

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**YAPI BİLGİ SİSTEMİNİN (YBS) TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE  
VERİMLİLİĞE ETKİSİ: SİMÜLASYON ÇÖZÜMLERİ**

**Hasan KOYUN**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ARALIK 2017**

**ANTALYA**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**YAPI BİLGİ SİSTEMİNİN (YBS) TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE  
VERİMLİLİĞE ETKİSİ: SİMÜLASYON ÇÖZÜMLERİ**

**Hasan KOYUN**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ARALIK 2017**

**ANTALYA**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPI BİLGİ SİSTEMİNİN (YBS) TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE**  
**VERİMLİLİĞE ETKİSİ: SİMÜLASYON ÇÖZÜMLERİ**

**Hasan KOYUN**  
**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bu tez Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje birimi (BAP) tarafından**  
**FYL-2017-2519 no'lu proje ile desteklenmiştir.**

**ARALIK 2017**

**T.C.**  
**AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YAPI BİLGİ SİSTEMİNİN (YBS) TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE**  
**VERİMLİLİĞE ETKİSİ: SİMÜLASYON ÇÖZÜMLERİ**

**Hasan KOYUN**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez 18/12/2017 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Aynur KAZAZ (Danışman)

Doç. Dr. Niyazi Uğur KOÇKAL

Doç. Dr. Serdar ULUBEYLİ

## ÖZET

### YAPI BİLGİ SİSTEMİNİN (YBS) TÜRK İNŞAAT SEKTÖRÜNDE VERİMLİLİĞE ETKİSİ: SİMÜLASYON ÇÖZÜMLERİ

Hasan KOYUN

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aynur KAZAZ

Aralık 2017; 90 Sayfa

YBS, (Yapı Bilgi Sistemi /Building Information Modeling) yaşam döngüsü boyunca bir yapı veya tesisin kendisine ve/veya projesine ait birbiriyle ilişkili bilgilerin oluşturulması ve faydaya dönüştürülmesi sürecidir. Farklı disiplinlerle ortak çalışma alanı olan inşaat sektörü anlık dikkatsizliklerin, çok büyük ve geri dönülemez sorunlara sebep olabileceği, yapılan küçük hataların büyük tehditlere ve maddi, manevi zararlara neden olabileceği bir sektördür. Bu durum sürekli gelişim, sistem kontrolü ve yönetim işleyişi üzerindeki düzenlemeleri kaçınılmaz hale getirmektedir. Mimarlıkta ve mühendislikte alışılmış tasarım sistemlerinden başlayarak bugüne kadar üretilen teknolojik araç ve gereçler birçok imkânı da beraberinde getirmektedir. Bilgisayar destekli tasarım kavramının mimarlığa girmesiyle ortaya çıkan yeni olanaklar çoğu açıdan mevcut maddi ve manevi zarar koşullarını da değiştirmektedir.

Bu çalışmada, alışılmış bilgisayar tabanlı tasarım sistemlerinden Yapı Bilgi Sistemine (YBS) geçişte tasarım aşamasında ortaya çıkan zorluklar tespit edilecek ve çözüm önerilerinde bulunulacaktır. Belirlenen problemlerin çözümlerinin yine yapı bilgi sistemleri çerçevesinde bulunabileceği düşüncesinden yola çıkarak, gelecekteki süreçte de bu teknolojinin mimarlıkta ve inşaat endüstrisinin tamamında daha da yaygın olarak kullanılacağı söylenebilir. Bu nedenle bu çalışma; Yapı Bilgi sisteminin (YBS) uygulama aşamasında nasıl kullanılacağını ve nasıl kolaylıklar sağlayacağını açıklayacak ve bu durum bir simülasyon sistemi ile desteklenecektir. Ayrıca; Türk inşaat sektörü için bu boşluğu dolduracak olan bir çalışma olma niteliğini taşıyacaktır.

**ANAHTAR KELİMELE:** Bilgisayar Tabanlı Tasarım, Simülasyon, Türk İnşaat Sektörü, Yapı Bilgi Sistemi (YBS).

**JÜRİ:** Prof. Dr. Aynur KAZAZ

Doç. Dr. Niyazi Uğur KOÇKAL

Doç. Dr. Serdar ULUBEYLİ

## **ABSTRACT**

### **BUILDING INFORMATION MODELING'S (BIM) PRODUCTIVITY EFFECTS IN THE TURKISH CONSTRUCTION SECTOR: THE SIMULATION SOLUTIONS**

**Hasan KOYUN**

**MSc Thesis in Civil Engineering**

**Supervisor: Prof. Dr. Aynur KAZAZ**

**December 2017; 90 Pages**

BIM (Building Information Modeling) is the process of creating and utilizing interrelated information about a building or facility's own and / or throughout the project's life cycle. The construction sector, which is a common area of work with different disciplines, is a sector where momentary carelessness can cause huge and irreversible problems. Little mistakes can cause major threats including material and moral damages. Thereby making the regulations on continuous improvement, system control and management function inevitable. Starting with the usual design systems in architecture and engineering, the technological tools and equipment produced up to date offer many possibilities. New possibilities arising from the introduction of computer-aided design concept into architecture also change the existing material and moral damage conditions in many respects.

According to the study, the difficulties arising in the design phase in the transition from the conventional computer based design systems to the Building Information Modeling (BIM) was identified and solutions were suggested. It can be said that this technology will be used even more widely in architecture and construction industry in the future, considering that the solutions of the identified problems can also be found within the framework of Building Information Modeling (BIM). Therefore, this research explains how the Building Information Modeling (BIM) is used in the application phase and what kind of facilities it provides to us and this situation is supported by a simulation system. Also; this is the first research of its kind to fill this gap in the Turkish construction sector.

**KEYWORDS:** Computer Based Design, Simulation, Turkish Construction Sector, Building Information Modeling (BIM).

**COMMITTEE: Prof. Dr. Aynur KAZAZ**

**Assoc. Prof . Dr. Niyazi Uğur KOÇKAL**

**Assoc. Prof. Dr. Serdar ULUBEYLİ**

## ÖNSÖZ

Bu araştırma, inşaat sektörünün üretim süreçlerinde geleneksel bilgisayar destekli tasarım yöntemlerinden Yapı Bilgi Sistemine geçiş evresinde, temel tasarım aşamasında ortaya çıkan, uyum sürecinin ve tespit edilen eksikliklerin ortaya koyulması düşüncesi yazarı bu konuda araştırma yapmaya yöneltmiştir. Araştırma, Türk inşaat sektöründe çalışanlara ve akademik yönden çalışmalar yapan kişilere yardımcı bir çalışma olacaktır. İnşaat sektöründe çalışanlar için verimlilik artışını sağlama açısından yol gösterecek ve simülasyon sistemini ortaya koyacaktır.

Bu tez çalışmam sırasında, yüksek lisans tezimin şekillenmesinde, ilerlemesinde, desteği ve bilgisini hiçbir zaman esirgemeyen, iş hayatına hazırlanmamda çok büyük emeği olan, danışman hocam, saygı değer Prof. Dr. Aynur KAZAZ'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu çalışmanın her safhasında manevi katkılarını sunarak anlayış gösteren Aileme çok teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                |     |
|----------------------------------------------------------------|-----|
| ÖZET.....                                                      | i   |
| ABSTRACT.....                                                  | ii  |
| ÖNSÖZ.....                                                     | iii |
| İÇİNDEKİLER.....                                               | iv  |
| AKADEMİK BEYAN.....                                            | vi  |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                   | vii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ.....                                           | .ix |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....                                         | .xi |
| 1. GİRİŞ.....                                                  | 1   |
| 2. KAYNAK TARAMASI.....                                        | 3   |
| 2.1. Yapı Bilgi Sistemi (YBS).....                             | 3   |
| 2.1.1. Alışılmış ve kalıplaşmış yöntemlerden YBS'ye geçiş..... | 6   |
| 2.1.2. YBS gelişim evresi.....                                 | 7   |
| 2.1.3. YBS'nin özellikleri.....                                | 9   |
| 2.1.4. Veri standartları.....                                  | 13  |
| 2.1.4.1. IGES.....                                             | 14  |
| 2.1.4.2. STEP.....                                             | 14  |
| 2.1.5. İnşaat endüstrisinde veri standartları ve önemi.....    | 14  |
| 2.1.6. YBS'nin sağladığı kazanımlar.....                       | 16  |
| 2.1.7. YBS'nin geleceği ve niteliği.....                       | 18  |
| 2.1.8. YBS uygulama planında proje yönetimi teknikleri.....    | 19  |
| 2.1.8.1. Bütünleşik proje yönetimi.....                        | 19  |
| 2.1.8.2. Tasarla-inşa et proje yapımı.....                     | 19  |
| 2.1.8.3. Tasarım-ihale-inşa et.....                            | 19  |
| 2.1.9. YBS uygulama planı.....                                 | 19  |
| 2.2. Verimlilik.....                                           | 20  |
| 2.2.1. İnşaat verimliliğinin tanımı.....                       | 21  |
| 2.2.2. Türk inşaat sektöründe verimliliğinin önemi.....        | 23  |
| 2.2.3. Verimliliğe etki eden faktörler.....                    | 24  |
| 2.2.4. Verimlilik ölçme teknikleri.....                        | 25  |
| 2.2.5. Şantiyede verimliliğinin gelişimi.....                  | 27  |
| 2.3. Literatür Taraması.....                                   | 29  |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 3. MATERYAL VE METOT              | 33 |
| 3.1. Çalışmanın Amacı             | 33 |
| 3.2. Çalışmanın Önemi             | 33 |
| 3.3. Çalışmanın Konusu ve Kapsamı | 34 |
| 3.4. Çalışmanın Yöntemi           | 34 |
| 4. BULGULAR                       | 36 |
| 4.1. Mimari Plan                  | 36 |
| 4.2. Kesit Analizi                | 44 |
| 4.3. Isı Analizi                  | 47 |
| 4.4. Metraj Analizi               | 60 |
| 4.2.1. Mimari metraj analizi      | 61 |
| 4.2.2. Elektrik metraj analizi    | 66 |
| 4.2.3. Mekanik metraj analizi     | 68 |
| 4.2.4. Statik metraj analizi      | 68 |
| 4.5. Üç Boyut Analizi (3D)        | 69 |
| 5. TARTIŞMA                       | 81 |
| 6. SONUÇ                          | 83 |
| 7. KAYNAKLAR                      | 85 |
| ÖZGEÇMİŞ                          |    |

## AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Yapı Bilgi Sisteminin (YBS) Türk İnşaat Sektöründe Verimliliğe Etkisi: Simülasyon Çözümleri” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak bulunduğunu belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

18/12/2017

Hasan KOYUN



## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

|                |                                 |
|----------------|---------------------------------|
| AK             | : Arzulanan Kar                 |
| b              | : Birim satış fiyatı            |
| BBNStF         | : Başabaş Noktası Satış Fiyatı  |
| BBNStM         | : Başabaş Noktası Satış Miktarı |
| BDM            | : Birim Değişken Maliyet        |
| BStF           | : Birim Satış Fiyatı            |
| D              | : Birim değişken gider          |
| DG             | : Değişken gider                |
| DM             | : Değişken Maliyetler           |
| G              | : Gelir                         |
| GO             | : Güvenlik oranı                |
| GP             | : Güvenlik Payı                 |
| GStF           | : Gerekli Satış Fiyatı          |
| GStM           | : Gerekli Satış Miktarı         |
| K              | : Kar                           |
| kg             | : Kilogram                      |
| KO             | : Katkı Oranı                   |
| KP             | : Katkı Payı                    |
| m <sup>2</sup> | : Metrekare                     |
| m <sup>3</sup> | : Metreküp                      |
| OBKP           | : Ortalama Birim Katkı Payı     |
| SG             | : Sabit gider                   |
| SM             | : Sabit Maliyetler              |
| StF            | : Satış Fiyatı                  |
| StM            | : Satış Miktarı                 |
| TG             | : Toplam gider                  |
| TKP            | : Toplam Katkı Payı             |
| TStM           | : Toplam Satış Maliyeti         |
| TSM            | : Toplam Sabit Maliyet          |
| VR             | : Virtual Reality               |
| Q              | : Üretim miktarı                |
| %              | : Yüzde                         |

## **Kısaltmalar**

|        |                                                                       |
|--------|-----------------------------------------------------------------------|
| AGO    | : Ayarlanan İç Geri Dönüş Oranı                                       |
| ASHRAE | : American Society of Heating Refrigerating & air condition engineers |
| BBN    | : Başabaş Noktası                                                     |
| BCR    | : Fayda Maliyet Oranı                                                 |
| BND    | : Bugünkü Net Değer                                                   |
| CAD    | : Computer Aided Design                                               |
| CR     | : Sermayenin Geri Dönüşü                                              |
| EPA    | : Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı                     |
| ERMCO  | : Avrupa Hazır Beton Birliği                                          |
| EUAS   | : Doğrusal Yıllık Eşit Seriler                                        |
| GSMH   | : Gayri Safi Millî Hâsıla                                             |
| GSYİH  | : Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla                                           |
| IRR    | : İç Verimlilik Oranı                                                 |
| ISO    | : Uluslararası Standartlar Teşkilâtı                                  |
| İNTES  | : Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası                       |
| KYO    | : Kazanç Yatırım Oranı                                                |
| NATO   | : Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü                                    |
| NPV    | : Net Bugünkü Değer                                                   |
| PBP    | : Geri Ödeme Dönemi                                                   |
| THBB   | : Türkiye Hazır Beton Birliği                                         |
| TSEN   | : Türk Standartları Enstitüsü                                         |
| YBS    | : Yapı Bilgi Sistemi                                                  |
| YDM    | : Yaşam Döngü Maliyeti                                                |
| WHO    | : Dünya Sağlık Örgütü                                                 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1. Merkezi Bilgi Saklama ve Ortak Veri Tabanı..... | 5  |
| Şekil 2.2. Yapı Bilgi Sistemi Süreci .....                 | 12 |
| Şekil 2.3. YBS Yaşam Döngüsü.....                          | 16 |
| Şekil 2.4. Verimliliğe Etki Eden Faktörler.....            | 21 |
| Şekil 4.1. Mimari Plan.....                                | 38 |
| Şekil 4.2. Kapı Fiyat Girdisi.....                         | 39 |
| Şekil 4.3. Pencere Fiyat Girdisi .....                     | 40 |
| Şekil 4.4. Enerji Analizi Verileri.....                    | 41 |
| Şekil 4.5. Mekanik Hesaplamalarının Formülasyonu-1.....    | 42 |
| Şekil 4.6. Mekanik Hesaplamalarının Formülasyonu-2.....    | 43 |
| Şekil 4.7. Cephe-1.....                                    | 44 |
| Şekil 4.8. Cephe-2.....                                    | 44 |
| Şekil 4.9. Cephe-3.....                                    | 44 |
| Şekil 4.10. Cephe-4.....                                   | 45 |
| Şekil 4.11. Cephe-5.....                                   | 45 |
| Şekil 4.12. Tavan Kesiti.....                              | 45 |
| Şekil 4.13. Kapı Kesiti.....                               | 46 |
| Şekil 4.14. Pencere Kesiti.....                            | 46 |
| Şekil 4.15. Güneş Kırıcı.....                              | 46 |
| Şekil 4.16. Model Çalışması Dış Cephe Görüntüsü.....       | 70 |
| Şekil 4.17. Model Çalışması Pencere Görüntüsü.....         | 70 |
| Şekil 4.18. Model Çalışması Oturma Odası Görüntüsü.....    | 71 |
| Şekil 4.19. Model Çalışması Ön Cephe Görüntüsü-1.....      | 71 |
| Şekil 4.20. Model Çalışması Ön Cephe Görüntüsü-2.....      | 72 |
| Şekil 4.21. Model Çalışması Mutfak Görüntüsü.....          | 72 |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 4.22.</b> Model Çalışması Çatısız Görünüm.....                        | 73 |
| <b>Şekil 4.23.</b> Model Çalışması Çatılı Görünüm.....                         | 73 |
| <b>Şekil 4.24.</b> Model Render-1.....                                         | 74 |
| <b>Şekil 4.25.</b> Model Render-2.....                                         | 75 |
| <b>Şekil 4.26.</b> Model Render-3.....                                         | 76 |
| <b>Şekil 4.27.</b> Model Render-4.....                                         | 77 |
| <b>Şekil 4.28.</b> Model Render-5.....                                         | 78 |
| <b>Şekil 4.29.</b> Model Render-6.....                                         | 79 |
| <b>Şekil 6.1.</b> VR Gözlük Görüntüsü-1.....                                   | 84 |
| <b>Şekil 6.2.</b> VR Gözlük Görüntüsü-2.....                                   | 84 |
| <b>Şekil 6.3.</b> VR Gözlük & Joystick ile Simülasyon Sistemi Görüntüleme..... | 85 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 4.1. Proje Özeti.....                                               | 36 |
| Çizelge 4.2. İnşaat Bilgisi Özeti .....                                     | 37 |
| Çizelge 4.3. Oturma Odası ve Yemek Odası Isı Analizi .....                  | 47 |
| Çizelge 4.4. Objelere Göre Isı Dağılımı (Oturma Odası ve Yemek Odası) ..... | 48 |
| Çizelge 4.5. Koridor Isı Analizi .....                                      | 49 |
| Çizelge 4.6. Objelere Göre Isı Dağılımı (Koridor).....                      | 50 |
| Çizelge 4.7. Mutfak Isı Analizi.....                                        | 51 |
| Çizelge 4.8. Objelere Göre Isı Dağılımı (Mutfak).....                       | 52 |
| Çizelge 4.9. Depo Isı Analizi .....                                         | 53 |
| Çizelge 4.10. Objelere Göre Isı Dağılımı (Depo).....                        | 54 |
| Çizelge 4.11. WC Isı Analizi .....                                          | 55 |
| Çizelge 4.12. Objelere Göre Isı Dağılımı (WC).....                          | 56 |
| Çizelge 4.13. Yatak Odası Isı Analizi.....                                  | 57 |
| Çizelge 4.14. Objelere Göre Isı Dağılımı (Yatak Odası).....                 | 58 |
| Çizelge 4.15. Banyo Isı Analizi .....                                       | 59 |
| Çizelge 4.16. Objelere Göre Isı Dağılımı (Banyo).....                       | 60 |
| Çizelge 4.17. Kapı Metraj ve Fiyat Analizi.....                             | 61 |
| Çizelge 4.18. Pencere Metraj ve Fiyat Analizi.....                          | 62 |
| Çizelge 4.19. Duvar Metraj ve Fiyat Analizi .....                           | 63 |
| Çizelge 4.20. Mobilya Metraj ve Fiyat Analizi.....                          | 64 |
| Çizelge 4.21. Kullanılan Malzeme Metraj ve Fiyat Analizi.....               | 65 |
| Çizelge 4.22. Aydınlatma Armatürü Metraj ve Fiyat Analizi .....             | 66 |
| Çizelge 4.23. Mekanik Ekipman Metraj ve Fiyat Analizi.....                  | 68 |
| Çizelge 4.24. Kolon Metraj Analizi.....                                     | 69 |
| Çizelge 4.25. Zemin Metraj ve Fiyat Analizi.....                            | 69 |

