır. Belgeler sisteme yüklendikten sonra Tapu Müdürlüğü bu başvuruyu değerlendirir ve onaylar. Ancak unutulmamalıdır ki bu işlem resmi bir tescil işlemi değildir; daha çok görsel bir bilgi sistemi oluşturmayı amaçlar. Bu sistem, parsel sorgulama platformuna entegre edilerek, vatandaşların bağımsız bölümlerin detaylarını 3B olarak görebilmesini sağlar.

Tapu Müdürlüğü 3B yapı modellerinin oluşturulmasında ve vatandaşın başvurularının değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar. Vatandaşın talebi üzerine, 3B yapı modelleri sisteme yüklenir ve Tapu Müdürlüğü bu modeli arsa paylarının ve bağımsız bölümlerin dağılımını kontrol etmektedir. Bu kontrollerin ardından tapuya iletilen 3B yapı modeli inceleyip onaylar. Onaylanan model, vatandaşın dairesinin konumu ve diğer detaylarını görmesine olanak sağlar. Ancak bu işlem resmi bir tescil yerine, görsel bilgi amaçlıdır.

Belediye, mimari projelerin hazırlanmasında ve onaylanmasında temel bir role sahiptir. Özellikle binalarda yapılacak tadilatlar (örneğin çatı tadilatı veya güneş paneli kurulumu) belediyenin onayından geçmek zorundadır. Yeni düzenlemelerle birlikte, belediyeler tapuya fiziksel olarak mimari proje gönderememekte; sadece dijital ve 3B yapı modellerini sunabilmektedir.

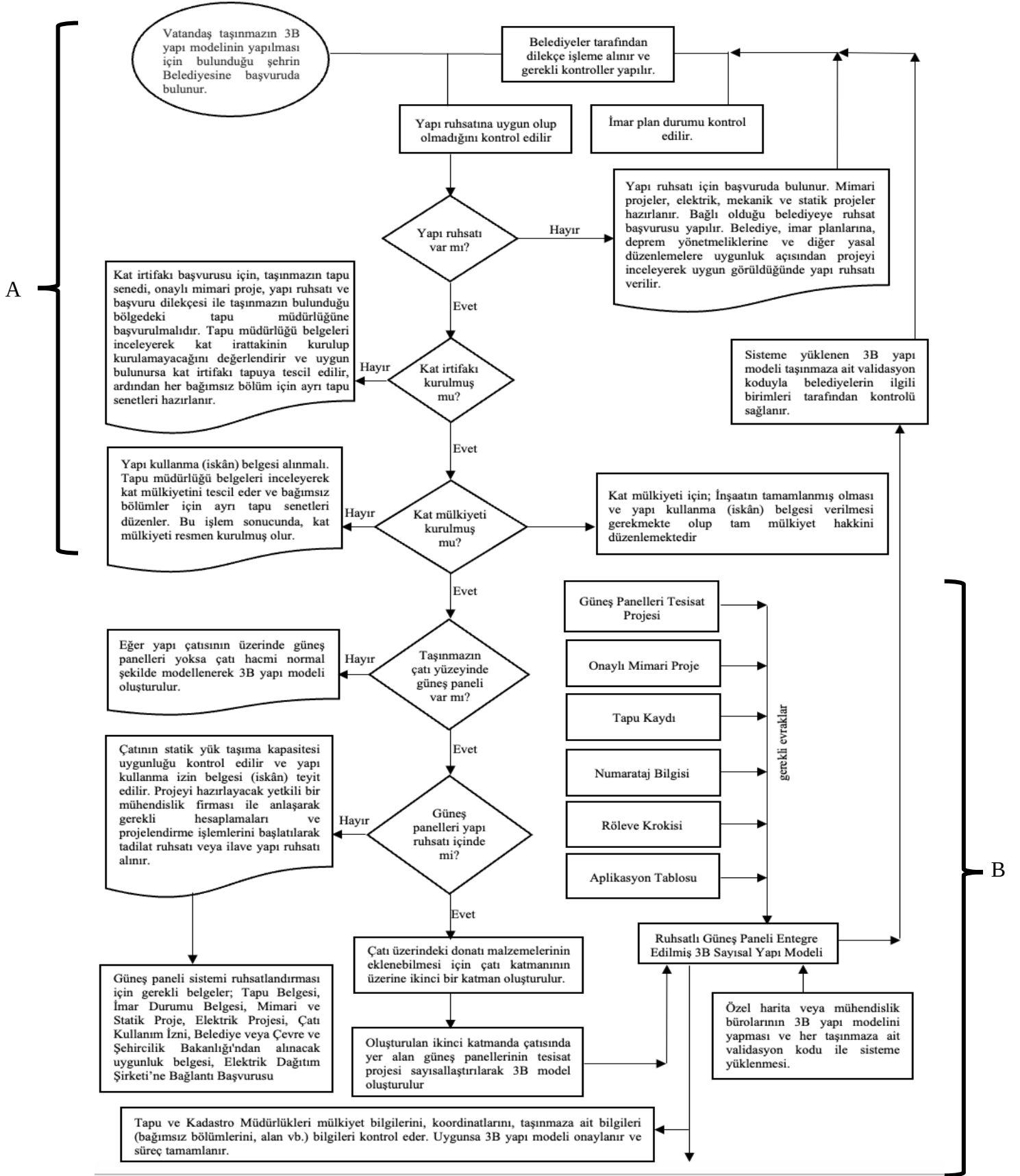
Ayrıca, çatı kullanımı gibi konular genelde ortak alan olarak kabul edilmektedir. Çatı üzerinde yapılacak değişiklikler veya güneş paneli kurulumu gibi işlemler, tüm maliklerin onayı ve belediyeden alınacak izinlerle gerçekleştirilebilir. Ancak bu tür işlemler, arsa payını değiştirmedikleri için tapu ya da kadastroda tescil gerektirmez.

İmar barışı kapsamında ise zeminde yapılan tespitlere dayalı olarak 3B yapı modellerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, kat mülkiyeti oluşturmak için 3B yapı modelleri mutlaka gereklidir. Burada en büyük sorun, arazideki bina ile mimari projenin uyumsuz olmasıdır. Kadastro, bina ile mimari projelerin uyumunu denetleyen birimdir. Kadastro,

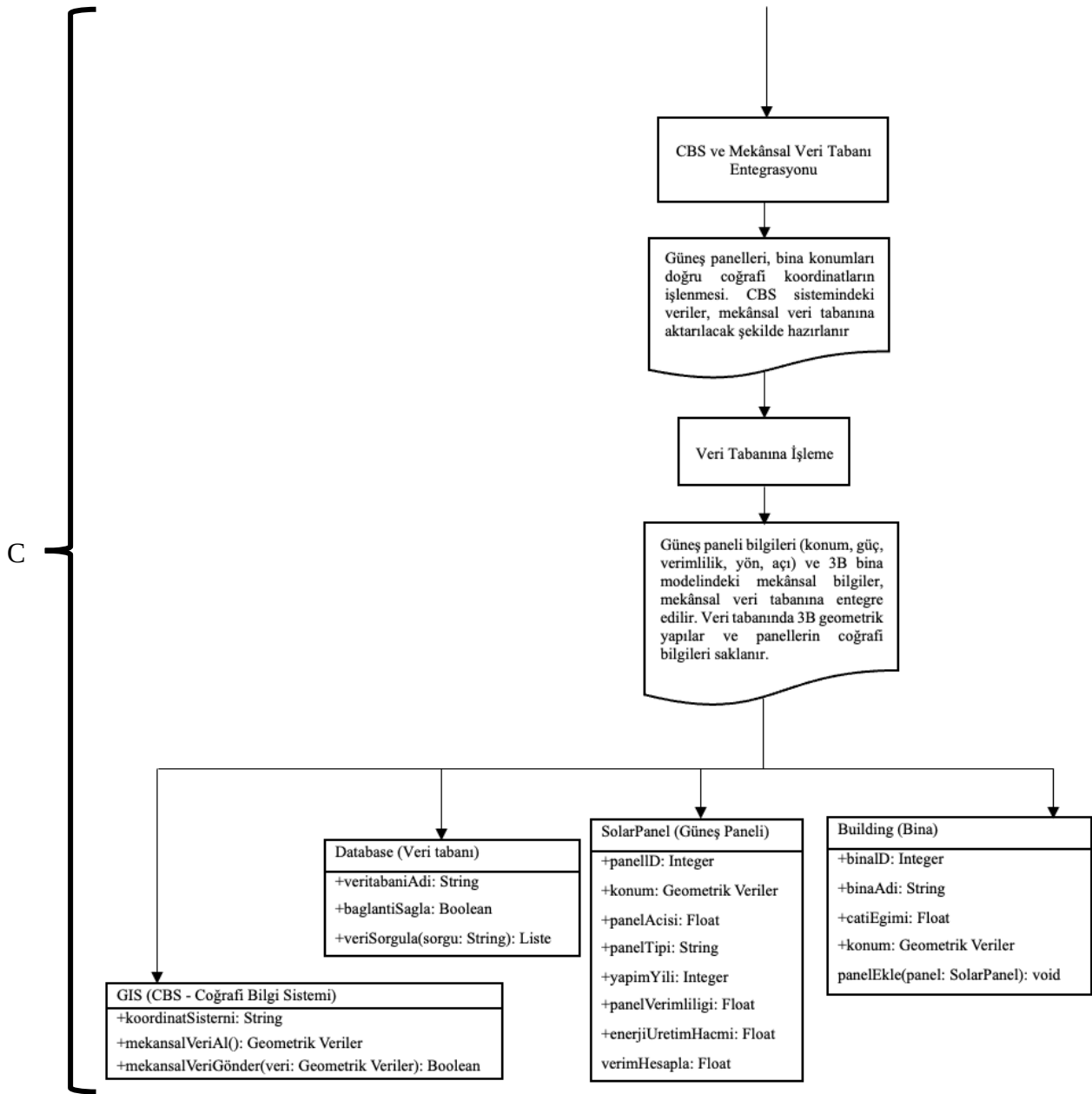
mimari projedeki TIC koordinatlarla arazideki bina köşe koordinatlarını karşılaştırır. Eğer uyumsuzluk varsa, bu durum düzeltilir.

Sonuç olarak, 3B yapı modelleme sistemi hem daha şeffaf bir yapı yönetimi hem de gelecekteki entegrasyonlar için bir temel oluşturmaktadır. Ancak arazi ve proje uyumsuzluklarının giderilmesi gibi teknik zorluklar, sistemin tam olarak işler hale gelmesi için çözülmesi gereken önemli bir meseledir. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) tarafından başlatılan 3B Yapı Modeli Projesi, vatandaşların taşınmaz bilgilerine daha hızlı erişmesini ve kamu kurumları arasında veri paylaşımını kolaylaştırmayı amaçlarken, denetim mekanizmaları açısından da kritik bir rol oynamaktadır. Bu süreçte, Tapu Müdürlüğü, 3B model üzerinden hisse dağılımlarını ve arsa paylarını inceleyerek malik sahiplerinin başvurularını inceleme görevini üstlenmektedir. Belediyeler ise özellikle binalarda yapılacak tadilatlar (örneğin çatı tadilatı veya güneş paneli kurulumu) belediyenin onayından geçmek zorunda olup onay merkezidir. Kadastro Müdürlüğü bina ile mimari projelerin uyumunu denetler ve teknik koordinatların doğruluğunu kontrol ederek kontrol görevini üstlenmektedir.

Elde edilen 3B yapı modeli, coğrafi veri tabanına aktarılırken, yapı ve güneş panellerine ilişkin performans verileri, kurulum tarihi ve bakım geçmişi gibi öznel verileri de sisteme entegre edilir. Bu aşama, sadece yapısal ve mekânsal bilgilerin değil, aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynaklarına ilişkin verilerin de sistematik bir şekilde yönetilmesini sağlar. Böyle bir prosedür, geleneksel yöntemlerin ötesine geçerek, dijitalleşme ve akıllı şehir çözümleri için önemli bir adım sunar. Sonuç olarak, 3B yapı modeli, taşınmaz yönetimi, enerji planlaması ve mekânsal analizler gibi pek çok alanda etkin bir kaynak sağlayarak şehirlerin sürdürülebilir gelişimine katkıda bulunur.



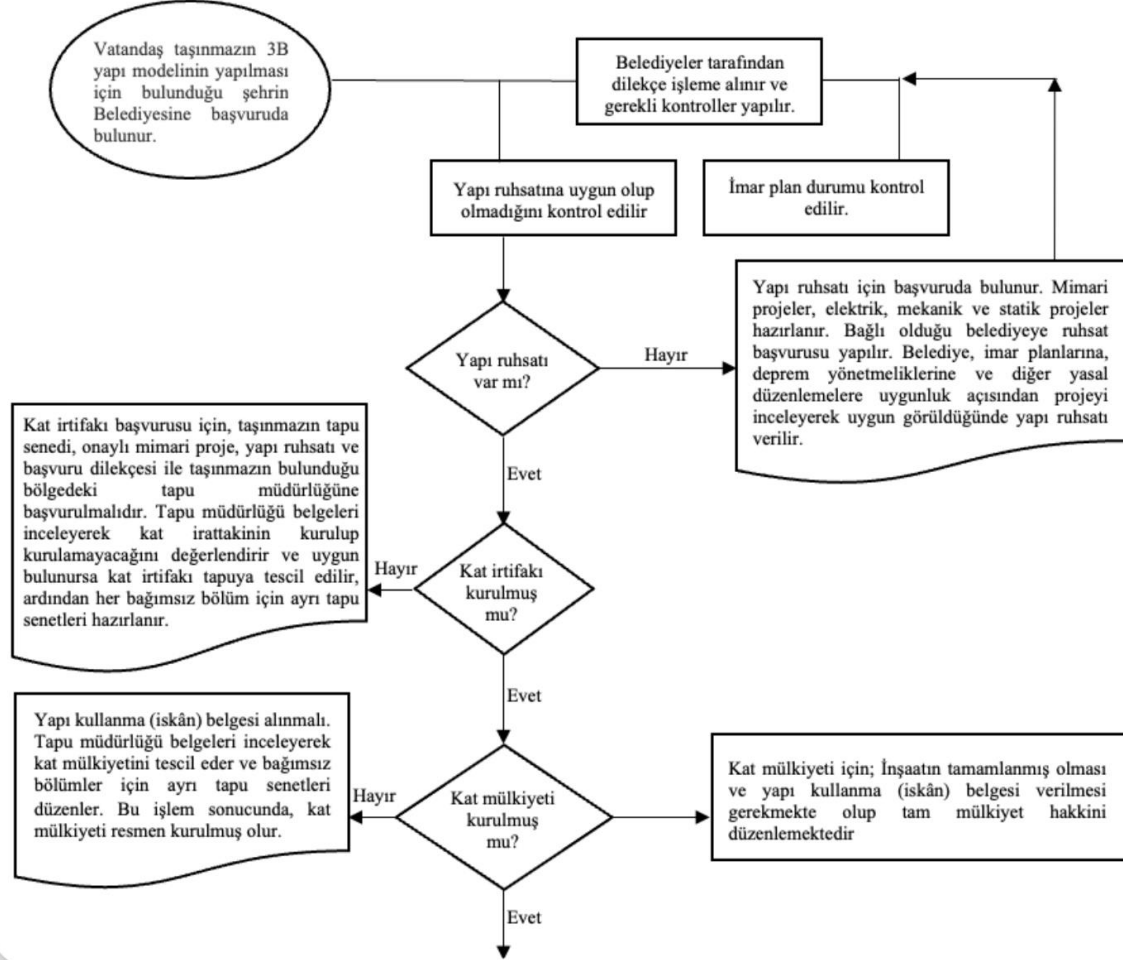
Şekil 8. Taşınmazın 3B yapı modeli ve veri tabanı entegrasyonu süreçlerine ait UML diyagramı



Şekil 8 (devamı). Taşınmazın 3B yapı modeli ve veri tabanı entegrasyonu süreçlerine ait UML diyagramı

Şekil 8’de gösterilen diyagramda genel olarak sürecin başlangıcından sonuna yani veri tabanı entegrasyonuna kadar olan bütün süreci kapsamakta olup , birinci adım olarak isimlendiren A bölümünde taşınmazın 3B modelin yapılabilmesi için başvuru süreçleri, Belediyenin yapmış olduğu taşınmaza ait mülkiyet tescillerini, imar ve ruhsat kontrollerinin yapılmasını kapsamaktadır. B bölümünde, 3B yapı modellerine güneş enerji panellerinin entegrasyon süreci ve 3B yapı modelin yapılması ile ilgili adımlar yer alırken C bölümünde yapılmış ve Tapu ve Kadastro Müdürlüğünün kontrol etmiş ve onaylamış olduğu 3B yapı

modeli CBS veri tabanına aktarılması ve bina-paneller ilişkisinin yönetilmesini göstermektedir.



Şekil 9. UML diyagramına ait A bölümü

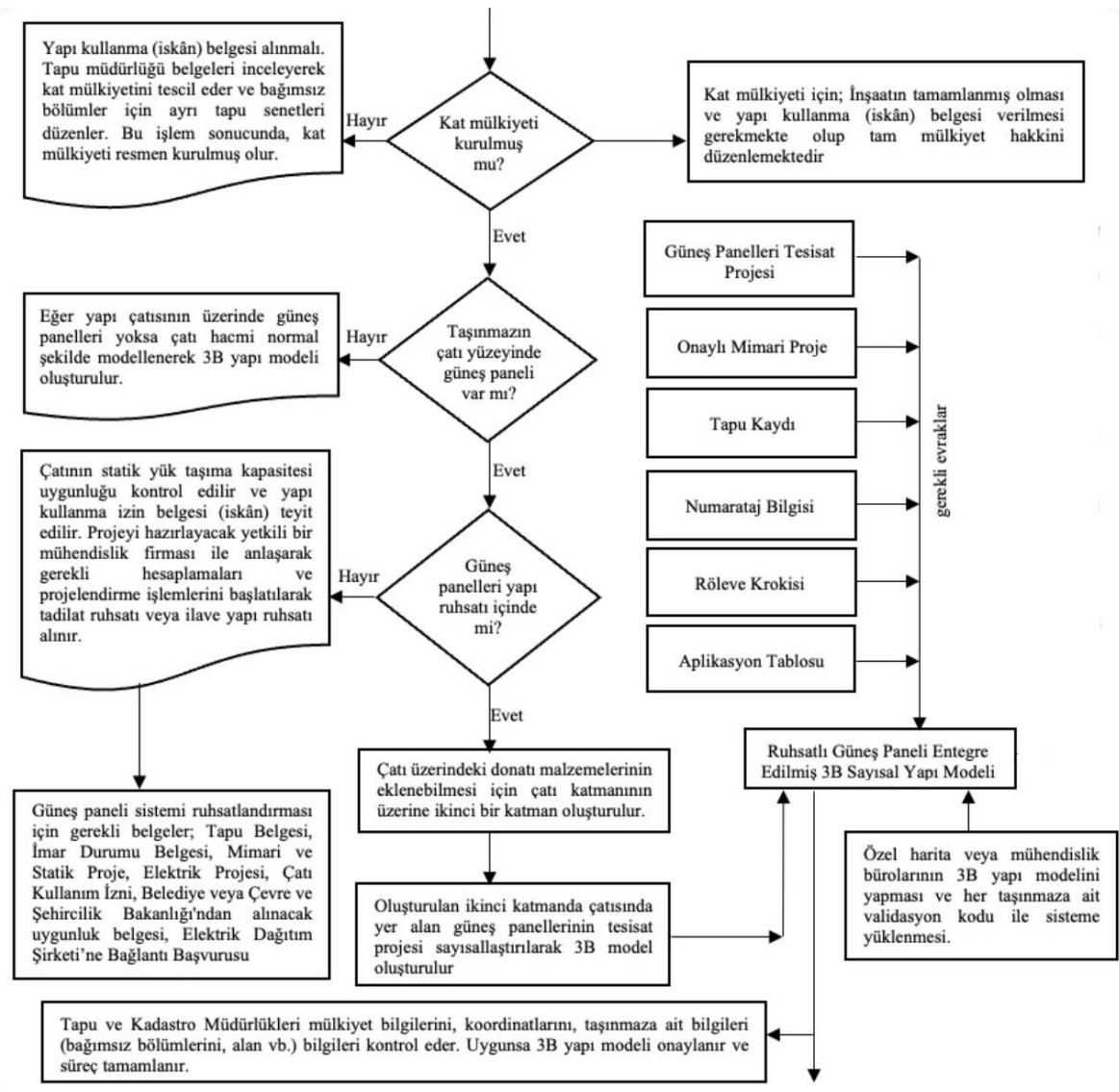
Taşınmazların düzenli bir şekilde kayıt altına alınması ve etkili bir şekilde yönetilmesi, belirli hukuki ve teknik süreçlerin bir arada ve eksiksiz bir biçimde yürütülmesini gerektirir. Bu süreçler, taşınmazın üzerinde inşa edilecek yapıların yasal çerçevede güvence altına alınmasını ve mülkiyet haklarının şeffaf bir şekilde düzenlenmesini sağlamayı hedefler. Şekil 9'daki UML diyagramında gösterildiği gibi ilk aşamada, yapı ruhsatının alınmasıdır. Yapı ruhsatı, bir taşınmaz üzerinde bina inşaatına başlanmadan önce alınması zorunlu olan, belediyeler tarafından onaylanan bir belgedir. Ruhsat, projelerin elektrik, mekanik ve statik gereklilikler açısından incelenmesini ve

depreme dayanıklılık gibi yasal düzenlemelere uygunluğun kontrol edilmesini içerir. Belediye tarafından verilen bu belge, taşınmazın bulunduğu bölgedeki imar planlarına ve diğer yasal düzenlemelere uygunluğun sağlandığını garanti eder. Yapı ruhsatı alınmadan yapılan inşaatlar "kaçak yapı" statüsünde değerlendirilmekte ve yasal yaptırımlara tabidir. Bu nedenle yapı ruhsatı, taşınmaz üzerindeki hukuki süreçlerin ilk ve kritik aşamasını oluşturur.

Yapı ruhsatının alınmasının ardından, taşınmazın bağımsız bölümleri için kat irtifakı kurulumu gerçekleştirilir. Kat irtifakı, inşaatı devam eden bir yapı üzerindeki bağımsız bölümlerin, mülkiyet haklarının arsa paylarına dayalı olarak yasal bir çerçevede düzenlenmesini sağlar. Bu aşama, inşaat tamamlanmadan önce arsa üzerindeki bağımsız bölümlerin gelecekteki kullanım haklarını belirlemek ve mülkiyet ilişkilerini açık bir şekilde tanımlamak için gereklidir. Kat irtifakı kurulabilmesi için tapu müdürlüğüne başvurularak inşaat ruhsatı, mimari proje ve diğer gerekli belgeler sunulur. Tapu müdürlüğü, belgelerin incelenmesinin ardından uygun gördüğünde, kat irtifakı resmi olarak tapuya tescil edilir. Bu işlemle birlikte, taşınmaz üzerindeki her bir bağımsız bölüm için ayrı tapular düzenlenir ve mülkiyet hakları yasal olarak güvence altına alınır. Kat irtifakı, özellikle bağımsız bölümlerin yasal olarak satışa konu olabilmesi, ipotek işlemleri veya diğer hukuki işlemler için önemli bir altyapı sunar. Aynı zamanda bu süreç, taşınmazın mekânsal veri tabanı ve CBS entegrasyonuna hazırlık aşamasını da oluşturur.

Kat irtifakının kurulmasından sonra, inşaatın tamamlanmasıyla birlikte kat mülkiyeti aşamasına geçilir. Kat mülkiyeti, bir taşınmaz üzerindeki bağımsız bölümlerin tam mülkiyet haklarını düzenleyen bir sistemdir ve yapı kullanım izin belgesinin (iskân) alınmasını gerektirir. Yapının tamamlanmasıyla birlikte, belediyeden alınan iskân belgesi, binanın güvenli ve kullanıma uygun olduğunu belgeleyen bir resmi dokümandır. İskân belgesi alındıktan sonra, kat irtifakı olan taşınmazlar üzerinde tapu müdürlüğüne başvurularak kat mülkiyetine geçiş işlemi yapılır. Bu işlem sonucunda, bağımsız bölümlerin mülkiyet hakları tam olarak düzenlenir ve tapu kayıtlarına kat mülkiyeti olarak işlenir. Kat mülkiyeti, bağımsız bölümlerin sahiplerine sadece kendi mülkiyet haklarını değil, aynı zamanda ortak kullanım alanları üzerindeki haklarını da yasal olarak tanır. Bu aşama, taşınmazın üzerindeki hukuki belirsizliklerin tamamen ortadan kalktığını ve tüm yasal süreçlerin tamamlandığını gösterir. Ayrıca, mülkün satış, ipotek veya devredilmesi gibi gayrimenkul işlemlerinde, kat mülkiyeti kurulmuş olması, işlemlerin güvenliği açısından tercih edilen bir durumdur.

Bu süreçlerin tamamlanması, taşınmazın yasal statüsünü netleştirirken aynı zamanda teknik açıdan CBS ve 3B modelleme teknolojileriyle entegre edilmesine olanak sağlar. Elde edilen veriler, taşınmazın geometrik, mekânsal ve mülkiyet ilişkilerinin dijital bir veri tabanına aktarılmasına zemin hazırlar. Böylece, taşınmazın teknik ve hukuki boyutları bir araya getirilerek, taşınmaz yönetimi ve enerji verimliliği gibi ileri düzey analizlerin gerçekleştirilmesi mümkün hale gelir. Kat mülkiyeti ve irtifakı süreçlerinin bu şekilde şeffaf ve sistematik bir biçimde yürütülmesi, modern şehircilik ve sürdürülebilir kent planlama yaklaşımlarının temelini oluşturmaktadır.



Şekil 10. UML diyagramına ait B bölümü

3B yapı modeli, taşınmazların yönetimi ve planlanmasında hem teknik hem de hukuki süreçleri bir araya getirerek yenilikçi bir çözüm sunmaktadır. Bu model,

taşınmazların fiziksel, mekânsal ve mülkiyet bilgilerini dijitalleştirmek için kapsamlı bir yol haritası çizer. Sürecin temelinde, mekânsal veri tabanı entegrasyonu ve CBS ile gerçekleştirilen kapsamlı bir veri işleme yaklaşımı yer alır. Yapılar ve yenilenebilir enerji teknolojileri, özellikle güneş panelleri gibi bileşenler, doğru coğrafi koordinatlarla CBS altyapısında işlenir ve analiz edilir. Bu veriler daha sonra mekânsal veri tabanına aktarılır, böylece yapı bileşenlerinin teknik ve fiziksel özellikleri organize bir şekilde dijital ortama taşınmış olur.

Ruhsatlı güneş panelinin 3B yapı modeline entegre edilmiş modelin oluşturulması, Şekil 10 'da belirtildiği gibi, çeşitli dokümanlar ve veri kaynaklarına dayanmaktadır. Bunlar arasında güneş paneli tesisat projeleri, onaylı mimari projeler, tapu kayıtları, numarataj bilgileri, aplikasyon tabloları ve röleve krokileri yer alır. Onaylı mimari projeler, yapının mevcut fiziksel durumunu detaylandırırken, tapu kayıtları ve numarataj bilgileri taşınmazın mülkiyet ilişkilerini ve adres sistemine uygunluğunu belgelemektedir. Röleve krokileri, taşınmazın fiziksel özelliklerini ve sınırlarını belirlerken, aplikasyon tabloları bu sınırların teknik olarak doğru bir şekilde konumlandırılmasını sağlar. Bu belgeler, belediyeler, tapu müdürlükleri, harita mühendislik büroları ve proje firmaları gibi paydaşların iş birliğiyle hazırlanır ve onaylanır.

Sürecin hukuki boyutunda, yapı kullanım izin belgesi (iskân belgesi) kritik bir yer tutar. Bu belge, bir yapının ruhsata uygun olarak tamamlandığını ve yasal olarak kullanıma hazır olduğunu belgelemektedir. İskân belgesi almak için yapının elektrik, su ve kanalizasyon gibi altyapılarının eksiksiz olması ve belediye tarafından yapılan denetimlerden geçmesi gereklidir. Başvuru sırasında dilekçe, yapı ruhsatı, onaylı mimari proje, statik, mekanik ve elektrik projeleri gibi belgeler belediyeye sunulmalıdır. Belediye, yapının mevzuata uygunluğunu onayladıktan sonra iskân belgesini düzenler. Bu belge, taşınmazın yasal olarak kullanılabilir olduğunu belgelemekle birlikte, oturma veya ticari faaliyetlerin başlaması için zorunludur.