## 1. GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde inşaat sektörü, kendisine bağlı pek çok alt sektörde oluşturulan üretim ve sağlamış olduğu yüksek istihdam sayesinde ekonominin en önemli unsurlarından biridir. Gerek yurtiçinde, gerekse de yurtdışında faaliyetler doğrultusunda bu sektör, ülkelerin kalkınmalarına önemli ölçüde katkı sağlamakta ve ülkelerin ekonomik yapılarının bir harcı niteliğindedir. Pek çok ürün kalemi ile ticari açıdan, pek çok hizmet ile de işgücü bakımından inşaat sektörü önemini korumaya devam etmektedir.

İnşaat sektörünün sosyo-ekonomik refah düzeyine sağlamış olduğu katkı ile ülke içerisinde ne denli öneme sahip olduğu net bir şekilde görülmektedir. İnşaat sektörünün yukarıda sözü edilen özelliklerinden dolayı dünyada ekonomileri duraklama sürecine girmiş olan pek çok ülke öncelikle inşaat sektörünü canlandırarak ekonomilerinin güçlendirmeye çalışmışlardır. Bunun en net ve bilinen örneği olarak, II. Dünya Savaşı'ndan sonra harabeye dönmüş olan Almanya'nın inşaat sektörüne öncelik vermek suretiyle ekonomisini güçlendirmesidir.

Ülkemizde sanayileşme süreci sonrasında ortaya çıkan sosyo-ekonomik değişimler, köyden kentlere göç olgusu ve kentleşme adımlarının hızlandırılması, inşaat sektöründe konut üretimine, alışveriş ve yaşam merkezlerinin kurulmasına olanak sağlamıştır. Bunların dışında alt yapının güçlendirilmesine ve geliştirilmesine ek olarak önemli bir turizm potansiyeline sahip olan ülkemizde konaklama mekânlarının yapılmasına da imkân tanınmıştır. Bu tip inşaat projelerinin karmaşık, spesifik, kapsamlı, büyük, detaylı ve kendine has olması ortaya verim kaybının çıkmasına sebebiyet vermektedir. İnşaat sektöründen lokomotif bir sektör olması nedeniyle bu kadar büyük ve etki alanı oldukça kapsamlı olan inşaat sektöründe oluşabilecek verim kaybı GSMH üzerinde etkili olmaktadır.

Yapı sektöründe, gerek tasarım, gerekse de uygulama bakımından pek çok farklı disiplinlerin birlikte ve koordineli olarak çalışması elzemdir. Çok farklı disiplinlerin yer aldığı bu sektörde iletişim sorunlarının olma olasılığı da bir hayli yüksektir. Yapı sektörünün GSYH'deki payının bir hayli yüksek olmasından dolayı disiplinler arası hem iletişim, hem de koordinasyon bozukluğu ya da eksikliğinden dolayı ortaya çıkabilecek aksaklıklar, hem verimlilik hem de milli ekonomi üzerinde ciddi anlamda negatif etki yaratabileceği kaçınılmazdır. Bu problemlerin aşılması amacıyla sektörde disiplinler arası iletişimi daha basit ve kolay bir hale getirecek metotların kullanılması da zorunlu hale gelmiştir.

İçerisinde bulunduğumuz bilgi ve teknoloji çağındaki teknolojik gelişmeler tüm sektörlerde olduğu gibi yapı sektöründe de kendisini hissettirmeye başlamıştır. Teknoloji, yapı sektöründeki projelerin süreçlerini daha basit bir hale getirmek ve bu projelerin daha hızlı bir biçimde hayata geçirilmesi için bazı fırsatlar sunmaktadır. Bu bağlamda yurtdışı uygulamalarında, özellikle gelişmiş ülkelerde yoğun bir şekilde Yapı Bilgi Sistemi (YBS) kullanılmaktadır.

Yukarıda sözü edilen verim kaybını, ekonomi üzerindeki olumsuz etkileri ve aynı zamanda ortaya çıkabilecek karmaşıklığı asgari seviyeye düşürmek amacıyla günümüzde büyük inşaat firmaları, büyük projelerinde YBS kullanmaya başlamışlardır. Proje aşamasında ve inşa sürecinde ortaya çıkabilecek problemleri inşaat başlamadan önce dijital ortamda çözmüşlerdir. Yapı Bilgi Sistemi, ortak tasarım ve bütünleşik proje teslimatı amacıyla oluşturulan ve her geçen gün geliştirilen bir teknoloji olarak nitelendirilmektedir. Bütünleşik proje teslimatı olarak nitelendirilen ise inşaat projesindeki farklı disiplinler arasında, alt-üstyapı, elektrik, çevre vb. tüm kısımların birleştirilerek teslim edilmesidir. Bu durum, çalışma içerisinde kapsamlı bir biçimde ele alınacaktır.

Bu tez çalışması kapsamında Yapı Bilgi Sisteminin verimlilik üzerine etkisi ele alınacak olup bu bağlamda hali hazırda kullanılan sistemin dışına çıkılarak simülasyon çözümlerinin verim artışına etkisini elde etmeye yönelik kullanılacaktır.

## 2. KAYNAK TARAMASI

Çalışmanın bu bölümünde Yapı Bilgi Sistemleri (YBS) ile ilgili ayrıntılara ve kuramsal bilgilere yer verilecektir. Bu bölüm içerisinde ayrıca Yapı Bilgi Sistemi ile ilgili literatürde yer alan benzer çalışmalar incelenecektir.

### 2.1. Yapı Bilgi Sistemi (YBS)

Dünyada 1970’li yılların başında, ülkemizde ise 1980’li yılların sonundan itibaren inşaat sektöründe bulunan bilgisayar destekli tasarım yazılımlarının, tasarım ve proje çizimleri açısından yetersiz olduğu düşünülmüştür. Sektörde modelleme kavramının daha belirgin bir duruma gelmesiyle beraber tasarımda kullanılan tüm geometrik verilerin bir tek tümleşik temsil olarak tanımlanabileceği kabul edilmiştir. İlerleyen seviyelerde de geometrik verilerin nesnel bir duruma gelebilecek olması, başka verilerin de uygun bir yolla bu sisteme dâhil edilebileceği ihtimalini ortaya çıkarmıştır (Akkaya 2013).

Bu tümleşik veri yaklaşımı ana modelde 2B ve 3B mimari görsel kapsamında farklı verilerin nesnel bir duruma gelmesine olanak tanıyacak olan araştırmalara öncü olmuştur. Bu yaklaşıma göre amaç, çeviri ve koordinasyon gibi temel başlıkların bilgisayar yardımıyla yönlendirilerek hızlı ve kesin bir tasarım sürecinin mümkün olabilecek duruma getirmektedir. Söz konusu bu düşünsel yaklaşım şekli günümüzde YBS şeklinde kabul edilmiş modelin düşünsel bir temeli niteliğindedir. Bu duruma bakılarak tasarımcılar doğrudan 3B model üzerinde çalışarak plan, görünüş, kesit, analiz değerlerini de etkilemektedir. Bu kapsamda klasik anlamda tek tek ele alınarak sağlanması düşünülen dokümanlar ve veriler bilgisayar yardımıyla hesaplanarak tasarımcıya sunulmaktadır (Ofloğlu 2009).

YBS bir inşaat projesinin tasarım ve inşa aşamasında kullanılmak amacıyla ortam ve kendi içerisinde elverişli ve işlenebilir verilerin temel alınarak uygulanan yapı tasarım yöntemidir. Bu sistemlerde projenin gerek tasarım gerekse de inşa safhasında alınan kararlar doğrultusunda ortaya çıkan yapı ile ilgili veriler ve ekler bilgisayar yardımıyla veri tabanında saklanmaktadır (Yöndem 2017).

Projenin üretim aşamasında yapılacak olan veya yapılmış tüm değişiklikler ve yenilemeler bu veri tabanında işlenmekte ve dokümanlar arası hem koordinasyon hem de tutarlılık sağlanmaktadır. YBS’nin üç esas ana özelliği vardır. Bunları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Özcan 2010):

- Yapının tanımlandığı tüm verileri kapsayan sayısal bir veri tabanıyla çalışmaktadır.
- Proje içerisinde yapılan tüm değişiklikler ve işlemler yapıldığı anda bu veri tabanına hızlı bir şekilde işlenmekte ve ilgili olan tüm dokümanlara değişiklikler otomatik bir şekilde aktarılmaktadır.

- Projenin tasarım aşamasında elde edilen veriler ilerleyen zamanlarda da kullanılmak amacıyla saklanarak projenin farklı aşamalarında tasarımcı yüklenici ve yapı sahibinin de kullanılabileceği bir veri deposu oluşturulur.

Bir yapının tasarım ve inşası yapılması öngörülen işin yazılı ve çizili dokümanlarla ortaya çıkarılmış temsiline bağlıdır. Yazılı dokümantasyon sözleşmeler, metraj listeleri ve tabloları, maliyet analizleri, teknik şartnameler, raporlar ve bunun gibi metin ve tablolardan oluşurken yapı bileşenlerini ortaya çıkarmak için kullanılan çizgiler, şekiller, semboller ve ölçülerle temsili de çizili dokümantasyonu meydana getirir ancak bu çizimler iki temel stratejik sınırlama içerir (Akkaya 2013):

- Birincisinde 3B bir objenin imal ayrıntılarının betimlenmesi amacıyla birden daha fazla 2B görünüş ve çizim gerektirmektedir. Bundan dolayı proje çizimleri, yalnızca planlardan ya da kesitlerden olmamakta, aynı zamanda hepsinin ortak bir biçimde tespit edilmiş olan düzen ve uyum içerisinde sıralanmasıyla ortaya çıkmaktadır.
- İkincisinde ise, bu temsiller şekiller, veriler ve çizgilerden oluştuğundan bilgisayarlar tarafından net bir biçimde yorumlanamayan bir formatı içermektedirler. Özetle, bir proje ile ilgili 2B çizimler ve veriler bilgisayar ortamında tanımlanmaması halinde projenin bilgisayar tarafından net bir şekilde işlenmesinden ve ortaya çıkarılmasından bahsetmek mümkün değildir.

YBS, yukarıda sözü edilen bu iki sınırlayıcıyı ortadan kaldırmaya dönük bir yaklaşımın bir nevi ürünü olduğunu söylemek mümkündür. YBS mantık olarak, projede yapılacak olan değişikliklerin eş zamanlı bir şekilde tüm çizimlere hemen aktarılabilmesi ve bu obje tabanlı çizimlerdeki geometrik özelliklerin bilgisayarda tanımlanabilmesi esasına dayanmaktadır (Özcan 2010). YBS, bir projenin tüm öğeleriyle elemanlarıyla geometri bakımından aralarındaki ilişkileri bilgisayarın tanımlayabileceği şekilde oluşturulmasına bağlı modellerdir. YBS, bir yapının gerek fiziksel, gerekse de işlevsel özelliklerinin dijital ortamdaki temsili görünümüdür. Bu sistem kapsamında yapı, inşaat aşamasındaki şekline uygun bir biçimde modellenir ve proje çıktıları da bu model baz alınarak sağlanır (Azhar 2011).

YBS, mekanize açıdan materyal tabanlı CAD ile yürütülmekte ve buna uygun olarak çalışmaktadır. YBS, dijital kodlanma yöntemiyle tanımlanmaktadır. Bu şekilde bilgisayar tarafından geometrisi ve özellikleriyle hem okunabilen, hem de yorumlanabilen bilgilere dönüştürülmektedir. YBS’de materyaller, parametrik bir şekilde yorumlanmanın haricinde bilgi düzeyinde birbirleriyle ilişkilendirilerek yönetimi de sağlanmaktadır. Bu ilişkiler tasarımcının tespitleri doğrultusunda tüm proje boyunca gizlenerek her aşamada erişilip süreç boyunca değerlendirilebilmektedir. Tanımlanmış ilişkiler YBS modeli yardımıyla oluşturulan koordinasyon ile tasarım koşulları ve prensiplerinin sürdürülmesi sağlanmaktadır (Ofloğlu 2009).

Bu bağlamda planlar, kesitler, görünüşler ve benzeri bütün ayrıntılar bu ortak model doğrultusunda alınan bilgilerdir. Ayrıca paftalarda yer alan çizimler de gene aynı

modelin perspektiflerinin farklı açılardan görünüşleridir ve bunun içinde yapı ile ilgili tüm verileri ve bilgileri içeren bir bilgi veri tabanının yardımıyla çalışmaktadır (Akkaya 2013).

Aşağıdaki Şekil 2.1’de bu daha ayrıntılı bir şekilde görülmektedir. Kısaca YBS ortak bir dil oluşturmakta ve tek bir proje olarak yapı projesinin detaylandırmaktadır.