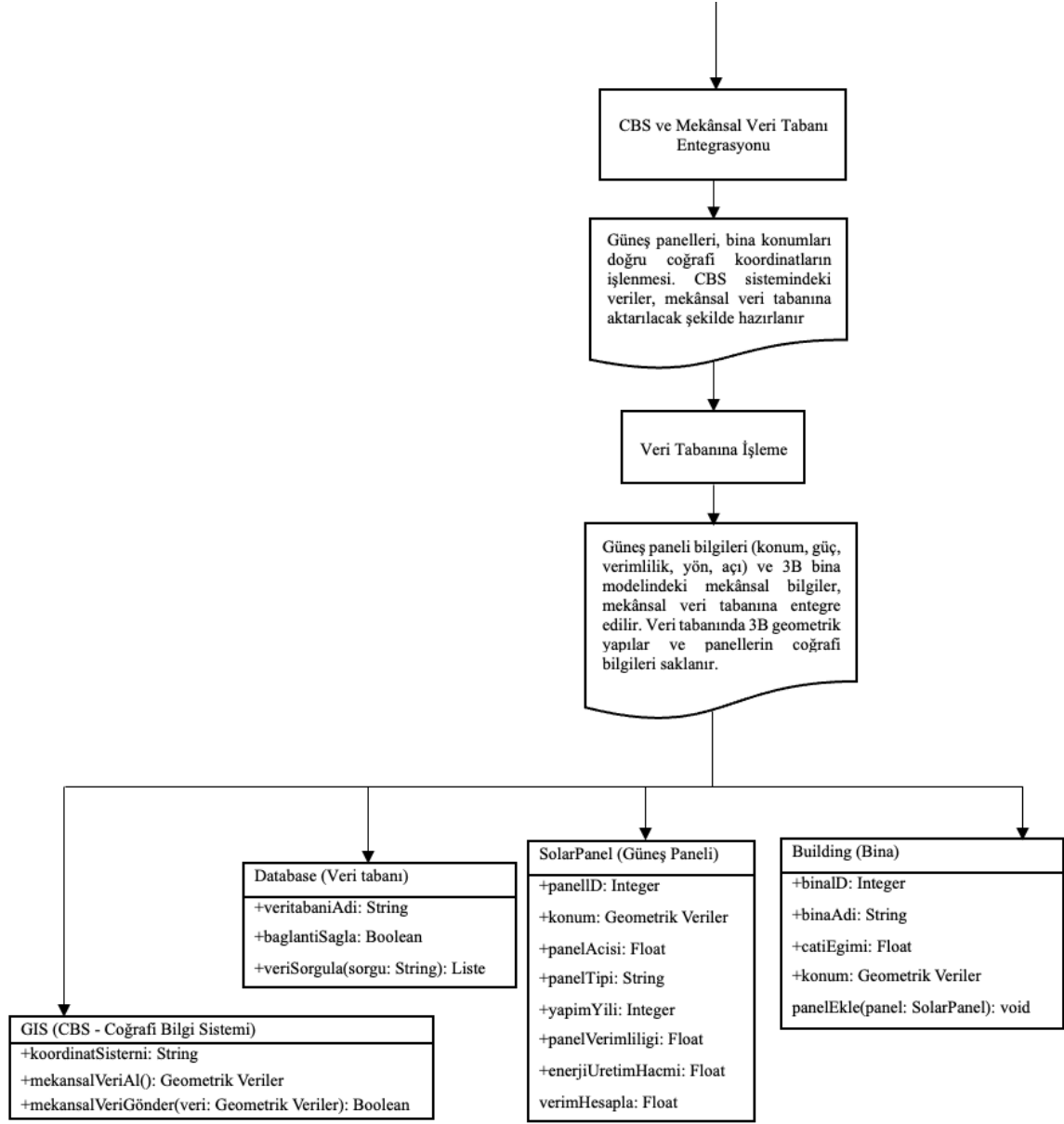
Numarataj bilgisi, taşınmazın resmi adres sistemine uygun şekilde tanımlanmasını sağlar. Kapı numaraları, bina adresi, bağımsız bölüm numaraları ve posta adresleri gibi detayları içeren bu bilgi, belediyeler tarafından düzenlenir. Tapu işlemleri, elektrik, su ve doğalgaz abonelikleri, emlak vergisi tahsilatı ve kargo hizmetlerinde bu bilgiler büyük önem taşır. Ayrıca, numarataj bilgisi acil durumlarda (ambulans, itfaiye gibi) taşınmazın hızlı bir şekilde bulunmasını kolaylaştırır. Genellikle yapı ruhsatı alındıktan sonra taşınmaza özgün bir adres numarası atanarak kullanılabilir hale getirilir.

Tapu kaydı, taşınmazın mülkiyet durumunu ve üzerindeki hakları belgeleyen resmi bir kayıt sistemidir. Türkiye’de bu kayıtlar TKGM tarafından tutulur ve mülk sahiplerinin ya da yetkilendirilmiş kişilerin erişimine açıktır. Tapu kayıtlarına erişmek için ada, parsel veya tapu sicil numarası gibi bilgiler gereklidir. Günümüzde e-Devlet ve Web Tapu gibi dijital hizmetler üzerinden de tapu kaydı sorgulanabilmektedir. Tapu kaydı, taşınmazın mülkiyet haklarını belgeleyerek alım-satım, ipotek veya miras işlemleri gibi hukuki süreçlerde önemli bir rol oynamaktadır.

Röleve krokisi ve aplikasyon tablosu, taşınmazın fiziksel ve konumsal özelliklerini belirleyen önemli dokümanlardır. Röleve krokisi, taşınmazın mevcut durumunu detaylı bir şekilde sunarken, aplikasyon tablosu sınırların teknik olarak konumlandırılmasını sağlar. Bu belgeler genellikle belediyelerin imar müdürlüklerinden veya Kadastro Müdürlüklerinden temin edilir. Mimarlık ve mühendislik büroları da projeye özgü röleve çalışmaları yaparak bu belgelerin hazırlanmasında aktif rol oynar. Eğer belediye ya da kadastro müdürlüğünden bu bilgiler alınamazsa, harita mühendislik firmalarından yardım alınabilir. Röleve krokisi ve aplikasyon tabloları, taşınmazın sınırlarının doğru bir şekilde belirlenmesi ve resmi kayıtlara işlenmesi açısından büyük önem taşır.

3B yapı modeli, yalnızca teknik bir uygulama değil, aynı zamanda mevcut harita ve kadastro sistemlerinin sınırlarını aşan yenilikçi bir yaklaşımdır. Bu model, kentsel dönüşüm ihtiyaçları, deprem ve afet riskleri gibi kritik konulara çözüm sunarken, dijitalleşme ve şeffaflık gereksinimlerine de yanıt verir. Ayrıca, akıllı şehir uygulamaları kapsamında mekânsal veri tabanları ve 3B yapı modelleri, şehirlerin sürdürülebilir ve verimli bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır. Bu süreç, yapıların teknik detaylarının yanı sıra enerji verimliliği gibi çevresel faktörleri de kapsamaktadır.

Sonuç olarak, 3B yapı modeli, teknik dokümanlar ve mekânsal verilerin bir araya getirilmesiyle oluşturulan bütünleşik bir sistemdir. Bu model, taşınmazların mülkiyet ve kullanım haklarının düzenlenmesinden, yapıların enerji verimliliği ve deprem güvenliği gibi unsurların değerlendirilmesine kadar geniş bir uygulama alanı sunmaktadır. Bu diyagram, süreci hem teknik hem de hukuki açıdan kapsayıcı bir şekilde özetlemekte ve bu modelin modern şehircilik ihtiyaçlarına yenilikçi bir çözüm sunduğunu göstermektedir.



Şekil 11. UML diyagramına ait C bölümü

Şekil 11’de belirtilmiş olan bu diyagram, güneş panelleri ve 3B yapı modellerine ilişkin mekânsal verilerin, CBS ve veri tabanı altyapısı kullanılarak nasıl entegre edileceğini gösteren bir sistem tasarımı sunmaktadır. Süreç, mekânsal verilerin detaylı bir şekilde toplanmasını, CBS kullanılarak işlenmesini ve daha sonra veri tabanına aktarılmasını kapsamaktadır. Bu sayede, güneş panellerinin ve binaların geometrik ve coğrafi bilgileri etkili bir şekilde organize edilerek dijital bir veri tabanında saklanabilir hale gelmektedir.

Taşınmaz süreçlerinin dijitalleştirilmesi, yalnızca yasal düzenlemelerle sınırlı kalmayıp, mekânsal veri tabanı entegrasyonu ve 3B yapı modelleri ile desteklenmektedir.

Bu sistem, taşınmaz ve bileşenlerine dair geometrik, mekânsal ve enerji verilerini bir arada tutarak kapsamlı bir analiz imkânı sunmaktadır. 3B yapı modelleri, mevcut harita ve kadastro sistemlerinin sınırlarının ötesine geçerek, deprem ve afet risk analizlerinden akıllı şehir uygulamalarına kadar geniş bir yelpazede kullanılmaktadır.

3B yapı modeli, yapıların ve bağlı bileşenlerinin detaylı bir şekilde modellenmesini, güneş panelleri gibi yenilikçi teknolojilerin entegrasyonunu sağlamaktadır. Örneğin, bir yapıya ait güneş paneli konum bilgileri, CBS sistemi aracılığıyla doğru coğrafi koordinatlarla birlikte mekânsal veri tabanına aktarılabilir. Bu veriler, enerji üretim kapasitesi, yön ve açı bilgileri gibi faktörlerin analiz edilmesine olanak tanır.

Dijitalleşen şehirlerde enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması önemli bir gereklilik haline gelmiştir. Bu bağlamda, güneş panellerinin binalara entegrasyonu ve bu bileşenlerin CBS tabanlı veri tabanlarında tutulması kritik bir rol oynamaktadır. Güneş paneli tesisatı, bina konumlarının doğru coğrafi koordinatlarla belirlenmesini ve mekânsal veri tabanına aktarılmasını gerektirir. Bu işlem hem enerji üretiminin izlenmesi hem de kent genelindeki enerji kaynaklarının yönetimi açısından önemli bir altyapı sunar.

Sistemin temel bileşenlerinden biri olan CBS, mekânsal verilerin işlenmesi ve yönetilmesi için kritik bir rol oynar. CBS, güneş panelleri ve bina konumları gibi coğrafi bilgileri işler ve bu verileri veri tabanına entegre edilebilecek şekilde hazırlar. CBS sistemi, kullanılan koordinat sistemi ve mekânsal veri gönderme/alma fonksiyonları ile verilerin doğruluğunu ve tutarlılığını sağlar. Bu yapı, coğrafi analizlerin ve mekânsal sorgulamaların temelini oluşturur.

Diyagramda yer alan Database (Veri tabanı), tüm mekânsal ve teknik bilgilerin saklandığı merkezi bir bileşendir. Veri tabanı, binalar ve güneş panellerine ilişkin verilerin güvenilir bir şekilde depolanmasını ve gerektiğinde sorgulanmasını sağlar. Veri tabanı, bağlantı kurma (bağlantıSağla) ve veri sorgulama (veriSorgula) gibi fonksiyonlarla kullanıcıların ihtiyaç duyduğu bilgilere kolayca erişim sağlamasına olanak tanır. Bu sistem, güneş panellerinin ve bina bilgileri gibi farklı veri türlerini işleyebilecek şekilde tasarlanmıştır.

SolarPanel (Güneş Paneli) bileşeni, güneş panellerine ilişkin detaylı bilgilerin saklandığı bir modülü temsil eder. Her bir güneş paneline ilişkin panelID, konum, panel açısı, panel tipi, yapım yılı, verimlilik ve enerji üretim kapasitesi gibi bilgiler bu modülde saklanır. Ayrıca, bir güneş panelinin verimliliğini hesaplamak için "verimHesapla"

fonksiyonu gibi özel bir hesaplama mekanizması da bulunmaktadır. Bu bilgiler, enerji verimliliği analizleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin yönetimi için kritik bir veri kaynağıdır.

Building (Bina) bileşeni, binaların geometrik ve mekânsal özelliklerini temsil eder. Her bina için bina kimlik numarası (binaID), bina adı, çatı eğimi ve konum bilgileri veri tabanında saklanır. Ayrıca, güneş panellerinin belirli bir binaya eklenmesi için "panelEkle" fonksiyonu tanımlanmıştır. Bu, binalara güneş panelleri eklenerek enerji verimliliği analizlerinin yapılabilmesine olanak tanır. Çatı eğimi bilgisi, güneş panellerinin doğru bir şekilde konumlandırılması ve enerji üretim kapasitelerinin optimize edilmesi açısından önemlidir.

Sonuç olarak, bu diyagram, güneş panelleri ve binalar gibi fiziksel yapıların dijital veri tabanına nasıl entegre edildiğini ve bu süreçte CBS'nin nasıl bir rol oynadığını detaylı bir şekilde açıklamaktadır. Sistemin tasarımı, mekânsal verilerin yönetimi ve enerji verimliliği gibi önemli konularda kapsamlı bir altyapı sunmakta ve bu yapı, sürdürülebilir şehir planlaması ve yenilenebilir enerji projelerinde güçlü bir araç olarak kullanılabilir.

Diyagramda da görüldüğü gibi, güneş paneli verileri, panelin tipi, konumu, üretim kapasitesi, verimliliği ve enerji üretim hacmi gibi detaylarla birlikte veri tabanına kaydedilmektedir. Bu veriler, şehir ölçeğinde enerji planlaması ve yönetimine katkıda bulunurken, aynı zamanda enerji üretim kapasitelerinin tahmini ve performans değerlendirmesi gibi analizlere olanak tanır.

Yapı ve güneş paneli verilerinin bir arada yönetilmesi, güçlü bir veri tabanı altyapısı gerektirir. Veri tabanında, taşınmazların ve bağlı bileşenlerin geometrik verileri, tapu bilgileri ve mekânsal analizlere yönelik veriler tutulmaktadır. CBS altyapısı ise bu verilerin mekânsal analiz ve görselleştirme süreçlerinde kullanılmasını sağlamaktadır. Örneğin, veri tabanına kaydedilen bir bina, coğrafi koordinatları sayesinde harita üzerinde kolayca görselleştirilebilir ve detaylı analizlere tabi tutulabilir.

Ayrıca, veri tabanındaki güneş paneli verileri, enerji üretim tahmini ve verimlilik hesaplamaları gibi detaylı analizlerin yapılmasına olanak tanımaktadır. Bu sistem, aynı zamanda enerji verimliliğinin artırılması için öneriler geliştirilmesine ve gelecekteki enerji projelerinin planlanmasına katkı sağlar.

Diyagramda vurgulanan modelin bir diğer önemli yönü, akıllı şehir uygulamalarına entegrasyon sağlamasıdır. Geleneksel harita ve kadastro sistemlerinin ötesine geçen bu

yaklaşım, şehirlerin dijitalleşme sürecine katkıda bulunmaktadır. Özellikle kent dönüşümü, afet yönetimi ve sürdürülebilir enerji planlaması gibi konularda, 3B yapı modeli ve CBS tabanlı veri tabanı, etkin çözümler sunmaktadır. Akıllı şehir uygulamaları, şehirlerin daha verimli, güvenli ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine olanak tanır.

Bu bağlamda, 3B yapı modelleri hem şehir planlamacıları hem de karar alıcılar için güçlü bir veri kaynağıdır. Örneğin, bir bölgedeki binaların enerji verimlilik seviyeleri analiz edilerek, enerji tasarrufu için gerekli yatırımlar belirlenebilir. Benzer şekilde, afet yönetimi süreçlerinde, 3B modeller, risk altındaki bölgelerin detaylı bir şekilde analiz edilmesine olanak tanır.

Bu diyagram, taşınmaz süreçlerinin dijitalleşmesi ve enerji verimliliği çözümlerinin entegrasyonu için kapsamlı bir yol haritası sunmaktadır. Yapı ruhsatı, kat irtifakı ve kat mülkiyeti gibi hukuki süreçlerden başlayarak, güneş paneli tesisatı ve veri tabanı entegrasyonuna kadar uzanan bu model, şehirlerin dijitalleşme sürecine önemli katkılar sağlamaktadır. CBS tabanlı mekânsal veri tabanı ve 3B yapı modeli, kent planlama, afet yönetimi ve akıllı şehir çözümleri gibi birçok alanda kullanılabilir.

Gelecekte, bu modelin geliştirilerek daha fazla taşınmaz ve enerji bileşeninin entegre edilmesi, şehirlerin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olacaktır. Bu bağlamda, önerilen modelin, harita mühendisliği ve enerji yönetimi gibi disiplinler arasında köprü oluşturan bir yaklaşımla değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

## **2.2. 3B Yapı Modelinde Kullanılan Çalışma Bölgesi ve Veri Setlerinin Özellikleri**

3B bina ve yapı modelleme işlemleri için izlenmesi gereken adımlar sistematik bir şekilde uygulanmalıdır. Bu süreç, referans dosyalarının içe aktarılması ve ölçeklendirilmesiyle başlar. İlk adımda, referans dosyası (DWG, DGN, DXF veya raster görüntüler gibi) "Attach Reference" aracı kullanılarak içe aktarılır. Menü çubuğunda File > References seçeneğinden erişilebilen bu araç, dosyanın doğru birimlerde ve ölçeklendirilmiş şekilde çalışmaya entegre edilmesini sağlar. Çalışma ortamının birimleri Settings > Design File > Working Units menüsünden kontrol edilmelidir.

Kat planı sınırlarının çizimi için Place SmartLine aracı kullanılır. Bu araç, Drawing Tools sekmesinden erişilebilir ve sınırların kapalı bir alan oluşturacak şekilde doğru bir

şekilde çizilmesini sağlar. AccuDraw özelliği (Alt + X kısayolu) çizim sırasında hassas hizalamalar için etkinleştirilebilir. Çizim, Level Manager aracıyla yeni bir katmana atanarak organize edilir.

Bina akslarının oluşturulmasında Place Line aracı kullanılır. Aks noktalarının doğru bir şekilde hizalanması için Snap özelliği etkinleştirilir (Settings > Snaps menüsünden). Aksların adlandırılması Place Text aracı ile yapılır. Bu araç, Annotation Tools sekmesinde yer alır ve aksların görsel olarak tanımlanmasına yardımcı olur.

Kat alanlarının çizimi, Place Shape aracı ile gerçekleştirilir. Kapalı bir çokgenle temsil edilen alanlar farklı bir katmana atanarak düzenlenir. Hatch Area komutu (Home > Groups > Hatch) kullanılarak alanlar doldurulabilir ve görselleştirilebilir. Benzer şekilde, oda alanları da Trim veya Divide araçları kullanılarak belirlenir. Bu araçlar Modify Tools sekmesinde bulunur. Her oda alanı, Place Text aracı ile etiketlenebilir ve renk ya da desen özellikleriyle Properties sekmesinden görsel olarak ayrıştırılabilir.

Kapı ve pencere açıklıkları çizilirken Place Arc, Place Line veya Place Rectangle gibi araçlar kullanılır. Kapı genişlikleri Measure Distance aracı ile ölçülerek doğrulanır. Pencere açıklıkları Snap ve Offset araçlarıyla doğru bir şekilde hizalanır. Align Elements komutu ise kapıların duvarlarla hizalanmasında kullanılır.

Balkon sınırlarının çizimi için Place Shape aracı kullanılır ve balkon duvarları Place Wall aracı ile eklenir. Bu işlem, genellikle Building Design modülünde gerçekleştirilir. Balkon alanlarının görselleştirilmesi için Hatch Area komutu kullanılabilir. Bağımsız bölümler ve ortak alanlar Create Region komutu ile tanımlanır. Bu alanlar Level Manager ile organize edilerek farklı katmanlara atanır. Place Text aracı ile alanlar etiketlenir.

İlk katın çizimi tamamlandıktan sonra diğer katlara geçiş işlemleri Copy Parallel veya Duplicate Layers araçlarıyla yapılır. Her kat için benzersiz özellikler eklemek amacıyla yeni katmanlar oluşturulur. Katlar arasındaki uyumu sağlamak için Reference Merge komutu uygulanır.

Bina genel alanlarının çizimi, Place Shape veya Place Polyline araçlarıyla gerçekleştirilir. Alanlar Hatch Area komutuyla doldurularak görselleştirilir. Kat işlemleri için Level Manager kullanılarak her kat için ayrı katmanlar oluşturulur ve organize edilir.

3B modelin coğrafi konumlandırılması için Geographic Coordinate System aracı etkinleştirilir. Bu araç, Utilities > Geographic > Select Geographic Coordinate System menüsünden seçilir ve modelin uygun bir referans sistemiyle hizalanması sağlanır. Harita katmanları Analyze araçlarıyla doğrulanabilir.

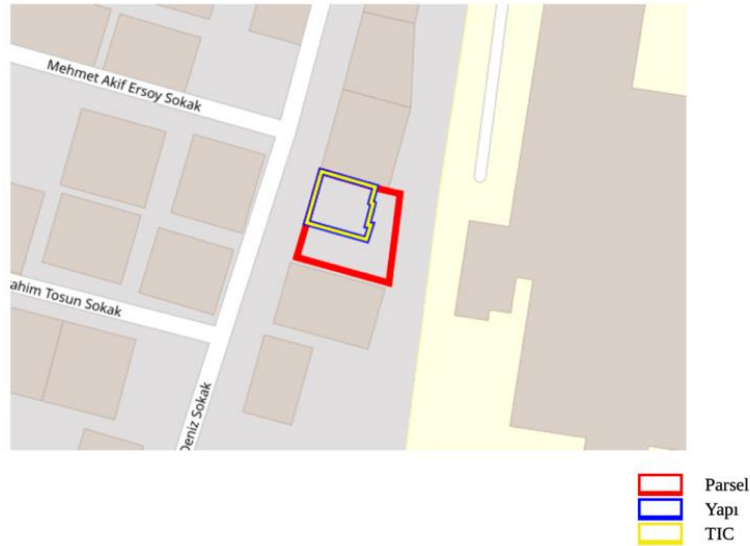


NetCad-YAPINET modülü kullanılmaktadır. Böylece iki farklı programda süreç incelenmektedir.

Birinci veri setinde seçilen taşınmazın bulunduğu bölge Trabzon İli, Akçaabat İlçesi'ne bağlı Yaylacık Mahallesiinde bulunmaktadır. Trabzon'un batısında konumlanan Akçaabat İlçesi, şehir merkezine yaklaşık 14 km mesafede yer almakta ve Karadeniz sahili boyunca uzanmaktadır. Yaylacık Mahallesi, ilçenin önemli yerleşim bölgelerinden biri olup, nüfus yoğunluğu ve yapılaşma düzeyi ile dikkat çekmektedir (URL-26). Tablo.1 'de konu taşınmazın parsel bilgileri gösterilmektedir.

Tablo 1. Birinci veri setine ait taşınmazın parsel bilgileri

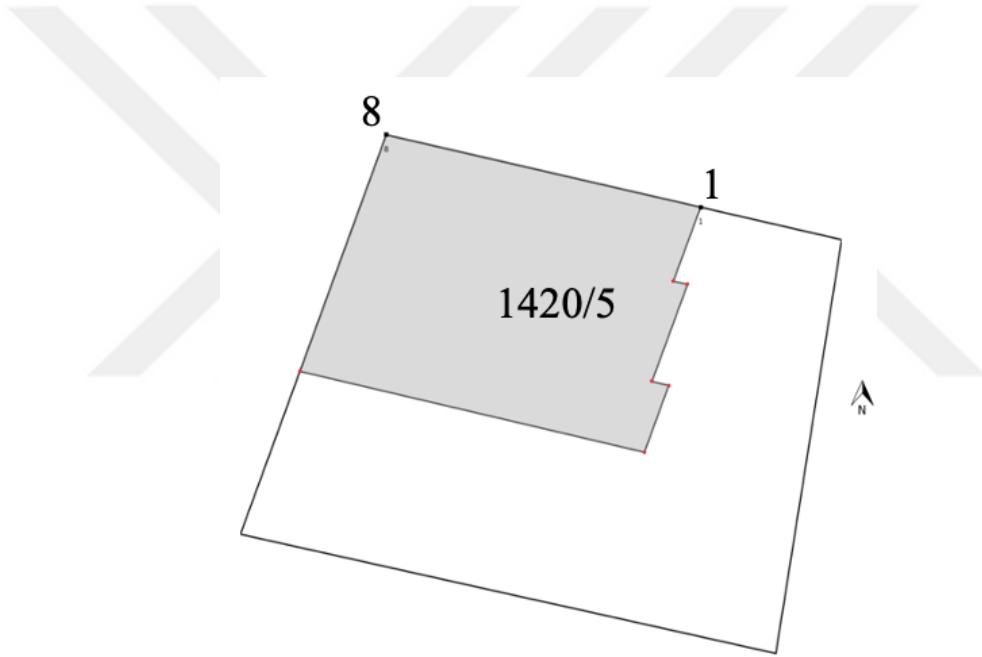
| PARSEL BİLGİLERİ   |            |
|--------------------|------------|
| İl                 | Trabzon    |
| İlçe               | Akçaabat   |
| Mahalle            | Yaylacık   |
| Ada No             | 1420       |
| Parsel No          | 5          |
| Taşınmaz Kimlik No | 1126789101 |



Şekil 13. Birinci veri setinin parsel konumu

Parsel temsili Şekil 13 'de gösterilmektedir. İlgili şekilde de belirtildiği gibi taşınmaz ile ilişkili olarak parsel, yapı ve TIC (Terrain Intersection Curve) sınırlarını göstermektedir.

- Kırmızı çizgi (Parsel): Yapının bulunduğu taşınmazın parsel sınırlarını ifade etmektedir. Bu sınır, yapı ile parsel arasındaki ilişkinin analiz edilmesi için temel bilgi sunar.
- Mavi çizgi (Yapı): Parsel içerisinde yer alan yapının dış konturunu göstermektedir. Bu kontur, yapının gerçek boyutlarını ve parsel üzerindeki yerleşimini ifade eder.
- Sarı çizgi (TIC - Terrain Intersection Curve ):Yapının taban alanı izni kapsamında tanımlanan sınırı belirtir. Bu sınır, yapı ruhsatı ve yasal düzenlemeler açısından önemli bir ölçüttür.



Şekil 14. Birinci veri setinin TIC/parsel görüntüsü

TIC koordinatları yapının araziye kestiği geometriyi temsil etmekte olup yapı aplikasyon projesindeki bina zemin oturum geometrisini ifade etmektedir. Şekil 14 'de taşınmazın kırmızı noktalar halinde gösterilip sağ üstten başlamak üzere saat yönünde numaralandırılıp koordinat bilgileri ile ilgili detaylar Tablo 2. 'de verilmektedir.

Tablo 2. Birinci veri setine ait taşınmazın koordinat bilgileri

| TIC KOORDİNAT BİLGİLERİ |            |             |       |   |            |             |   |
|-------------------------|------------|-------------|-------|---|------------|-------------|---|
| #                       | Y          | X           | H     | # | Y          | X           | H |
| 1                       | 549898.460 | 4542657.770 | 3.070 | 2 | 549897.540 | 4542654.580 |   |
| 3                       | 549898.030 | 4542654.440 | 3.090 | 4 | 549896.830 | 4542650.260 |   |
| 5                       | 549897.410 | 4542650.090 | 2.990 | 6 | 549896.590 | 4542647.210 |   |
| 7                       | 549884.670 | 4542650.610 | 2.980 | 8 | 549887.580 | 4542660.810 |   |
| 9                       | 549898.460 | 4542657.770 | 3.070 |   |            |             |   |

Tablo 3.'de belirtilmekte olan koordinat detay bilgilerini ele alacak olursak EPSG (European Petroleum Survey Group) kodu, belirli bir koordinat sistemi veya projeksiyon sistemine uluslararası bir kimlik numarası sağlar. 5257, Türkiye'de kullanılan TUREF (Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi) için atanmış EPSG kodudur. TUREF, Türkiye için tanımlanan modern ve yüksek hassasiyetli bir referans sistemidir. TUREF, Avrupa Referans Çerçevesi olan ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) ile uyumludur ve bu sistemin Türkiye için uyarlanmış halidir. Datum, haritalama ve koordinat ölçüm işlemlerinde kullanılan referans noktalarını tanımlayan bir sistemdir. TUREF, ETRS89'a dayanır ve küresel ölçekte WGS84 (World Geodetic System 1984) ile eşdeğer hassasiyete sahiptir. DOM (Doğu Meridyenleri ve Paraleller) değeri, çalışma alanınızın hangi enlem ve boylam kuşağı içinde bulunduğunu belirtir. Çalışma alanımız için seçilen taşınmaz Trabzon ili Akçaabat ilçe sınırı içerisinde olduğu için Türkiye'nin kuzeyinde, 39. paralel enlemi ifade etmektedir.

Tablo 3. Birinci veri setinin koordinat detay bilgileri

| KOORDİNAT DETAY BİLGİLERİ |                            |                                   |     |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----|
| EPSG                      | Referans Koordinat Sistemi | Datum                             | DOM |
| 5257                      | TUREF                      | Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi | 39  |

Maksimum Yapı Kimlik Numarası, bir yapıyı veya binayı diğer yapılardan ayıran, o yapıya özgü bir tanımlama numarasıdır. Bu numara genellikle yapı ruhsatı, denetim süreçleri

ve kayıt sistemlerinde kullanılır. Türkiye'de, yapı kimlik numarası, yapı kayıt sistemi veya imar süreçleri kapsamında yapıların düzenli bir şekilde takip edilmesi ve yönetilmesi amacıyla kullanılır. Bu numara, binanın inşaat özelliklerini, ruhsat durumunu ve diğer teknik detaylarını kayıt altına almayı sağlar.

Birinci veri setinde Tablo 4.'de de belirtilmiş olan bu yapı, maksimum yapı kimlik numarası 5387647232 ile tanımlanmış ve ana yapı niteliği taşımaktadır. Yapıda toplamda 11 bağımsız bölüm bulunmaktadır. Kat planı incelendiğinde, yapı zemin kat dahil olmak üzere 6 üst kat barındırmakta olup, herhangi bir zemin altı kat bulunmamaktadır. Yapıda kullanıcıların konforu ve erişimini sağlamak amacıyla 1 adet asansör yer almaktadır. Çatı projesi kapsamında, yapının çatı alanı 144,38 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, yapının yüksekliği, yapının kot aldığı noktadan saçak seviyesine kadar ölçüldüğünde 21,7 metre olarak belirlenmiştir. Bu bilgiler, yapının teknik ve mimari özelliklerini detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır.

Tablo 4. Birinci veri setine ait taşınmaza ait yapı bilgileri

| YAPI BİLGİLERİ                                                                                       |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Maksimum Yapı Kimlik No                                                                              | 5387647232            |
| Yapı Tipi                                                                                            | Ana Yapı              |
| BB (Bağımsız Bölüm) Adedi                                                                            | 11                    |
| Zemin + Üst Kat Adedi                                                                                | 6                     |
| Zemin Altı Kat Adedi                                                                                 | 0                     |
| Asansör Sayısı                                                                                       | 1                     |
| Çatı Proje Alanı                                                                                     | 144,38 m <sup>2</sup> |
| Yapı Yüksekliği( Yapının kot aldığı noktadan saçak seviyesine kadar olan yüksekliği belirtmektedir.) | 21,7 m                |

Yapı Tablo 5.'de belirtildiği gibi toplam 6 kat ve 11 bağımsız bölüm içermektedir. Her katta 1 ortak alan bulunmaktadır. Zemin kat 1 bağımsız bölüm barındırırken, diğer katlarda ikişer bağımsız bölüm yer almaktadır. Ortak alanlar, yapının tüm sakinleri tarafından kullanılmaktadır.

Tablo 5. Birinci veri setine ait taşınmazın kat bilgileri

| KAT BİLGİLERİ |        |                 |                  |
|---------------|--------|-----------------|------------------|
| #             | Kat No | Toplam BB Adedi | Ortak Alan Adedi |
| 1             | Z      | 1               | 1                |
| 2             | 1      | 2               | 1                |
| 3             | 2      | 2               | 1                |
| 4             | 3      | 2               | 1                |
| 5             | 4      | 2               | 1                |
| 6             | 5      | 2               | 1                |

Bu yapıda toplamda 11 bağımsız bölüm bulunmaktadır. Zemin katta yer alan bağımsız bölüm, 75 m<sup>2</sup> net alan ve 81 m<sup>2</sup> brüt alan büyüklüğünde olup, kullanım amacı dükkân olarak belirtilmiştir. Bu bölüm, Kuzey Doğu ve Güney Batı cephelerine sahiptir. Diğer tüm katlarda, her katta iki konut bulunmaktadır. 1. kat konutlarından ilki, 46 m<sup>2</sup> net ve 32,8 m<sup>2</sup> brüt alan büyüklüğüne sahip olup Güney Batı cephesine bakarken, ikinci konut 62 m<sup>2</sup> net ve 45,5 m<sup>2</sup> brüt alan ile Kuzey Doğu ve Batı cephelerine sahiptir. Aynı düzenleme, 2., 3., 4. ve 5. katlarda da tekrarlanmıştır. Bu katlardaki her bir konut, zemin kat haricinde 13/20 arsa payı ile belirtilmiş olup dükkân nitelikli bağımsız bölüm tam 1/1 arsa payına sahiptir. Tüm bağımsız bölümler, cepheleri ve büyüklükleri açısından düzenli bir şekilde sınıflandırılmış ve Tablo 6.'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Birinci veri setine ait taşınmazın bağımsız bölüm bilgileri

| # | Maks       | BB | Kat | BB | Net               | Brüt                | Arsa  | Liste      | Beyan | Cephe      |
|---|------------|----|-----|----|-------------------|---------------------|-------|------------|-------|------------|
|   | Kimlik No  |    |     | No | Alan              | Alan                | Payı  | Kat Tanımı |       |            |
| 1 | 5387647232 |    | Z   | 11 | 75 m <sup>2</sup> | 81 m <sup>2</sup>   | 1/1   | Dükkân     |       | Kuzey Doğu |
| 2 | 1042043545 |    | 1   | 1  | 46 m <sup>2</sup> | 32.8 m <sup>2</sup> | 13/20 | Konut      |       | Güney Batı |
| 3 | 5250159844 |    | 1   | 2  | 62 m <sup>2</sup> | 45.5 m <sup>2</sup> | 13/20 | Konut      |       | Güney Batı |
| 4 | 5233262533 |    | 2   | 3  | 46 m <sup>2</sup> | 32.8 m <sup>2</sup> | 13/20 | Konut      |       | Kuzey Doğu |
| 5 | 5384383179 |    | 2   | 4  | 62 m <sup>2</sup> | 45.5 m <sup>2</sup> | 13/20 | Konut      |       | Batı       |
| 6 | 5391854303 |    | 3   | 5  | 46 m <sup>2</sup> | 32.8 m <sup>2</sup> | 13/20 | Konut      |       | Güney Batı |

Tablo 6.'nın devamı

|    |            |   |    |                   |                     |       |       |                    |
|----|------------|---|----|-------------------|---------------------|-------|-------|--------------------|
| 7  | 5421755405 | 3 | 6  | 62 m <sup>2</sup> | 45.5 m <sup>2</sup> | 13/20 | Konut | Kuzey Doğu<br>Batı |
| 8  | 5104965685 | 4 | 7  | 46 m <sup>2</sup> | 32.8 m <sup>2</sup> | 13/20 | Konut | Güney Batı         |
| 9  | 5264040584 | 4 | 8  | 62 m <sup>2</sup> | 45.5 m <sup>2</sup> | 13/20 | Konut | Kuzey Doğu<br>Batı |
| 10 | 5040995424 | 5 | 9  | 46 m <sup>2</sup> | 32.8 m <sup>2</sup> | 13/20 | Konut | Güney Batı         |
| 11 | 5477089097 | 5 | 10 | 62 m <sup>2</sup> | 45.5 m <sup>2</sup> | 13/20 | Konut | Kuzey Doğu<br>Batı |

Zemin Kat 11 nolu bağımsız bölüm ve ortak alan hacimlerinden oluşmakta olup 11 nolu bağımsız bölüm toplamda iki farklı kullanım alanına sahiptir: dükkân ve tuvalet. Bu bağımsız bölümün ana kullanım amacı dükkândır ve bu alan 73.000 m<sup>2</sup> plan alanı ile 234.400 m<sup>3</sup> hacme sahiptir. Ayrıca, bağımsız bölüm içerisinde yer alan tuvalet alanı 2.000 m<sup>2</sup> plan alanı ve 6.430 m<sup>3</sup> hacme sahiptir. Bu bilgiler Tablo7.'de ilgili bağımsız bölümün kullanım detaylarını ve alan dağılımını açıkça ortaya koymaktadır.

Tablo 7. Birinci veri setine ait taşınmazın zemin kat 11 nolu bağımsız bölüm detayları

| Z. KAT 11 NOLU BAĞIMSIZ BÖLÜM |                |                       |                        |
|-------------------------------|----------------|-----------------------|------------------------|
| #                             | Kullanım Amacı | Plan Alanı            | Hacim                  |
| 1                             | Dükkân         | 73.000 m <sup>2</sup> | 234.400 m <sup>3</sup> |
| 2                             | Tuvalet        | 2.000 m <sup>2</sup>  | 6.430 m <sup>3</sup>   |

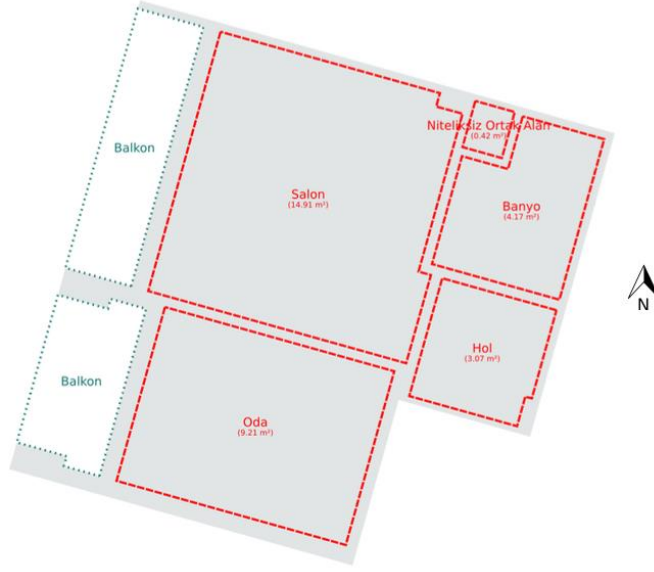
Şekil 15, taşınmaza ait zemin kat planını detaylandırmaktadır. Planda, kat içerisindeki 11 nolu bağımsız bölüm ve ortak alan (a) açıkça gösterilmiştir. Plan, taşınmazın mimari düzenini ve kat bazındaki kullanım amacını anlamak için önemli bir görsel sunum niteliği taşımaktadır. 11 nolu bağımsız bölüm dükkân ve tuvalet olmak üzere iki ayrı bölümden oluştuğu (b) görülmektedir.



Şekil 15. Birinci veri setine ait taşınmazın zemin kat plan görseli.; a) Birinci veri setine ait taşınmazın zemin kat planı b) Birinci veri setine ait kat 11 nolu bağımsız bölüm planı



Şekil 16. Birinci veri setine ait taşınmazın 1. kat planı

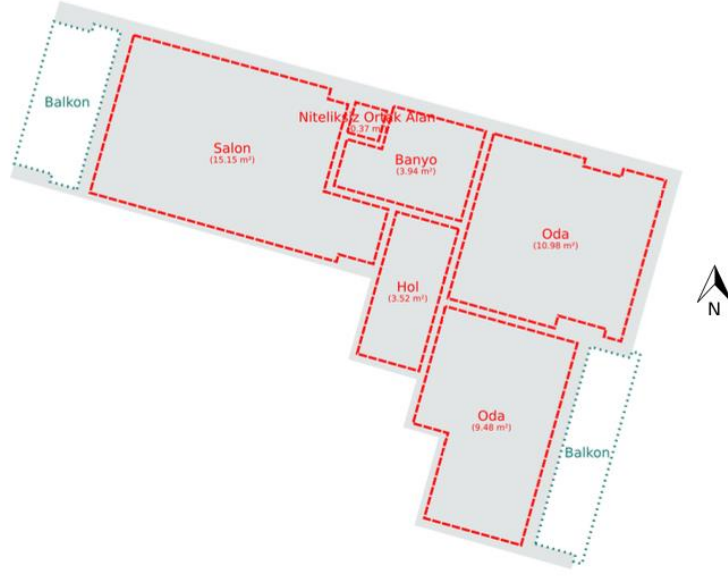


Şekil 17. Birinci veri setine ait taşınmazın 1. kat 1 nolu bağımsız bölüm planı

Şekil 16 ve Şekil 17 'de gösterildiği üzere 1. Kat 1 Nolu Bağımsız Bölüm, farklı kullanım alanlarından oluşan bir konut birimidir. Bu bağımsız bölümde, 15.600 m<sup>2</sup> plan alanı ve 43.230 m<sup>3</sup> hacim ile en büyük alanı salon kaplamaktadır. 9.500 m<sup>2</sup> plan alanı ve 26.720 m<sup>3</sup> hacim büyüklüğünde bir oda, 3.300 m<sup>2</sup> plan alanı ve 8.900 m<sup>3</sup> hacim büyüklüğünde bir hol, 4.400 m<sup>2</sup> plan alanı ve 12.100 m<sup>3</sup> hacim büyüklüğünde bir banyo bulunmaktadır. Ayrıca, 1.220 m<sup>3</sup> hacme sahip bir niteliksiz ortak alan da yer almaktadır. Bu bilgiler, bağımsız bölümün iç mekân organizasyonunu ve kullanım detaylarını kapsamlı bir şekilde Tablo 8 'de ortaya koymaktadır.

Tablo 8. Birinci veri setine ait taşınmazın 1. kat 1 nolu bağımsız bölüm detayları

| 1. KAT 1 NOLU BAĞIMSIZ BÖLÜM |                       |                       |                       |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| #                            | Kullanım Amacı        | Plan Alanı            | Hacim                 |
| 1                            | Salon                 | 15.600 m <sup>2</sup> | 43.230 m <sup>3</sup> |
| 2                            | Oda                   | 9.500 m <sup>2</sup>  | 26.720 m <sup>3</sup> |
| 3                            | Hol                   | 3.300 m <sup>2</sup>  | 8.900 m <sup>3</sup>  |
| 4                            | Banyo                 | 4.400 m <sup>2</sup>  | 12.100 m <sup>3</sup> |
| 5                            | Niteliksiz Ortak Alan | -                     | 1.220 m <sup>3</sup>  |



Şekil 18. Birinci veri setine ait taşınmazın 1. kat 2 nolu bağımsız bölüm planı

Tablo 9. Birinci veri setine ait taşınmazın 1. kat 2 nolu bağımsız bölüm detayları

| 1. KAT 2 NOLU BAĞIMSIZ BÖLÜM |                       |                       |                       |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| #                            | Kullanım Amacı        | Plan Alanı            | Hacim                 |
| 1                            | Salon                 | 16.000 m <sup>2</sup> | 43.940 m <sup>3</sup> |
| 2                            | Banyo                 | 4.200 m <sup>2</sup>  | 11.430 m <sup>3</sup> |
| 3                            | Niteliksiz Ortak Alan | -                     | 1.090 m <sup>3</sup>  |
| 4                            | Oda                   | 11.500 m <sup>2</sup> | 31.840 m <sup>3</sup> |
| 5                            | Oda                   | 10.000 m <sup>2</sup> | 27.480 m <sup>3</sup> |
| 6                            | Hol                   | 3.800 m <sup>2</sup>  | 10.220 m <sup>3</sup> |

1.Kat 2 nolu bağımsız bölüm, farklı kullanım alanlarına sahip geniş bir konut birimi olduğu Şekil 18’de görülmektedir. Bağımsız bölümde, 16.000 m<sup>2</sup> plan alanı ve 43.940 m<sup>3</sup> hacim ile en büyük alan salon olarak ayrılmıştır. Bölümde ayrıca, 11.500 m<sup>2</sup> plan alanı ve 31.840 m<sup>3</sup> hacim ile bir oda ve 10.000 m<sup>2</sup> plan alanı ve 27.480 m<sup>3</sup> hacim ile ikinci bir oda bulunmaktadır. 4.200 m<sup>2</sup> plan alanı ve 11.430 m<sup>3</sup> hacim büyüklüğündeki banyo, 3.800 m<sup>2</sup> plan alanı ve 10.220 m<sup>3</sup> hacim büyüklüğündeki hol, bağımsız bölümün diğer iç mekânlarını oluşturmaktadır. Buna ek olarak, 1.090 m<sup>3</sup> hacme sahip niteliksiz bir

ortak alan da yer almaktadır. Bu veriler Tablo 9 'da bağımsız bölümün plan ve hacim detaylarını kapsamlı bir şekilde sunmaktadır

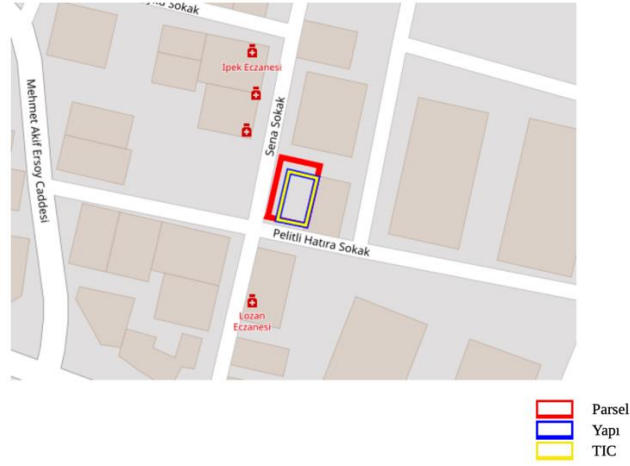
Yukarıda belirtilmiş olan 1. kat planında yer alan 1 nolu bağımsız bölüme ait kat planı ve plan detayları tablosu 2. kat 3 nolu bağımsız bölüm, 3. kat 5 nolu bağımsız bölüm, 4. kat 7 nolu bağımsız bölüm, 5. kat 9 nolu bağımsız bölüme ait plan ve plan detaylarıyla aynı olduğu bilinmektedir. Aynı şekilde 1. kat planında yer alan 2 nolu bağımsız bölüme ait kat planı ve plan detayları tablosu 2. kat 4 nolu bağımsız bölüm, 3. kat 6 nolu bağımsız bölüm, 4. kat 8 nolu bağımsız bölüm, 5. kat 10 nolu bağımsız bölüme ait plan ve plan detayları da aynı olduğu bilinmektedir.

### 2.2.2. İkinci Veri Setine Ait Veriler

İkinci veri setinde seçilen taşınmazın bulunduğu bölge Trabzon İli, Ortahisar İlçesi'ne bağlı Pelitli Mahallesinde bulunmaktadır. Trabzon'un doğusunda yer almakta olup, şehir merkezine yaklaşık 6 km mesafededir. Karadeniz sahiline yakın bir konumda bulunmaktadır. Bölge, kentsel gelişim ve nüfus yoğunluğu açısından Ortahisar'ın önemli yerleşim alanlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Doğal güzellikleri ve ulaşım kolaylığı sayesinde dikkat çeken mahalle, son yıllarda yapılaşma oranındaki artışla da önem kazanmıştır. Tablo 10 'da konu taşınmazın parsel bilgileri gösterilmektedir.

Tablo 10. İkinci veri setine ait taşınmazın parsel bilgileri

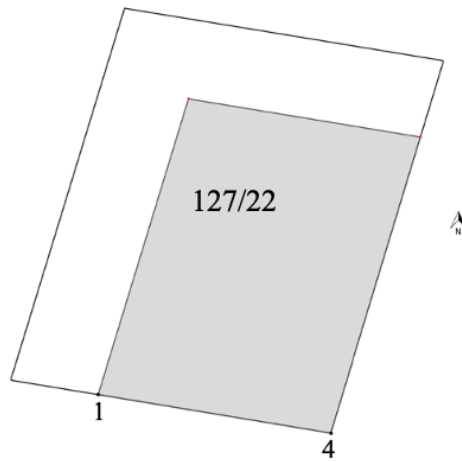
| PARSEL BİLGİLERİ   |           |
|--------------------|-----------|
| İl                 | Trabzon   |
| İlçe               | Ortahisar |
| Mahalle            | Pelitli   |
| Ada No             | 127       |
| Parsel No          | 22        |
| Taşınmaz Kimlik No | 120499362 |



Şekil 19. İkinci veri setinin parsel konumu

Parsel temsili Şekil 19 'da gösterilmektedir. İlgili şekilde de belirtildiği gibi taşınmaz ile ilişkili olarak parsel, yapı ve TIC (Terrain Intersection Curve) sınırlarını göstermektedir.

- Kırmızı çizgi (Parsel): Yapının bulunduğu taşınmazın parsel sınırlarını ifade etmektedir. Bu sınır, yapı ile parsel arasındaki ilişkinin analiz edilmesi için temel bilgi sunar.
- Mavi çizgi (Yapı): Parsel içerisinde yer alan yapının dış konturunu göstermektedir. Bu kontur, yapının gerçek boyutlarını ve parsel üzerindeki yerleşimini ifade eder.
- Sarı çizgi (TIC - Terrain Intersection Curve ): Yapının taban alanı izni kapsamında tanımlanan sınırı belirtir. Bu sınır, yapı ruhsatı ve yasal düzenlemeler açısından önemli bir ölçüttür.



Şekil 20. İkinci veri setine ait TIC/parsel görüntüsü

TIC koordinatları yapının araziye kestiği geometriyi temsil etmekte yapı aplikasyon projesindeki bina zemin oturum geometrisini ifade etmektedir. Şekil 20 'de taşınmazın kırmızı noktalar halinde gösterilip sağ üstten başlamak üzere saat yönünde numaralandırılıp koordinat bilgileri ile ilgili detaylar Tablo 11 'de verilmektedir.

Tablo 11. İkinci veri setine ait taşınmazın koordinat bilgileri

| TIC KOORDİNAT BİLGİLERİ |            |             |        |   |            |             |        |
|-------------------------|------------|-------------|--------|---|------------|-------------|--------|
| #                       | Y          | X           | H      | # | Y          | X           | H      |
| 1                       | 567250.020 | 4539591.710 | 72.010 | 2 | 567252.720 | 4539603.040 | 72.010 |
| 3                       | 567259.480 | 4539601.640 | 72.010 | 4 | 567256.976 | 4539590.295 | 72.010 |
| 5                       | 567250.200 | 4539591.710 | 72.010 |   |            |             |        |

Tablo 12 'de birinci veri sette olduğu gibi Trabzon ili Ortahisar ilçe sınırı içerisinde olduğu için Türkiye'nin kuzeyinde, 39. paralel enlemi ifade etmektedir.

Tablo 12. İkinci veri setine ait koordinat detay bilgileri

| KOORDİNAT DETAY BİLGİLERİ |                            |                                   |     |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----|
| EPSG                      | Referans Koordinat Sistemi | Datum                             | DOM |
| 5257                      | TUREF                      | Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi | 39  |

Maksimum Yapı Kimlik Numarası, bir yapıyı veya binayı diğer yapılardan ayıran, o yapıya özgü bir tanımlama numarasıdır. Bu numara genellikle yapı ruhsatı, denetim süreçleri ve kayıt sistemlerinde kullanılır. Türkiye'de, yapı kimlik numarası, yapı kayıt sistemi veya imar süreçleri kapsamında yapıların düzenli bir şekilde takip edilmesi ve yönetilmesi amacıyla kullanılır. Bu numara, binanın inşaat özelliklerini, ruhsat durumunu ve diğer teknik detaylarını kayıt altına almayı sağlar.

İkinci veri setinde Tablo 13'de belirtilmiş olan bu yapı, maksimum yapı kimlik numarası 120499362 ile tanımlanmış ve ana yapı niteliği taşımaktadır. Yapıda toplamda 4

bağımsız bölüm bulunmaktadır. Kat planı 1 zemin altı kat bulunmaktadır. Yapıda kullanıcıların konforu ve erişimini sağlamak amacıyla 1 adet asansör yer almaktadır. Çatı projesi kapsamında, yapının çatı alanı 83 m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, yapının yüksekliği, yapının kot aldığı noktadan saçak seviyesine kadar ölçüldüğünde 15,7 metre olarak belirlenmiştir. Bu bilgiler, yapının teknik ve mimari özelliklerini detaylı bir şekilde ortaya koymaktadır.

Tablo 13. İkinci veri setine ait taşınmaza ait yapı bilgileri

| YAPI BİLGİLERİ                                                                                       |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Maksimum Yapı Kimlik No                                                                              | 120499362         |
| Yapı Tipi                                                                                            | Ana Yapı          |
| BB Adedi                                                                                             | 4                 |
| Zemin + Üst Kat Adedi                                                                                | 4                 |
| Zemin Altı Kat Adedi                                                                                 | 1                 |
| Asansör Sayısı                                                                                       | 1                 |
| Çatı Proje Alanı                                                                                     | 83 m <sup>2</sup> |
| Yapı Yüksekliği( Yapının kot aldığı noktadan saçak seviyesine kadar olan yüksekliği belirtmektedir.) | 15,7 m            |

Yapı Tablo 14 'de belirtildiği gibi toplamda 5 kat, 4 bağımsız bölüm ve 5 ortak alan içermektedir. -1. katta herhangi bir bağımsız bölüm bulunmamakla birlikte, 1 adet ortak alan yer almaktadır. Zemin katta (0. kat) 1 bağımsız bölüm ve 1 ortak alan bulunmaktadır. 1., 2., ve 3. katlarda ise her birinde 1 bağımsız bölüm ve 1 ortak alan bulunmaktadır. Bu düzenleme, her katta hem bağımsız bölümler hem de sakinlerin kullanımına açık ortak alanların dengeli bir şekilde dağıtıldığını göstermektedir.

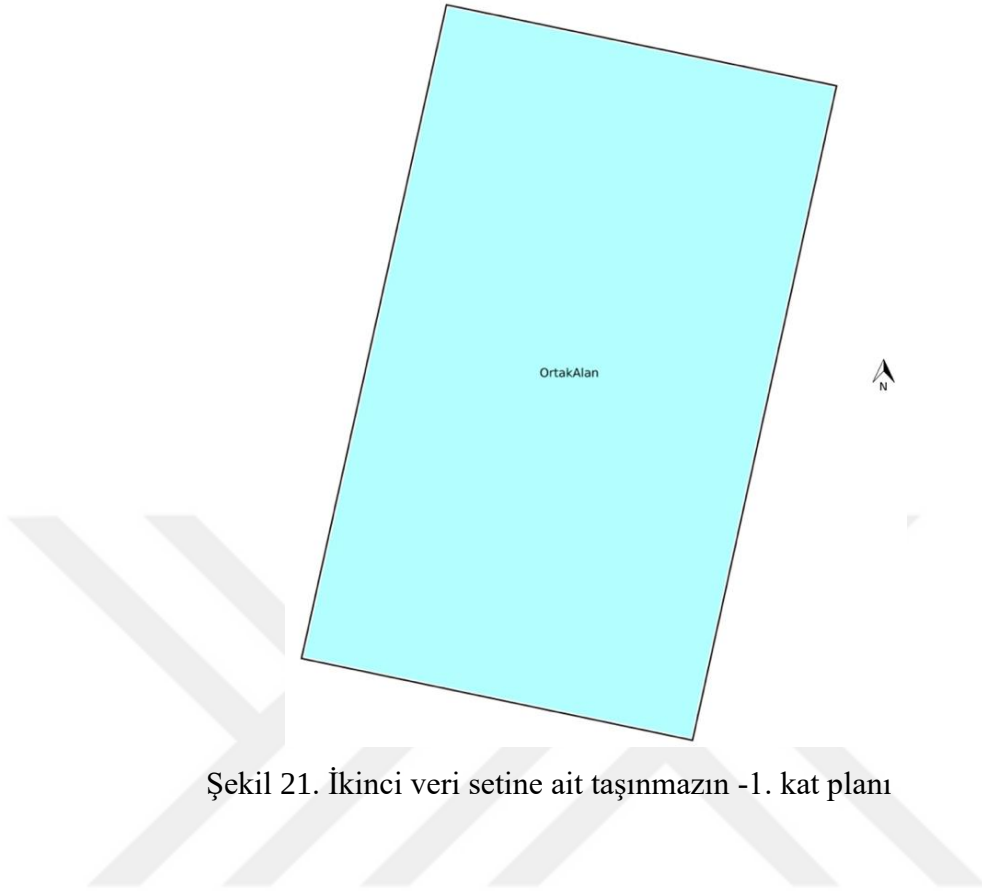
Tablo 14. İkinci veri setine ait taşınmazın kat bilgileri

| KAT BİLGİLERİ |        |                 |                  |
|---------------|--------|-----------------|------------------|
| #             | Kat No | Toplam BB Adedi | Ortak Alan Adedi |
| 1             | -1     | 0               | 1                |
| 2             | 0      | 1               | 1                |
| 3             | 1      | 1               | 1                |
| 4             | 2      | 1               | 1                |
| 5             | 3      | 1               | 1                |

Bu yapıda toplamda 4 bağımsız bölüm bulunmaktadır. Zemin katta yer alan bağımsız bölüm, 52,36 m<sup>2</sup> net alan ve 61 m<sup>2</sup> brüt alan büyüklüğünde olup, kullanım amacı dükkân olarak belirtilmiştir. Bu bölüm, Güney ve Batı cephelerine sahiptir. Diğer katlarda, her katta birer konut bulunmaktadır. 1. katta yer alan konut, 58,33 m<sup>2</sup> net alan ve 70 m<sup>2</sup> brüt alan büyüklüğüne sahip olup, Kuzey, Güney ve Batı cephelerine yöneliktir. Aynı düzenleme, 2. ve 3. katlarda da tekrarlanmıştır. Bu katlardaki konutlar da 58,33 m<sup>2</sup> net alan ve 70 m<sup>2</sup> brüt alan büyüklüğünde olup Kuzey, Güney ve Batı cephelerine sahiptir. Tüm bağımsız bölümler, büyüklükleri, nitelikleri ve cephe yönelimleri açısından dengeli bir şekilde tasarlanmış ve Tablo 15 'de gösterilmiştir.