**Şekil 2.1.** Merkezi Bilgi Saklama ve Ortak Veri Tabanı (Ofluoğlu 2009)

Özetle YBS yapı modellemesi, ortak tasarım ve bütünleşik proje teslimatı amacıyla oluşturulan ve her geçen gün gelişen önemli bir teknolojidir. Çalışmanın giriş kısmında da belirtildiği üzere, bütünleşik proje teslimatı ile anlatılmak istenen bir inşaat projesinde disiplinler arası bütün bölümlerin hazırlamış oldukları projelerin birleştirilerek teslim edilmesidir. YBS, ortak bir veritabanı kullanmayı, ayrıca üretilen bilgilerin, merkezi bir ortamda toplanmasına yardımcı olmaya çalışmaktadır (Akkaya 2013).

### 2.1.1. Alışılmış ve kalıplaşmış yöntemlerden YBS'ye geçiş

Bilgisayar tabanlı tasarımlar, dünden bugüne pek çok süreçten geçerek günümüzdeki kullanım düzeyine erişmiştir. Dünden bugüne kadar olan süreci klasik yöntemlerden sanal gerçekliğe kadar uzanan süreçler olarak nitelendirmek mümkündür. 1960'lı yıllarda CAD kavramının ortaya çıkmış olması, mimari üretim süreçlerini de ciddi düzeyde etkilemiştir. Bilhassa 1980'li yıllarla birlikte bilgisayar teknolojisinin ivme kazanmasıyla birlikte kullanım yüzdesi artmış ve mimari projelerde elle çizim yöntemi yerini tamamen bilgisayarların kontrolüne bırakmıştır (Özcan 2010). Bilgisayar ve programcılık ile ilgili her geçen on yıllık süreçteki gelişimleri de dikkate aldığımızda, farklı araç ve programlarında eklenmesinden sonra projelerin doğrudan çıktı alınabilecek şekle gelmiş, üretim ve proje sürecinin de yeniden tanımlanmasına imkân tanımıştır (Azhar 2011).

1990'lı yıllarda materyal destekli CAD sistemlerinin geliştirilmesi ile birlikte veriler artık dijital ortamda sunulmaya başlamıştır. Bu tasarım açısından oldukça önemli ve aynı zamanda devrim niteliğinde olmuştur. İlerleyen zamanlarda daha da geliştirilerek yapı bilgi sistemlerinde materyaller; kapı, pencere, duvar, giriş, kolon vb. unsurlar bileşen seviyesinde tanımlanarak, bu unsurların farklı özellikleri işlenmektedir. Örnek olarak bir kapının temsilini oluşturan çizgiler birer birer oluşturulmak yerine, daha önceden oluşturulmuş olan ve tanımlanmış olan bir kapı modeli ortaya çıkartılmaktadır (Yöndem 2017).

Yapıya ait bileşenlerin tüm özelliklerinin ve geometrilerinin dijital ortamda tanımlanarak yapının modelinin üç boyutlu bir şekilde ortaya çıkarılmasında önemli bir rol oynar. Hem plan, hem kesit, hem de görünüşlerin ilerlemesi ve yapılan yenilemelerin otomatik bir şekilde başka görünüşlere aktarılması gibi önemli avantajların sağlanmasına katkı sağlar. Böylece proje ile ilgili tüm yükler ve güçlükler ortadan kalkmakta ve sürecin ivme kazanmasına imkân tanınır (Akkaya 2013).

YBS son on yıllık süreçte tasarım ve inşaat projelerinde önemli bir devrimi gerçekleştirerek, inşaat sürecinde hem yapının bitiriliş sürecinde, hem de giderleri düşürme açısından firmalara bir hayli kolaylıklar sağlamıştır.

Dünyanın pek çok ülkenin hükümetleri YBS'nin sunmuş olduğu yararları fark ederek bu teknolojiyi yaygın hale getirmeye başlamışlardır. Bilhassa Kuzey Amerika'daki kamu projelerinde YBS kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Kuzey Amerika'nın dışında İngiltere'deki kamu projeleri tamamen iş birlikçi üç boyutlu YBS kullanımını gerektirmektedir. Diğer ülkeler arasında Brezilya, Güney Kore ve Çin gibi büyük ülkeler farklı kapsama sahip YBS şartnameleri yayınlamaya YBS kullanımını yaygın hale getirmeye gayret etmektedirler. Avrupa Birliği (AB)'de bu duruma kayıtsız kalmamakta ve 28 üye ülkeye kamu projelerinde YBS kullanımını öneren bazı direktifler göndermeye başlamışlardır. Ortadoğu'da Burada Birleşik Arap Emirlikleri (BAE) öncü ülke durumundadır. Dubai Belediyesi, büyük tesislerde ve yapılarda YBS kullanımını zorunlu hale getirmeye başlamıştır (Penta 2017).

### 2.1.2. YBS gelişim evresi

Günümüzde bilgisayar destekli tasarım sistemleri çok işlevli, farklı ve pek çok uygulamayı birbirini tamamlayacak, destekleyecek şekilde ve ortak bir biçimde çalışmış olsa da, söz konusu bu yazılımların sürekli birlikte iş yürütebileceği anlamını taşımamaktadır. Tasarım ile ilgili yazılımlar yapıyı oluşturan objelerin farklı bir biçimde tanımlandığından, farklı ilişkiler biçimlerine sahip olduğundan ve nesnelerin yaratılması esnasında değişik prensiplerin varlığı söz konusu olabilir. Söz konusu olan bu farklılık ve değişikliklerin sebepleri her bir yazılımın binayı tanımlamak amacıyla kendine has bir kavramsal anlam taşımasından ve temsile gerek duymasından kaynaklanmaktadır (Kymmell 2008).

Mimari tasarımlarda bilgisayarın sunmuş olduğu kolaylıkların ilk aşamalarından günümüze dek olan gelişim süreçleri sonrası gelinecek noktada, yapının ana bir temsil üzerinde toplanarak, yapı ile ilgili tüm bilgilerin ortak bir noktada toplanması sonucu elde edilmiştir. II. Dünya Savaşı sonrası hızlı bir şekilde gelişen inşaat sektörü, teknolojik gelişmelere kayıtsız kalmayan ve değişime hızlı bir şekilde ayak uyduran bir sektör olmuştur. 1970'li yılların ortalarına gelindiğinde inşaat sektöründe bilgisayar kullanımının yoğun bir şekilde kullanılması sonrasında sektör için gerekli olabilecek yazılımlar da üretilmeye başlamıştır. Bu süreçte bir tek yapı modelinin esas alındığı tümleşik sistemler üzerinde bazı geliştirmeler yapılmış, yapı için gerekli olan bileşenleri oluşturan kompozisyonların davranışlarının analiz edilmesi amacıyla, yapının özelliklerini tanımlamaya yardımcı olan bazı bağımsız yazılımlar üretilmiştir. Bu bağımsız çalışmalar tekil ve uyumlu bir bina temsili tanınmasına dönük bir çalışma sahasının ortaya çıkmasına neden olmuştur (Eastman vd. 2008).

Yapı Bilgi Sistemleri ile ilgili ilk modellerden bazıları İngiliz ulusal sağlık örgütünün finanse ettiği Cambridge çalışmalarıdır. Bu çalışmalardan bazıları hastane tasarım sistemlerinden oluşmaktadır. Cambridge Uygulamalı hastane tasarımlarını OXSYS CAD, CEDAR ve HARNESS olarak sıralamak mümkündür. Cambridge'in dışında başka bir önemli araştırma da İskoç İskân Bakanlığı'nın finanse ettiği ve Edinburgh Üniversitesinde yapılan araştırmadır (Phiri 1999).

Konu ile ilgili olarak ABD'deki ilk ciddi çalışmaları Techcrete, ARCH-MODEL, BDS, GLIDE ve GLIDE-II şeklinde sıralamak mümkündür (Eastman 1999). Carl Koch ve onun çalışanları Techcrete prekast beton yapı sistemini geliştirmişlerdir (Phiri 1999).

Michigan Üniversitesinin geliştirdiği ARCH-MODEL adlı çalışma, zamanla daha da geliştirilerek Macintosh uyumlu bir BDT sistemi haline dönüştürülmüştür. Bu sistem aynı zamanda geometriye bağlı bir katı modelleme ve geometrik olmayan verilerin saklandığı ve ilişkisel bir veritabanı ile uygun olarak çalışan bir modeldir (Eastman 1999). Carnegie-Mellon Üniversitesinde BDS, GLIDE ve GLIDE-II adlı modelleri geliştirmişlerdir (Eastman vd. 2008).

Günümüzde artık inşaat şirketleri, mimarlar, mühendisler ve diğer ilgili kişiler ve kuruluşlar CAD sistemlerinden YBS'ne doğru geçiş yapmaya başlamışlardır. Geçmiş

dönemlerdeki çizim masalarından, bilgisayar destekli tasarımlara doğru evrilme sürecinde, yapı tasarım ve üretim sanayisinde ihtiyaç duyulan değişimlerin tümü CAD sisteminden bilgi sistemlerine geçişte de gerçekleşmektedir (İbrahim 2006).

Firmaların ve yukarıda sayılan diğer unsurların YBS'ye geçişteki en önemli stratejisi, uygulamanın şirket içi resmi bir uygulama olması gerekliliğidir. Ayrıca eski CAD sisteminden de hemen hızlı bir şekilde uzaklaşmakta pek doğru olacağını söylemek mümkün değildir. YBS'nin eğitim sürecinde bu iki sistemi beraber kullanmanın daha sağlıklı olduğunu söylemek mümkündür (Eastman vd. 2008).

YBS ile ilgili tüm soru işaretleri giderilmeden ve YBS'ye tam hâkim olununcaya dek her iki sisteminde sürdürülmesi gerekmektedir. İlk etapta YBS'nin daha kolay bir şekilde anlaşılabilmesi için firmanın daha önceden klasik yöntemle yapmış olduğu bir projeyi YBS ile yaparak aradaki farklılıkların iyi anlaşılması büyük ölçüde yarar sağlayacak ve YBS'nin avantajlarını ortaya çıkartabilecektir (Penta 2017; Akkaya 2012).

Bu çalışmada kısaca kıyaslama yapılarak YBS'nin eski sistemle olan farklılıkları ve aynı zamanda hem avantaj, hem de dezavantajları böylece daha kolay bir şekilde tespit edilebilecektir.

Dünyada YBS'nin benimsenmesi amacıyla pek çok organizasyon kurulmuştur. Bu organizasyonlar, içerisinde bulundukları ülkelerde YBS kullanımını arttırmaya çalışmaktadırlar. Bu organizasyonlar Avrupa kıtasında daha fazla görülmektedir. Avrupa kıtasında ki organizasyonları başlıklar halinde sıralayacak olursak (Köse 2016);

- Çek Cumhuriyeti - Czech BIM Council,
- Fransa - FFB(Federation Française du Batiment),
- Macaristan - Hungarian BIM Council,
- İtalya - Instute for BIM Italy,
- Litvanya - Skaitmenine statyba (Digital Construction),
- Portekiz - The CT 197 BIM,
- Norveç - Building SMART Norway,
- Slovakya - BIMaS,
- İngiltere - US National BIM Standart Prroject Comitee

### 2.1.3. YBS'nin temel özellikleri

YBS, hem farklı, hem de değişik uygulamaları süreçle bütünleştirmesi ile birlikte klasik bilgisayar destekli tasarım sistemlerinden ayrı bir özelliğe sahiptir. YBS açısından yapı, bir nevi nesneler kümesi olarak nitelendirilir. Burada nesne fiziksel bir varlık olarak değerlendirilir ve üç boyutlu modelini malzeme özelliklerini semboller ve benzer açıklama seçeneklerini de elinde tutar. Bir nesneye ait bütün açıklamalar ilişkilendirilmekte ve her nesnenin tutarlılığı da korunmaktadır. Nesnenin kısmi bakımdan tanımlanmasına 'görünüş' adı verilir ve çizim betimlemekte olan her materyal görünüşlerinden ortaya çıkmaktadır (Özcan 2010).

YBS'de de tıpkı CAD sistemindeki benzer mantık ile fonksiyonlarını sürdürmektedir. Materyallerin geometrilerinin ve özelliklerinin tanımlanması ve kendi içlerinde ilişkilerinin olması en gerekli özelliklerinden biridir. Tasarımcının bu aşamada almış olduğu kararların bir veri tabanında depolanarak ilerleyen aşamalarda ve farklı süreçlerde farklı kullanıcı topluluklarıncı erişilebilir olmasına olanak tanımaktadır. Böylece projenin ilerleyişinde bir ekip gibi koordineli bir çalışma alanı oluşturarak verilerin hem farklı zamanlarda, hem de farklı kullanıcı topluluğunun paylaşılabılır olmasına imkân tanır (Özge 2009).

YBS araçlarında, nesneler değişkenliğe sahip varlıklar şeklinde tanımlanmaktadır. Nesnelerdeki değişkenliklere paralel bir şekilde ve diğer materyallerle olan ilişkileriyle tanımlanarak yapılan değişikliklerde bu mantık doğrultusunda işlemektedir. Söz konusu bu değişken materyaller kendilerine atanmış oldukları bu misyona bağlı olarak kendilerini otomatik bir şekilde güncellemektedirler. YBS ülkeden ülkeye farklılık gösterebileceği gibi, proje tekniklerine uygun olarak da değişiklikler gösterebilmektedir. Bu bağlamda YBS planlama elemanlarını da aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Köse 2016):

- Strateji: YBS amaç ve hedeflerini tanımlar; değişime hazır ve dikkatli yönetim ve kaynak desteği.
- YBS Kullanımları: YBS oluşturulması amacıyla ele alınacak teknikleri tanımlayan; mal sahibinin ihtiyaçlarına uygun olarak iletişim, devamlılık uygulama ve yönetim bilgisi.
- Süreç: YBS' den faydalanılarak, kullanım uygunluğunu saptanması.
- Enformasyon: Arsa hakkında gerekli olan, ihtiyaç listeleri ve şartnameler.
- Altyapı: YBS' yi destekleyen yazılımsal, donanımsal, mekânsal, teknolojik altyapı.
- Personel: Misyon ve sorumlulukların tespit edildiği eğitimlerini tamamlamış personel.

YBS' de tasarlanan model üzerinden projeye dair şemaların yer aldığı, konseptin olduğu, avan, uygulama ve imalat çizim setlerinin üretildiği süreçtir. YBS sisteminde, yapıya ilgili olan tüm bileşenlerin görünüm, özellik ve yerleşimleri model üzerinde sadece bir defaya mahsus olarak tanımlanmaktadır. Sonrasında tasarlanan model, tüm çizimleri, raporları ve analizleri kapsayan veri gruplarının yaratılması aşamasında kullanılmaktadır. Böylece tasarlanan projenin bütün süreçlerinde çizimlerin elle tek tek revize edilme gibi zorunluluklar da ortadan kalkmaktadır. Tüm bunlara ilave olarak, standart uygulama ayrıntıları direkt olarak modelden üretilmektedir. Ancak bazı hallerde işletme modeli kapsamına girmeyen bazı ilave enformasyonun da gerekli görülmesi durumunda çizime eklenmesi gerekebilir.

YBS'nin bir başka önemli olan unsuru ise, farklı aşamalarda yapı inşaat ve işletme süreçlerinde yer alan farklı grupların bilgi sistemine pek çok türden verileri ekleyerek erişebilmesine imkân sağlamaktadır. Bu pek çok türden verilerin aynı zamanda güncellenebilmesine ve değişiklik yapılabilmesine de imkân sağlamaktadır. Böylece projenin zaman planlamasında süreçlerin eşgüdümlülüğüne de yarar sağlanmaktadır (Özge 2009). YBS kullanımının diğer faydalarını ise aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür;

- Tek bir model üzerinden plan, kesit, görünüş ve detay gibi çoklu çizim alternatifleri üretilebilmektedir.
- Tasarım amaçlarının standart çizimler dışında yüksek kaliteli perspektif görünüşler üzerinden nitelikli sunumlarla anlatılmasına yardımcı olur.
- Gerçekleşen model revizyonları ile birlikte otomatik olarak çizimler güncellenmektedir.
- İş programını model ile bütünleştirerek organizasyon planını otomatik olarak güncellemektedir.
- Bütün verilerin aynı model üzerinden elde edilmesi sebebiyle, aynı enformasyonu oluşturan farklı veriler arasındaki tutarlılığın sürekliliği sağlanmaktadır.