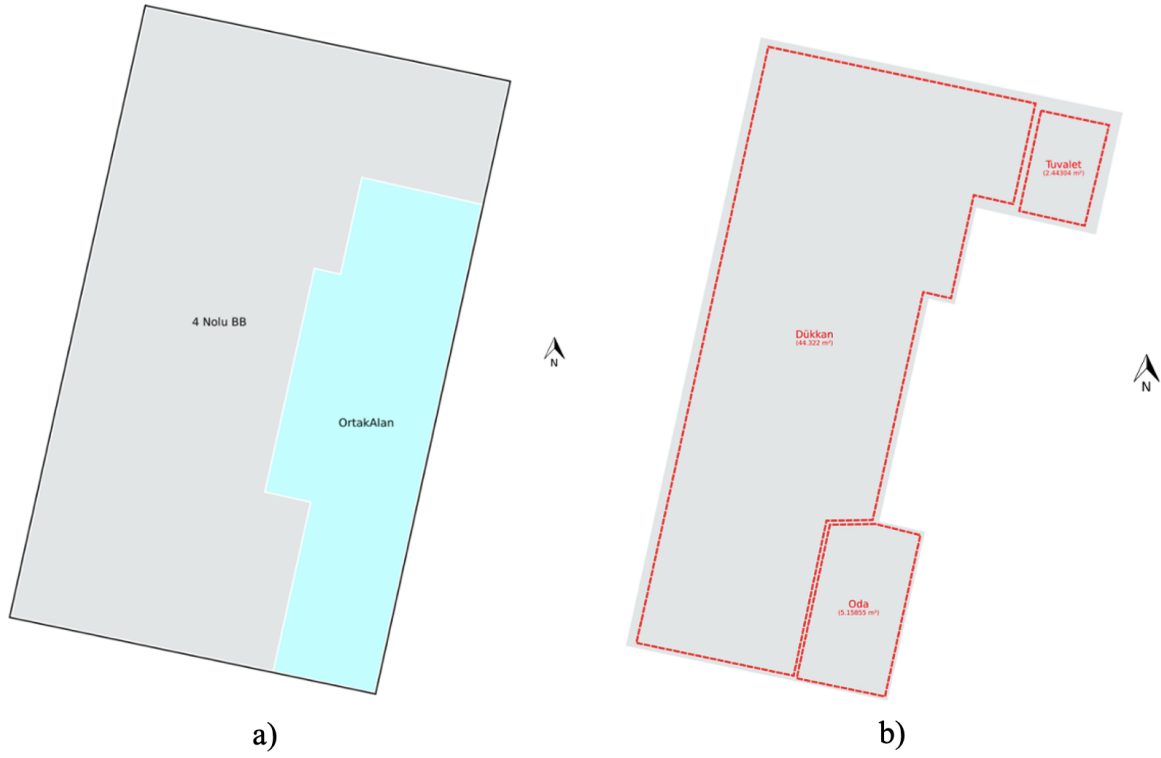
Tablo 15. İkinci veri setine ait taşınmazın bağımsız bölüm bilgileri

| # | Maks Kimlik No | BB | Kat | BB No | Net Alan             | Brüt Alan         | Arsa Payı | Liste Beyan Nitelik | Liste Kat Tanımı | Beyan | Cephe            |
|---|----------------|----|-----|-------|----------------------|-------------------|-----------|---------------------|------------------|-------|------------------|
| 1 | 5079394184     | 0  | 4   |       | 52,36 m <sup>2</sup> | 61 m <sup>2</sup> | 2/5       | Dükkân              | Zemin Kat        |       | Güney Batı       |
| 2 | 5088056725     | 1  | 1   |       | 58,33 m <sup>2</sup> | 70 m <sup>2</sup> | 1/5       | Mesken              | 1. Normal Kat    |       | Kuzey Güney Batı |
| 3 | 5042172097     | 2  | 2   |       | 58,33 m <sup>2</sup> | 70 m <sup>2</sup> | 1/5       | Mesken              | 2. Normal Kat    |       | Kuzey Güney Batı |
| 4 | 5417058012     | 3  | 3   |       | 58,33 m <sup>2</sup> | 70 m <sup>2</sup> | 1/5       | Mesken              | 3. Normal Kat    |       | Kuzey Güney Batı |



Şekil 21. İkinci veri setine ait taşınmazın -1. kat planı

Şekil 21 'de görüldüğü üzere -1. Kat sadece ortak alan hacminden oluşmaktadır. Şekil 22 'de taşınmaza ait 0. (zemin) kat planını detaylandırmaktadır. Planda, kat içerisindeki 4 nolu bağımsız bölüm ile ortak alan (a) açıkça gösterilmiştir. Plan, taşınmazın mimari düzenini ve kat bazındaki kullanım (b) amacını anlamak için önemli bir görsel sunum niteliği taşımaktadır.



Şekil 22. İkinci veri setine ait taşınmazın zemin kat planı a) İkinci veri setine ait taşınmazın zemin kat planı b) İkinci veri setine ait taşınmazın zemin kat 4 nolu bağımsız bölüm planı

Tablo 16. İkinci veri setine ait taşınmazın zemin kat 4 nolu bağımsız bölüm detayları

| ZEMİN KAT 4 NOLU BAĞIMSIZ BÖLÜM |                |                      |                       |
|---------------------------------|----------------|----------------------|-----------------------|
| #                               | Kullanım Amacı | Plan Alanı           | Hacim                 |
| 1                               | Dükkân         | 44,70 m <sup>2</sup> | 165.40 m <sup>3</sup> |
| 2                               | Tuvalet        | 2.46 m <sup>2</sup>  | 9.12 m <sup>3</sup>   |
| 3                               | Oda            | 5.20 m <sup>2</sup>  | 19.25 m <sup>3</sup>  |

Zemin katta yer alan 4 numaralı bağımsız bölüm, işlevsel ve dengeli bir kullanım alanına sahiptir. Bölümün ana kullanım amacı dükkân olarak belirlenmiş olup, bu alan 44,70 m<sup>2</sup> plan yüzeyine ve 165,40 m<sup>3</sup> hacme sahiptir. Bunun yanı sıra, bağımsız bölümde 2,46 m<sup>2</sup> alana ve 9,12 m<sup>3</sup> hacme sahip bir tuvalet ile 5,20 m<sup>2</sup> alana ve 19,25 m<sup>3</sup> hacme sahip bir oda

bulunmaktadır. Bu düzenleme, bölümün hem ana kullanım amacı hem de destekleyici alanlarıyla birlikte kullanışlı bir tasarım sunduğunu Tablo 16 'da göstermektedir.



Şekil 23. İkinci veri setine ait taşınmazın 1. kat planı a) İkinci veri setine ait taşınmazın 1. kat planı b) İkinci veri setine ait taşınmazın 1. kat 1 nolu bağımsız bölüm planı

Tablo 17. İkinci veri setine ait taşınmazın 1. kat 1 nolu bağımsız bölüm detayları

| 1. KAT 1 NOLU BAĞIMSIZ BÖLÜM |                |                      |                      |
|------------------------------|----------------|----------------------|----------------------|
| #                            | Kullanım Amacı | Plan Alanı           | Hacim                |
| 1                            | Salon          | 22.43 m <sup>2</sup> | 60.57 m <sup>3</sup> |
| 2                            | Oda            | 8.00 m <sup>2</sup>  | 21.62 m <sup>3</sup> |
| 3                            | Oda            | 10.70 m <sup>2</sup> | 28.91 m <sup>3</sup> |
| 4                            | Banyo          | 4.30 m <sup>2</sup>  | 11.61 m <sup>3</sup> |
| 5                            | Tuvalet        | 2.90 m <sup>2</sup>  | 7.85 m <sup>3</sup>  |
| 6                            | Hol            | 10.00 m <sup>2</sup> | 27.00 m <sup>3</sup> |

1.Kat 1 nolu bağımsız bölüm, farklı kullanım alanlarından oluşan bir konut birimidir. Bu bağımsız bölümde, 22,43 m<sup>2</sup> plan alanı ve 60,57 m<sup>3</sup> hacim ile en büyük alanı salon oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, 10,70 m<sup>2</sup> plan alanı ve 28,91 m<sup>3</sup> hacim büyüklüğünde bir oda, 8,00 m<sup>2</sup> plan alanı ve 21,62 m<sup>3</sup> hacim büyüklüğünde bir diğer oda bulunmaktadır. Bölümde ayrıca, 10,00 m<sup>2</sup> plan alanı ve 27,00 m<sup>3</sup> hacim büyüklüğünde bir hol, 4,30 m<sup>2</sup> plan alanı ve 11,61 m<sup>3</sup> hacim büyüklüğünde bir banyo ile 2,90 m<sup>2</sup> plan alanı ve 7,85 m<sup>3</sup> hacim büyüklüğünde bir tuvalet yer almaktadır. Bu bilgiler, yukarıdaki Tablo 17 'de detaylı bir şekilde gösterilmektedir.

Yukarıda belirtilmiş olan 1. kat planında yer alan 1 nolu bağımsız bölüme ait kat planı ve plan detayları tablosu 2. kat 2 nolu bağımsız bölüm, 3. kat 3 nolu bağımsız bölüme ait plan ve plan detaylarıyla aynı olduğu bilinmektedir.

### **2.3. Modellemesi Yapılan Binanın Güneş Paneline Ait Veri Setinin Elde Edilmesi**

- Güneş Panelleri Tesisat Projesinin Mimari Projeye Entegrasyonu: Güneş panelleri tesisat projesi, binanın mevcut durumunun detaylı bir şekilde analiz edilmesi ve enerji üretim potansiyelinin optimize edilmesi ile başlar. İlk olarak, bina çatısının eğimi, yönü ve gölgelenme durumları analiz edilir. Bu analizler, topografik haritalar, drone görüntüleri veya LiDAR taramaları gibi harita mühendisliği yöntemleriyle gerçekleştirilir. Elde edilen veriler, CAD tabanlı çizimlere entegre edilerek tesisat yerleşiminin tasarlanmasına rehberlik eder. Kullanılacak güneş panellerinin boyutları, tipi ve bağlantı elemanları, CAD çizimlerinde detaylı bir şekilde belirtilir. Ayrıca, enerji üretim sistemi için gerekli olan inverter, kablolama ve destek yapı elemanları gibi bileşenler de tasarıma dahil edilir.
- 3B Yapı Modelinin Oluşturulması: Güneş paneli tesisat projesinin taşınmazın 3B yapı modeline entegre edilmesi, CBS ve 3B modelleme teknolojilerinin bir arada kullanılmasını gerektirir. Taşınmazın mevcut durumunu yansıtan dijital bir 3B model oluşturularak güneş panelleri ve enerji sistemleri bu modele entegre edilir. Bu modelleme sürecinde, CBS ve CAD tabanlı yazılımlar birlikte kullanılarak hem bina geometrisi hem de enerji sistemlerinin detaylı görselleştirilmesi sağlanır. Örneğin,

panellerin konumları, yönleri, eğim açıları ve bağlantı detayları modelde işlenir. Ayrıca, bu modelleme süreci, enerji üretim potansiyelini analiz etmek ve bina tasarımını optimize etmek için kullanılabilir.

- Harita Mühendisliği ile İlişkisi: Güneş paneli tesisat projesinin hazırlanması ve 3B yapı modeline entegre edilmesi süreçleri, harita mühendisliğinin mekânsal veri analizi ve modelleme uzmanlığını gerektirir. Harita mühendisleri, taşınmazın doğru konum bilgilerini sağlayarak coğrafi analizlerin temelini oluşturur. Güneş ışınlamı, eğim, yön ve gölgelenme analizleri, harita mühendisliğinin sağladığı topografik ve mekânsal veri setlerine dayanır. Ayrıca, enerji şebekesine bağlantının planlanmasında yerel harita verilerinin kullanımı kritik öneme sahiptir. Harita mühendisleri, CBS tabanlı yazılımlar aracılığıyla mekânsal analizler yaparak tesisat projesinin optimize edilmesine katkı sağlar. Son olarak, oluşturulan 3B model, taşınmazın mekânsal bütünlüğünü koruyarak enerji sistemleriyle bütünleşmiş bir şekilde sunulmasını mümkün kılar.

Güneş panelleri tesisat projesinin hazırlanması, mimari projeye entegrasyonu ve 3B yapı modelinin oluşturulması, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için kritik süreçlerdir. Harita mühendisliğinin sağladığı coğrafi analizler ve mekânsal veriler, bu süreçlerin doğru ve verimli bir şekilde yönetilmesine katkıda bulunur. Akıllı şehir uygulamaları kapsamında bu yaklaşımlar, enerji altyapılarının modernizasyonunda ve yenilenebilir enerji sistemlerinin yaygınlaşmasında önemli bir rol oynamaktadır.

#### **2.4. Bina Çatılarındaki Güneş Panellerinin 3B Yapı Modele İşlenmesi**

Günümüzde şehirleşme ve enerji ihtiyacının hızla artması, sürdürülebilir enerji çözümlerini ve modern şehir modelleme yöntemlerini bir araya getiren projeleri daha önemli hale getirmiştir. Güneş panelleri, binaların enerji verimliliğini artırmak ve çevresel etkileri azaltmak için en yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir. Bu bağlamda, bina çatılarındaki güneş panellerinin 3B modelleme teknikleriyle dijital ortama aktarılması ve CityGML formatında işlenmesi, şehir modelleme ve enerji yönetimi projelerinde kritik bir rol oynar. Bu çalışma, binaların geometrik ve semantik bilgilerini içeren 3B modellerin, güneş paneli tesisat projeleriyle entegrasyonunu ve bu modellerin mekânsal veri tabanlarına işlenmesini kapsamaktadır.

3B modelleme sürecinin ilk adımı, bina ve çatıya ilişkin verilerin toplanmasıdır. Bu veriler, güneş panellerinin doğru bir şekilde modellenmesi ve yerleştirilmesi için temel teşkil eder. Binanın mimari planları, çatının geometrik detayları (eğim, yükseklik, kullanılabilir yüzey alanı gibi) ve statik mühendislik verileri bu süreçte kritik öneme sahiptir. Mimari planlar, genellikle CAD veya BIM formatında elde edilir. Örneğin, AutoCAD veya Revit gibi yazılımlar, çatının detaylı bir şekilde modellenmesini sağlar. Statik veriler ise çatı taşıma kapasitesini ve güneş panellerinin montajı sırasında oluşabilecek rüzgâr yüklerini analiz etmek için kullanılır.

Çatı geometrisi, güneş panellerinin doğru bir şekilde yerleştirilmesi için hayati öneme sahiptir. Bu nedenle, eğimler, çıkıntılar ve montaj yüzeyleri detaylı bir şekilde analiz edilmelidir. Ayrıca, çevresel veriler de toplanmalıdır. Proje yapılacak bölgenin güneşlenme süreleri, güneş ışınımı yoğunluğu ve çevresel faktörler, panellerin verimli bir şekilde yerleştirilmesi için dikkate alınması gereken unsurlardır.

Toplanan veriler doğrultusunda, güneş panellerinin çatıya yerleştirilmesi için bir tesisat planı oluşturulur. Bu planlama sürecinde, her bir panelin çatı üzerindeki konumu, eğimi ve yönelimi optimize edilir. Panellerin boyutları ve montaj şekilleri de göz önünde bulundurularak, 3B modelleme araçları kullanılarak dijital bir model oluşturulur. SketchUp, AutoCAD veya BIM yazılımları bu modelleme sürecinde yaygın olarak kullanılan araçlardır. Panellerin fiziksel özellikleri, çatı geometrisine uyumlu bir şekilde modele entegre edilir. Her bir panelin yerleşim planı, çatının eğimi ve güneş ışınımı analizleri göz önüne alınarak maksimum enerji üretimi sağlayacak şekilde belirlenir.

Yerleşim planı oluşturulurken, panellerin çatının mevcut yapısına zarar vermemesi ve taşıma kapasitesini aşmaması için statik analiz sonuçları dikkate alınır. Ayrıca, çatı üzerinde başka yapı elemanlarının (örneğin, baca, havalandırma kanalları) bulunduğu alanlar da değerlendirilerek panellerin yerleşimi optimize edilir. Panellerin eğim açısı ve yönelimi, bölgesel güneşlenme verilerine göre belirlenir. Bu veriler, panellerin yıl boyunca maksimum güneş ışığını almasını sağlamak için kritik öneme sahiptir.

Güneş panellerinin yalnızca fiziksel olarak yerleştirilmesi yeterli değildir. Elektrik tesisatının ve diğer teknik bileşenlerin de modele entegre edilmesi gereklidir. Panellerin inverterlere bağlanması, kablo güzergahlarının belirlenmesi ve enerji akışı gibi unsurlar, teknik projelere uygun bir şekilde 3B modele dahil edilir. Elektrik tesisatının detaylı bir şekilde modellenmesi, panellerin enerji üretim sistemine entegrasyonu açısından kritik öneme sahiptir.

Bu süreçte, panellerin birbirine nasıl bağlanacağı ve inverterlerin çatı üzerindeki konumları belirlenir. Elektrik kablolarının güzergahları ve bağlantı noktaları hem işlevsellik hem de görsel estetik açısından optimize edilir. Modelleme sürecinde, elektrik tesisatına ait tüm bileşenlerin (örneğin, kablolar, inverterler, bağlantı noktaları) 3B modele doğru bir şekilde entegre edilmesi sağlanır.

Güneş panelleriyle zenginleştirilmiş 3B yapı modeli tamamlandıktan sonra, bu modelin CityGML formatına dönüştürülmesi gereklidir. CityGML, binaların geometrik ve semantik bilgilerini detaylı bir şekilde depolamak için kullanılan uluslararası bir veri standardıdır. Güneş panelleri, CityGML'nin RoofSurface sınıfı altında alt nesneler olarak tanımlanabilir. Bu sınıflandırma, panellerin konum, yüzey alanı, eğim açısı ve enerji üretim kapasitesi gibi detaylarını içerebilir.

Ayrıca, Energy ADE (Application Domain Extension) modülü kullanılarak güneş panellerine ilişkin daha detaylı bilgiler modele eklenebilir. Bu bilgiler arasında panellerin enerji üretim kapasiteleri, malzeme özellikleri ve performans verileri yer alır. CityGML formatına dönüştürülen model, mekânsal veri tabanlarına yüklenir. Mekânsal veri tabanlarında kullanılan WKT (Well-Known Text) veya GML (Geography Markup Language) gibi formatlar, veri tabanına aktarım sürecini kolaylaştırır. Veri tabanına yükleme işlemi tamamlandıktan sonra, mekânsal indeksleme yapılarak verilerin hızlı sorgulanabilir hale gelmesi sağlanır.

Mekânsal veri tabanına yüklenen güneş paneli verileri, çeşitli analizler ve sorgulamalar için kullanılabilir. Örneğin, panellerin yüzey alanları hesaplanabilir, eğim ve yönelime dayalı enerji üretim potansiyeli analiz edilebilir. Bu analizler, enerji yönetimi ve bina performans değerlendirmeleri için kritik bilgiler sağlar. Veri tabanı üzerinden panellerin konumları, güneş ışığına olan yönelimleri ve eğimleri gibi veriler sorgulanarak daha verimli tasarım kararları alınabilir.

Ayrıca, güneş ışıınımı analizleriyle entegre edilen veriler, panellerin yıl boyunca üretebileceği enerji miktarını tahmin etmek için kullanılabilir. Bu bilgiler, projelerin ekonomik ve çevresel etkilerini değerlendirmek için önemli bir dayanak sağlar. Panellerin yerleşim planı, veri tabanındaki analiz sonuçlarına dayalı olarak optimize edilebilir.

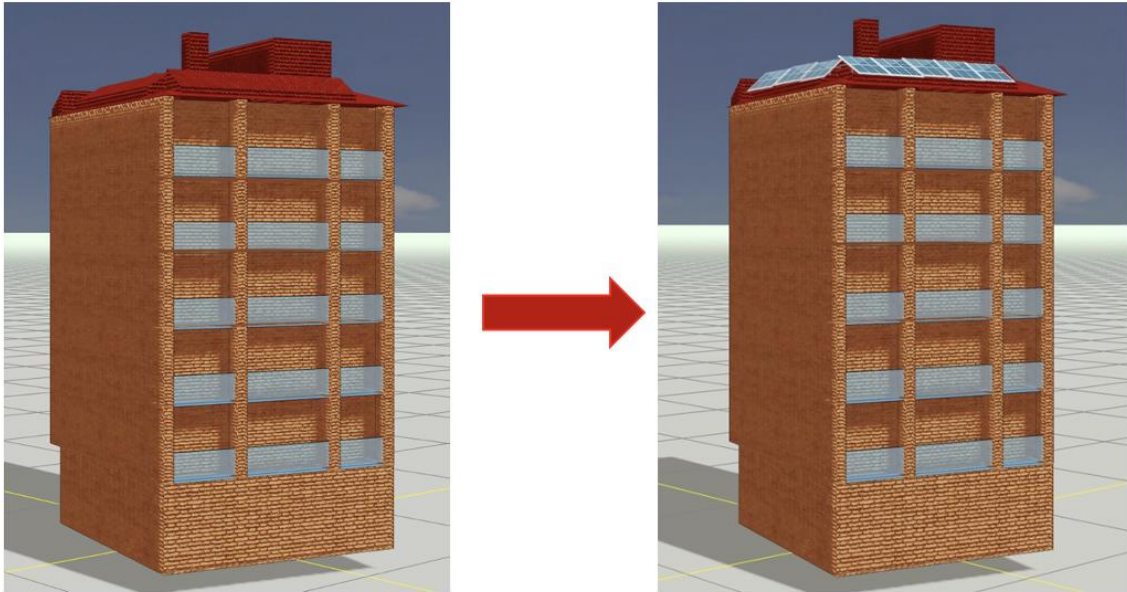
CityGML formatında oluşturulan 3B model, GIS yazılımları (örneğin ArcGIS, QGIS) veya özel 3B görselleştirme araçlarıyla görselleştirilebilir. Bu görselleştirme, güneş panellerinin çatı üzerindeki yerleşimini ve binalarla olan entegrasyonunu net bir şekilde gösterir. Ayrıca, enerji üretim analizlerinin görselleştirilmesi, panellerin verimliliği

hakkında önemli bilgiler sunar. Görselleştirme araçları, karar destek sistemlerinde etkili bir şekilde kullanılabilir.

Bu aşamada, güneş panellerinin performansına ve bakım ihtiyaçlarına ilişkin raporlar da hazırlanabilir. Raporlar, enerji üretim miktarı, panellerin zaman içindeki verimlilik değişimleri ve bakım gereksinimleri gibi bilgileri içerebilir. Bu bilgiler, uzun vadeli enerji planlamaları için kritik öneme sahiptir.

Güneş panellerinin modellenmesi ve veri tabanına entegrasyonu, bakım ve güncelleme süreçlerini de destekler. Panellerin yer değiştirmesi, yeni panellerin eklenmesi veya mevcut panellerin performans verilerinin güncellenmesi gibi işlemler kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Ayrıca, panellerin bakım takvimi, yıpranma analizleri ve enerji üretim performansına ilişkin veriler düzenli olarak güncellenebilir. Bu, sistemin uzun vadede sürdürülebilirliğini sağlar.

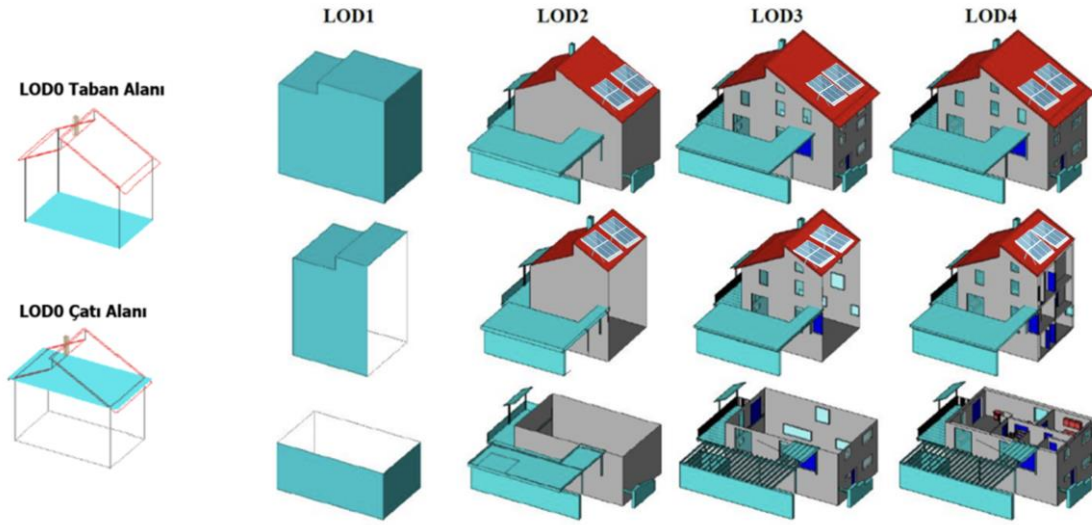
Bina çatılarındaki güneş panellerinin 3B modelleme ve CityGML formatında işlenmesi, şehir planlama, enerji yönetimi ve mimari projelerde kapsamlı bir çözüm sunar. Bu süreç, bina ve çatı verilerinin toplanması, güneş panellerinin yerleşim planının oluşturulması, elektrik tesisatının entegrasyonu, modelin CityGML formatına dönüştürülmesi ve veri tabanına entegrasyonu ile gerçekleştirilir. Sonuç olarak, enerji üretim verimliliği artırılır, şehir modelleme projelerine yenilikçi bir yaklaşım kazandırılır ve sürdürülebilir enerji hedeflerine katkı sağlanır.



Şekil 24. 3B yapı modeline bina çatısındaki güneş panellerinin işlenmiş görüntüsü

Şekil 24 'de görüntülediği gibi 3B yapı modelleri, bu tür elemanların görselleştirilmesi için kullanıldığında, çatılardaki güneş panellerinin doğru şekilde işlenmesi büyük bir önem taşır. Ancak, 3B yapı modelleme yazılımlarında, bu panellerin farklı katmanlara doğru bir şekilde entegre edilememesi genellikle zorluklar yaratır. Güneş panelleri, çatı yüzeylerine monte edilmiş bağımsız elemanlar olduklarından, bu panellerin ayrı bir katmanda işlenememesi, modelin doğru bir şekilde temsil edilmesinde eksikliklere yol açabilir. Bu durum, panellerin doğru bir şekilde yerleştirilmesi ve konumlandırılmasının yanı sıra, özellikle yapının genel enerji performansını analiz etmek için gereken doğruluğu da engeller.

Bu olumsuz durumu geliştirmek için, 3B yapı modelleme yazılımlarında güneş panellerinin farklı katmanlarda işlenebilmesi için iyileştirilmiş algoritmalar ve araçlar geliştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, güneş panellerinin konumlandırılacağı yüzeyin geometrik analizini yapabilen yazılımlar entegre edilerek, modeldeki çatı yüzeylerinin doğru bir şekilde temsil edilmesi sağlanabilir. Bu sayede, güneş panellerinin yerleştirilmesi daha hassas ve doğru bir şekilde gerçekleştirilebilir, ayrıca yapıların enerji verimliliği analizleri de daha güvenilir sonuçlar verebilir. Eğitimli yapay zekâ algoritmalarının bu süreçte kullanılması, panellerin doğru tespiti ve yerleştirilmesi konusunda büyük bir avantaj sağlayabilir. Ayrıca CityGML formatındaki 3B yapı modelleri için beş farklı detay seviyesi (LoD-0'dan LoD-4'e kadar) bulunduğunu giriş bölümünde belirtilmiştir. Bu farklı seviyelerdeki detaylandırma ruhsatlandırılmış güneş panellerinin 3B yapı modelinin çatısına entegre edilmiş hali Şekil 25'de gösterilmiştir. Halihazırda böyle bir uygulama bulunmamakta olup çalışmanın amacı kapsamında amaçlanan 3B yapı modeli görüntüsü doğrultusunda LoD 2 detay seviyesinde çatı sınırları görselleştirildiğinden çatı yüzeyindeki nesnelerde gösterilebileceği öngörülmüş ve görsele entegre edilmiştir.



Şekil 25. CityGML LoD seviyelerine güneş panelleri entegre edilmiş versiyonu

## 2.5. Güneş Paneli Entegre Edilmiş 3B Yapı Modelinin Coğrafi Bilgi Sistemi Veri Tabanına Entegrasyonu

- CityGML Formatı ve Veri tabanına Entegrasyonu

CityGML, dünya genelinde 3B şehir modelleri için yaygın olarak kullanılan standart bir veri formatıdır. Bu format, CBS ve mekânsal veri yönetimi projelerinde önemli bir rol oynar ve şehirlerin dijital temsillerini oluşturmak için kapsamlı bir araç sağlar. XML (eXtensible Markup Language) tabanlı yapısı hem geometrik hem de semantik verilerin detaylı bir şekilde organize edilmesine olanak tanır. Şehir ve bina modellerini içermesinin yanı sıra yollar, köprüler, ağaçlar ve altyapı gibi pek çok farklı unsuru da kapsar. CityGML'nin sunduğu bu özellikler, özellikle şehir planlama, altyapı yönetimi ve çevresel analizlerde büyük faydalar sağlar.

CityGML, modellediği varlıkları üç temel bileşen üzerinden organize eder. İlk bileşen olan geometri, 3B yapıların fiziksel temsillerini ve koordinat bilgilerini içerir. Bu, binaların dış hatları, çatılar, pencereler gibi unsurların detaylı olarak modellenmesini mümkün kılar. İkinci bileşen olan semantik bilgi, geometrik özelliklerin ötesine geçerek, yapının türü, kullanım amacı, yapı malzemeleri gibi işlevsel ve yapısal bilgileri sunar. Bu özellik, bir binanın sadece görünümünü değil, aynı zamanda işlevini ve bileşenlerinin ilişkilerini de analiz etmeyi mümkün kılar. Üçüncü bileşen ise hiyerarşi, modellerin detay

seviyeleri LoD üzerinden organize edilmesini sağlar. LoD seviyeleri, modelin basit geometriden (LoD0) ayrıntılı iç mekân modellemeye kadar (LoD4) farklı detaylarda temsil edilmesine olanak tanır.

CityGML formatının veri tabanına entegrasyonu, bu kapsamlı verilerin düzenli bir şekilde saklanması ve kolayca erişilebilir hale getirilmesi için kritik bir adımdır. İlk olarak, CityGML verilerinin XML formatından veri tabanında kullanılabilecek uygun bir yapıya dönüştürülmesi gerekir. Bu süreçte FME gibi veri dönüştürme araçları, CityGML verilerini PostGIS veya Oracle Spatial gibi mekânsal veri tabanlarına aktarmak için kullanılabilir. Dönüştürülen veriler, mekânsal indeksleme ve yapılandırma işlemleriyle optimize edilerek, veri tabanının hızlı ve verimli bir şekilde çalışması sağlanır. Bu işlemler sırasında mekânsal referans sistemi (SRID) gibi faktörler de dikkate alınarak, verilerin doğru bir koordinat sistemine oturtulması sağlanır.

CityGML'nin veri tabanına entegrasyonu, şehir modellerinin mekânsal analiz ve karar destek süreçlerine entegre edilmesini mümkün kılar. Örneğin, PostGIS veya Oracle Spatial üzerinden yapılacak sorgulamalar, bir bölgedeki tüm binaların yüksekliklerini analiz etmek, belirli bir alandaki altyapı öğelerini sorgulamak veya çevresel etkileri değerlendirmek gibi pek çok işlemi kolaylaştırır. Ayrıca, CityGML'nin semantik özellikleri sayesinde binaların türü, kullanım amacı veya yapısal bileşenleri gibi veriler üzerinden daha derin analizler yapılabilir.

Bu entegrasyonun sağladığı avantajlardan biri, CityGML'nin detay seviyeleri sayesinde kullanıcıların ihtiyaçlarına göre farklı detaylarda çalışma yapabilmesidir. Örneğin, genel şehir planlama çalışmaları için LOD 1 seviyesinde basit bina modelleri yeterli olurken, bina enerji verimliliği veya deprem dayanıklılığı gibi detaylı analizler için LOD 3 veya LOD 4 seviyelerinde daha ayrıntılı modellere ihtiyaç duyulur. Bunun yanı sıra, CityGML'nin sunduğu semantik zenginlik, şehir modelleme projelerinde fiziksel verilerin ötesine geçerek fonksiyonel ve ilişkisel verilerin de değerlendirilmesini mümkün kılar.

Sonuç olarak, CityGML, 3B şehir modelleri için güçlü bir veri formatıdır ve veri tabanına entegre edilmesiyle mekânsal analiz ve veri yönetimi süreçlerini daha etkin hale getirir. Bu entegrasyon, şehir planlama, altyapı yönetimi ve çevresel analizlerde kapsamlı çözümler sunarak, projelerin doğruluğunu ve sürdürülebilirliğini artırır. Harita mühendisleri ve şehir planlamacıları için CityGML, mekânsal verilerin yönetimi ve analizi için vazgeçilmez bir araç haline gelmiştir.

- CityGML Verilerinin Veri tabanında Saklanması ve Veri tabanı Seçimi

CityGML verilerinin verimli bir şekilde saklanması ve yönetilmesi için uygun bir veri tabanı seçimi, şehir modelleme projelerinin başarısı açısından kritik öneme sahiptir. CityGML hem 3B geometrik hem de semantik bilgileri içeren zengin bir veri formatı olduğundan, bu verilerin işlenmesi ve saklanması, standart ilişkisel veri tabanlarının ötesinde özellikler gerektirir. Bu bağlamda, genellikle PostGIS ve Oracle Spatial gibi CBS için özelleştirilmiş veri tabanı çözümleri tercih edilir.

PostGIS, PostgreSQL veri tabanının mekânsal veri desteği sağlayan bir uzantısıdır. Açık kaynaklı bir çözüm olarak, PostGIS, CityGML gibi karmaşık 3B geometri ve semantik verileri saklama ve yönetme konusunda güçlü bir altyapı sunar. PostGIS, özellikle büyük mekânsal veri kümeleri ile çalışırken, ölçeklenebilirliği ve maliyet avantajı ile öne çıkar. Veri tabanına entegre edilen CityGML verileri, PostGIS'in sunduğu mekânsal sorgulama özellikleriyle analiz edilebilir. Örneğin:

- Yakınlık Analizleri: Belirli bir bölgedeki yapıların birbirine olan mesafelerini hesaplama.
- Topoloji Kontrolleri: Şehir modelinde üst üste binen veya çakışan geometrilerin tespiti.
- Hiyerarşik Verilerin Yönetimi: CityGML'nin detay seviyeleri (LoD) arasında geçiş yaparak detaylı analizler gerçekleştirme.

PostGIS'in açık kaynaklı yapısı, özellikle bütçe kısıtlaması olan belediyeler ve akademik araştırmalar için ideal bir çözüm sunar. Ayrıca, CBS yazılımları (örneğin, QGIS) ile sıkı entegrasyonu sayesinde, CityGML verilerinin görselleştirilmesi ve analiz edilmesi kolaylaşır.

Oracle Spatial, Oracle'ın coğrafi ve mekânsal veri yönetimi için geliştirdiği ticari bir çözümdür. Yüksek performans ve ölçeklenebilirlik sunan Oracle Spatial, büyük ve karmaşık veri kümeleri için ideal bir altyapı sağlar. Bu özellikleri nedeniyle genellikle büyük ölçekli kamu projelerinde, tapu ve kadastro uygulamalarında ve kurumsal seviyedeki şehir modelleme projelerinde tercih edilir. Oracle Spatial, CityGML verilerinin yönetiminde aşağıdaki avantajları sunar:

- Mekânsal İndeksleme: Veri tabanındaki sorguların performansını artırarak, büyük veri setleri ile hızlı işlem yapmayı mümkün kılar.
- 3B Geometri Desteği: Karmaşık 3B modelleri doğrudan destekleyerek, CityGML verilerinin kolayca işlenmesini sağlar.

- Kurumsal Destek ve Güvenlik: Oracle'ın sunduğu kurumsal destek ve yüksek güvenlik standartları, kritik öneme sahip projeler için tercih sebebidir.

Oracle Spatial, ticari bir yazılım olması nedeniyle yüksek lisans maliyetlerine sahiptir. Ancak, büyük ölçekli ve hassas verilerin işlendiği projelerde sunduğu üstün performans ve güvenilirlik, bu maliyeti haklı çıkarabilir.

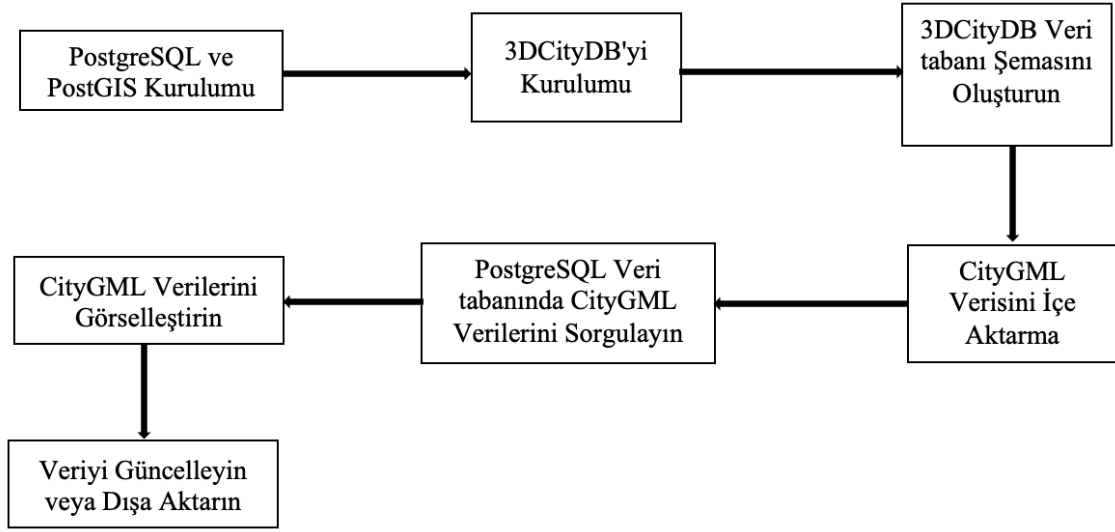
CityGML verilerinin depolanması için PostGIS ve Oracle Spatial, farklı ihtiyaçlara hitap eden iki güçlü alternatiftir. Veri tabanı seçimi yapılırken şu kriterler göz önünde bulundurulmalıdır:

- Proje Bütçesi: PostGIS, açık kaynaklı olduğu için maliyet avantajı sunar. Oracle Spatial ise lisans maliyetleri nedeniyle büyük bütçeli projelere uygundur.
- Veri Hacmi ve Performans: Oracle Spatial, büyük veri kümelerinde yüksek performans sağlarken, PostGIS, küçük ve orta ölçekli projelerde etkili bir çözümdür.
- Kullanıcı Yetkinliği: PostGIS, açık kaynaklı topluluk desteği ile yaygın bir kullanıma sahiptir. Oracle Spatial ise kurumsal destek ve eğitim olanakları ile daha profesyonel bir kullanıcı kitlesine hitap eder.

CityGML verilerinin saklanması ve yönetilmesi için PostGIS ve Oracle Spatial, her biri farklı avantajlar sunan iki popüler seçenektir. PostGIS, esnek ve maliyet etkin bir çözüm olarak öne çıkarken, Oracle Spatial, yüksek güvenlik, performans ve ölçeklenebilirlik gerektiren projeler için tercih edilir. Projenin bütçesi, veri hacmi ve kullanıcı ihtiyaçları gibi faktörler göz önünde bulundurularak uygun veri tabanı seçimi yapılmalıdır. Bu süreç, CityGML verilerinin etkin bir şekilde yönetilmesi ve analiz edilmesi için kritik bir adımdır.

### 2.5.1. CityGML Verisinin PostGIS ile Entegrasyonu

CityGML verilerinin PostGIS ile entegrasyonu, şehir modelleme projelerinde mekânsal verilerin yönetimi ve analiz edilmesi için güçlü bir altyapı sunar. Bu süreç, hem CityGML formatındaki verilerin özelliklerini anlamayı hem de PostGIS veri tabanını doğru şekilde yapılandırmayı gerektirir. Şekil 26'da entegrasyon süreci, veri modelinin belirlenmesinden, verilerin PostGIS'e yüklenmesine ve sorgulama işlemlerine kadar bir dizi aşamayı içermektedir.



Şekil 26. CityGML verilerini PostgreSQL'e işleme adımları

#### a) Veri Modelinin Belirlenmesi

CityGML verileri, coğrafi nesneleri ve bu nesnelerin ilişkilerini detaylı bir şekilde tanımlar. Bu nesneler, binalar, yollar, altyapı elemanları ve doğal yapılar gibi birçok unsuru içerir. CityGML formatındaki her nesne, üç boyutlu geometrik koordinatlar, yükseklik bilgisi, semantik detaylar ve ilişkisel bilgiler barındırır. Bu nedenle, entegrasyon sürecinin ilk adımı, CityGML verilerinin veri modelini anlamaktır. Bu model, PostGIS'e aktarım sırasında verilerin doğru bir şekilde yapılandırılmasını sağlar. Örneğin, her bina veya yol, PostGIS'te uygun bir tablolama sistemi ile depolanmalı ve coğrafi ilişkileri korunmalıdır.

#### b) PostGIS Kurulumu ve Yapılandırma

PostGIS, PostgreSQL veri tabanı üzerinde çalışan bir mekânsal veri uzantısıdır. CityGML verilerini işlemek için, PostgreSQL'e PostGIS uzantısının kurulması ve yapılandırılması gereklidir. Bu işlem sırasında:

- Mekânsal Uzantıların Etkinleştirilmesi: PostGIS'in mekânsal özelliklerinin veri tabanında etkinleştirilmesi.
- Veri tabanının Hazırlanması: CityGML'nin karmaşık coğrafi ve semantik verilerini depolamak için uygun bir veri tabanı şeması oluşturulması.
- SRID Tanımlanması: CityGML verilerinin doğru bir koordinat sistemiyle işlenebilmesi için mekânsal referans sistemi belirlenir.

#### c) CityGML Verisinin PostGIS'e Yüklmesi

CityGML verilerinin PostGIS'e aktarılması için birkaç yöntem bulunmaktadır. Bu süreçte kullanılan araçlar, verilerin doğruluğunu ve etkinliğini sağlar.

**3DCityDB Kullanımı:** 3DCityDB, CityGML verilerinin PostGIS tabanlı veri tabanlarına dönüştürülmesi ve saklanması için özel olarak geliştirilmiş bir açık kaynaklı araçtır. Bu araç hem coğrafi hem de semantik verilerin düzenli bir şekilde veri tabanına aktarılmasını sağlar. 3DCityDB'nin PostgreSQL/PostGIS ile uyumlu bir sürümü indirilir ve kurulumu yapılır. 3DCityDB GUI (Grafiksel Kullanıcı Arayüzü) veya komut satırı araçları kullanılarak CityGML dosyaları veri tabanına aktarılır. Bu işlem sırasında, binaların geometrik ve semantik özellikleri PostGIS üzerinde ayrı tablolara yerleştirilir.

**ogr2ogr ile Dönüşüm:** GDAL kütüphanesine ait bir araç olan ogr2ogr, CityGML dosyalarını PostGIS'e yüklemek için kullanılabilir. Bu yöntem daha temel bir dönüşüm sağlasa da küçük ve basit projelerde etkili bir çözüm sunar.

#### d) Veri Modeli ve Sorgulama

CityGML verisi PostGIS'e yüklendikten sonra, veriler üzerinde mekânsal ve semantik sorgular gerçekleştirilebilir. PostGIS'in güçlü mekânsal fonksiyonları sayesinde aşağıdaki işlemler yapılabilir:

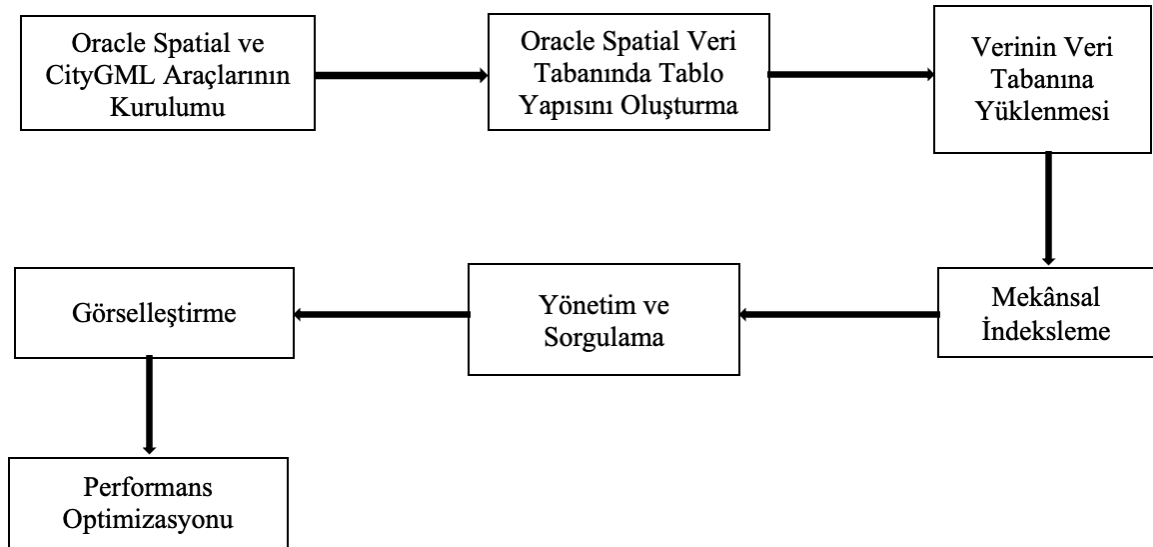
- **Yükseklik Analizleri:** Şehirdeki binaların yüksekliklerinin sorgulanması.
- **Yakınlık Sorguları:** Belirli bir alan içindeki binaların veya altyapı elemanlarının tespit edilmesi.
- **Detay Seviyesi Analizleri (LoD):** Farklı detay seviyelerinde modellemeler arasında geçiş yapılarak detaylı analizlerin yapılması.

CityGML verilerinin PostGIS ile entegrasyonu, 3B şehir modellerinin mekânsal veri tabanlarında etkili bir şekilde yönetilmesini ve analiz edilmesini sağlar. Bu süreçte 3DCityDB gibi özel araçlar ve GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) gibi açık kaynaklı kütüphaneler kullanılarak, CityGML verileri hızlı ve doğru bir şekilde PostGIS'e aktarılabilir. Veri tabanında saklanan veriler, mekânsal sorgular ve analizler için kullanılabilir hale gelir ve şehir planlama, altyapı yönetimi ve çevresel analizler gibi çeşitli uygulama alanlarında fayda sağlar. Bu entegrasyon, CityGML'nin sunduğu semantik zenginlik ve geometrik detaylar ile şehir modelleme projelerinde yüksek doğruluk ve etkinlik sağlar.

### 2.5.2. Oracle Spatial ile CityGML Entegrasyonu

Oracle Spatial, mekânsal verilerin yönetimi, saklanması ve sorgulanması konusunda kurumsal seviyede güçlü bir çözümdür. CityGML formatındaki 3B modellerin Oracle Spatial'a entegrasyonu, büyük ölçekli projelerde yüksek performanslı veri yönetimi sağlamak için ideal bir yöntemdir. Oracle Spatial, özellikle SDO\_GEOMETRY veri tipi sayesinde 3D modellerin geometrik ve semantik verilerinin işlenmesini mümkün kılar.

Oracle Spatial, mekânsal verilerin yönetimi ve analizi için geliştirilmiş güçlü bir platform olup, birçok avantajıyla dikkat çeker. Gelişmiş mekânsal veri desteği sayesinde, 2B ve 3B mekânsal veriler üzerinde kapsamlı analiz ve sorgulama yetenekleri sunar, bu da kullanıcıların coğrafi veriler üzerinde detaylı çalışmalar yapmasına olanak tanır. Büyük ölçekli ve karmaşık veri kümelerinde, güçlü indeksleme teknikleriyle yüksek performanslı sorgulamalar yapabilme kapasitesi, Oracle Spatial'ı büyük projeler için ideal bir çözüm haline getirir. Ayrıca, kurumsal entegrasyon kabiliyeti sayesinde diğer kurumsal çözümler ve veri yönetim sistemleriyle kolayca entegre olabilir, bu da karmaşık sistemlerde kullanılabilirliğini ve etkinliğini artırır. Bu özellikler, Oracle Spatial'ı şehir planlama, altyapı projeleri ve büyük ölçekli veri yönetimi gibi alanlarda tercih edilen bir platform yapmaktadır. Şekil 27' de CityGML formatındaki bir verinin Oracle Spatial'a entegre edilirken ki işlem adımları gösterilmektedir.



Şekil 27. CityGML verilerini Oracle Spatial'e işleme adımları

#### a)CityGML Verisinin Oracle Spatial'a Aktarımı

CityGML verilerinin Oracle Spatial'a entegrasyonu, CityGML formatındaki verilerin Oracle Spatial tarafından desteklenen bir veri yapısına dönüştürülmesini gerektirir. Bu işlem için çeşitli yöntemler kullanılabilir. İlk olarak, 3DCityDB en yaygın kullanılan araçlardan biridir ve CityGML dosyalarını hem PostgreSQL/PostGIS hem de Oracle Spatial ile uyumlu hale getirebilir. 3DCityDB, CityGML formatında saklanan geometrik ve semantik bilgileri Oracle Spatial'ın SDO\_GEOMETRY veri tipine dönüştürerek aktarımı kolaylaştırır. Bu süreçte, 3DCityDB'nin Oracle Spatial ile uyumlu sürümü kurulmalı ve doğru şekilde yapılandırılmalıdır. Kurulum tamamlandıktan sonra, 3DCityDB araçları kullanılarak CityGML verileri doğrudan Oracle Spatial veri tabanına yüklenir ve böylece mekânsal sorgulama ve analizlere hazır hale gelir.

Alternatif olarak, özel dönüşüm araçları veya GDAL gibi açık kaynaklı dönüşüm kütüphaneleri de kullanılabilir. Bu yöntemler, özellikle temel geometrik bilgilerin aktarılması için uygundur. Ancak, GDAL gibi araçlar, genellikle CityGML'nin zengin semantik yapısını tamamen desteklemez ve bu nedenle verinin semantik detaylarını korumak isteyen projelerde 3DCityDB daha iyi bir seçenek olabilir. Her iki yöntem de CityGML verilerinin Oracle Spatial ortamında kullanılabilir hale getirilmesi için etkili seçenekler sunar ve proje gereksinimlerine bağlı olarak tercih edilebilir.

Oracle Spatial'ın SDO\_GEOMETRY veri tipi, CityGML dosyalarındaki 3B geometrilerin saklanması ve işlenmesi için ideal bir yapı sunar. Bu veri tipi, mekânsal verilerin detaylı ve esnek bir şekilde yönetilmesini sağlayarak, şehir modelleme projelerinde ihtiyaç duyulan 3B özellikleri destekler. SDO\_GEOMETRY, bina, yol ve diğer şehir bileşenleri gibi unsurların 3B koordinatlarını ve yüzey geometrilerini depolayabilir. Bu özellik, şehir modellerinin coğrafi konumlarına uygun olarak saklanmasını ve doğru analiz edilmesini mümkün kılar.

CityGML'nin içerdiği semantik bilgiler, Oracle Spatial veri tabanında ayrı tablolarda saklanarak yönetilebilir. Örneğin, bir binanın türü, yapım malzemeleri veya kullanım amacı gibi semantik detaylar, veri tabanındaki ilgili tablolara entegre edilerek sorgulama ve analiz süreçlerinde kullanılabilir. Bu, sadece geometrik verilerin değil, aynı zamanda yapısal ve semantik bilgilerin de modelleme süreçlerine dahil edilmesini sağlar.

Ayrıca, hiyerarşik ilişkiler Oracle Spatial üzerinde etkin bir şekilde yönetilebilir. CityGML'nin detay seviyelerini tanımlayan yapıları, SDO\_GEOMETRY ile saklanabilir ve

bu hiyerarşik ilişkiler sayesinde farklı detay seviyelerinde analizler yapılabilir. Örneğin, bir şehrin genel görünümünden bina cephelerindeki detaylara kadar farklı ölçeklerde sorgulamalar gerçekleştirmek mümkündür. Böylece, Oracle Spatial'ın güçlü veri yönetim altyapısı, 3B şehir modellerinin hem geometrik hem de semantik detaylarla etkin bir şekilde işlenmesine olanak tanır.

#### b) Oracle SQL Developer Kullanımı

Oracle Spatial veri tabanında saklanan mekânsal verilerin yönetimi ve sorgulanması için kapsamlı araçlar sunar. Bu yazılım, özellikle *SDO\_GEOMETRY* veri tipiyle saklanan CityGML modellerinin görselleştirilmesi, sorgulanması ve yönetilmesi süreçlerinde etkili bir şekilde kullanılabilir. SQL Developer'ın mekânsal görselleştirme araçları, CityGML formatındaki 3B şehir modellerinin harita üzerinde görüntülenmesini sağlar ve bu modellerin detaylı analizine olanak tanır. Örneğin, bir bölgedeki binaların yüksekliklerinin sorgulanması, belirli bir alandaki yolların tanımlanması veya altyapı elemanlarının özelliklerinin analiz edilmesi gibi işlemler SQL Developer kullanılarak kolayca gerçekleştirilebilir. Ayrıca, CityGML verilerinde yapılan güncellemeler, mevcut şehir modellerinin doğruluğunu ve güncelliğini koruma açısından büyük önem taşır. SQL Developer, bu güncellemelerin hızlı ve hatasız bir şekilde yapılmasını sağlayarak, şehir planlama ve altyapı yönetimi projelerinde veri bütünlüğünü ve etkinliği artırır. Böylece, Oracle Spatial veri tabanı ve SQL Developer, mekânsal veri yönetimi süreçlerinde güçlü bir entegrasyon sunar.

#### c) Oracle Spatial ile 3B Veri Yönetimi

Oracle Spatial, CityGML verilerini sadece saklamakla kalmaz, aynı zamanda veriler üzerinde karmaşık analizler yapılmasına da olanak tanır. Örneğin:

- Detay Seviyeleri (LoD): Farklı detay seviyelerindeki modeller arasında geçiş yaparak hem mikro düzeydeki bina detayları hem de makro düzeydeki şehir modelleri incelenebilir.
- Yakınlık Analizleri: Belirli bir alan içindeki binalar veya diğer nesneler arasındaki mekânsal ilişkiler analiz edilebilir.
- Görselleştirme ve Raporlama: Oracle Spatial'ın desteklediği araçlar ve üçüncü taraf yazılımlar kullanılarak, CityGML verileri görselleştirilir ve analiz sonuçları raporlanır.

CityGML verilerinin Oracle Spatial ile entegrasyonu, şehir modelleme projelerinde veri yönetimi ve analizi için güçlü bir altyapı sağlar. Oracle Spatial'ın SDO\_GEOMETRY veri tipi ve mekânsal sorgulama özellikleri, CityGML'nin sunduğu zengin semantik ve geometrik bilgilerin etkili bir şekilde kullanılmasını mümkün kılar. Bu entegrasyon, şehir planlama, kentsel analiz ve altyapı yönetimi gibi uygulama alanlarında yüksek doğruluk ve performans sunarak, karmaşık projelerde başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlar.

#### d) CityGML Görselleştirme

CityGML verilerinin görselleştirilmesi, şehir planlama, altyapı yönetimi ve karar destek süreçlerinde önemli bir adımdır. Veri tabanına kaydedilen CityGML verileri, özellikle CBS ile bütünleşik çalışarak kullanıcıya etkili bir görsel temsil sunar. Bu görselleştirme, 3D şehir modellerinin tarayıcılar, CBS yazılımları veya özel uygulamalar aracılığıyla incelenmesine olanak tanır. CityGML verilerinin görselleştirilmesi için iki yaygın araç öne çıkar:

- CesiumJS, tarayıcı tabanlı bir JavaScript kütüphanesi olup, 3D şehir modellerini görselleştirmek için kullanılır. Açık kaynaklı olması ve kullanıcı dostu bir arayüz sunması sayesinde, büyük ölçekli şehir modellerinin kolaylıkla görüntülenmesini sağlar. CesiumJS, CityGML formatındaki verilerden elde edilen 3D geometrileri tarayıcı üzerinde gerçek zamanlı olarak sunabilir. Bu özellik, şehir modellerinin hem statik hem de dinamik verilerle zenginleştirilmesine olanak tanır. Örneğin, trafik akışlarını veya hava durumu verilerini ekleyerek kullanıcı deneyimini artırabilirsiniz.
- QGIS, açık kaynaklı bir coğrafi bilgi sistemi yazılımıdır ve PostGIS ile doğrudan entegrasyon sağlayarak CityGML verilerinin kolayca görüntülenmesini mümkün kılar. QGIS, kullanıcıların mekânsal analizler yapmasına ve 3B şehir modellerini detaylı bir şekilde incelemesine olanak tanır. Özellikle, CityGML formatındaki verilerin katman bazlı yönetimini destekler, bu da farklı veri setlerini (örneğin, bina geometrileri, yol ağları, yeşil alanlar) bir arada analiz etmeyi kolaylaştırır. Ayrıca, QGIS ile model üzerindeki semantik bilgilerin görselleştirilmesi, analizlerin daha anlamlı hale gelmesine katkı sağlar.