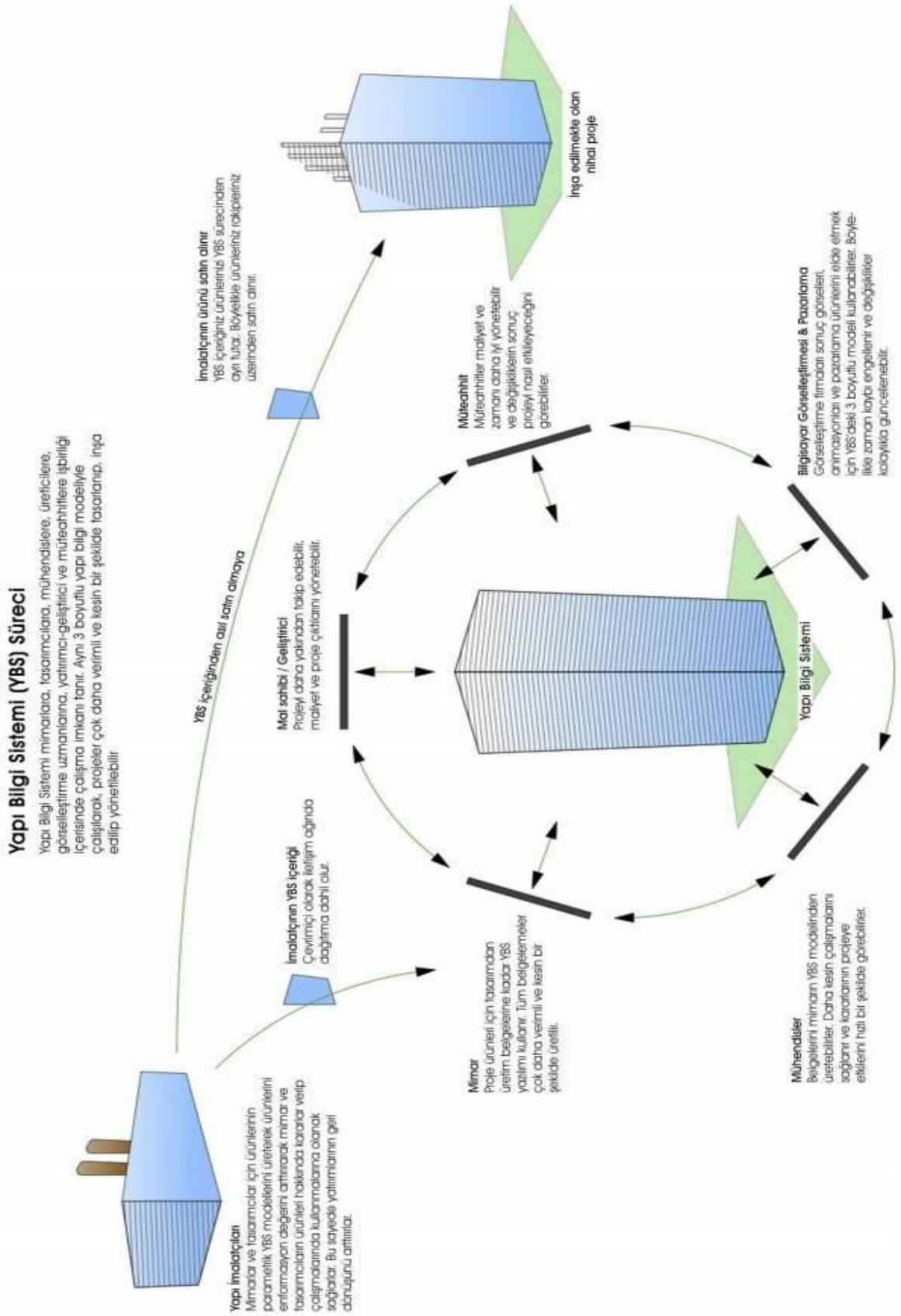
YBS, yapı ile ilgili pek çok bilgiye ulaşılma aşamasında kolaylık sağlar. Ayrıca YBS, yapı sürecinde çeşitli analizlerin yapılması açısından da önemli bir veri tabanı sağlamaktadır. Çeşitli analizlerden bazı örnekleri sıralayacak olursak;

- Strüktür analizi,
- Isı analizi,
- Maliyet analizi ve
- Enerji analizi.

Yukarıda sıralanan analizlerin detaylandırılarak genişletilebilmesi de mümkün olabilmektedir. YBS mantığında belirli bir uygulamanın kendi özel şeklinden farklı olarak etkisiz durumdaki veri barındırılır. Böylece farklı türden yazılımlar arasında hem veri değişimi, hem de veri paylaşımı desteklenmektedir. YBS, farklı uygulamalar arası birlikte fonksiyonel bütünlüğü ve işlerliği sağlamak amacıyla uluslararası bilgi standartlarından yararlanır ve böylece veri değişiminin kolay bir hale gelmesine imkân tanır (Köse 2016).

Birden fazla ekip üyesinin yapı projesi üzerinde çalışmasına olanak tanımakta ve yapılan değişiklikler hemen projenin başka bölümlerine de yansımaktadır. Değişiklikler ile ilgili verilere ulaşılmasına olanak sağlayarak koordineli bir biçimde çalışılmasının da önünü açmaktadır. Böylece ekip çalışmasında uyum sağlanır (Köse 2016).

YBS' nin ekip çalışmasına sağlamış olduğu uyum ile ilgili gösterim Şekil 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.2. Yapı Bilgi Sistemi Süreci

YBS, genel olarak üç boyutlu bir şekilde yapı geometrisini barındırarak, iki boyutlu sistemlere kıyasla karmaşık yapılar üzerinde daha kolay biçimde çalışılabilmesine olanak sağlar. Yapı elemanları arası ilişkilerin kontrolünün hiyerarşik bir biçimde ele alınmasına da olanak sağlar. YBS, yapının tüm fiziksel ve işlevsel karakteristiklerinin yer aldığı zengin veri içermekte ve oldukça kapsamlı olmaktadır (Penta 2017). Bunlara ek olarak YBS'nin üç temel özelliği bulunmaktadır. Bunlar (Özge 2009);

- YBS'de yapıyı tanımlayan ve tüm verilerin saklandığı bir sayısal veritabanına sahiptir ve bu mantık doğrultusunda çalışır.
- Yapı üzerindeki revizyonlar bu veritabanında yapıldığından dolayı, herhangi bir doküman üzerinde yapılan bir değişiklik, veritabanından üretilen diğer tüm dokümanlara yansımaktadır.
- Yapının tasarım sürecinin tamamında elde edilen tüm veriler, ilerleyen zamanlarda kullanılmak amacıyla saklanmaktadır. Böylece projeyi yapandan başka, yüklenici ve yapı sahibinin de kullanabileceği bir bilgi deposu haline gelmektedir.

#### 2.1.4. Veri standartları

Hem tasarım, hem de üretim ile ilgili konularda teknik ürün verisini işlemek ve üretmek amacıyla birçok sistemden yararlanılmaktadır. Bu sistemlerin kendine özgü veri biçimine sahip olmalarından dolayı aynı bilgi farklı sistemlere birden daha fazla girmek gibi bir durumla karşı karşıya kalındığından hata olasılığı artmakta ve gereksiz veri yığınlarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır.

Tasarım verileri üç boyutlu bir özellik kazanarak karmaşık bir hale geldikçe, bu hataların içeriği ve kullanıcılar arasındaki uyumsuzluklar da buna paralel bir biçimde artmaktadır. Ayrıca farklı yazılımların veri kaybı olmaksızın uyumlu bir biçimde işlerlik kazanması geçmişten günümüze bilgisayar destekli tasarım sistemlerinin en temel problemlerinden biri olduğunu söylemek mümkündür (Özcan 2010).

Zamanla bu problemlerin giderilmesi amacıyla bazı standartlar geliştirilmiştir. Bunlardan bazılarını sıralayacak olursak (Özcan 2010);

- Fransa'nın geliştirdiği SET,
- Almanya'nın geliştirdiği VDAFS,
- ABD'nin geliştirdiği IGES ve
- Uluslararası Standart Organizasyonu (ISO)'nun geliştirdiği STEP.

Çıkarılan ilk standartlar genel olarak yerel seviyenin üzerine çıkamamış ve sadece geometrik veri değişimine yoğunlaşmıştır. 1980’li yıllardan sonra ISO, ürün model verisi açısından tek bir standartlaşmaya gidilmesi için ortak bir çalışmanın ürünü olan STEP’i geliştirmişlerdir (ISO 2007).

#### **2.1.4.1. IGES**

“Initial Graphics Exchange Specification” (IGES), bilgisayar destekli tasarımlarda bilginin sayısal bakımdan değişimine olanak tanıyan bağımsız bir veri formatıdır. Bağımsız olduğundan çeviriciler yardımıyla IGES dosyası olarak dışarıya aktarıldıktan sonra, hedef sistem yardımıyla içeriye aktarılmaktadır. Günümüzde bilgisayar destekli tasarımlarda nesnenin yansıtılması, iki boyutlu çizimlerden, daha spesifik ve karmaşık katı modeller gibi çok çeşitli bir hale gelmeye başlamasından dolayı, veriler, hem çeşitli hem de birbirine uyuşmayan şekillerde bulunmaktadır. Ortak bir veri iletişim şekli de farklı sistem kullanıcıları arasında eşzamanlı bir biçimde ürün ve süreç geliştirilmesini daha kolay bir hale getirmektedir (Özcan 2010). IGES standartlarıyla, ürün tanımında geometrik, topolojik ve geometrik olmayan veriler bulunur. Bu biçimler modelleme tekniğinden bağımsızdır ve fiziksel ortamlarda ya da elektronik iletişim protokollerinin yardımıyla veri değişimini desteklemektedir. IGES standartları, kullanıcıların bireylerin veya belirli varlıkların koleksiyonlarının spesifik özelliklerini tanımlamasına da imkan sağlamaktadır (IGES 1996).

#### **2.1.4.2. STEP**

STEP “Standart for the Exchange of Product Model Data” olarak bilinen bu standartta, ürünün tüm yaşam döngüsü boyunca gereken fiziksel ve fonksiyonel karakteristiklerinin noktasız ve kesin bir şekilde bilgisayar tarafından yorumlanabilir tanımını kapsayan bir uluslararası ürün veri standardıdır. Geçmişte daha ziyade havacılık, otomotiv, savunma inşaat vb. sektörlerde kullanılan STEP, çok daha geniş bir perspektif doğrultusunda ve geometrinin çok ötesinde veri değişimine olanak sağlamaktadır. STEP, 1984’de geliştirilmeye başlanmış ve IGES’in geliştirilmesinin durmasından sonraki süreçte genel olarak kabul görmüş bir standarttır (Danner vd. 1991). STEP hem çok spesifik yapısıyla, hem de kapsamlı ve karmaşık yapısından dolayı ayrı ayrı geliştirilen ve değerlendirilen küçük bölümlere ayrılmıştır. STEP’in ilk uluslararası standart olarak çıkartmış olduğu ilk sürüm ise 1994-95 yıllarına denk gelmektedir. Günümüzde de birçok bilgisayar destekli tasarım yazılımı STEP standartları tarafından tanımlanan veriyi okumak ve bu standartlara uygun şekilde yazmak amacıyla bir birim içermektedir (Özcan 2010).

#### **2.1.5. İnşaat endüstrisinde veri standartları ve önemi**

Her endüstride olduğu gibi ürün veri değişiminin inşaat sektöründe de yoğun olarak kullanılan bilgisayar destekli tasarım açısından da büyük öneme sahip olduğunu söylemek mümkündür. Verilerin uygulamadan bağımsız bir biçimde paylaşılabilmesi ve fonksiyonel işlerliğin sağlanabilmesi için bazı standartlara sahip olması gerekmektedir. İnşaat endüstrisinde verimlilik ve farklı iş kolları arasında işbirliğini oluşturmak amacıyla bazı önemli sorunlar vardır. Örneğin, ekiplerin pek çoğu, üyeleri için verinin

başlıca temel kaynağı bina modelidir. Bu modeli farklı uygulamalarla ve modelin farklı sürümlerinin kullanılmasıyla iş yapan pek çok ekip üyesi bulunmaktadır. Değişik formatlara sahip modellere aynı ortamda uyum ve erişim sağlamak, günümüzde de net bir şekilde karşılanamamış problemler olarak göze çarpmaktadır. Bu bağlamda YBS, dokümanların dijital bir biçimde derlenmesinden, hazırlanmasından ve belgelerin üç boyutlu olarak düzenlenebilmesine imkân tanıdığından, YBS tek bir belge içerisinde bilginin kullanımına olanak sağlayan bileşenler bütünüdür (Harness 2017).

CAD sistemi ile iki boyutlu, YBS ile de üç boyutlu model tabanlı teknolojinin, bilgi tabanlı bir şekilde işlenerek tasarım sürecinin daha hızlı bir hale gelmesine ve yüksek nitelikli işlerin ortaya çıkarılmasına olanak tanıyarak, zengin tasarım sürecinin işler hale gelmesine neden olmuştur. Böylece hem maliyet, hem de riskler asgari düzeye indirgenmiştir. Ayrıca tasarım ölçütlerine bağlı kalınarak kalite kontrolün belli bir düzene konulması açısından da önem arz etmektedir. Bu düzen iletişimin güçlenmesine ve daha fazla ve farklı analiz araçlarının kullanımına olanak tanımıştır. YBS açısından veri değişimi ve beraber işlerlik en temel konuların başında gelmektedir. Çünkü YBS mantığında yapı ile ilgili tüm bütün bilgi ve verilerin tek bir model üzerinde geliştirilerek işlenmesi, verinin farklı yazılımlar arasında tam ve kesin olarak aktarılma gerekliliği vardır. YBS'nin üretici ve paylaşılabılır olması açısından da bilgilerin standardize edilmesi gereklidir. Söz konusu bu durum için günümüzde ortak bilgi standartları hazırlanmıştır. Ayrıca bu durum pek çok şirketince de desteklenmektedir (Özcan 2010).

YBS'nin yapım sürecine sağlamış olduğu en büyük değişiklik tasarım sürecinde harcanan zamanı artırmaktır. Bu süreç içerisinde tüm tahminler model üzerinden yapıldığından, tasarım sürecinden sonra gelen iş aşamalarının düzenli ve hatasız olması açısından oldukça önemli bir katkı olarak nitelendirilmektedir. İki boyutlu sistemlerde dokümantasyon fazlalığının bilgi karmaşasına neden olduğundan, YBS ile çok kolay bir şekilde oluşturulması şirketlerin alışık olduğu durumdan farklı olduğundan gereksiz doküman üretmelerine sebebiyet verebilmektedir. Tasarım aşamalarının uzun olması da dikkate alındığında firmalar bu süreçteki giderleri gereksiz olarak düşünebilirler fakat sonraki aşamaları dikkate alındığında, aslında bu giderlerin gereksiz olmadığı gözlenebilir (Akkaya 2012).