Özetle CityGML formatındaki verilerin veri tabanlarına entegrasyonu ve görselleştirilmesi, birkaç temel adımdan oluşan bir süreci gerektirir:

- Veri Dönüştürme ve Yükleme: CityGML verilerinin veri tabanına aktarımı, özel araçlar kullanılarak gerçekleştirilir. Örneğin:

- 3DCityDB: CityGML verilerini PostGIS veya Oracle Spatial'a yüklemek için özel olarak geliştirilmiş bir araçtır. Geometrik ve semantik bilgilerin veri tabanına uygun formatta aktarılmasını sağlar.
- ogr2ogr: GDAL kütüphanesinin bir aracı olan ogr2ogr, CityGML verilerinin temel geometrik bilgilerini dönüştürmek için kullanılabilir.
- Mekânsal Sorgulamalar: Veri tabanına kaydedilen CityGML verileri, SQL sorguları ile analiz edilebilir. Örneğin, bir şehirdeki belirli yükseklik sınırlarının üzerindeki binaların tespiti, belirli bir alan içindeki yapıların yoğunluğu veya yolların trafik akışına olan etkisi gibi sorgular yapılabilir. PostGIS ve Oracle Spatial gibi platformlar, bu tür mekânsal sorgular için kapsamlı fonksiyonlar sunar.
- Görselleştirme: Veri tabanına kaydedilen veriler, CesiumJS veya QGIS gibi araçlarla 3D olarak görüntülenebilir. Bu araçlar, kullanıcıların şehir modellerini detaylı bir şekilde incelemesine, analiz sonuçlarını görselleştirmesine ve elde edilen bilgileri karar süreçlerinde kullanmasına olanak tanır.

CityGML verilerinin veri tabanlarına entegrasyonu ve görselleştirilmesi, modern şehir modelleme projelerinde kritik bir süreçtir. CesiumJS ve QGIS gibi araçlar, kullanıcıların bu modelleri detaylı bir şekilde görselleştirmesine ve analiz sonuçlarını etkili bir şekilde sunmasına yardımcı olur. Veri tabanına entegre edilen veriler üzerinde yapılan mekânsal sorgular ve bu sorguların görsel temsilleri, şehir planlama ve altyapı yönetimi gibi alanlarda karar alma süreçlerine önemli katkılar sağlar. Bu iş akışı, CityGML formatının sunduğu geometrik ve semantik zenginliği en üst düzeyde kullanarak şehir modellerinin etkili bir şekilde yönetilmesine olanak tanır.

- Oracle Spatial üzerinde 3B yapı modelini işlemek için işlem adımları;

Oracle Spatial üzerinde 3B yapı modelini işlemek için öncelikle CityGML gibi 3B yapı verilerinin Oracle Spatial'a nasıl entegre edileceğini ve bu tür verilerin nasıl yönetileceğini anlamak gerekiyor. Oracle Spatial, mekânsal verilerin depolanması ve işlenmesi için gelişmiş bir altyapı sunar ve 3B modelleme için çeşitli veri türlerini destekler. CityGML, 3B şehir modellerini depolayan yaygın bir format olup Oracle Spatial üzerinde işlenebilir hale getirilebilir.

- 3B Veri Yapısının ve Formatının Anlaşılması: Oracle Spatial, 3B yapı modelleme ve yönetim için güçlü bir altyapı sunar. Bu süreçte öncelikle kullanılacak verilerin yapısını anlamak gerekir. CityGML, binalar, yollar ve altyapılar gibi şehir unsurlarını üç boyutlu olarak temsil eden yaygın bir formattır. Oracle Spatial ise 3B

geometrileri ve ilişkili verileri depolamak için SDO\_GEOMETRY veri türünü kullanır. Bu veri türü hem 2B hem de 3B koordinatları, yüzeyleri ve hacimleri tanımlamak için uygundur.

- CityGML Verisinin Oracle Spatial'a Dönüştürülmesi: CityGML formatındaki verilerin Oracle Spatial'a işlenmesi için dönüştürülmesi gerekir. Bu işlemde FME (Feature Manipulation Engine) gibi veri dönüşüm araçları kullanılabilir. FME, farklı formatlar arasında veri dönüştürme işlemlerinde yaygın olarak tercih edilen bir yazılımdır. CityGML'den Oracle Spatial formatına dönüşüm yapmak için FME Workbench üzerinde bir süreç oluşturulur. Bu süreçte, CityGML dosyaları giriş kaynağı olarak tanımlanır ve Oracle Spatial formatına uygun dönüşüm kuralları uygulanır. Böylece 3B geometri yapıları, SDO\_GEOMETRY veri türüyle uyumlu hale getirilir.
- 3B Verinin Oracle Spatial'a Yüklenmesi: Dönüştürülen CityGML verileri, Oracle Spatial veri tabanına yüklenir. Bunun için öncelikle SDO\_GEOMETRY veri tipine sahip bir tablo oluşturulur. Örneğin, bir bina modelini temsil eden 3B geometriler, Oracle Spatial'a INSERT işlemi ile eklenir. Bu işlemde koordinatlar x, y ve z eksenlerini temsil eder ve geometrik yapılar doğru bir şekilde veri tabanına işlenir.
- 3B Verinin Oracle Spatial'da Yönetimi: Oracle Spatial, 3B yapı modellerinin etkin bir şekilde yönetilmesini sağlayan geniş özellikler sunar. Mekânsal sorgulamalar için mekânsal indeksleme yapılır. Mekânsal indeksleme, veritabanı performansını artırır ve büyük veri kümeleri üzerinde hızlı sorgulamalar yapılmasına olanak tanır. Örneğin, belirli bir koordinata yakın binaların sorgulanması veya belirli yükseklik aralığındaki yapıların listelenmesi gibi işlemler, Oracle Spatial'ın güçlü sorgulama yetenekleri sayesinde kolayca gerçekleştirilir.
- 3B Görselleştirme: Oracle Spatial'da saklanan 3B yapı modelleri, görselleştirme araçlarıyla harita üzerinde sunulabilir. Oracle MapViewer, mekânsal verilerin 3B görselleştirilmesi için sıklıkla kullanılan bir araçtır. Bu araç, verilerin harita üzerinde gerçekçi bir şekilde gösterilmesini sağlayarak şehir modelleme ve planlama süreçlerinde önemli bir rol oynar.
- Veri tabanı Performansı ve İyileştirmeler: Büyük ölçekli 3B veri kümeleriyle çalışırken Oracle Spatial, performans optimizasyonu için çeşitli yöntemler sunar. Paralel işleme, mekânsal indeksleme ve bölgesel sorgulama gibi özellikler,

büyük veri kümelerinin etkin bir şekilde işlenmesini sağlar. Böylece, çok sayıda 3B yapı modelini içeren şehir planlama projelerinde hızlı ve doğru analizler yapılabilir.

Oracle Spatial'da 3B yapı modelleme süreçleri, CityGML verilerinin uygun formata dönüştürülmesiyle başlar. Bu veriler, SDO\_GEOMETRY veri türüne uygun olarak veri tabanına yüklenir ve mekânsal sorgulamalar için optimize edilir. Oracle MapViewer gibi araçlarla görselleştirilen 3B modeller, şehir planlama, altyapı yönetimi ve diğer mühendislik projelerinde etkin bir şekilde kullanılabilir. Oracle Spatial'ın sunduğu gelişmiş veri yönetimi ve görselleştirme yetenekleri, 3B yapı modelleme süreçlerini daha verimli ve etkili hale getirir.

Tablo 18. Oracle Spatial ile CityGML entegrasyonu

| Adım No | İşlem                                              | Açıklama                                                                                                                            | Güneş panelleri ile ilgili işlem adımları                                                                           |
|---------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 3B yapı modeli oluşturma                           | Yapının 3B modeli BIM/CAD yazılımında oluşturulur ve CityGML formatına çevrilir.                                                    | Paneller modelde tanımlanır.                                                                                        |
| 2       | CityGML formatında dışa aktarma                    | Model, CityGML 2.0 veya 3.0 formatında XML olarak dışa aktarılır.                                                                   | Paneller ` <b>bldg: BuildingInstallation</b> ` veya ` <b>bldg: RoofSurface</b> ` altında saklanır.                  |
| 3       | Oracle Spatial yapılandırma                        | Oracle veri tabanı kurulur ve ` <b>SDO_GEOMETRY</b> ` desteği etkinleştirilir.                                                      |                                                                                                                     |
| 4       | 3DCityDB veri tabanı şeması oluşturma              | CityGML verisini tutacak şema ve tablolar Oracle içinde oluşturulur.                                                                |                                                                                                                     |
| 5       | CityGML verisinin Oracle'a aktarılması             | `importer-exporter` aracı veya SQL ile XML verisi Oracle'a yüklenir.                                                                | Paneller, 'bina bileşeni' olarak kaydedilir. Paneller ` <b>CITYDB.BUILDING_INSTALLATION</b> ` tablosuna kaydedilir. |
| 6       | Geometri verilerinin Oracle Spatial'a kaydedilmesi | Panellerin geometri verileri ` <b>SDO_GEOMETRY</b> ` formatına dönüştürülerek ` <b>CITYDB.SURFACE_GEOMETRY</b> ` tablosuna eklenir. | Panellerin geometri/konumsal bilgileri bu tabloda saklanır.                                                         |

Tablo 18.'in devamı

|   |                                          |                                                                                                                       |                                                                                                                |
|---|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7 | Öznitelik verilerinin kaydedilmesi       | Panellerin malzeme, üretim tarihi gibi bilgileri Oracle tablolarına eklenir.                                          | Panellerin tipi, eğimi, yüzey alanı, ruhsat detayları gibi `CITYDB.BUILDING_INSTALLATION` tablosunda saklanır. |
| 8 | SQL doğrulama sorgulama                  | ile ve `SELECT * FROM CITYDB.BUILDING_INSTALLATION WHERE CLASS = 'solar panel';` sorgusu ile paneller kontrol edilir. | Panellerin doğru kaydedildiği kontrol edilir.                                                                  |
| 9 | 3B görselleştirme (Cesium, QGIS, ArcGIS) | Oracle'dan alınan veriler 3B görselleştirme araçlarına aktarılır.                                                     | Güneş panelleri 3B ortamda görüntülenebilir.                                                                   |

Entegrasyon sürecinde Tablo 18 'de açıklandığı üzere güneş panelleri ile ilgili aşamalar belirtilmiş ve oluşturulan 3B model, CityGML formatına dönüştürülerek Oracle Spatial'a nasıl veri tabanına aktarılacağına işlem adımları gösterilmektedir. Veri tabanı yapılandırıldıktan sonra CityGML verisi içe aktarılır ve güneş panelleri BUILDING\_INSTALLATION tablosunda bina bileşeni olarak saklanır. Panellerin geometri bilgileri SDO\_GEOMETRY formatında SURFACE\_GEOMETRY tablosuna kaydedilirken, malzeme, eğim ve yüzey alanı gibi öznitelikler de ilgili tablolara eklenir. SQL sorguları ile doğrulama yapıldıktan sonra, paneller 3B görselleştirme araçları (Cesium, QGIS, ArcGIS) ile görüntülenebilir.

## 2.6. 3B Yapı Modelinde ve Veri Tabanına Entegrasyonundaki Harita Mühendisliği Süreçleri

3B yapı modellerinin veri tabanlarına işlenmesi süreci, özellikle mekânsal verilerin toplanması, doğrulanması, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi gibi aşamalarda harita mühendisliğinin kritik rol oynadığı disiplinler arası bir çalışmadır. Harita mühendisleri, CBS ve mekânsal veri yönetimi konularında uzmanlaşmış profesyoneller olarak, bu tür projelerde verilerin doğru bir şekilde işlenmesi ve modellenmesinden sorumludur. 3B yapı modellerinin oluşturulması ve veri tabanlarına entegrasyonu süreci, kullanılan veri türüne ve projelerin amacına bağlı olarak farklı yöntemler gerektirebilir. Bu süreçte harita

mühendislerinin görevi, mekânsal doğruluk ve analitik altyapıyı sağlamakla birlikte, modelleme aşamalarında tüm teknik gereksinimleri karşılamaktır.

### 2.6.1. Veri Toplama Süreci ve Yöntemleri

3B yapı modellerinin oluşturulması sürecinde, veri toplama aşaması projelerin temel yapı taşını oluşturur. Harita mühendisleri, projelerin kapsamına bağlı olarak farklı veri toplama yöntemlerini tercih eder. Bu yöntemler arasında uydu görüntüleri, LiDAR, dronelar ve yüksek hassasiyetli ölçüm cihazları yer alır.

- **Uydu Görüntüleri ve Hava Fotoğrafları:** Uydu görüntüleri ve havadan çekilen fotoğraflar, şehir modellerinin oluşturulmasında sıkça kullanılan veri kaynaklarıdır. Bu görüntüler, şehirlerin genel topoğrafyasını ve yapılarını kapsayarak 3B modellemeye uygun bir altyapı sunar.
- **LiDAR Teknolojisi:** LiDAR, yüzeylerin detaylı 3B modellerini oluşturmak için lazer ışınları kullanır. Harita mühendisleri, bu teknolojiye dayanarak yüksek hassasiyetli arazi ve bina modelleri elde eder.
- **Dronelar:** Şehir içindeki yapıların detaylı bir şekilde modellenmesinde dronelar önemli bir rol oynar. Harita mühendisleri, özellikle kentsel alanlarda binaların dış cephelerini ve coğrafi çevreyi tarayarak detaylı veriler toplar.
- **Total Station ve GPS:** Yüksek hassasiyetli veri toplama için kullanılan bu cihazlar, belirli bir arazi veya yapı ile ilgili koordinat bilgilerini sağlayarak 3B modelleme sürecine önemli katkılar sunar.

Bu yöntemlerden hangisinin seçileceği, projelerin ölçeği, kapsamı ve hedefleri doğrultusunda belirlenir. Örneğin, kentsel alanların geniş ölçekli modellerinde LiDAR ve uydu görüntüleri tercih edilirken, daha küçük ölçekli yapı modellemelerinde CAD ve BIM tabanlı veriler kullanılabilir.

Mimari projelerde, veri toplama süreci daha teknik ve tasarım odaklıdır. Bu tür projelerde genellikle mevcut çevreyi değil, tasarım aşamasındaki veya henüz inşa edilmemiş yapıları temsil eden dijital veriler işlenir. Mimari projelerde kullanılan veri kaynakları arasında CAD dosyaları, BIM sistemleri ve proje teknik belgeleri yer alır.

- CAD Dosyaları: Mimari projelerde genellikle CAD dosyalarından faydalanılır. Bu dosyalar, yapıların kat planlarını, kesitlerini ve cephelerini içeren teknik çizimlerdir. 2B planlar, modern yazılımlar aracılığıyla 3B modellere dönüştürülür. Kolon, kiriş gibi yapısal detaylar, modelleme sürecine entegre edilir.
- BIM Sistemleri: BIM, yapıların dijital bilgi modellerini oluşturmak için kullanılan bir yöntemdir. BIM modelleri, sadece yapıların fiziksel özelliklerini değil, aynı zamanda malzeme bilgileri ve inşaat aşamalarını da içerir. Bu yöntem, yapı bileşenlerinin doğru bir şekilde modellenmesine ve yönetilmesine olanak tanır.
- Proje Planları ve Teknik Belgeler: Mimari projelerde, statik ve mekanik projeler gibi teknik dokümanlar modelleme sürecinde önemli bir yere sahiptir. Bu belgeler, yapının malzeme bilgilerini, teknik detaylarını ve inşaat aşamalarını içeren önemli veri kaynaklarıdır.

Mimari projelerde, veri toplama sürecinde görüntü verilerine genellikle ihtiyaç duyulmaz. Bunun temel nedeni, bu projelerde kullanılan CAD ve BIM dosyalarının, yapıların tasarımını dijital olarak zaten tam bir şekilde temsil etmesidir. Görüntü verileri, daha çok mevcut yapıların modellenmesinde veya şehir modelleme projelerinde tercih edilir. Ancak mimari projelerde, dijital tasarım verileri, yapıların fiziksel özelliklerini detaylı ve hassas bir şekilde sunarak görüntü verilerinin yerini alır. Bu nedenle, mimari projelerde görüntü verilerinin kullanımı gereksiz hale gelir.

Harita mühendisleri, 3B yapı modellerinin oluşturulması ve veri tabanlarına işlenmesi süreçlerinde temel bir rol oynar. Doğru veri toplama, bu sürecin en kritik aşamasıdır ve projelerin başarısını büyük ölçüde belirler. Mimari projelerde, veri toplama süreci tamamen dijital tasarım verilerine dayalı olarak yürütülürken, şehir modelleme ve çevre modelleme projelerinde görüntü verileri önemli bir kaynak oluşturur. Sonuç olarak, projelerin gereksinimlerine göre veri toplama yöntemleri ve modelleme araçları dikkatlice seçilmeli ve uygulanmalıdır. Bu süreç, CBS ve BIM gibi modern teknolojilerle desteklenerek daha etkili hale getirilebilir.

## **2.6.2. Veri Analizi ve Dönüştürme**

3B yapı modelleme projelerinde toplanan ham veriler, genellikle doğrudan kullanılabilir durumda değildir ve anlamlı sonuçlar elde edebilmek için işlenmesi ve analiz

edilmesi gerekir. Bu süreç hem verilerin doğruluğunun sağlanması hem de projeye uygun formatlara dönüştürülmesi açısından kritik bir adımdır. Harita mühendisleri, bu aşamada hem teknik bilgi hem de modern yazılım araçlarını kullanarak verilerin işlenmesini mümkün kılar.

Toplanan mekânsal verilerde hatalar, eksik bilgiler veya tutarsızlıklar bulunabilir. Özellikle LiDAR veya drone gibi teknolojilerden elde edilen veriler, ölçüm hataları, yanlış hizalamalar ya da eksik noktalar içerebilir. Bu tür durumlarda harita mühendisleri, verilerin doğruluğunu kontrol etmek için çeşitli analiz teknikleri uygular. Doğrulama sürecinde, yanlış ölçümler ve tutarsızlıklar tespit edilerek düzeltilir veya temizlenir. Bu aşamada, mekânsal veri doğruluğu artırılarak hem 3B yapı modelleme süreci için güvenilir bir temel oluşturulur hem de olası hataların proje ilerleyişini etkilemesi önlenir. Örneğin, bir LiDAR taramasında ağaçların veya hareket eden araçların sebep olduğu gürültüler, veri setlerinden temizlenerek yalnızca ilgili bina veya arazi geometrisinin netleştirilmesi sağlanır.

Verilerin dönüştürülmesi, 3B modelleme projelerinde vazgeçilmez bir adımdır. Çünkü toplanan veriler, genellikle kullanılan yazılım veya veri tabanı formatına doğrudan uyumlu olmayabilir. Bu aşamada harita mühendisleri, ham verileri analiz ederek, proje gereksinimlerine uygun hale getirmek için çeşitli dönüşüm işlemleri gerçekleştirir. Örneğin, CityGML formatında depolanan 3B mekânsal veriler, Oracle Spatial veya PostgreSQL PostGIS gibi veri tabanı platformlarına uygun bir yapıya dönüştürülmek zorundadır. Bu süreçte, mekânsal veri dönüşümü için yaygın olarak kullanılan FME gibi yazılımlar devreye girer. FME, karmaşık dönüşüm senaryolarını destekleyerek farklı veri formatları arasında geçiş yapılmasını ve mekânsal ilişkilerin korunmasını sağlar.

Veri analizi ve dönüştürme süreçlerinde, harita mühendisleri genellikle modern yazılımlardan ve dönüşüm araçlarından faydalanır. FME, ArcGIS gibi yazılımlar ile bütünleşmiş çalışabilir ve projelerde kullanılacak verilerin her türlü format dönüşümünü ve optimizasyonunu sağlar. Bunun yanı sıra, projelerin gereksinimlerine bağlı olarak Python gibi programlama dilleri aracılığıyla özel analiz ve doğrulama script'leri geliştirilebilir. Böylece, veri doğruluğu ve kalite kontrolü süreçleri otomatikleştirilerek zaman tasarrufu sağlanır.

Veri analizi ve dönüştürme süreci, 3B yapı modelleme projelerinde sadece teknik bir gereklilik değil, aynı zamanda projenin başarısını belirleyen temel bir aşamadır. Harita mühendisleri, ham verileri temizleyip doğruladıktan sonra, projeye özgü gereksinimlere uygun bir formatta işleyerek mekânsal veri yönetiminde yüksek standartları sağlar. Bu

süreçte kullanılan teknikler ve yazılımlar hem verilerin güvenilirliğini artırır hem de proje ekiplerine güçlü bir veri temeli sunar.

### 2.6.3. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Entegrasyon

CBS, mekânsal verilerin toplanması, analiz edilmesi, görselleştirilmesi ve organize edilmesi süreçlerinde harita mühendislerinin en önemli araçlarından biridir. CBS teknolojileri, 2B ve 3B verilerin yönetimi için güçlü bir altyapı sağlayarak hem büyük ölçekli projelerde hem de lokal veri analizlerinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu sistemler, verilerin organize edilmesi, analiz edilmesi ve farklı uygulama alanlarına entegre edilmesi açısından geniş bir yelpazede çözümler sunar. 3B yapı modellerinin oluşturulması ve yönetilmesi sürecinde CBS sistemleri, mekânsal verilerin daha anlamlı hale getirilmesini sağlar.

CBS tabanlı veri tabanları, 3B yapı modellerinin organizasyonu ve analiz edilmesi için temel bir rol oynar. Harita mühendisleri, mekânsal verileri PostGIS, Oracle Spatial veya SQL Server gibi güçlü mekânsal veri tabanlarına entegre ederek bu verilerin verimli bir şekilde yönetilmesini sağlar. Örneğin, PostGIS, açık kaynaklı bir CBS veri tabanı eklentisi olarak, mekânsal sorgulamalar ve analizler için güçlü araçlar sunar. Bu veri tabanları sayesinde binaların koordinat bilgileri, arazi verileri ve altyapı unsurları gibi mekânsal veriler düzenli bir şekilde saklanabilir ve gerektiğinde detaylı analizler yapılabilir. Oracle Spatial ise özellikle büyük ölçekli projelerde, yüksek performans gereksinimlerini karşılamak için tercih edilir. CBS sistemleriyle entegre edilen veri tabanları, mekânsal verilerin güvenilir bir şekilde depolanmasını ve farklı projeler arasında paylaşılmasını mümkün kılar.

CBS yazılımlarının en güçlü özelliklerinden biri, katmanlama (layering) yöntemiyle farklı veri setlerini ayrı ayrı organize etme kapasitesidir. Harita mühendisleri, arazi verisi, bina verisi, altyapı verisi gibi farklı veri türlerini ayrı katmanlarda organize ederek bu verilerin birbiriyle ilişkisini kolayca analiz edebilir. Örneğin, bir katmanda binaların 3B modelleri bulunurken, diğer bir katmanda yol ağları ve altyapı sistemleri gösterilebilir. Bu sayede, bir binanın hangi bölgeye ait olduğu, hangi koordinat sistemine dayandığı ve çevresindeki diğer yapılarla olan ilişkisi açık bir şekilde belirlenebilir. Ayrıca, katmanlama

yöntemi, verilerin görsel olarak anlaşılabilir hale gelmesini sağlar ve projeler üzerinde çalışan farklı disiplinlerin aynı veriyi farklı açılardan değerlendirmesine olanak tanır.

3B yapı modelleri, CBS teknolojilerinin sunduğu analiz ve görselleştirme araçlarıyla entegre edildiğinde, projelerin kapsamı ve doğruluğu önemli ölçüde artar. Örneğin, CityGML formatındaki 3B modeller, CBS yazılımlarında görselleştirilebilir ve detaylı mekânsal analizler için kullanılabilir. CBS tabanlı veri entegrasyonu, yalnızca modellerin görselleştirilmesiyle sınırlı kalmaz; aynı zamanda, çevresel etkilerin analiz edilmesi, altyapı planlaması ve afet yönetimi gibi daha geniş çaplı çalışmalara olanak tanır. Ayrıca, CBS sistemleri üzerinden gerçekleştirilen senaryo analizleri, örneğin bir deprem sonrası binaların dayanıklılığını test etmek veya güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmek gibi kritik projelerde kullanılabilir.

CBS, 3B yapı modellerinin oluşturulması ve yönetilmesi sürecinde mekânsal verilerin organize edilmesi ve analiz edilmesi için güçlü bir altyapı sunar. CBS tabanlı sistemler, mekânsal verilerin veri tabanlarında saklanması, katmanlama yöntemiyle düzenlenmesi ve detaylı analizlere olanak tanması açısından harita mühendislerinin vazgeçilmez araçlarından biridir. PostGIS ve Oracle Spatial gibi güçlü mekânsal veri tabanlarının yanı sıra CBS yazılımları, 3B yapı modellerinin daha işlevsel hale getirilmesini sağlar. Bu entegrasyon, yalnızca verilerin yönetimini kolaylaştırmakla kalmaz, aynı zamanda şehir planlama, çevresel analizler ve altyapı projelerinde karar alma süreçlerine katkı sağlar.

#### **2.6.4. 3B Yapı Modellerinin Oluşturulması ve İşlenmesi**

3B yapı modellerinin oluşturulması ve işlenmesi süreci, mekânsal verilerin detaylı bir şekilde analiz edilmesini ve görselleştirilmesini gerektiren, harita mühendisliğinin en kritik aşamalarından biridir. Bu süreç, farklı veri kaynaklarının işlenmesinden, modellerin oluşturulması ve optimize edilmesine kadar birçok adımı kapsar. Harita mühendisleri, bu aşamada hem teknik bilgi hem de modern yazılım araçlarını kullanarak yüksek doğrulukta 3B modeller elde edilmesini sağlar.

3B yapı modellerinin oluşturulması için kullanılan yazılımlar, harita mühendislerinin temel araçlarından biridir. Bu yazılımlar, toplanan mekânsal verilerin işlenmesi ve

modellenmesi için çeşitli özellikler sunar. Örneğin, SketchUp, kolay öğrenilebilir arayüzüyle basit 3B modelleme projelerinde tercih edilirken, AutoCAD ve Revit, daha karmaşık mühendislik ve mimari projelerde yaygın olarak kullanılır. ArcGIS gibi yazılımlar ise 3B modelleme ile CBS entegrasyonunu sağlayarak, modellerin mekânsal analizlere uygun hale getirilmesini mümkün kılar. Bu yazılımlar sayesinde, binaların geometrik özellikleri, çevreleriyle olan ilişkileri ve mekânsal konumları detaylı bir şekilde modellenebilir. Ayrıca, CityGML formatında hazırlanan 3B modeller, CBS yazılımlarında görselleştirilerek analizler için kullanılabilir hale getirilir.

3B modellerin oluşturulması, sadece geometrik şekillerin işlenmesiyle sınırlı değildir; aynı zamanda verilerin optimize edilmesi ve iyileştirilmesi süreçlerini de içerir. Bu süreçte harita mühendisleri, oluşturulan modellerin geometrik doğruluğunu kontrol eder ve iyileştirme işlemleri gerçekleştirir. Örneğin, bir binanın doğru yükseklik ve enlem-boylam koordinatlarına sahip olup olmadığını kontrol etmek, modelin mekânsal doğruluğunu artıran önemli bir adımdır. Ayrıca, modelleme sırasında hatalı geometri veya eksik veri içeren bölümler tespit edilerek düzeltilir. Bu süreçte kullanılan modern dönüşüm araçları, modellerin farklı veri formatlarına uyarlanmasını ve optimize edilmesini sağlar. Özellikle FME gibi araçlar, verilerin farklı yazılımlar arasında taşınmasında ve işlenmesinde önemli bir rol oynar.

3B yapı modellerinin işlenmesi, sadece görselleştirme amacıyla değil, aynı zamanda mekânsal analizlerin gerçekleştirilmesi için de önemlidir. Harita mühendisleri, oluşturdukları 3B modelleri CBS sistemleriyle entegre ederek, şehir planlama, çevresel analizler ve afet yönetimi gibi alanlarda kullanılabilir hale getirir. Örneğin, bir bölgedeki binaların güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmek için 3B modeller üzerinde gölgeleme analizleri yapılabilir. Bu tür analizler, yalnızca modellerin geometrik doğruluğuna değil, aynı zamanda doğru mekânsal ilişkilere sahip olmasına da bağlıdır.

3B modellerin oluşturulması ve işlenmesi, harita mühendisliği süreçlerinin teknik uzmanlık gerektiren aşamalarından biridir. Modern yazılımlar ve dönüşüm araçları sayesinde, toplanan veriler doğru bir şekilde işlenerek yüksek kaliteli 3B modeller elde edilebilir. Bu modeller, yalnızca görselleştirme için değil, aynı zamanda mekânsal analizler ve karar destek sistemlerinde kullanılmak üzere optimize edilir. Harita mühendislerinin bu süreçteki uzmanlığı, projelerin doğruluk ve etkinlik açısından başarısını doğrudan etkiler.