Klasik bilgisayar destekli CAD ve benzer sistemleri kullanan firmalar, yeni YBS yazılımlarının kolay bir biçimde öğrenilebileceğini ve eğitimin hem gereksiz yere zaman ve hem de maddi kayıp olacağını düşünen firmalar burada yanılgıya düşmemelidirler. YBS'yi CAD ve diğer iki boyutlu tasarımlara alışık olduklarından, mantık olarak ilk etapta YBS'yi de öyle kullanmaya çalışmaları kötü sonuçlar almalarına neden olacaktır. YBS ile ilgili olarak eğitime harcanan maliyetlerin öneminin diğer maliyetlere kıyasla gereksiz görülmemesi gerekmektedir. Çünkü YBS çok fonksiyonlu bir sistem olduğundan, öğrenimi de bir o kadar zor olabilmektedir. Ancak bu sistemin önemli avantajlarından biri, müşteriye sunmuş olduğu üç boyutlu görsellik ile yapıdaki görsel ve sözel olarak tüm bilgilerin görülebilmesi, müşteri memnuniyetini artıracığından dolayı firmanın da rekabet açısından bir adım öne geçmesine neden olacaktır (Yöndem 2017).

### 2.1.6. YBS'nin sağladığı kazanımlar

YBS; yapının tasarımından, üretimine, kontrolüne ve kullanımına varana dek pek çok aşamada, yapı ile ilgili tüm bilgilere erişimini kolay bir hale getirmektedir. Yapının tasarım aşamasında maliyet, performans, yönetim vb. pek çok konuda en doğru öngörülerin yapılabilmesi amacıyla önemli bir yardımcı rolünü üstlenmektedir. YBS, tasarım, yapım ve yönetim aşamalarında tasarımcı, üretici ve çalışanlar açısından aşağıda sıralanan aşamalarda kritik bilgilere ve verilere sahip olmaya yardımcı olmaktadır (Ofloğlu 2009);

- Tasarım aşamasında; tasarım, program ve bütçe.
- Yapım aşamasında; kalite, program ve maliyet.
- Yönetim aşamasında; performans, kullanılabilirlik ve finans.

Bu veriler ve bilgiler, tasarım, üretim, yönetim, kullanım ve sonrasında muhtemel sorunların çözümünde bir nevi kütüphane görevini üstlenmektedir. Böylece gerek maliyet, gerek hız ve gerekse de işgücünden önemli ölçüde tasarrufun sağlanmasına yardımcı olmaktadır. YBS yaşam döngüsü olarak nitelendirilen ve yapı ile ilgili verilerin sisteme ait dijital ortamda saklanarak hızlı ve anında güncellenebilirliği ile verilere ve bilgilere ulaşımı kolay bir hale getirdiğinden dolayı mühendisler, mimarlar, mal sahipleri ve inşaatçılara projenin yapım süresi ile ilgili olarak hem net, hem de kesin bilgiler sunmaktadır. Böylece gerek hızlı ve doğru karar alma aşamasında, gerekse de düşük maliyetli fakat nitelikli işlerin ortaya çıkmasına da imkân tanımaktadır (Yöndem 2017). Aşağıdaki Şekil 2.3 bu döngüyü daha iyi anlatmaktadır.



Şekil 2.3. YBS Yaşam Döngüsü (Eastman vd. 2008).

YBS'nin kullanıcılara sağlamış olduğu hızlilik ve güvenilirlik sayesinde, saklanan dijital dosyalar tasarım ilgili kararlarının alınmasında, inşa sürecindeki planlamalarda, yüksek nitelikli inşaat dokümanlarının hazırlanmasında, verimlilik ve maliyet ile ilgili net ve kesin öngörülerin yapılmasında önemli katkılar sağladığını söylemek mümkündür. Klasik CAD ve diğer bilgisayar destekli tasarım sistemlerindeki tersine, her bir pafta için farklı çizime gerek duyulmamaktadır. Yapılan ortak çalışmalar vasıtasıyla herhangi bir kısımda yapılan çalışmanın anında diğer kısımlarda da görülmesini sağlamakta ve hızlı güncelleme sayesinde plan kesit ve görünüşlerinde ilerlemesini sağlar. Yazılı olan dokümanlar ile ilgili gerek duyulan maliyet, malzeme ve metraj tablolarının yaratılması amacıyla gerekli olan verileri çizimden alarak güncellemektedir. YBS'nin yapmış olduğu tüm bu işler sayesinde proje aşamasında zaman kaybı asgari düzeye düşürülerek proje aşamasında verimliliğin artmasına da olanak sağlamaktadır (Eastman vd. 2008).

YBS sağladığı yüksek koordinasyon katkılarından dolayı projeye ait riskleri ve problemlerin asgari düzeye düşmesine neden olmaktadır. YBS sayesinde bilgi paylaşımının en üst seviyede olmasından dolayı müşteri memnuniyetine de yarar sağlamaktadır. YBS'nin yukarıda da belirtildiği üzere firmalar ve ilgili kişiler açısından en önemli kazanımı kesin doğrulukla ve enformasyonla beslenmiş olan üç boyutlu bir model olmasından kaynaklanmaktadır. YBS'nin diğer yararları ise aşağıda sıralanmaktadır (Akkoyunlu 2015):

- Hızlı ve etkin süreç: Enformasyonun rahat ve kolay bir biçimde paylaşılabilesine olanak tanımakta ve bilgiye ek yapılabilmesi ile yeniden kullanılabilmesine de imkân tanımaktadır.
- Daha iyi tasarım: Tekliflerin daha doğru bir şekilde analiz edilebilmesine imkân tanımakta ve alternatifler oluşturularak simüle edilebilmekte ve aynı zamanda kıyaslanabilmektedir.
- Projenin tüm yaşam sürecinin kontrol edilebilmesi: Çevresel etkilerinin öngörülebilir bir duruma gelmesine imkân tanımakta ve maliyet tahmininin öngörülebilir ve gözlemlenebilir duruma gelmesine de katkı sağlamaktadır.
- Robotik montaj ve imalat: Sayısal modelin gerek üretim, gerekse de montaj açısından daha kolay bir şekilde rahatlıkla kullanılabilmesi sonrasında projenin üretimi ile %100 uyum sağlamasına yarar sağlamaktadır.
- Sağlıklı bilgilendirme: Teklifin muhataplarına net, kesin ve doğru görselleştirmelerle birlikte aynı zamanda teklifin muhataplarının bilgilendirilebilmelerine de olanak sağlamaktadır.
- Proje yaşam döngüsü verileri: Projenin işletme yönetimini de kapsayan tüm yaşam sürecindeki bilgilerin ulaşılabilir ve düzenlenebilir olmasıdır.

### 2.1.7. YBS'nin geleceği ve niteliği

YBS, tüm dünyada her geçen gün daha fazla kullanılmakta ve ilgili sektörlerde daha fazla ilgi uyandıran bir sistemdir. Mühendisler, mimarlar, inşaatçılar, mal sahipleri ve yapı ile ilgili diğer tüm işletmecileri de kapsayacak şekilde önemli bir ilgi yelpazesi oluşturduğunu söylemek mümkündür.

YBS, yapı tasarımı ve inşasında maliyet açısından karlılık ve verimlilik açısından da önemli katkılar sağlayan bir sistemdir. Son yıllarda YBS ile ilgili olarak pek çok araştırma yapılmakta ve hem yazılımcılar hem de konunun uzmanları tarafından yapının tüm aşamalarında YBS'yi verimliliği artıran bir araç şeklinde nitelendirmektedirler. Ancak her şeye rağmen günümüzde gene pek çok firma klasik bilgisayar destekli tasarımlardan yardım almakta ve yeni sistem için ise 'bekle ve gör' politikasını uygulamaktadırlar. Çalışmanın önceki kısımlarında belirtildiği gibi, bilhassa Kuzey Amerika ve gelişmiş pek çok ülkede artık YBS kamuda zorunlu hale getirilmiştir. Öyle ki küresel açıdan öncü olan firmalar bile YBS'nin katkılarının farkına varmış ve kendi projelerine YBS'yi dâhil etmişlerdir (Özcan 2010).

Üç boyutlu olan cisimler ve nesneler bilgisayar tanımlı olduğundan dolayı, bina modelinin oluşturulması esnasında hacimsel açıdan ortaya çıkabilecek uyumsuzlukların otomatik bir şekilde kontrol edilebilmesi mümkündür. Bu da hem tasarım sürecinde, hem de uygulama projesi sürecinde ortaya çıkabilecek hatalar ve yanlışlar asgari seviyeye düşürülebilmektedir. Parçalar otomatik seçim ve sıralama bakımından değerlere sahip olduklarından maliyet, malzeme takip ve öngörüsünün doğru bir şekilde yapılmasına imkân tanımaktadır. Bu tahminlerde hata olasılığı asgari düzeye düşer ve proje yönetim süreçlerinin daha doğru bir biçimde organize edilmesine de imkân tanımaktadır (Zeytun 2000).

Yapıya ait model bilgisayar tarafından tanımlandığından içeriğinde yer alan bilgileri enerji, ışıklandırma, akustik ve benzeri pek çok analiz için değerlendirilebilmektedir. Söz konusu analizlerin tasarım kapsamında yapılması, hem ilerleyen zamanlarda ortaya çıkabilecek sorunları engelleyici nitelikte olmakta, hem de yapılardan çok iyi performansın elde edilmesine olanak sağlamaktadır. YBS süreci daha iyi yapısal üretimlerin maliyet açısından daha hesaplı bir şekilde üretilmesine imkân tanımaktadır. Pek çok uzman kişi tarafından YBS teknolojisinin gelecek dönemlerde yapı tasarımında standart sunum ve pratik uygulama şeklinde kullanılacağını öngörmektedirler. Yapı tasarımı için kullanılan araç ve gereçlerin sürekli geri bildirim vermesi önemlidir. Bu araçlar malzeme miktarları, özellikleri, enerji performansları, ışıklandırma, çevresel etkiler, karşılaştırmalar ve değerlendirmelerde bulunulabilmektedir (Akkoyunlu 2015).

Bu anlayış klasik CAD yazılımıyla hayata geçirilen tasarım ve üretim aşamasından daha farklı bir yapıyı elinde bulundurur. YBS tasarımın geleceği ve performansına dönük olarak büyük önem taşıyan verileri sunmaktadır.

### **2.1.8. YBS uygulama planında proje yönetimi teknikleri**

Dünyada YBS'nin uygulama planlarında tümleşik proje yönetimi, Tasarla-inşa et proje yapımı ve tasarım-ihale-inşa et gibi farklı proje yönetimi tekniklerine rastlanmaktadır.

#### **2.1.8.1. Bütünleşik proje yönetimi**

Bütünleşik proje yönetiminde, projenin ilk aşamasında entegrasyona ihtiyaç duyulmaktadır. Projenin hem esnek hem de başarılı bir biçimde tamamlanmasına olanak sağlayacak gelişmiş teknoloji kullanılır. Bütünleşik proje yönetimi tüm katılımcıların beceri ve kavrayışını işbirliği ortamında kullanır, üst düzeyde iletişime olanak sağlar ve proje ekibinde yoğun işbirliğini destekler (Köse 2016).

#### **2.1.8.2. Tasarla-inşa et proje yapımı**

Bu yöntemde, tek bir şirket tek bir sözleşme altında gerek mimarlık ve mühendislik işlerini gerekse de inşaat işlerini yapmaktadır. Bu tür şirketler noksansız ve hatasız dokümanlar hazırlayacağı hususunda sözleşme yaptığı kuruluşlara taahhüt vermektedirler (Köse 2016).

#### **2.1.8.3. Tasarım-ihale-inşa et**

Bu yöntemde, işin sahibi bütün dokümanları bir tasarımcıya hazırlatmaktadır ve ayrıca işlerin birden fazla yüklenicinin yapabilmesine imkan sağlayacak şekilde ihale etmektedir. Bu yöntem yüklenicinin YBS sistemini koordinasyon aracı olarak tam olarak kullanmasına imkân vermez (Köse 2016).

### **2.1.9. YBS uygulama planı**

YBS'nin başta yapı sektöründeki kullanıcılarına proje hakkında ihtiyaç duyulan bütün verileri sağlayabilme olanağına sahip olma özelliğinden dolayı, iyi bir uygulama planına ihtiyaç duymaktadır. YBS uygulama planı, bu sistemin kullanımının amaçları ile YBS kullanım gruplandırma sistemi içerisindeki iletişimi kurmaktadır. Tasarlama sürecinde kullanım durumuna uygun olarak YBS'nin güncellenmesi gerekli olan uygulama planının, yapı sektörü katılımcılarının tümü tarafından kabul görmüş bir proje yaşam döngüsü süreçlerine uygun şekilde tasarlanması gereklidir. Burada önemli ve dikkati çeken durum ise, YBS'nin firmanın iş yapma anlayışına göre bir uygulama planı şablonu hazırlayabilmesidir (Akgün 2016).

Doğru işleyen bir YBS uygulama planının, tasarımdan hak edişe, maliyetten pazarlamaya varana dek pek çok alanda tüm katılımcılara büyük ölçüde katkı sağlayacağını söylemek mümkündür. İş tanımları, organizasyon ve iş akış düzeni vb. aşamalarda tüm katılımcıların arzu ettiği anlaşılabilirlik ve yapı düzeni mekanizmasının işler duruma geleceği düşünülmektedir. YBS uygulama planına gösterilen özenin, yapı sürecinde pozitif açıdan geri dönüşlerinin olacağı düşünülmektedir. Mevcut YBS teknolojisinin kullanımı öncesinde ve kullanımı çıkması muhtemel sorunların etkisi hale

getirilmesi için sağlıklı işleyen bir uygulama planının varlığına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda standart bir YBS uygulama planında olması gereken muhtemel başlıkları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Ofloğlu 2015):

- Organizasyonel YBS uygulama planı: Uygulamadan önce, genel tablonun tüm ayrıntılarıyla tespit edilmesi için hazırlanmaktadır. Projenin YBS'nin amaçları, sorumluluk alanları, dosya adlandırma sistemi, eğitim ihtiyaçları, modelleme nesne özellikleri, yazılım seçimi, ölçü biriminin tespit edilmesi ve altyapı gereksinimi gibi kapsamlı ve ayrıntılı kararların olduğu planlardır.
- Proje YBS uygulama planı: Uygulama planının, projenin YBS hakkında uygulama ile ilgili tüm verileri bünyesinde tutan bölümdür. Modelleme planı, model yöneticileri, modellemede nesne özellikleri, detay seviyesi, projenin aşamaları, analizler, doküman yönetimi, yetki ve erişim gibi büyük önem arz eden konular hakkında gerekli olabilecek tüm stratejilerin bulunduğu bu planda, YBS modelinin süreç içerisindeki gelişimini büyük ölçüde etkileyebilme potansiyeline sahiptir.

## 2.2. Verimlilik

Günümüzde inşaat sektörü oldukça karmaşık bir yapıya sahip bir sektördür. İnşaat sektörü projelerin tek ve tekrarlanamayan özelliğe sahip olduğundan kendine has bazı özellikleri de bünyesinde barındıran bir sektördür. İnşaat sektörünün karmaşık olmasına neden olan ise çok farklı tarafların sektördeki varlığıdır. Bu tarafları mal sahipleri, proje müellifleri, yükleniciler, malzeme üretici ve tedarikçileri, çevreci örgütler, kamu kuruluşları vb. şeklinde sıralamak mümkündür. Sektör ayrıca fizibilite, tasarım, üretim, ihale, bakım vb. aşamaları da bünyesinde barındırdığından dolayı gerek taraflar, gerekse de aşamalar arasında oluşan belli ve belirsiz ilişkiler yumağıdır (Kuruoğlu 2002).