### 2.6.5. Koordinat Sistemleri ve Projeksiyonlar

3B yapı modellerinin oluşturulması ve işlenmesi sırasında koordinat sistemleri ve projeksiyonlar, harita mühendisliği çalışmalarında temel bir role sahiptir. Mekânsal verilerin doğruluğu ve modellenen yapıların doğru bir şekilde yerleştirilebilmesi için kullanılan koordinat sistemlerinin seçimi ve yönetimi hayati önem taşır. Bu süreç, modellerin gerçek dünya ile uyumlu hale getirilmesini ve projelerde mekânsal doğruluğun sağlanmasını garanti eder.

SRID (Spatial Reference ID - Mekânsal Referans Kimliği), bir mekânsal verinin hangi koordinat sistemiyle tanımlandığını ifade eden benzersiz bir kimlik numarasıdır. 3B yapı modellerinin doğru bir şekilde işlenebilmesi ve coğrafi alana yerleştirilebilmesi için uygun bir SRID seçimi yapılmalıdır. Harita mühendisleri, her proje için ilgili SRID'i belirleyerek mekânsal referans çerçevesini tanımlar. Örneğin, dünya çapında kullanılan WGS84 koordinat sistemi genellikle küresel projeler için tercih edilirken, daha yerel ölçekteki projelerde ED50 veya TUREF gibi sistemler kullanılabilir. Bu kimlikler, verilerin doğru koordinat sistemine göre işlendiğinden emin olmak için CBS yazılımları ve veri tabanları tarafından otomatik olarak takip edilir.

Farklı coğrafi projelerde, verilerin bir projeksiyon sisteminden diğerine dönüştürülmesi gerekebilir. Bu dönüşümler, modelin kullanıldığı coğrafi alan ve proje gereksinimlerine göre düzenlenir. Örneğin, WGS84 gibi coğrafi koordinat sistemleri, küresel ölçekte projeler için ideal bir yapı sunarken, bu sistemdeki veriler yerel ölçekte daha hassas analizler için UTM (Universal Transverse Mercator) gibi projeksiyon sistemlerine dönüştürülmelidir.

Projeksiyon dönüşümleri sırasında, verilerin ölçeklendirilmesi ve distorsiyonların önlenmesi için uygun matematiksel modeller kullanılır. Bu süreçte harita mühendisleri, dönüşüm işlemlerinin doğruluğunu sağlamak için CBS yazılımları (ör. ArcGIS, QGIS) ve dönüşüm araçlarından faydalanır. Örneğin:

- WGS84'ten UTM'ye dönüşüm: Küresel ölçekte toplanan verilerin yerel alanlarda daha hassas analiz edilebilmesi için yapılır.
- Yerel projeksiyon sistemleri: Türkiye'de projeler genellikle TUREF kullanılarak işlenir. Bu sistem, ulusal standartlarla uyumludur ve Türkiye sınırları içerisindeki projelerde daha doğru sonuçlar sağlar.

Koordinat sistemlerinin seçimi, modelin kullanım amacına, kapsamına ve coğrafi konumuna göre yapılır. Harita mühendisleri, modelin gerçek dünya ile uyumlu hale getirilmesi için aşağıdaki kriterlere göre koordinat sistemi belirler:

- Küresel Projeler: Dünya çapında kullanılacak modeller için WGS84 gibi küresel standartlar tercih edilir.
- Yerel Projeler: Yerel projelerde, çalışma alanına uygun projeksiyon sistemleri kullanılır. Türkiye için ED50 ve TUREF en sık kullanılan referans sistemleridir.
- Mekânsal Analizler: Özellikle eğim analizi, yüzey modelleme gibi detaylı analizlerde, yerel projeksiyon sistemleri daha doğru sonuçlar sunar.

Koordinat sistemleri ve projeksiyonlar, modellerin sadece yerleştirilmesi değil, aynı zamanda analiz sonuçlarının doğruluğu için de önemlidir. Örneğin, yanlış bir projeksiyon sistemi seçildiğinde, ölçüm hataları artabilir ve modeller gerçek dünya ile uyumsuz hale gelebilir. Harita mühendisleri, bu tür hataların önüne geçmek için dönüşüm işlemlerinde hem teknolojik araçlar hem de matematiksel doğrulama yöntemleri kullanır.

Koordinat sistemleri ve projeksiyonlar, 3B yapı modelleme süreçlerinde mekânsal doğruluğun sağlanması için kritik bir öneme sahiptir. Harita mühendisleri, projelerde doğru SRID belirleyerek ve uygun projeksiyon dönüşümleri yaparak modellerin gerçek dünya ile uyumlu hale gelmesini sağlar. Bu süreçte kullanılan yazılımlar ve dönüşüm araçları, projelerin hassasiyetini artırarak mekânsal analizlerin doğruluğunu garanti eder. Özellikle küresel ve yerel projeler arasında uygun sistemlerin seçimi hem verimlilik hem de doğruluk açısından büyük avantaj sağlar.

#### **2.6.6. Veri Tabanı Entegrasyonu ve Yönetimi**

3B yapı modellerinin etkili bir şekilde depolanması, işlenmesi ve analiz edilmesi için güçlü veri tabanı sistemlerine entegre edilmesi gereklidir. Bu süreçte harita mühendisleri, veri tabanı yönetimi ve optimizasyonu üzerinde çalışarak, hem mekânsal verilerin doğru bir şekilde işlenmesini hem de veri tabanı performansının artırılmasını sağlar. Oracle Spatial, PostGIS (PostgreSQL) gibi veri tabanları, 3B yapı modellerinin entegrasyonu ve yönetimi için tercih edilen sistemler arasındadır.

Harita mühendisleri, toplanan mekânsal verileri veri tabanına aktararak bu verilerin doğru bir şekilde organize edilmesini sağlar. Veri tabanına veri yükleme işlemi, verilerin formatlarının kontrol edilmesi, uygun mekânsal referans çerçevesiyle eşleştirilmesi ve eksik verilerin tamamlanması gibi adımları içerir. Bu süreçte harita mühendislerinin dikkat ettiği başlıca unsurlar şunlardır:

- Doğru veri tiplerinin kullanılması: Veri tabanlarında mekânsal veriler genellikle geometry veya geography gibi veri türleriyle tanımlanır. Örneğin, binaların 3B geometrisi için MULTIPOLYGON Z veya TIN (Triangulated Irregular Network) gibi mekânsal veri tipleri kullanılır.
- Güncelleme işlemleri: Mevcut veri tabanlarında yer alan veriler, proje gereksinimlerine göre düzenli olarak güncellenir. Yeni yapıların eklenmesi, bina bilgileri gibi semantik detayların güncellenmesi bu sürecin bir parçasıdır. Örneğin, bir şehir planlama projesinde, yeni inşa edilen bir bina modeli veri tabanına eklenirken, mevcut altyapı bilgileri de güncellenir.

Harita mühendisleri, bu adımlarda hem mekânsal verilerin doğruluğunu sağlamak hem de sistemde olası hataları önlemek için yazılım araçları (ör. ArcGIS, FME, QGIS) ve özel doğrulama süreçlerini kullanır.

Büyük ölçekli veri tabanlarında performansın artırılması, mekânsal verilerin etkin bir şekilde yönetilmesi için kritik öneme sahiptir. Harita mühendisleri, veri tabanı sorgularının hızlandırılması için mekânsal indeksleme işlemleri gerçekleştirir. Mekânsal indeksleme, mekânsal verilerin daha hızlı aranmasını ve işlenmesini sağlar. Örneğin, bir şehirdeki tüm binaların belirli bir yarıçap içindeki konumlarını sorgulamak için mekânsal indeksleme sayesinde daha hızlı sonuçlar alınabilir.

Başlıca indeksleme teknikleri şunlardır:

- R-Tree İndeksleme: R-Tree (Rectangular Tree) mekânsal verilerde en yaygın kullanılan indeksleme yapısıdır. Bu indeksleme, büyük mekânsal veri kümelerinde sorgu performansını artırarak işlem sürelerini minimize eder.
- Quad-Tree ve Grid İndeksleme: Daha küçük ve organize veri kümeleri için tercih edilir. Özellikle yüksek çözünürlüklü 3B verilerde verimli bir yöntemdir.

Mekânsal indeksleme sayesinde sorgu süreleri kısalırken, sistem üzerindeki yük azalır ve kullanıcı deneyimi iyileşir. Örneğin, PostGIS veya Oracle Spatial kullanan sistemlerde mekânsal indeksleme ile hem 3B model verilerine hem de bu veriler üzerindeki analizlere hızlı erişim sağlanır.

Veri tabanı entegrasyonu sırasında harita mühendisleri, veri organizasyonu ve yönetimi için çeşitli araçlardan ve tekniklerden yararlanır. Örneğin:

- FME: Verilerin farklı formatlar arasında dönüştürülmesi ve veri tabanlarına yüklenmesi için kullanılır.
- ArcGIS ve QGIS: Mekânsal verilerin görselleştirilmesi ve analiz edilmesi sırasında kullanılır.
- SQL Tabanlı Sorgular: Özellikle mekânsal analizlerde, verilerin sorgulanması ve analiz edilmesi için SQL tabanlı sorgular geliştirilir.

Bu araçlar, 3B yapı modellerinin doğru bir şekilde depolanmasını, işlenmesini ve analiz edilmesini mümkün kılar.

3B yapı modellerinin veri tabanlarına entegrasyonu ve yönetimi, mekânsal verilerin güvenilirliği ve kullanılabilirliği açısından kritik bir süreçtir. Harita mühendisleri, veri tabanlarına veri ekleme, güncelleme, indeksleme ve optimizasyon gibi adımları titizlikle yöneterek, projelerin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar. Mekânsal indeksleme teknikleri, büyük veri kümelerinin etkin bir şekilde yönetilmesine olanak tanırken, yazılım araçları ve veri tabanı sistemleri arasındaki entegrasyon süreçleri, projelerin doğruluk ve verimlilik açısından maksimum sonuç vermesini garanti eder.

### **2.6.7. Görselleştirme ve Raporlama**

3B yapı modellerinin yönetimi ve analizi sürecinin son aşaması, toplanan ve işlenen verilerin görselleştirilmesi ve sonuçların raporlanmasıdır. Bu süreç, sadece teknik bir sonuç üretmekle kalmaz; aynı zamanda karar vericilere, proje yöneticilerine ve diğer paydaşlara projelerin ilerleyişi ve analiz sonuçları hakkında açık ve anlaşılır bir bilgi sunmayı amaçlar. Harita mühendisleri, görselleştirme ve raporlama araçlarını etkin bir şekilde kullanarak projelerin değerini ve uygulanabilirliğini artırır.

3B haritalama, mekânsal verilerin görselleştirilmesi için kullanılan en güçlü araçlardan biridir. Harita mühendisleri, toplanan ve işlenen 3B yapı modellerini coğrafi bağlamda görselleştirerek kullanıcıların mekânsal ilişkileri ve detayları daha iyi anlamasını sağlar. Bu süreçte genellikle şu araçlar kullanılır:

- GIS-CBS Yazılımları: ArcGIS Pro, QGIS gibi yazılımlar, 3B modellerin harita üzerinde görselleştirilmesi ve analiz edilmesi için yaygın olarak tercih edilir. Bu yazılımlar, bina modellerinin arazi verileri, altyapı bilgileri ve diğer mekânsal verilerle bütünleşmiş bir şekilde sunulmasını sağlar.

- Oracle MapViewer: Oracle Spatial ile bütünleşmiş çalışan bu araç, büyük ölçekli projelerde mekânsal verilerin 3B ortamda görselleştirilmesine olanak tanır. Özellikle, şehir modelleme ve altyapı projelerinde 3B yapıların coğrafi bağlamda sunulması için kullanılır.
- Web Tabanlı Haritalama Araçları: Harita mühendisleri, 3B yapı modellerini geniş bir kitleye sunmak için web tabanlı haritalama platformlarından faydalanabilir. Örneğin, Google Earth veya CesiumJS gibi platformlar, mekânsal verilerin interaktif bir şekilde görüntülenmesini sağlar.

3B haritalama sayesinde binaların geometrik detayları, çevresel ilişkileri ve mekânsal bağlamı görsel olarak analiz edilebilir. Örneğin, bir şehrin 3B yapı modeli üzerinde güneş ışığı analizi veya rüzgâr etkisi gibi çevresel analizler kolayca yapılabilir.

Görselleştirilen verilerin yanı sıra, harita mühendisleri projelerin analiz sonuçlarını raporlayarak karar vericilere ve paydaşlara sunar. Bu raporlar, kentsel planlama, altyapı projeleri ve bina yönetimi gibi alanlarda kullanılabilecek değerli bilgiler içerir. Raporlama sürecinde şu adımlar izlenir:

- Analiz Sonuçlarının Derlenmesi: 3B yapı modellerinden elde edilen veriler, karar vericilere rehberlik edecek şekilde analiz edilir. Örneğin:
  - Kentsel Planlama: Bir bölgedeki bina yoğunluğunun analizi.
  - Altyapı Projeleri: Yol ve boru hatlarının bina modelleriyle entegrasyonu.
  - Risk Yönetimi: Deprem simülasyonları veya sel riski analizi.
- Raporlama Araçlarının Kullanımı: Harita mühendisleri, analiz sonuçlarını görsel açıdan güçlü bir şekilde sunabilmek için modern raporlama araçlarından yararlanır. Örneğin:
  - Power BI ve Tableau: Mekânsal verilerin analiz sonuçlarının görselleştirilmesi için kullanılır.
  - GIS Yazılımlarının Raporlama Özellikleri: ArcGIS veya QGIS gibi yazılımlar, analizlerin harita ve grafiklerle zenginleştirilmesini sağlar.
- Sonuçların Paydaşlara Sunulması: Elde edilen analiz sonuçları, grafikler, haritalar ve detaylı açıklamalarla raporlanarak karar vericilere sunulur. Bu raporlar, proje risklerini yönetme, kaynakları optimize etme ve projelerin uygulanabilirliğini değerlendirme açısından önemli bilgiler sağlar.

Görselleştirme ve raporlama, teknik verilerin sadeleştirilerek anlaşılabilir hale getirilmesini sağlar. Örneğin, şehir planlama projelerinde bir bölgedeki bina yoğunluğu veya

güneş ışığı alma oranı gibi veriler, 3B görselleştirme ve detaylı raporlarla desteklenerek karar vericilere sunulabilir. Bu süreç, sadece mevcut durumu anlamakla kalmaz, aynı zamanda gelecekteki projelerin simülasyonları için de bir temel oluşturur.

Görselleştirme ve raporlama süreçleri, 3B yapı modellerinin kullanımını daha anlamlı ve etkin hale getirir. Harita mühendisleri, bu süreçte hem teknik hem de iletişimsel becerilerini kullanarak mekânsal analizlerin sonuçlarını karar vericilere en doğru şekilde sunar. CBS yazılımlarından web tabanlı araçlara kadar geniş bir yelpazede kullanılan teknolojiler, projelerin görsel ve analitik değerini artırarak etkili bir karar alma süreci sağlar. Görselleştirme ve raporlama, sadece projelerin başarısını desteklemekle kalmaz, aynı zamanda bu projelerin sürdürülebilirliği ve uygulanabilirliği açısından da kritik bir rol oynar.

Harita mühendisliği, 3B yapı modelleme projelerinin her aşamasında önemli bir role sahiptir. Bu mühendislik disiplini, mekânsal verilerin toplanması, işlenmesi, doğrulanması ve görselleştirilmesinden veri tabanı yönetimine kadar birçok alanda kritik katkılar sağlar. Şehir planlama, afet yönetimi, kentsel dönüşüm ve altyapı projeleri gibi çok çeşitli uygulama alanlarında harita mühendislerinin rolü, projelerin başarısını doğrudan etkiler.

Projelerin temelini, doğru ve hassas mekânsal veriler oluşturur. Harita mühendisleri, uydu görüntüleri, LiDAR taramaları, drone verileri ve GPS ölçümleri gibi çeşitli kaynaklardan veri toplayarak, 3B yapı modelleme projelerinin temelini oluştururlar. Toplanan bu veriler, yerel planlamada, afet yönetiminde ve kentleşme süreçlerinde kritik rol oynar. Örneğin:

- Yerel Planlama: Bir bölgedeki yapı yoğunluğu ve altyapı durumu analiz edilerek gelecekteki kentsel gelişim için planlamalar yapılabilir.
- Afet Yönetimi: Deprem veya sel gibi afetler için risk bölgeleri belirlenerek afet senaryoları oluşturulabilir.
- Kentleşme Süreçleri: Mevcut yapı stoğunun incelenmesi ve gelecekteki kentleşme projeleri için yerel yönetimlere rehberlik edilebilir.

Harita mühendislerinin topladığı doğru ve hassas veriler, modelleme sürecinin doğruluğunu doğrudan etkileyerek projelerin başarılı bir şekilde ilerlemesini sağlar.

Harita mühendisleri, mekânsal verilerin depolandığı ve işlendiği veri tabanlarının optimizasyonu ve yönetiminde önemli bir rol oynar. Veri tabanı yönetimi, sadece verilerin saklanması değil, aynı zamanda verilerin verimli bir şekilde erişilebilir ve analiz edilebilir hale getirilmesini de kapsar. Bu süreçte harita mühendisleri:

- Mekânsal Veri tabanı Yönetimi: PostGIS (PostgreSQL) ve Oracle Spatial gibi sistemler kullanılarak mekânsal verilerin yönetimini sağlar.
- Veri tabanı Optimizasyonu: Veri tabanı performansını artırmak için mekânsal indeksleme ve veri organizasyonu süreçlerini yönetir.
- Veri Güvenliği ve Güncelleme: Veri tabanlarında tutulan verilerin güncelliğini ve doğruluğunu sağlamak için düzenli bakım ve güncellemeler yapar.

Bu süreçler, büyük ölçekli kentsel projeler ve altyapı yönetimi için kritik önem taşır. Özellikle büyük veri kümelerinin işlendiği projelerde, harita mühendislerinin veri tabanı optimizasyonuna yönelik uzmanlığı projelerin başarısını artırır.

Harita mühendislerinin uzmanlık alanlarından biri de CBS ile verilerin yönetimi ve görselleştirilmesidir. CBS, 3B yapı modellerinin mekânsal analizini kolaylaştırarak karar vericilere değerli bilgiler sunar. CBS ile yapılan başlıca işlemler şunlardır:

- Katmanlama: Farklı mekânsal veri setlerini bir araya getirerek yapıların altyapı, arazi kullanımı ve çevresel faktörlerle olan ilişkisini analiz eder.
- Analiz ve Görselleştirme: CBS yazılımları, 3B modellerin çevresel faktörlerle olan etkileşimini analiz etmek ve görselleştirmek için kullanılır. Örneğin, bir şehirdeki bina modellerinin rüzgâr etkisine veya güneş ışığı alımına göre analiz edilmesi.
- Karar Desteği: Harita mühendisleri, CBS tabanlı analizlerle şehir planlamacıları, mimarlar ve diğer karar vericilere somut ve doğru bilgiler sunar.

Bu entegrasyon, sadece verilerin analizini kolaylaştırmakla kalmaz, aynı zamanda projelerin daha sürdürülebilir ve verimli bir şekilde ilerlemesine katkı sağlar.

Harita mühendisleri, 3B yapı modelleme projelerinin her aşamasında aktif bir rol oynayarak projelerin doğruluğunu, verimliliğini ve sürdürülebilirliğini sağlar. Veri toplama, analiz, doğrulama, görselleştirme ve veri tabanı entegrasyonu gibi süreçlerdeki uzmanlıkları, bu projelerin başarısını doğrudan etkiler. Özellikle şehir planlama, altyapı projeleri ve afet yönetimi gibi alanlarda, harita mühendislerinin katkıları hem karar alma süreçlerini destekler hem de projelerin uygulanabilirliğini artırır. Bu sebeple, 3B yapı modelleme projelerinde harita mühendisliği, vazgeçilmez bir disiplin olarak öne çıkar.

### 3. BULGULAR VE İRDELEMELER

3B yapı modelleri, modern şehirleşme sürecinde mülkiyet haklarının etkin yönetimine ve enerji verimliliği gibi sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasına önemli katkılar sunmaktadır. Özellikle bina çatılarına yerleştirilen güneş panellerinin 3B modellerle entegrasyonu, mekânsal verilerin CBS tabanlı sistemlerde yönetimini kolaylaştırmakta ve enerji üretim potansiyelinin daha doğru analiz edilmesine olanak tanımaktadır. Bu çalışmada, güneş panellerine ait 3B yapı modellerinin veri tabanına entegrasyonu incelenmiş, bu süreçte harita mühendislerinin üstlendiği roller detaylandırılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaşmasıyla birlikte, enerji üretim ve kullanım analizlerinin daha kapsamlı ve görselleştirilebilir hale gelmesi için CBS araçlarının kullanımının gerekli olduğu görülmektedir. Bu doğrultuda, güneş panellerinin çatılardaki konumlarının 3B yapı modeline entegre edilmesi; üretim potansiyelinin, enerji verimliliğinin ve sürdürülebilirlik hedeflerinin CBS destekli mekânsal analizlerle değerlendirilmesini sağlamaktadır.

3B yapı modelleri, mülkiyet haklarının daha doğru bir şekilde tanımlanması ve yönetilmesine olanak tanımaktadır. Geleneksel 2B haritalarla sınırlı olan tapu ve kadastro sistemleri, özellikle yüksek yoğunluklu kentleşme bölgelerinde kat mülkiyeti gibi karmaşık mülkiyet yapılarının doğru bir şekilde temsil edilmesinde yetersiz kalabilmektedir. 3B yapı modelleri, yapıların katmanlarını ve iç mekân düzenlerini hassas bir şekilde göstererek, tapu sicillerinin doğruluğunu artırmakta ve mülkiyet ihtilaflarını azaltmaktadır. Bu durum, özellikle karmaşık kentsel alanlarda mülkiyet haklarının korunmasında önemli bir avantaj sağlayarak mülkiyet haklarının yönetilmesinde yüksek hassasiyet sağlayacağı tespit edilmiştir.

3B yapı modellerinin enerji projeleriyle entegrasyonu, güneş enerjisi potansiyelinin daha doğru bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Bina çatılarına yerleştirilecek güneş panellerinin planlanmasında 3B modeller, çatı eğimleri, gölgelenme etkileri ve yönelimi gibi kritik faktörleri dikkate alarak daha hassas analizler yapılmasını sağlar. Örneğin, bir şehirdeki tüm binaların 3B modelleri üzerinden yapılacak analizlerle, güneş enerjisi sistemlerinin en verimli şekilde kurulabileceği bölgeler tespit edilebilir. Bu yöntem, enerji üretim kapasitesini artırırken maliyetleri düşürmektedir. Böylece Güneş

enerji potansiyelinin değerlendirilmesi gerek maliyet gerek enerji üretimi ve kullanılmasının analiz edilmesi ve sürekliliği sağlanmasında ciddi önem taşıdığı sonucuna varılmıştır.

CBS ile 3B yapı modellerinin entegrasyonu, mekânsal verilerin merkezi bir sistemde etkin bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır. CBS tabanlı sistemler, güneş paneli kurulum alanlarının analizi gibi projelerde, 3B modellerden elde edilen verileri kullanarak hızlı ve doğru analizler yapılmasına imkân tanır. Örneğin, bina çatılarının yönelimine ve eğimine dayalı olarak güneş enerjisi potansiyelini haritalamak, şehir genelinde sürdürülebilir enerji planlamasının temelini oluşturmakta olup CBS tabanlı sistemlerle entegrasyon ve veri yönetimini kolaylaştırmıştır.

3B yapı modelleri, sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesinde önemli bir araç olarak öne çıkmaktadır. Güneş panellerinin yerleştirileceği alanların optimize edilmesi, enerji verimliliğini artırmanın yanı sıra karbon emisyonlarının azaltılmasına da katkı sağlamaktadır. Ayrıca, 3B modeller sayesinde enerji projelerinin kentsel dokuyla uyumlu bir şekilde planlanması mümkün olmakta, böylece şehirlerin enerji verimliliği ve çevre dostu projeler açısından daha sürdürülebilir hale gelmesi sağlanmaktadır.

3B yapı modelleri, güneş enerjisi projelerinde mekânsal analizlerin doğruluğunu artırmaktadır. Özellikle binalar arasında meydana gelen gölgelenme etkisi, geleneksel yöntemlerle tam olarak öngörülemeyenken, 3B modeller sayesinde bu etkiler detaylı bir şekilde analiz edilebilmektedir. Bu durum, güneş panellerinin yerleştirileceği alanların daha verimli şekilde planlanmasını sağlamakta ve enerji üretim potansiyelini artırmakta olup mekânsal analizlerde daha yüksek doğruluk elde edilmesine katkı sağlayacağı öngörülmüştür.

3B yapı modellerinin güneş enerjisi projelerinde etkin bir şekilde kullanılması, şehirlerin enerji maliyetlerini azaltmakta ve yenilenebilir enerji kullanımını teşvik etmektedir. Aynı zamanda, bu modellerin sunduğu mekânsal doğruluk, gereksiz enerji harcamalarının önüne geçerek çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır. Özellikle büyük ölçekli kentsel projelerde, bu kazanımlar hem kamu hem de özel sektör açısından önemli bir yatırım faydası yaratmaktadır. Sonuç olarak, mevcut 3B yapı modellerinde güneş panellerine ait konumsal bilgilerin eksik olduğu tespit edilmiş ve gelecekte bu eksikliği gidermek için yenilikçi yaklaşımların benimsenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Ülkemizde TKGM'nin çalışmalarına 2020 yılında başladığı ve 2025 yılı itibariyle bütün illerde zorunlu hale getirdiği bu uygulama sadece 3B yapı modellerini kapsamakta olup bina çatıları üzerindeki ruhsatlı güneş panellerini kapsamamaktadır. Hâlbuki yenilenebilir enerji kaynaklarının hayatımızdaki rolü ve önemi göz önüne alındığında

ruhsatlı güneş panellerinin 3B yapı modelin işlenmesinin zorunlu hale getirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Elde edilen bulgular doğrultusunda 3B yapı modellerinin mülkiyet yönetimi, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşılmasında nasıl kritik bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, bu modellerin CBS ile entegrasyonu sayesinde mekânsal analizlerde sağlanan hassasiyet, enerji projelerinin daha etkili bir şekilde planlanmasını mümkün kılmakta ve harita mühendisliği, sürdürülebilir şehirleşme hedeflerine ulaşmada önemli bir role sahiptir.



#### 4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

CBS, mekânsal verilerin yönetimi, analizi ve görselleştirilmesi için modern mühendislik ve planlama projelerinde vazgeçilmez bir araçtır. CBS'nin en büyük avantajlarından biri, farklı veri kaynaklarını bir araya getirerek kullanıcıların çok katmanlı analizler yapmasını sağlamasıdır. Örneğin, mülkiyet sınırlarının, altyapı verilerinin ve çevresel parametrelerin aynı platformda birleştirilmesi, şehir planlama ve altyapı yönetimi gibi disiplinler için büyük kolaylık sağlar. Ayrıca, CBS tabanlı analizler, arazi uygunluk analizlerinden trafik yoğunluğu haritalarına kadar geniş bir uygulama yelpazesinde doğru ve etkili sonuçlar sunar. Görselleştirme yetenekleri sayesinde, mekânsal veriler kullanıcı dostu bir biçimde sunulabilir ve karar destek süreçleri daha verimli hale gelir.

CBS'nin sunduğu bir diğer önemli avantaj, mekânsal analizlerin hızla yapılabilmesi ve büyük veri setlerinin yönetilmesidir. Örneğin, afet yönetiminde sel veya deprem gibi doğal olayların risk haritalarının hızlı bir şekilde oluşturulması ve tahliye güzergâhlarının planlanması mümkündür. Ayrıca, yenilenebilir enerji projelerinde, güneş ışınımı analizleri veya rüzgâr potansiyeli değerlendirmeleri gibi karmaşık mekânsal hesaplamalar, CBS'nin analiz yetenekleri ile kolayca gerçekleştirilebilir. Bu sistemler, altyapı projelerinde boru hatları, enerji iletim hatları ve kanalizasyon sistemlerinin optimizasyonu için de kullanılmaktadır.

Bununla birlikte, CBS'nin bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Öncelikle, CBS projelerinde kullanılan yazılımlar ve donanımlar genellikle yüksek maliyetlidir ve bu durum, özellikle küçük ölçekli projelerde uygulanabilirliği kısıtlayabilir. Ayrıca, CBS yazılımlarının etkin bir şekilde kullanılması, belirli bir düzeyde teknik bilgi ve uzmanlık gerektirir. Bu durum, teknik altyapı eksikliği olan bölgelerde CBS'nin kullanımını zorlaştırabilir. CBS'nin bir diğer sınırlılığı, farklı veri formatlarının uyumsuzluğu nedeniyle entegrasyon süreçlerinde yaşanan zorluklardır. Farklı yazılımların veya veri kaynaklarının bir araya getirilmesi, zaman alıcı olabilir ve sonuçların doğruluğunu etkileyebilir. Ayrıca, CBS'nin başarısı, kullanılan verilerin doğruluğuna ve güncelliğine bağlıdır. Eksik veya hatalı veriler, analizlerin sonuçlarını olumsuz etkileyebilir ve yanlış kararlar alınmasına yol açabilir.

CBS ile 3B sayısal yapı modellerinin entegrasyonu, modern mühendislik projelerinde etkili sonuçlar sunar. CBS, mekânsal verilerin yönetimi ve analizi için güçlü bir altyapı sağlarken, 3B modeller bu verilerin görselleştirilmesi ve detaylandırılması açısından

büyük bir avantaj sunar. Örneğin, kentsel dönüşüm projelerinde mülkiyet sınırlarının, bina yüksekliklerinin ve arazi kullanım verilerinin aynı platformda görselleştirilmesi, planlama süreçlerini hızlandırır. Ayrıca, enerji verimliliği analizlerinde, güneş panellerinin yerleşim planları ve performanslarının 3B modeller üzerinden değerlendirilmesi mümkün hale gelir.

Ancak, bu iki sistemin birlikte kullanımı bazı zorlukları da beraberinde getirir. 3B modellerin veri yoğunluğu, CBS platformlarında işlem süresini ve veri depolama kapasitesini zorlayabilir. Ayrıca, farklı yazılımlar arasındaki veri uyumluluğu sorunları, projelerin entegrasyon sürecini karmaşık hale getirebilir. Teknik bilgi eksikliği ve maliyet faktörleri de bu sistemlerin küçük ölçekli projelerde kullanımını sınırlayabilir. Bununla birlikte, CBS'nin güçlü analiz yetenekleri ve 3B modellerin görselleştirme kabiliyetleri bir araya getirildiğinde, bu teknolojilerin modern mühendislik projelerindeki potansiyeli büyük ölçüde artmaktadır.

Güneş panellerinin 3B yapı modellerine işlenmesi, şehir planlaması ve enerji yönetimi açısından önemli katkılar sağlar. Öncelikle bu entegrasyon, güneş panellerinin binalar üzerindeki konumunu, eğimini ve yüzey alanını hassas bir şekilde modelleyerek, panellerin güneş ışınımından ne kadar verimli enerji üreteceğinin hesaplanmasına olanak tanır. Ayrıca 3B modeller, şehir genelinde yenilenebilir enerji kullanımını izlemek ve optimize etmek için detaylı analizler yapılmasına imkân verir. Güneş panellerinin konumlandırılması ve performans analizleri, sürdürülebilir şehir çözümleri geliştirilmesine ve karbon ayak izinin azaltılmasına katkıda bulunur. Böylece bu modeller, hem bireysel binaların enerji verimliliğini artırmak hem de şehir ölçeğinde yenilenebilir enerji kullanımını stratejik olarak planlamak açısından kritik rol oynar.

Sonuç CBS ve 3B yapı modellerinin birlikte kullanımı, modern harita mühendisliği ve şehir planlama projelerinde güçlü bir çözüm sunar. CBS'nin çok katmanlı analiz yetenekleri ve 3B modellerin detaylı görselleştirme kapasitesi, mekânsal verilerin etkili bir şekilde yönetilmesini ve analiz edilmesini sağlar. Ancak, bu teknolojilerin tam potansiyelinden yararlanabilmek için veri uyumluluğu, maliyet ve teknik bilgi eksikliği gibi sınırlılıkların üstesinden gelinmesi gereklidir. Harita mühendisleri, bu sistemleri entegre ederek, mekânsal problemlere daha sürdürülebilir ve yenilikçi çözümler sunabilir. Ayrıca konut amaçlı kullanılan binaların çatılarındaki güneş panellerinin tescile tabi olmasının birkaç önemli nedeni bulunmaktadır. İlk olarak, güneş panelleri enerji üretimini sağlayan sistemlerdir ve bu üretimin doğru şekilde kaydedilmesi ve yönetilmesi için yerel yönetimlerin ve enerji şirketlerinin düzenleme yapması gerekebilir. Ayrıca, çatılara

kurulacak güneş panelleri inşaat izinleri gerektiren bir süreçtir ve bu süreçte yerel yönetimlerin denetimi önemli olabilir. Tescil, bu tür izinlerin alınmasını ve yasal uyumun sağlanmasını kolaylaştırır. Bunun yanı sıra, tescil işlemi güneş enerjisi üretim verilerinin toplanmasına olanak tanır, bu veriler enerji verimliliği, tasarrufu ve çevresel etki gibi konularda analiz yapılmasını sağlar. Ayrıca, birçok ülkede yenilenebilir enerji yatırımlarına teşvikler ve destekler sunulmaktadır ve tescil, bu tür desteklerden faydalanabilmek için gereklidir. Son olarak, güneş panellerinin kurulumu sigorta gereksinimlerini etkileyebilir ve tescil, bu sigorta anlaşmaları ve sorumluluklar açısından önemlidir. Bu nedenlerle, tescil işlemi güneş panellerinin düzenli, güvenli ve verimli bir şekilde kurulabilmesi, enerji üretiminin izlenmesi ve yasal sorumlulukların yerine getirilmesi için oldukça gereklidir. Bu sebeple bina çatıları üzerine kurulan güneş enerji sistemleri ruhsata tabi iken tescile konu değildir ve tescile konu olması gerektiği bu çalışma kapsamında öngörülüp önerilmektedir.

Bu çalışmanın yaygın etkisi olarak 3B yapı modelleri ve güneş enerji panellerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile entegrasyonu, binaların enerji sertifikasyonu sürecinde kapsamlı bir veri altyapısı sunarak enerji performanslarının doğru ve etkin bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Yeşil bina dönüşümüne yönelik oluşturulacak alt envanter, bina bazlı enerji verilerinin kayıt altına alınmasını kolaylaştırarak, enerji kimlik belgelerinin CBS tabanlı veri tabanlarıyla bütünleştirilmesine olanak tanır. Bu süreçte, bina çatılarında bulunan güneş panellerinin sayısının güncellenmesi, verimlilik analizlerinin yapılması, gölgeleme etkilerinin değerlendirilmesi ve enerji üretim kapasitelerinin sürekli izlenmesi gibi alternatiflerle sistemin daha dinamik hale getirilmesi mümkündür. Böylece, her binanın enerji tüketim özellikleri ve yenilenebilir enerji kullanımı konumsal olarak analiz edilebilir. Ayrıca bina çatılarına entegre edilen güneş panellerine ait konum ve kapasite verileri güncellenerek enerji arz-talep dengesi optimize edilebilir. Tüm bu çalışmalar, akıllı şehir planlamalarında konumsal bilgi altlığı oluşturulmasını sağlayarak sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada veriye dayalı ve bilinçli karar mekanizmalarının geliştirilmesine katkıda bulunur.

Harita mühendisliği bu süreçte binaların 3B yapı modellerinin oluşturulması, konumsal verilerin doğru şekilde işlenmesi ve mekânsal veri tabanına entegrasyonun da yer almakta olup harita mühendisliği teknikleriyle gerçekleştirilir. Güneş panellerinin çatı üzerindeki konumları belirlenirken coğrafi koordinatların hassas bir şekilde hesaplanması sağlanır. Ayrıca binaların enerji kimlik belgesi (EKB) ile ilişkilendirilmesi, çatı eğimi, yönü ve panel verimliliği gibi mekânsal analizler yapılarak enerji verimliliği hesaplamalarına

katkı sunulur. Tapu ve Kadastro Müdürlüğü verileriyle bina mülkiyet bilgilerinin entegrasyonu sağlanırken, yapı ruhsatı, iskân belgesi ve güneş paneli tesisat projeleri de mekânsal doğrulama süreçlerinden geçer. Harita mühendisliği, tüm bu aşamalarda konumsal veri altyapısını oluşturmak, analizleri yönetmek ve enerji verimliliğini artırmak adına kritik bir uzmanlık alanı olarak ön plana çıkar.

Bina çatılarına güneş panelleri sistemlerinin kurulumu aşamasında enerji firmalarında çalışan farklı mühendislik disiplinleri görev alırken, çatıdaki en uygun konumunun belirlenmesi sürecinde harita mühendisliğinin rolü olması gerektiği savunulmaktadır. Bu süreçte hem en uygun konum analizinde hem koordinat aplikasyonu ve ölçümü yapılırken harita mühendisliği teknikleri kullanılması gerektiği için daha fazla görev alması gerektiği vurgulanmaktadır. Bu tez çalışması çatılarda yer alan güneş panellerinin 3B yapı modellerine konumsal bazda entegrasyonu hakkında CBS tabanlı bir model geliştirilmesi ve bu bağlamda uygulamadaki eksiklikleri gidermek adına önem oluşturmaktadır.

## 5. KAYNAKÇA

- Acar, A., Sarı, A. C., & Taranto, Y. (2020). Binalarda çatı üstü güneş enerjisi potansiyeli - Türkiye’de çatı üstü güneş enerjisi sistemlerinin hayata geçmesi için finansman modelleri ve politikalar. SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi.
- Akkaya, D., Ceylan, E., Karahan, P. G., & Başaraner, M. (2011). Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Entegrasyonuna Yönelik 3B Modelleme Ve Görselleştirme Uygulaması. Tmmob Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi. Antalya.
- Aksoy, E., & Yılmaz , Z. (2021). PostgreSQL’in Modern Veritabanı Uygulamalarındaki Rolü. Bilişim ve Teknoloji Dergisi, 9(4), 65-73.
- Altay, Ö. (2007). Kent Bilgi Sistemi, Türkiye’de Ki Uygulamalar Ve Kayseri Örneği. Konya.
- Ankara Üniversitesi. (2020). Veritabanı ve Yönetim Sistemleri : <https://acikders.ankara.edu.tr> adresinden alındı
- Atmaca, M., Yusufoglu, G., & Kurtuluş, A. (2014). Güneş Enerjili Sulamanın Tarım Sektöründe Uygulaması. BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 3(2), 142-153.
- Aydın , M., & Kaya , F. (2020). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde CityGML Standardı ve Kullanım Alanları. Türkiye Coğrafya Dergisi, 5(2), 101-109.
- Aydın, M., & Şahin, T. (2020). SQL Server'ın Mekansal Veri Özellikleri. Kurumsal Bilişim Dergisi, 4(2), 45-53.
- Babu, G. R. (2017). Geospatial Data Management: Principles and Practices. Springer.
- Batty, M. (2018). Digital twins. Sage Journals.
- Biljecki, F., Ledoux , H., & Stoter, J. (2016). Applications of 3D City Models: State of the Art Review. The usability of BIM and GIS integration for 3D urban planning. Cities.
- Bolstad, P. (2019). GIS Fundamentals: A First Text on Geographic Information Systems (6th ed.). XanEdu Publishing.
- Bulut, G. (2008). Kent Bilgi Sistemi Tasarımı Ve Uygulaması: Kozlu Örneği. Zonguldak.
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press.
- Cengiz, A. E., Cabuk, A., & Aytekin, O. (2016). Yapım Yönetiminde CBS ve BBM Entegrasyonu Üzerine Bir Araştırma. 4. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi. Eskişehir.
- Chang, K. T. (2016). Introduction to Geographic Information Systems (8th ed.). McGraw-Hill Education.

- Connolly , T., & Begg , C. (2015). Database Systems: A Practical Approach to Design, Implementation, and Management. Pearson Education.
- Çelik, E., & Özkan, M. (2019). Kentsel Dönüşümde 3B Modelleme Uygulamaları. Planlama ve Proje Dergisi, 5(3), 42-56.
- Çelik, H., & Karataş, B. (2021). Elasticsearch ve Büyük Veri Yönetimi. Teknoloji ve Veri Bilimi Dergisi, 6(4), 12-22.
- Çoruhlu , Y., İnan, H., Yılmaz, H., & Demir, O. (2015). Geographic Data Model Of Foundation Immovable. Sigma Journal Engineering And Natural Sciences.
- Dalcalı, A., Yaylacı, E. K., & Delihasanlar, E. (2019). Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi Potansiyeli, Mevcut Durumu, Teşvikleri, Kurulum Maliyeti Analizi-Karabük İli Örneği. Electronic Letters on Science and Engineering, 15(1), 12-20.
- Date , C. J. (2004). An Introduction to Database Systems (8th ed.). Addison-Wesley.
- Demir, T., & Çetin, F. (2020). 3 Boyutlu Modelleme ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Şehircilik Uygulamaları. Dergipark Akademik Platform, 6(4), 123-145.
- Demirci , A., & Özkan , A. (2019). Şehir Planlamasında CBS ve 3B Modelleme Kullanımı. Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi, 7(2), 89-98.
- Demirci, A. (2007). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Yüksek Öğretim Coğrafya Eğitimi İle Entegrasyonu: Başarılı Uygulamalar İçin Bir Yol Haritası. Marmara Coğrafya Dergisi.
- Demirci, T., & Özkan, F. (2020). Oracle Spatial ve Adres Yönetimi. Veri Yönetimi Araştırmaları Dergisi, 7(1), 56-67.
- Doan, A., & Halevy, A. Y. (2011). Principles of data integration. Morgan Kaufmann.
- Donkers, S., Ledoux, H., & Stoter, J. (2016). Extruding buildings in CityGML for 3D analyses. International Journal of Geographical Information Science.
- Dursun, İ. (2022). Akıllı Şehirler İçin 3 Boyutlu Veri Modellerinin Oluşturulması ve Yapı Bilgi Modellerine Entegrasyonu: Köyceğiz Kampüs. Konya.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. BIM Handbook.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Wiley.
- Elmas, Ç. (2016). Veritabanı Yönetim Sistemleri ve Uygulamaları. Seçkin Yayıncılık.

- Emem , O., Batuk , F., & Ayazlı, İ. (2008). UKVA Kapsamında UVDF-GML Tasarımı. HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi. Emem, O., Batuk, F. ve Ayazlı, İ. E., 2008. UKVA Kapsamında UVDF-GML Tasarımı, 2, 99. adresinden alındı
- Erdem, S. (2020). 3B Kadastro ve Mekânsal Yönetim Sistemleri. Harita Bilimleri Dergisi, 12(1), 15-28.
- Erdoğan , A., Görken , M., & Coşkun, T. (2024). İHA Verileri ile CBS Tabanlı 3B Kent Modeli Örneği; Şefaatli Yeni Mahalle. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi.
- Ergin , S., & Kaya , A. (2019). Açık Kaynak GIS Sistemlerinde PostgreSQL ve PostGIS Kullanımı. Coğrafi Bilgi Teknolojileri Dergisi, 6(2), 89-95.
- Gün, F. (2023). Akıllı Şehirlerde CBS Yardımıyla Kentsel Dönüşüm Alanlarının Analizi. Çanakkale.
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. GeoJournal.
- Goodrich, A., James, T., & Woodhouse, M. (2012). Residential, commercial, and utility-scale photovoltaic (PV) system prices in the United States: Current drivers and cost reduction opportunities. National Renewable Energy Laboratory (NREL).
- Hamal, S. G., & Ulvi, A. (2022). 3B Kent Modelleri oluşturma sürecinde İHA fotogrametrisi ve CBS entegrasyonu: Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Kampüsü Örneği. Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi.
- Hamurcu Ulubaş, A. (2023). Akıllı Şehirler ve Sürdürülebilir Kentsel Dönüşüm. Çevre Şehir Ve İklim Dergisi, 2(4), 70-95.
- Heywood, I., Cornelius, S., & Carver, S. (2011). An Introduction to Geographical Information Systems (4th ed.). Pearson Education Limited.
- Jayawardena , S., Liu, C. H., & Perera , C. (2020). The Role of IoT in Enabling Smart City Energy Solutions. Renewable Energy Reviews, 34(5), 1234-1245.
- Kantarcioglu, M., & Clifton, C. (2004). Privacy-preserving distributed data mining of association rules on horizontally partitioned data . IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 16(9), 1026-1037.
- Kapluhan, E. (2014). Coğrafi bilgi sistemleri nin (cbs) coğrafya öğretiminde kullanımının önemi ve gerekliliği. . Marmara Coğrafya Dergisi, 34-59.
- Karaman, T., & Doğan , F. (2022). Deprem Risk Analizlerinde 3B Modellerin Kullanımı . Afet Yönetimi ve Planlama Araştırmaları Dergisi, 8(4), 67-79.

- Karataş , B., & Çelik , H. (2019). Veritabanı Sistemlerinde Performans ve Maliyet Karşılaştırması. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(3), 45-52.
- Karataş , S., & Yıldırım , A. (2018). Farklı Formatlarda 3B Modellerin İncelenmesi ve Kullanım Alanları. *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(3), 45-52.
- Katı, B. E., & Küçüksille, E. U. (2018). Oracle ve MS SQL Server veri tabanları için veri tabanı yönetim sistemleri güvenlik kontrol ilkelerinin takip edilmesi ve uygulanması. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*.
- Kaya, A., & Yılmaz, H. (2019). PostGIS ile Mekansal Veri Yönetimi. *Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 5(2), 89-98.
- Kensek , K. M. (2014). *Building Information Modeling: BIM in Current and Future Practice*. John Wiley & Sons.
- Koç, S., & Ergin, A. (2021). Mekansal Veri Uygulamalarında MySQL ve PostGIS Karşılaştırması. *Bilişim ve Teknoloji Dergisi*, 9(3), 23-34.
- Kolbe, T. H. (2009). Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML. In Lee, J., & Zlatanova, S. (Eds.), *3D Geo-Information Sciences* (pp. 15–31). Springer.
- Kolbe, T., Gröger, G., & Plümer, L. (2005). CityGML–Interoperable access to 3D city models. *International symposium on geoinformation for disaster management*.
- Korkmaz , Ö., & Başaraner, M. (2023). Yapı Bilgi Modellemesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Entegrasyonu için IFC'den CityGML ve CityJSON Veri Formatlarına Dönüşümün İncelenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences Open Access*.
- Korkmaz, H., & Yıldırım, A. (2021). Akıllı Şehir Uygulamaları İçin 3B Sayısal Modelleme . *Akıllı Şehirler ve Gelecek Teknolojiler Konferansı Bildirileri*, 2(1), 123-134.
- Lassila , O., Hendler, J., & Berners-Lee , T. (2001). The semantic web. *Scientific American*, 284(5), 28-37.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic Information Systems and Science* (4th ed.). Wiley.
- Marz, N., & Warren, J. (2015). *Big data: Principles and best practices of scalable real-time data systems*. Manning Publications.
- Navathe , S. B., & Elmasri , R. (2020). *Fundamentals of database systems*. Pearson.
- Osmani, M., Liu , Y., & Liu, Z. (2024). Integration of Smart Cities and Building Information Modeling (BIM) for a Sustainability Oriented Business Model to Address Sustainable Development Goals. *Buildings*.

- Özkan , A., & Demirci, A. (2019). Şehir Planlamasında CBS ve 3B Modelleme Kullanımı. *Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 7(2), 89-98.
- Öztürk , H., & Koç , F. (2020). Akıllı Şehirlerde CityGML'nin Rolü ve Geleceği. *Türkiye CBS Dergisi*, 8(1), 12-19.
- Öztürk, S., & Atmaca , H. E. (2017). İlişkisel ve ilişkisel olmayan (NoSQL) veri tabanı sistemleri mimari performansının yönetim bilişim sistemleri kapsamında incelenmesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*.
- Parida, B., Iniyan, S., & Goic, R. (2011). A review of solar photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1625-1636.
- Plümer, , L., & Gröger, G. (2012). CityGML–Interoperable semantic 3D city models . *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* .
- Plümer, L., Gröger , G., & Kolbe, T. (2005). CityGML–Interoperable access to 3D city models. *International Symposium on Geoinformation for Disaster Management*.
- Ramakrishnan , R., & Gehrke, J. (2003). *Database Management Systems* (3rd ed.). McGraw-Hill.
- Razykov, T. M., Ferekides, C. S., Morel, D., Stefanakos, E., Ullal, H. S., & Upadhyaya, H. M. (2011). Solar photovoltaic electricity: Current status and future prospects. *Solar Energy*, 85(8), 1580-1608.
- Sampaio, A. (2017). BIM as a Computer-Aided Design Methodology in Civil Engineering. *Journal of Software Engineering and Applications*.
- Shojaei, D., Rajabifard, A., Kalantari, M., Bishop, I. D., & Aien, A. (2015). 3D Cadastral Visualization Using CityGML: A Case Study in Australia. *International Journal of Digital Earth*.
- Stonebraker, M., & Hellerstein, J. M. (2005). What goes around comes around. *Readings in Database Systems*.
- Şahin, M. (2020). Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemleri ve 3B Modeller. *Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 6(2), 75-89.
- Şahin, T., & Aydın, F. (2020). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Oracle Spatial ve Uygulamaları. *CBS Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 78-85.
- Şeker, C. (2020). BIM & GIS Entegrasyonu İle Kentsel Verinin Erken Mimari Tasarımda Kullanımı. *Yapı Bilgi Modelleme*.
- Tomlinson , R. (2007). *Thinking About GIS: Geographic Information System Planning for Managers* (3rd ed.). ESRI Press.

- Toprak, A., & Yılmaz, H. (2016). Mimarlıkta 3B Modelleme ve Görselleştirme Teknikleri . Mimarlık Dergisi, 23 (4), 45-52.
- Turgut, H., & Akın, G. (2020). 3B Modelleme ile Kent Mekânsal Planlama Süreçleri. Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8(2), 45-62.
- Uçar, Z., & Demir, T. (2018). Şehir Yönetiminde 3B Modellerin Kullanımı ve CityGML Yaklaşımı. Coğrafya Bilimleri Araştırma Dergisi, 9(3), 65-74.
- URL-1. (2024). [https://www.ab.gov.tr/avrupa-birligi-konseyi-ve-avrupa-parlamentosu-ab-yenilenebilir-enerji-direktifinin-guncellenmesi-calismalarinda-gecici-u\\_53442.html?utm](https://www.ab.gov.tr/avrupa-birligi-konseyi-ve-avrupa-parlamentosu-ab-yenilenebilir-enerji-direktifinin-guncellenmesi-calismalarinda-gecici-u_53442.html?utm) adresinden alındı
- URL-2. (2020). Veritabanı Yönetim Sistemleri Ders Notları: <https://ilhanuysal.com> adresinden alındı
- URL-3. (2008). Hacettepe Üniversitesi: <https://yunus.hacettepe.edu.tr> adresinden alındı
- URL-4. (2017). Veri Tabanı Yönetim Sistemleri: <https://www.academia.edu> adresinden alındı
- URL-5. (2020). Safe Software FME Overview: Feature Manipulation Engine: <https://www.safe.com> adresinden alındı
- URL-6. (2023a). Harita Genel Müdürlüğü Dergisi, Harita Genel Müdürlüğü Yeni teknolojik gelişmelerin coğrafi bilgi sistemlerine etkisi: <https://www.harita.gov.tr/images/dergi/makaleler/9d90586b38219ba.pdf> adresinden alındı
- URL-7. (2023b). Harita Genel Müdürlüğü, İnternet tabanlı coğrafi bilgi sistemleri ile kartografik üretimin kontrol ve yönetimi: <https://www.harita.gov.tr/uploads/files/articles/internet-tabanli-cbs-ile-kartografik-uretimin-kontrol-ve-yonettimi-1045.pdf> adresinden alındı
- URL-8. (2023). Esri ArcGIS: <https://www.esri.com/en-us/arcgis> adresinden alındı
- URL-9. (2023). QGIS Development Team: <https://qgis.org> adresinden alındı
- URL-10. (2023). GRASS Development Team: <https://grass.osgeo.org> adresinden alındı
- URL-11. (2023). Autodesk AutoCAD Map 3D.: <https://www.autodesk.com/products/autocad-map-3d> adresinden alındı
- URL-12. (2023). Pitney Bowes MapInfo Pro.: <https://www.pitneybowes.com/us/software/data-management/mapinfo-pro.html> adresinden alındı
- URL-13. (2023). Hexagon Geospatial Erdas Imagine: <https://www.hexagongeospatial.com/products/erdas-imagine> adresinden alındı

- URL-14. (2023). Blue Marble Geographics Global Mapper: <https://www.blumapblegeo.com/global-mapper> adresinden alındı
- URL-15. (2023). SAGA Development Team SAGA GIS: <http://www.saga-gis.org> adresinden alındı
- URL-16. (2023). Google Earth Pro: <https://www.google.com/earth/> adresinden alındı
- URL-17. (2024). PostGIS Development Team: <https://postgis.net> adresinden alındı
- URL-18. (2024). <https://www.tkgm.gov.tr/projeler/3-boyutlu-kent-modelleri-ve-kadastro-projesi/> adresinden alındı
- URL-19. (2012). Open Geospatial Consortium (OGC) CityGML Encoding Standard: <https://www.ogc.org/standards/citygml> adresinden alındı
- URL-20. (2021). Günaydın Harita 3 Boyutlu Sayısal Yapı Modeli (3B SYM): <https://gunaydinharita.com/3b-sayisal-yapi-modeli/> adresinden alındı
- URL-21. (2022). United Nations 3D City Models for Urban Resilience and Sustainability: <https://unhabitat.org/3d-city-models-for-urban-resilience> adresinden alındı
- URL-22. (2021). Industry Foundation Classes (IFC) Documentation: [buildingsmart.org](http://buildingsmart.org) adresinden alındı
- URL-23. (2002). LandXML Schema: [landxml.org](http://landxml.org) adresinden alındı
- URL-24. (2015). OGC, Keyhole Markup Language (KML): [opengeospatial.org](http://opengeospatial.org) adresinden alındı
- URL-25. (2023). 3B Kent Modeli LOD Seviyeleri: <https://cbsakademi.ibb.istanbul/public/akademi/3b-kent-modeli-lod-seviyeleri> adresinden alındı
- URL-26. (2020). Trabzon İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, Trabzon Coğrafyası: <https://trabzon.ktb.gov.tr/TR-212975/cografyasi.html> adresinden alındı
- URL-27. (2024). Netcad Veri Formatları: <https://wiki.netcad.com.tr/pages/viewpage.action?pageId=217391618> adresinden alındı
- URL-28. (2022). Esri Türkiye CBS ve BIM Entegrasyonunun Faydaları: [https://blog.esri.com.tr/cbs-ve-bim-entegrasyonunun-faydolari/?utm\\_source=chatgpt.com](https://blog.esri.com.tr/cbs-ve-bim-entegrasyonunun-faydolari/?utm_source=chatgpt.com) adresinden alındı
- Uğurlu, T., & Arslan, B. (2020). Tapu ve Kadastroda Dijitalleşme ve 3B Modellerin Önemi. Kamu Yönetimi ve Teknoloji Araştırmaları Dergisi, 10(3), 98-112.

- Ünsal, Ö., & Avcı, S. (2023). Akıllı Şehir Tartışmaları Üzerine Bir Değerlendirme ve Türkiye. Gümüş Mavi Atlas, 11 (1): 87-104.
- Yavuz, M., & Kaya, D. (2021). Harita ve Kadastro Sistemlerinde 3B Model Kullanımı. Mekânsal Veri Analizleri Dergisi, 9(1), 30-45.
- Yıldırım, M., & Özkan , E. (2021). Oracle Spatial ve PostGIS Karşılaştırmalı İncelemesi. Veri Yönetimi Araştırmaları, 5(1), 23-30.
- Yıldız, N., & Aksoy, E. (2021). MongoDB'nin Geospatial Query Desteği. Veri Bilimi Araştırmaları, 8(1), 67-78.
- Yıldız, S., & Çelik, H. (2017). 3B Modelleme Tekniklerinin İnşaat Projelerindeki Yeri. Mimarlık ve Mühendislik Dergisi, 4(1), 25-31.
- Yomralıoğlu, T. (2000). Coğrafi Bilgi Sistemleri / Temel Kavramlar ve Uygulamalar.
- Yomralıoğlu, T. (2. Baskı). Coğrafi Bilgi Sistemleri Temel Kavramlar ve Uygulamalar. . Akademi Kitabevi.
- Yomralıoğlu, T. (2013). Kentsel dönüşümde kentsel coğrafi bilgi sistemleri . Standart Dergisi.
- Yücel, M., & Selçuk, M. (2009). 2009, Üç Boyutlu Kent Modellerinde Ayrıntı Düzeyi (LoD) Kavramı, 2009/2 Sayı 101. Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi.
- Zlatanova, S., Peters, R., & Green, B. (2016). 3D Spatial Data Infrastructure: Towards a Foundation for Sustainable Urban Development. Springer. içinde

## ÖZGEÇMİŞ

Ece FİŞ, ilk öğrenimini İskenderpaşa İlköğretim Okulu'nda, Lise öğrenimini de Gazi Anadolu Lisesi'nde başlayıp Özel İlke Birey Okullarında tamamladı. 2017 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü'nü kazandı. 4 yıllık lisans eğitimini 2021 yılında tamamladı. 2022 yılında yine Karadeniz Teknik Üniversite'si Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2023 yılı aralık ayından itibaren Harita Mühendisi olarak özel sektörde çalışmakta. 2024 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Taşınmaz Değerleme ve Geliştirme Tezsiz Yüksek Lisansına başlamış ve eğitimine devam etmekte.