İnşaat endüstrisi; ticari, sanayi, kamu sektörü ve bireysel ihtiyaçlara dönük binaları inşa etmektedirler. Geçmişten günümüze küresel olarak hem büyük, hem de oldukça geniş bir endüstri yapısına sahip olan inşaat endüstrisi; gerek gelişimi, gerek karı ve gerekse de zararı ile kendisine endeksli endüstriler üzerinde de oldukça etkili bir sektördür (Arslan 2000). Bu sektörde karlılığın sürdürülerek verimliliği arttırmak bakımından ele alındığında, sektöre endeksli olan diğer sektörlerin de hem canlanması hem de gelişmesi açısından, inşaat sektörü öncü konumda olan bir sektör olma özelliğine sahiptir. Fakat sektörün geçmişi incelendiğinde, inşaat sektöründe verimlilik araştırmalarının ve çalışmalarının çokta dikkate alınmadığı göze çarpmaktadır. Sektör ile ilgili olarak verimliliğin önemsendiği araştırmalar 1970'li yılların sonları ile birlikte başladığı göze çarpmaktadır. ABD'de 200'ün üzerinde yerel şirketin olduğu "Business Roundtable" isimli organizasyon üyelerinin "Yapı Performansı" hakkında bazı araştırma ve çalışmaları yapma kararı alması sonrasında verimlilik ile ilgili çalışmaların temeli atılmıştır (Kuruoğlu 2002).



**Şekil 2.4.** Verimliliğe Etki Eden Faktörler

### 2.2.1. İnşaat verimliliğinin tanımı

Mal sahibi açısından verimliliği, işin en düşük maliyete yapılması olarak nitelendirmek mümkündür. Yükleniciye açısından ise; yapılan giderlerin, mal sahibince yapılan ödemelere oranı şeklinde ifade edilmektedir. Esas olarak tüm verimlilik tanımları, inşaatların en düşük maliyetle bitirilmesi amacıyla yönetim kabiliyeti, işçiler, malzemeler ve donanımların etkinliği gibi faktörlerin ölçülmesiyle yapılmaktadır.

İnşaat sektöründe verimlilik denildiğinde, kişilerin algısında genel olarak daha uzun ve daha çok çalışma yatmaktadır. Bu anlayıştan dolayı verimlilik iş görenlerce şüpheyle bakılmasına neden olmuş ve aynı zamanda iş görenler yöneticilerin verimi arttırmak amacıyla kendilerine daha baskılı bir yaklaşımda bulunacaklarını düşünmüşlerdir. Esasında yapı emekçilerini daha verimli hale getiren; işin akışını sağlamak ve verilen imkânlar bilgiyle bütünleşerek gereksiz sınırlandırmalar ve engeller olmadan çalışmalarına olanak sağlamaktır. İnşaat verimliliği yükseltmek amacıyla kısa vadeli önlemler biçiminde yapılan değişiklikler uzun vadede olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir (Nasir 2013).

Örnek olarak; yapılan bir incelemeden sonra, personel maliyetlerini düşürmek amacıyla çalışan kontrolör sayısını düşürmek ilk başta akla uygun bir düşünce gibi görülebilir. Fakat iş görenler böyle bir durumda, işgören yetersizliğinden dolayı iş ile ilgili bir sonraki aşamaya geçmek için yapılan işin kontrol edilmesini ve aynı zamanda işin uygun yapıldığına dair onay beklerler. Bu da iş ortamında en önemli unsurlardan biri olan zaman yönetimini negatif yönlü etkilemekte ve aynı zamanda iş akışında aksamalara sebep olmaktadır. Zamanın uzaması, inşaat sektöründe günlük yevmiye şeklinde çalışan işçilere daha çok ücret ödenmesine neden olmakta ve bu da maliyet açısından olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Birbirinden kopuk olan yöntemlerin

etkileşimi şeklinde tabir edilen bu ve benzer uygulamalar, zamanın oldukça önemli olduğu inşaat sektöründe verimliliğin düşmesine sebep olmaktadır (Açıkara 2016).

İnşaat sektöründe verimlilik pek çok faktörden gerek olumlu, gerekse de olumsuz bir biçimde etkilendiğinden oldukça değişken bir yapıya sahip olduğunu söylemek mümkündür. Bu da ortaya sektörde verimliliğin ölçülmesini bir hayli zorlaştırmaktadır. Bu sektörde verimlilik unsuru açısından net bir biçimde tanımlanmış herhangi bir standart ve tanım olmamakla birlikte verimliliği ölçme amacıyla standart bir teknikte yoktur. Durum böyle olduğundan her projede, projeye has bazı özgün teknikler kullanılarak verimlilik ölçümü yapılabilmektedir. Ülkemizdeki inşaat sektöründe verimlilik ile ilgili olarak Kazaz ve diğerleri (2008), ülkemizdeki inşaat sektöründe verimlilik için yaptıkları araştırmada, 37 adet verimlilik faktörünü; fiziksel, örgütsel, ekonomik ve psikolojik faktörler grupları şeklinde ele almışlardır. Söz konusu faktör grupları içerisinde en önemli grup olarak örgütsel faktörler dikkat çekerken, sırasıyla şantiye yönetimi, malzeme yönetimi ve zamanında ödeme diğer önemli faktörlerdendir (Kazaz vd. 2008).

İnşaat sektöründe verimliliğin ölçülmesi ve elde edilen veriler doğrultusunda verimlilik için bazı hedeflerin geliştirilmesi gereklidir. Bunun için bilhassa amaçların tespit edilmesi ve kabul edilmesi gereklidir. Her düzeyde ve organizasyonda bulunan kişiler, söz konusu hedefi yakalamak amacıyla gayret göstermeleri gereklidir. Bu hedeflerin gerçekleştirilebilmesi için de doğru planlamaların yapılması gereklidir. Bu maksatla gerekli olan finansman sağlanarak gerekli organizasyonun tesis edilmesiyle amaca dönük yeni yaklaşımların geliştirilmesi gereklidir. Bunun için de elde edilen bulguların bir araya getirilerek düzenli bir iş planının oluşturulması gereklidir. Sonraki aşamalarda hedeflerin gerçekleştirilebilmesi amacıyla gerekli en son aşama ise bilgili olmaktır. Gerekli olan bilgi, finansman, zaman ve işgücü ile önceki aşamaların birleştirilmesi ile yapım gerçekleştirilmelidir. Yapım aşamasında da bazı hedefler olmalı ve bunların yapılabilmesi amacıyla gerekli olan önemin verilmesi gerekmektedir. Bu hedeflerden bazıları aşağıda sıralanmaktadır (Sümer 2012):

- Bütçenin başlangıçta öngörülen ile hesaplanan bütçe ile örtüşmesi gereklidir.
- İş, başlangıçta saptanan zaman içerisinde ya da ona en yakın süre içerisinde tamamlanması gereklidir.
- İş, hem kazalardan hem de sağlığa etki edebilecek tehlikelerden uzak olmalı bununda yapılabilmesi amacıyla gerekli tedbirlerin alınması gereklidir.
- Tamamlanan iş, mal sahibinin amaçlarına hizmet edecek düzeyde ve nitelikte olması gereklidir.
- Elde edilen sonuç, tamamlanana kadar o işte çalışanların da beğenisini kazanabilecek ve çalışanlara, çalıştıkları işin değerini kendilerine hissettirecek seviyede olması gereklidir.

### 2.2.2. Türk inşaat sektöründe verimliliğin önemi

Geçmişten günümüze biz insanlar açısından en önemli ihtiyaçlardan biri hiç kuşkusuz barınacak yer ihtiyacıdır. Bilhassa günümüzde konut kiralardaki artışlar ve kiracı olmanın zorlukları da eklendiğinde her insan bir eve sahip olma arzusunadır. Sosyal bir varlık olan insan, günümüz modern yaşamına entegre olduğundan dolayı ulaşım, ortak ihtiyaçlara dönük altyapılara da talep artmıştır. Bu ihtiyaçları giderecek olan sektör de hiç kuşkusuz inşaat sektörüdür. İnşaat sektörü ülkemizde olduğu gibi pek çok dünya ülkesinde de lokomotif sektör niteliğindedir. Sektörün hacmi de ortalama olarak 4 trilyona yaklaşmakta ve bu hacim ortalama olarak dünya GSMH'nın %8'ini oluşturduğundan oldukça büyük bir sektördür (Kuruoğlu 2002).

Ülkemizin dünya inşaat sektörü içerisindeki payı ortalama olarak %3 civarındadır ve bu da dünya ekonomisinde %1'lik bir paya sahiptir. Sektör ortalama olarak 400'ün üzerinde alt sektörü de etkilemektedir. Sektör ülkemizde dolaylı bir şekilde GSMH'nın ortalama olarak %30'luk orana yakın bir etkisi vardır. Sektör daha ziyade yerli sanayiye dayanmakta, yeterli düzeyde tecrübeli teknik personel ve donanımına sahip, çok fazla sermaye gerektirmeyen ve teknolojik bilgi birikimi gibi niteliklere sahip olduğundan ekonomik büyüme için de başlıca sektörlerden biridir. Bu gibi sebeplerden dolayı inşaat sektöründe verimliliğin mevcut durumun üzerine çıkarılması ülke ekonomisi ve gelişimi açısından oldukça önemlidir. Sektörün verimlilik bağlamında biraz sınırlı kalmasının bazı sebepleri vardır. Örneğin sektörün verimlilikte sınırlı kalmasına neden olan faktörlerden biri, ekonomik dalgalanmalardan ve krizlerden kötü etkilenmesi, standartlar bakımından çok çeşitliliğe sahip olması vb. faktörler inşaat sektöründe verimliliği olumsuz yönde etkilemektedir (Açıkara 2016).

Sektörde talebin yoğun olduğu zamanlarda tecrübesiz çalışan devir hızının artması, talebe olan etkinin sürekliliğinin olmamasından dolayı alınan eğitime kaynak ayırma aşamasında çekinceli olmaları inşaatlarda yap-boz ve yeniden yap döngüsünün diğer öncü bir sektör olan otomotiv sektörü gibi diğer sektörlerle kıyasla daha çok yaşanmasına sebep olmaktadır. Bu da hem gerek malzeme, hem zaman, hem de nitelik bakımından problemlerin yaşanmasına sebep olmaktadır. Bundan dolayı, en kaliteli binaları yapan inşaat sanayicisinin en önemli problemlerinden biri, üretilen yapının nihai kullanıcı açısından ekonomik ve etkin kullanımına imkân tanıyacak olan işçilik kalitesinin kontrol edilememesidir.

İnşaat sektöründe günümüzdeki ve gelecek dönemlerde ortaya çıkacak olan maliyet giderlerini optimum hale getirebilmek için verimlilik unsurunun geliştirilmesi büyük önem taşımakta ve sektörde boy gösteren firmalar buna ihtiyaç duymaktadır. Sektörde verimliliğin gelişimi; inşaat projelerinin toplam maliyetini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Pek çok ülkede inşaat sektöründe işgücü maliyetleri, tüm maliyetlerin ortalama olarak %30-50'lik bir bölümünü oluşturmaktadır. Sözü edilen tüm bu veriler dikkate alındığında sektörde verimlilik artırımının ülke ekonomisine büyük ölçüde gelişme sağlayacaktır (Kazaz vd. 2008).

İnşaat sektöründe en fazla dikkati çeken kayıt dışı işçiliğin yaygınlaşması da bu sorunun çözümünü bir hayli zorlaştırmaktadır. Bu gibi sebeplerden dolayı, inşaat sektöründe işgörenlere verilecek eğitim giderlerinin sektörde mevsimsel bir şekilde çalışanların vergilerinden düşülmesi, gerek sektördeki kayıt dışılığının engellenmesi, gerekse de inşaat işçiliğindeki niteliğin artmasına neden olmakta ve bu da ekonomik gelişmeye büyük ölçüde katkı sağlayabilecektir (Argüden 2009).

Kazaz ve arkadaşları (2008) Türk inşaat sektörü için yapmış oldukları çalışmada 37 adet verimlilik faktörünü; örgütsel, ekonomik, fiziksel ve sosyo-psikolojik faktör grupları altında incelemişlerdir. Bu gruplar içerisinde en dikkat çeken örgütsel faktörler olurken, şantiye, malzeme yönetimi ve zamanında ödeme dikkat çeken diğer önemli faktörlerdendir (Kazaz vd. 2008).

Ülkemizde TOKİ (Toplu Konut İdaresi Başkanlığı) ve kurumsallaşmış olan inşaat şirketleri dışındaki pek çok konut üreten firmanın inşaatlarında temel ölçülere sahip standartlar bulunmamaktadır. Bu da inşaat yan sanayi ürün çeşitliliği bakımından işi maliyet açısından daha pahalı bir duruma getirmekte ve projelerin sürelerini uzatmaktadır. Uzayan projelerin firmaya getirmiş olduğu büyük mali yükler firmaların zorlanmalarına neden olmakta ve bu da hem işçilik, hem malzeme, hem de kalite bakımından niteliksiz ve özelliksiz yapıların çoğalmasına neden olmaktadır. Aslında inşaatlarda belirli standartlar olmuş olsa (örneğin pencere, kapı boyu vb.) firmalar bu güçlüklerle karşı karşıya kalmayacak ve böylece daha nitelikli binaların inşa edilmesine olanak sağlayacaktır. Bu sektörde maliyetlerin düşürülmesi ile ilgili olarak konusunda teşvik mekanizmalarının da doğru çalıştığını söylemek mümkün değildir. Kısacası, ülke ekonomimiz açısından bu denli önemli ve büyük bir potansiyele sahip olan sektörde verimliliği arttırabilmek amacıyla pek çok mikro ve makro politika değişikliğine ihtiyaç vardır.

### 2.2.3. İnşaat sektöründe verimliliğe etki eden faktörler

İnşaat endüstrisi başka büyük ve gelişmiş endüstrilerden farklı yönleriye sahip olduğundan bu sektörde verimlilik üzerinde etkili olan faktörler de bazı yönleriyle diğer sektörlerdeki etkenlere göre farklılık teşkil etmektedir. Genel olarak inşaat ya da yapım verimliliği üzerinde etkisi olan faktörleri aşağıda sıralanan sekiz kategoriye ayırmak mümkündür. Bunlar (Sümer 2012);

- Yapım Teknikleri
- Malzemeler
- İşçilik
- Mühendislik
- Yönetim
- Araç, gereç ve ekipmanlar

- Sözleşme
- Teknoloji ve bilgisayardan yararlanma

Yukarıda sıralanan kategoriler, verimliliğe bazen dolaysız, bazen de dolaylı bir şekilde etki edebilmektedir. Verimlilik içinde bulunduğumuz çağda her geçen gün artan öneme sahip olmakta ve sürekli gündemde olan bir faktör olmaya başlamıştır. Böylesine önemli olmasının sebebi ise dünya nüfusundaki artış ve öz kaynakların itinasız bir şekilde kullanılmasıdır.

Verimlilik bilimsel açıdan, üretim veya hizmet sektörünün ortaya koyduğu çıktı ve bu çıktıyı oluşturabilmek amacıyla kullanılan girdi arasındaki ilişkidir. Diğer bir deyişle verimlilik, farklı mal ve hizmetlerin üretimindeki kaynakların (bilgi, emek, enerji, para, donanım, arazi) etkin bir biçimde kullanılmasıdır. Yapılan pek çok işte verimlilik, aynı miktar ve kaynakla daha çok üretim veya aynı girdiyle daha çok çıktıya sahip olmak anlamındadır. Bunu aşağıdaki basit formülle ifade etmek mümkündür (Doğan 2008).

$$\text{Verimlilik} = \text{Çıktı} / \text{Girdi}$$

Verimlilik, kurum ya da kuruluşun aşağıda sıralanan maddelere ne düzeyde yaklaşabildiğinin ayrıntılı bir ölçütüdür. Bu maddeler (Kuruoğlu 2002);

- Amaçlar: Bunların gerçekleşme düzeyi.
- Etkililik: Gerçekleşme olasılığı olana kıyasla gerçekleşen.
- Etkenlik: Çıktılardan yarar sağlamak amacıyla kaynakların ne düzeyde etkili bir şekilde kullanıldığı.
- Kıyaslanabilirlik: Verimlilik performansının zamanla gerçekleşme durumu.

#### 2.2.4. Verimliliği ölçme teknikleri

İnşaat endüstrisinde verimliliğin ölçümünde bazı teknikler bulunmaktadır. İnşaat endüstrisinde verimliliğin ölçümünü aşağıdaki üç ana gruba ayırmak mümkündür (Sümer 2012; Kuruoğlu 2002).

- Toplam faktör verimliliği: Genel olarak devletlerin ekonomik politika oluşturmasını amaçlayan ve o ülkenin ekonomik açıdan durumunu değerlendirmeyi içine alan girdi ve çıktıyı maddi değerleri üzerinden anlatan verimlilik ölçüm tekniklerine toplam faktör verimliliği adı verilmektedir.

- Toplam verimlilik: Verimlilikle ilgili diğer ölçüm tekniği ise projelere karşılık bir model olan ve verimliliği Toplam verimlilik olarak tanımlayan bir tekniktir. Bu teknik hem özel sektörde hem de devlet sektöründe kullanılmaktadır.
- Emek verimliliği: Aktiviteden destek alan bu model ise, çıktıyı spesifik fiziksel birimler olarak ele alır ve girdiyi de emeğin çalışma işleyiş saatleri olarak tanımlayan emek verimliliği ölçümüdür. Bu ölçme tekniği inşaat sahada çalışanlarını izlemek açısından önemli bir teknik olmakla beraber ekipman, yapım metotları, malzeme ve saha yönetimini ilgilendiren toplam verimlilik ölçümü, inşaat endüstrisinde daha net ve doğru çıktılar vermektedir.

İşletmelerde verimlilik analizi ve ölçümü ile ilgili farklı yaklaşımlar mevcuttur. Bu da, işletme ile farklı gruptaki kişiler olarak sıralayacağımız müşteriler, iş görenler, yatırımcılar, yöneticiler vb. ilişkili olduğundan ve kişilerin her birinin farklı amaçları olmasından kaynaklanmaktadır. Verimlilik analizinde basit ve pratik olarak nitelendirilecek yaklaşımları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Acıkara 2016);

- Birim emek ihtiyacının planlanması ve analizi için ölçüm sistemleri,
- Emek kaynağı kullanımı yapısına yönelik emek verimliliğini ölçme sistemleri,
- İşçilerin çalışma haftası günlerine göre verimliliğini ölçme sistemleri.

Yukarıdaki verimliliği ölçme tekniklerinin dışında verimliliği yürütmek amacıyla yönetimin aşağıda sıralanan maddelere de önem vermesi gerekmektedir (Kuruoğlu ve Sümer 2005):

- Verimlilik ile ilgili uygulama programların nelerden oluştuğunu ve bu uygulama ve programların nasıl yürütüldüğünü açıklayan basit ve sade broşürler hazırlanarak çalışanlara sunulması gereklidir.
- Verimlilik ile ilgili uygulamanın klasik yönetim yaklaşımlarından farklı olduğuna dair vurgu yapılmalıdır. Verimlilikle ilgili sorunların tespit edilmesine ve çözümüne dönük yapılacak tavsiye ve önerilerin de dikkate alınması gereklidir.
- Verimlilik ile ilgili uygulamalara yönetim tarafından desteklendiği ve aynı zamanda verimliliğin tesis edilerek projenin başarıya kavuşabilmesi amacıyla gerekli olan tüm maddi ihtiyaçların karşılanacağı da ifade edilmesi gereken ayrıntılardan biridir.
- Verimliliğin sağlanması açısından ödüllendirmelerin önemi büyüktür. Bu bağlamda ödüllendirme sistemi çalışanlara açık bir şekilde izah edilerek, onların daha iyi motive olmasına olanak sağlanmalıdır.

- Verimlilik ile ilgili programın yürütülmesinde aceleci bir yaklaşım içerisinde girilmemesi gerekmektedir.
- Kişilerin hatalarını düzeltmek verimliliğin ilerleyen aşamalarında etkili olabilir. Fakat bunu çok açık bir şekilde yapılmasından ziyade gerekirse birebir görüşmelerle yapılması daha sağlıklı sonuç almaya yarar sağlar.
- Sorunları çözmek için amacıyla öncelikle sürekli tekrarlanan sorunlarla çözüme başlamak daha doğru olacaktır.
- Verimlilikte öncelikle motivasyon büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda motivasyonunu artıran uygulamalara yer verilmesi gereklidir.
- Yönetim, çalışanlar ve kurum arasında ortak amacın yakalanmasının her kesimin lehine olacağı vurgulanmalıdır.
- Çalışanların yeni teknolojiyi kullanmaları teşvik edilmeli, eskisinin daha uygun olduğu durumlarda yeni sistemlerde ısrar edilmemelidir.
- Firmanın otomasyona geçmesi sağlanmalı ancak çalışanları rahatsız edecek uygulamalardan kaçınılmalıdır.

#### 2.2.5. Şantiyede verimliliğin gelişimi

Verimlilik, üretim kabiliyeti ve çıktılarının bolluğu şeklinde ifade edilebilir. Bu bağlamda verimlilik, mevcut çıktı düzeyini daha üst düzeylere çıkarılması anlamını taşımaktadır. Verimlilik hakkında ortaya çıkacak çalışmalarda, verimliliği geliştirici, uygulanabilir ve doğru metotlar bulunmalı, imalatla en iyi verimliliğin nasıl yakalanabileceği ve düşük olan verimliliğin nasıl geliştirilebileceği değerlendirilmelidir. Bu sebeple inşaat endüstrisinde verimliliği etkileyen faktörleri saptamak gerekir. İnşaat endüstrisinde verimliliği etkileyen faktörler şunlardır (Oglesby vd. 1989);

- İnşaat sahasına kolay ulaşım.
- Emegın kolay bulunabilmesi.
- Doğru araç-gereç ve ekipman kullanımı.
- İşin hacmi.
- Sözleşmenin uygunluğu.
- Yerel hava şartları.
- Malzeme teminin zamanında yapılması.
- Tatil günleri.

Yukarıda sözü edilen faktörlerin bazen tek başına, bazen de birkaç tanesinin bir araya gelmek suretiyle inşaatta elde edilebilecek verimin düşmesi veya artması ile ilgili fikir edinilebilir. Bu hususlara dikkat edilerek inşaatta verimliliğin gelişmesiyle sıralanmış olan her bir maddeye gereken önem gösterilmelidir. İnşa edilen herhangi bir yapıda verimlilik ile ilgili uygulamalar olsa da, olmasa da o inşaat bir şekilde tamamlanmaktadır. Ancak verimlilik hakkında bir uygulamanın olmaması, genel olarak inşa edenlere maliyet açısından olumsuz durumlar yaratmaktadır. Bundan dolayı verimliliğin ilerletilmesi ve geliştirilmesi için bazı problemlere yanıt aranmalıdır. Bu sorunları gidermek amacıyla yapılması gerekenler aşağıda sıralanmaktadır (Kuruoğlu ve Sümer 2005);

- İnşaat alanındaki işlerden sorumlu olan mühendislerin etkili bir yönetim ve verimlilik amacıyla yapılması gerekenleri ele almaları gereklidir.
- Üretimin her aşamasında verimliliği geliştirmek ve mevcut verimlilik düzeyinin üzerine çıkaracak tüm imkânların zorlanması gerekmektedir. Ayrıca verimliliğe engel olacak faktörlerin tespit edilerek bu faktörlerin ortadan kaldırılması gerekmektedir.
- Uygun yaklaşım ve yöntemlerin inşaat alanında verimliliği arttırmaya dönük olarak ne düzeyde etkili olduğu tespit edilmeli ve mevcut uygulamaların kaldırılarak yapılan yeni uygulamaların verimliliğe etkilerinin de belirlenmesi gereklidir.
- Mevcut uygulamaların kaldırılmasından sonra yeni uygulamaların verimliliğe olan etkilerinin karşılaştırılarak rapor edilmesi gereklidir.

İnşaat endüstrisinde uygulanacak yöntemler sayesinde düşük seviyelerde olan verimliliği artırmak mümkün olacaktır. Bununla birlikte inşaat firmalarında kar artışını ortaya koyan sonuçtan inşaat sahibinin de, yüklenicinin de, çalışanında kazancını artıracaktır. Günümüz endüstrileşmiş ülkelerin vazgeçilmez ve terk edilemez kurumları durumunda olan işletmeler, ortaya koydukları hedefe ulaşabilmek maksadıyla çeşitli faktörlere ihtiyaç duymaktadır. Bu faktörlerden en önemli olanı ve gün geçtikçe daha fazla önem duyulanı ise hiç kuşkusuz insan faktörüdür. İnsan emeği, diğer üretim faktörleri ile birleşerek işletmeye doğrudan katkıda bulunur (Acıkara 2016).

İnşaat endüstrisindeki tasarım ve yapım işlerinde büyük bir verimlilik amaçlıyorsak ilk olarak sektörde çalışan mimar, mühendis, tekniker, teknisyen, usta, vasıfsız işçiler arasındaki koordinasyonu tam anlamıyla işletebilmeli ve yürütebilmeliyiz. İnşaat endüstrisinde, verimliliğin bir gösterge olarak imalat içerisinde çok değerli bir konuma sahip olduğu, bu sebeple inşaat imalatlarında da bu kavramın ortaya çıkarılması ve şartların incelenmesi gerekliliği ortadadır (Argüden 2009). Emek yoğun çalışan inşaat endüstrisinde verimlilik kavramı özellikle iş planlaması, iş programları ve imalatların beklenen kalitede olması açısından değerlendirilmelidir. Günümüzde inşaat sektöründeki bütün işlerin planlı bir şekilde yapılmasının ne kadar gerekli olduğu gün geçtikçe daha fazla anlaşılmıştır. Planlama işini ortaya koyan parçalar arasında yer alan ve vazgeçilmez bir yeri olan işçi verimliliğinin öneminin

anlaşılması ile birlikte hem kamunun hem de özel sektörün gerekli adımların atması halinde ülkemizdeki inşaat sektörünün gelişme yolunda daha hızlı ilerlemesini sağlayacaktır (Acıkara 2016).

### 2.3. Literatür Taraması

Yapı Bilgi Modelleme sürecine projelerde işi kolaylaştıran, yapılabilir ekstra bir sistem olarak görmek yanlıştır. Yapı Bilgi Modelleme süreci büyük çaplı projelerde artık bir ihtiyaçtır. Hatta İngiltere’de, ABD’de ve bazı kuzey Avrupa ülkelerinde kamu binalarında zorunlu hale getirilmiştir. Yapı Bilgi Modelleme sistemi kurallarına uygun yönetilmesi gereken bir süreçtir. Bu işleyişi sağlıklı bir şekilde yürütebilmek için bazı standartlar ve uygulama yöntemleri mevcuttur. Bu yöntemleri ve standartları genel kabul görülecek bir hale getirmek için ciddi çalışmalar yapılmıştır. Yapı Bilgi Modelleme (BIM) bir tesisin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin bir dijital temsidir. BIM bir tesisin yaşam döngüsü boyunca alınan kararlar için güvenilir bir temel oluşturan ortak bir bilgi kaynağıdır; yapım kararından, yıkımın sonuna kadar geçerlidir (NBIMS 2016).

Gülşah Özperçin Dilsizoğlu (2016) ‘Bütünleşik Proje Teslim Metodunun, Yapı Bilgi Sistemi ile Birlikte Sürdürülebilir Mimari ve Uygulamalarına Katkısı’ başlığı altında yüksek düzeydeki belirsizlik ve tanırsızlıklar, proje katılımcıları arasında düşük seviyede bilgi paylaşımı ve aralarındaki zayıf iletişim ve projenin karmaşıklığı gibi sebepleri ortadan kaldırmak adına bir çalışma yapmıştır.

Onur Özkoç (2015) ‘Mimarlık Mesleğinin Değişen Roller: Uygulamada Yapı Bilgi Modellemesi’ başlığı altında, binaların tasarımı ve inşaatını içeren karmaşık süreçte mimarların ve uygulamacıların üstlendiği roller üzerine bir araştırmadır.

Resul Ekrem Özge (2009) ‘Mimarlık Pratiğinde Yapı Bilgi Sistemleri’ başlığı altında, yapı endüstrisinde tasarım ve üretim süreçlerinde yapı bilgi sistemleri (YBS) kullanımıyla gelen değişim ve etkilerin irdelenmesi üzerine yürütülmüştür.

Ayşe Müge Özdöşer (2016) ‘Yapı Bilgi Modellemesinin (BIM) Tesis Yönetimine Entegrasyonu’ başlığı altında BIM ‘in bina bakım süreçlerine sağlayacağı faydaları ortaya koymak adına iş akışlarını değiştirecek yeni bir model önerilmiştir. Önerilen iş akışının mevcut iş akışıyla karşılaştırılması yapılarak, modelin mevcut verimsizliklere getireceği çözümler incelenmiştir. Bu noktada Yapı Bilgi Sistemi (BIM), sahip olduğu 3 boyutluluk, parametrik modelleme ve birlikte çalışabilirlik gibi özelliklere başta bina bakımı olmak üzere tüm tesis yönetimi alanlarında yarar sağlamayı vaad etmiştir.

Uğur Karahan (2015) ‘Türk İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi Uygulamaları’ başlığı altında bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmanın amacı, inşaat sektöründe YBS uygulamalarını inceleyerek belirlenen parametreler ile gelecek projelerin başarısına ışık tutmaktır. Bu kapsamda en uygun parametreler olan ‘itici güçler’, ‘katalizörler’, ‘engeller’, ‘girdiler’, ‘faydaları’, ‘etkileri’ belirlemek için,

detaylı bir tarama yapılmış ve toplam 11 vaka incelenmiş rapor edilmiştir. Bu çalışmaya göre Türk İnşaat sektöründeki firmaların YBS farkındalığına katkı sağlaması beklenmektedir ve uzun vadeli stratejilerinde yardımcısı olması amaçlanmıştır.

Atacan Akgün (2016) “Yüklenici İnşaat Firmalarında Hakediş Düzenlemeleri ve Yapı Enformasyonu Modellemesi (BIM) Uygulamaları” adlı çalışmada inşaat sektöründe faaliyet yapan yüklenici inşaat firmalarında hakediş uygulamaları ve YBS teknolojisi kullanımını ele almıştır. Atacan Akgün (2016) hakediş düzenleme aşamasında YBS kullanımının belirlenmesi amacıyla büyük ölçekli firmalarla yarı yapılandırılmış görüşmeler yapmıştır. Hakediş düzenleme aşamasının, Akgün (2016)’ün çalışmasının temel başlıklarından birisi olduğundan, tasarım ve yapım sonrası evrelere değinmemiştir. Hakediş uygulaması ile doğrudan ilişki içerisinde olan ve yapım aşamasında büyük görevi üstlenen yüklenici firmalarla yaptığı görüşmelerin, çalışmanın amacına uygun sonuçlar üreteceğinin altını çizmiştir. Akgün (2016) ayrıca kapsamlı, büyük ölçekli ve nitelikli yapılar üzerinde yürütülecek bir çalışmada, sağlıklı ve tutarlı sonuçlar elde edileceğini öne sürmektedir. İrtibat kurulan firmaların bazıları YBS teknolojisi ile ilgilenmemesi, bazıları da YBS teknolojisini primitif düzeyde kullandığından dolayı görüşmeyi kabul etmemiştir. Ama görüşme yapılan firmaların deneyimi, yetkinliği ve konu ile ilgili paylaşımları, çalışmada sağlıklı veriler elde edilmesini sağlamıştır.

Akgün (2016)’ün çalışmada yaptığı literatür araştırmaları ve kısıtlı kapsamlı firma görüşmelerinden elde edilen bulgulara göre, hakediş düzenleme evresinde YBS teknolojisi kullanımı ile ilgili henüz bir altyapı çalışmasının olmadığı altını çizmektedir. Hakediş-YBS bütünleşmesinden beklenen verimin alınabilmesi amacıyla YBS teknolojisinin, projenin sadece tasarım ve projelendirme aşamalarında değil, aynı zamanda yapım sürecinde de bütün katılımcılar tarafından aynı seviyede kullanılması gerekliliğine dikkat çekmektedir. Ayrıca hızla değişen ve gelişen yapı sektöründe, uzun yıllar boyunca kabul gören hakediş düzenleme sistematığının YBS’ye uyum sağlamasına da uygun ortamın hazırlanması gerekliliğine işaret etmektedir.

Gürhan Köse (2016)’nin “Türk İnşaat Sektörü İçin Yapı Bilgi Modeli Uygulama Planı” adlı çalışmada dünyanın pek çok ülkesinde bulunan büyük çaptaki projelerin çoğunda YBS’nin uygulanmaya başlandığına dikkat çekmektedir. YBS’nin daha kolay ve düzgün uygulanabilmesi için çeşitli üniversiteler ve firmaların uygulama planları olduğuna dikkat çeken Köse (2016), uluslararası uygulama planları dünya geneline ya da bazı ülkelere uyarlanmış olduğunun altını çizmektedir. Köse (2016) çalışmada literatür taraması ve bu uygulama planları ile yapılmış proje örneklerini de kapsamlı bir biçimde incelemiştir. Köse (2016)’nin yapmış olduğu inceleme sonucunda, bu uygulama planları vasıtası ile ülkemizde YBS uygulamasında bazı problem ortaya çıkabileceği öngörmüştür. Bu doğrultuda ülkemizde bir ihtiyaç olan uygulama planının safhaları ile detaylı bilgiye ulaşılabilmesi için, uluslararası uygulama planlarını ve ülkemizde ki proje yönetimini, diğer bilimsel çalışmalar ile harmanlayarak ülkemiz koşullarına göre uygulanabilirliğini araştırmıştır. Köse (2016) Türkiye şartlarına uygun hazırlanan safhaları Autodesk’in Türkçeye çevirmiş olduğu safhalarla kıyasladığında başlıkların arasında benzerlikler olmasına rağmen içeriklerin tamamen farklı olduğunu

gözlemlenmiştir. Bu içeriklerin farklılıklarının ise yöntem farklılığından ortaya çıktığına vurgu yapmaktadır. İçeriğin farklı olması, bu yöntemlerin herhangi birinin yanlış olarak nitelendirilmemesi gerektiğine işaret etmektedir.

Köse (2016) ülkemizde henüz YBS kullanımına uygun bir kontrol mekanizmasının olmadığına dikkat çekmekte ve firmaların buna göre hazırlık yapmaları gerektiğine dikkat çekmektedir. Sonuç olarak Köse (2016)'nin yapmış olduğu çalışmada oluşturulan veriler ve bu verilerin dünyanın çeşitli bölgelerinde oluşturulan benzer verilerle kıyaslanmasından da anlaşıldığı gibi ülkemizde YBS yatırımlarının tıpkı diğer ülkelerde olduğu gibi, firmaların ciddi bir bütçe ayırıp özellikle büyük çaptaki projelerde veya kamu projelerinin tümünde uygulanması gerektiğine vurgu yapmaktadır. Bu hem yüklenici firmalar açısından hem proje yüklenicileri açısından hem de mal sahipleri için çok büyük önem taşıdığına işaret etmektedir. Özellikle projenin çapı büyüdükçe YBS'nin mal sahibine yapmış olduğu yatırımın karşılığını fazlasıyla verdiği dikkat çekmektedir.

Haluk Özcan (2010), “Yapı Bilgi Sistemleri ve Mimarlıktaki Yeri” adlı çalışmasında, mimarlık üretim süreçlerinde geleneksel bilgisayar destekli tasarım yöntemlerinden YBS'ye geçiş evresinde, temel tasarım aşamasında deneyimlenen uyum sürecinin ve tespit edilen eksikliklere dikkat çekmeye çalışmıştır. Özcan (2010) çalışmasında YBS tabanlı yazılımlardan söz ederek gelişim süreçlerini açık bir şekilde ortaya koymuştur. Ayrıca genel anlamda bilgisayar destekli tasarım yazılımları ve özelde YBS yazılımlarının birlikte işlerliği için yapılan veri standardı çalışmalarına yer vermiştir. Sonrasında YBS mantığı, işleyiş yöntemi, özellikleri, sağladığı yararlar ve mimarlıktaki yeri incelenmiş, gelecekteki rolü üzerine tespitlerde bulunmaya çalışmıştır. Özcan (2010) sonuç olarak klasik bilgisayar tabanlı tasarım sistemlerinden YBS'ye geçişte tasarım aşamasında ortaya çıkan zorlukları tespit etmeye ve çözüm önerilerinde bulunmaya çalışmıştır. Tespit edilen sorunların çözümünün yine YBS dahilinde çözüm bulunabileceği düşüncesinden yola çıkarak, gelecekteki süreçte de bu teknolojinin mimarlıkta ve inşaat endüstrisinin tamamında YBS'nin daha da yaygın bir şekilde kullanılacağına dikkat çekmektedir. Özcan (2010) YBS'nin artan ve yaygınlaşan yapısıyla ve sunmuş olduğu imkânlarla gelecekteki dönemlerde çok ciddi bir kullanım alanı yaratacağının altını çizmektedir. YBS'nin önümüzdeki süreçte mimarlık ve tasarım alanlarında hem çok önemli hem de vazgeçilmez bir konuma geleceğine dikkat çekmektedir. Özcan (2010) YBS'nin her geçen gün daha fazla şirket ve kullanıcı tarafından kullanıldığına ancak bu sistemin henüz tam olarak gelişimini tamamlamadığının da altını çizmektedir.

Kemal Atlı (2015) ‘Saha İmalat Kontrollerinin Taşınabilir Aygıtlar Yardımıyla İyileştirilmesi’ başlığı altında bir çalışma yapmıştır. Çalışma kapsamında saha imalat kontrollerinde tespit edilen problemleri çözmeyi hedefleyen Taşınabilir Aygıt Saha Kontrol (TASK) modeli önerilmiştir. Önerilen model oluşturulurken günümüz bilişim teknolojileri yoğun olarak kullanılmış ve ileri adet prototip geliştirilmiştir. Bunlarda ilki saha imalat kontrollerini yerinde gerçekleştirmeyi mümkün kılan Android işletim sistemli taşınabilir cihazlarda kullanılması düşünülen Prototip 1 yazılımıdır. Diğerisi ise yapım projesinin şantiye ve teknik ofislerinde imalat takip ve raporlama işlemleri için

Windows işletim sistemli bilgisayarlarda kullanılmak üzere geliştirilen Prototip 2 yazılımıdır. Android işletim sistemi üzerinde çalışan Prototip I yazılımı ile saha imalat kontrollerinde sıklıkla kullanılan kâğıt tabanlı iş teslim ve kalite kontrol formları dijital platformda oluşturulmuştur. İmalat kontrolleri neticesinde ortaya çıkan veriler projenin herhangi bir aşamasında anlık erişim sağlanmak üzere ağ tabanlı TASK modeli ortak veri tabanında depolanmıştır. Depolanan veriler Windows işletim sistemini kullanan Prototip II tarafından işlenerek gerekli raporlamalar anlık olarak oluşturulabilmektedir. Allplan, Revit ve ArchiCAD gibi BIM (Yapı Bilgi Sistemi) uygulamalarından alınan yapım projesine ait IFC uzantılı dosyalar Prototip II içerisine entegre edilerek iş teslimleri üç boyutlu ortamda görselleştirilebilmektedir. Doğrulama analizinde, geleneksel saha imalat kontrollerinden alınan örneklemeler ile TASK modelinden alınan örneklemeler çok yönlü olarak değerlendirilmiş ve TASK modeli ile etkin sonuçlar alındığı tespit edilmiştir.

Literatürde yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı gibi, Yapı Bilgi Sistemi üzerine farklı türden bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmanın yapılan diğer çalışmalardan farklı olmasının sebebi ise yapı sektöründeki verimlilik ele alınmış ve çözüm olarak Simülasyon sistemleri sunulmuştur. Günümüzde bilhassa da inşaat sektöründe en önemli unsurlardan biri olan maliyet analizinin önemini ortaya çıkarmak açısından da bu çalışma önem taşımaktadır. Ayrıca yukarıda da belirtildiği üzere, sektörde verimliliğe dikkat çekme amacı taşıdığından da bu çalışma önem teşkil etmektedir. Tüm bunlara ek olarak bu araştırmanın özgünlüğü ve yapılmış olan diğer çalışmalardan ayıran farkı ise Simülasyon sistemidir. Simülasyon sistemi ile uygulama anında hataların ortadan kaldırılması ve yapılacak olan işin hızlandırılarak verimliliğe katkısı ortaya koyulacaktır.

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Çalışmanın Amacı

Bu araştırma, İnşaat sektörünün üretim süreçlerinde geleneksel bilgisayar destekli tasarım yöntemlerinden Yapı Bilgi Sistemine geçiş evresinde, temel tasarım aşamasında ortaya çıkan, uyum sürecinin ve tespit edilen eksiklerin ortaya koyulması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde amacı, kapsamı, yöntemi ve sınırlarını belirtmek için genel bir giriş yer almıştır. İkinci kısımda ise bilgisayar destekli tasarım yazılımların inşaat sektöründe kullanımı hakkında genel bilgi verilerek tarihçesine değinilip, bu yazılımların kullanımlarına göre gruplandırılması açıklanmıştır. Ayrıca geleneksel yöntemlerden bilgisayar destekli tasarıma geçiş aşamaları incelenmiştir.

Bu bölümde genel olarak; teknoloji ile birlikte bilgisayar destekli yazılımların inşaat sektörüne olan etkileri irdelenmiştir. Üçüncü kısımda ise; Yapı Bilgi Sistemi (YBS) tabanlı yazılımlara değinilerek gelişme süreçleri net bir şekilde ortaya konulmuştur. Ayrıca genel olarak Bilgisayar Destekli Tasarım yazılımları ve özelde YBS yazılımlarının beraber kullanımı için yapılan veri standardı çalışmalarına yer verilmiştir. Ayrıca Yapı Bilgi Sistemlerinin mantığı, işleyiş yöntemi, özellikleri, sağladığı yararlar, mühendislik ve mimarlıktaki konumu incelenip, gelecekteki rolü üzerine önemli tespitler yapılmıştır.

Tez çalışmasının son kısmında ise; öncelikle yaygın olarak kullanılan Yapı Bilgi Sistemi tabanlı bilgisayar yazılımları incelenerek, kullanıcılara sunduğu özellikler sıralanmıştır. Tez çalışmasının bu kısmında, sahadaki sorunların çözümü YBS kullanılarak oluşturulan bir simülasyon sistemi ile saha çalışan kullanıcılara açıklanmıştır.

Daha önce YBS ile verimlilik üzerine birçok çalışma yapılmış olmasına rağmen simülasyon sistemi ile verimlilik üzerine herhangi bir çalışma yapılmadığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma, bu alanda bu özelliği ile inşaat sektöründe yapılacak olan araştırmalar içerisinde hem ilk olma özelliği, hem de bu alanda çalışma yapacak olan araştırmacılara katkı sağlayacak nitelikte olacaktır.

#### 3.2. Çalışmanın Önemi

Çalışma Türk inşaat sektöründe bir projenin tasarım aşamasından imalatına ve hatta kullanım süreci boyunca kontrolü, yapı hakkında her türlü bilginin erişilebilirliğini ortaya konulmuştur. Bu veriler yapı halen tasarım aşamasındayken maliyet, performans, yönetim gibi pek çok konularda en doğru öngörülerin nasıl yapılacağı hakkında ön bilgi sağlayacaktır. Çalışanların daha az efor ile daha fazla iş ortaya çıkaracakları da görülecektir. Ayrıca inşaat sektöründe verimlilik faktörlerinin gelişimini sağlamakla beraber bu faktörlerin birbirlerine göre göreceli ağırlıklarının değerlendirilmesine olanak sağlayacaktır. Faktörler değerlendirilirken yöneticilerin ve şantiye çalışanlarının verimlilik faktörleri üzerine bakış açıları eş zamanlı olarak yansıtılacaktır.

Bu araştırmada gerçekleştirilmiş olan simülasyon modeli ile inşaat sektöründeki ortaya çıkan sorunları minimize ederek gerçek verimliliği ve iyileştirme bulgularının

genellenebilirliğini sınırlandırması amaçlanmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek için şirketler Yapı Bilgi Sistemi (YBS) uygulaması yoluyla işgücü verimliliği artışları ile ilgili kendi veri tabanını oluşturmak için performans değerlendirme sistemine sahip olacaklardır.

Sonuç olarak bu çalışmanın diğerlerinden farklı olmasının sebebi ise yapı sektöründeki verimlilik ele alınmış ve çözüm olarak Simülasyon sistemleri sunulmuştur. Simülasyon sistemi ile uygulama anında hataların ortadan kaldırılması ve yapılacak olan işin hızlandırılarak verimliliğe katkısı ortaya konulmuştur. Bu araştırmanın özgünlüğü ve yapılmış olan diğer çalışmalardan ayıran farkı hiç kuşkusuz Simülasyon sistemidir.

### 3.3. Çalışmanın Konusu ve Kapsamı

Bu çalışmaya göre ilk olarak bilgisayar destekli tasarım teknolojisinin gelişimi ve ilerleyişi ortaya konulmuştur ve YBS'ye kadar geçilen dönemler ve sorunlar açıklanarak bugüne kadar gelen süreç ele alınmıştır. Bilgisayar destekli çalışmaların geldiği noktada yapı bilgi sistemleri incelenmiş ve bu uygulamanın kullanıcılar için ortaya koyduğu yararlar ele alınıp değerlendirilmiştir.

Bu uygulamadan yararlanılarak üretilen projelerde tasarım ve uygulama aşamalarında elde edilen kazançlar ortaya çıkarılacak ve konuyla ilgili bir proje örneğine yer verilmiştir. YBS'nin sağladığı imkânlar ve özellikler ortaya çıkarılarak yapı endüstrisinde nerede nasıl kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra yapı bilgi sisteminde kullanılan Revit Architecture ve Archicad programları ele alınmıştır. Bunları kullanan kişilerin görüşleri ve değerlendirmeleri alınıp, hangi alanlarda kolaylık sağladığı ve faydaları hakkında geniş ve kapsamlı bilgilere yer verilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda araştırma ilerlemiş ve inşaat endüstrisinde hangi açığı kapatabiliriz sorusunun cevapları aranmıştır. Ayrıca çalışma başlığını oluşturan verimlilik konusu özellikle ele alınmıştır. Çalışmadaki boyutları sıralayacak olursak, bunlar;

- 3. boyut program üzerinden elde edilen ve çizilmiş olan projenin 3D görselleridir.
- 4. boyut, program üzerinden otomatik olarak elde edilen ve projeye ait maliyetlerin analizidir.
- 5. boyut, elde edilen ve projeye ait ısı analizleridir.
- 6. boyut ise; bu çalışmayı diğer çalışmalardan farklı kılan simülasyon sistemidir.

### 3.4. Çalışmanın Yöntemi

Bu çalışmada öncelikle bilgisayar destekli tasarımın gelişiminden başlanarak alışagelmış usul ve yöntemlerden bugüne kadar geline süreç özetlenmiştir. Başta gelen gelişmeler ele alınarak temel tanımlar ve kavramlar ortaya konulmuştur. Daha sonra yapı bilgi sisteminin ana şeması hakkında ve çalışma yöntemine dair açıklamalara değinilmiştir.

Yapı bilgi sistemlerinin ortaya çıkmasıyla, mühim ve kullanışlı olan yazılım örneklerine yer verilmiştir. Daha sonra yapı bilgi sistemi mantığının önemli bir kolunu oluşturan verimli veri yapısı ve bunların sağlıklı bir şekilde kullanımı için yapılmış olan veri standardı çalışmalarına yer verilmiştir.

Yapı bilgi sisteminden elde edilen yararlar, faydalar ve proje çerçevesinde ortaya çıkardığı avantajlar detaylı olarak ortaya koyulacak ve bu avantajları desteklemek için 2008-2009 yıllarında McGraw-Hill kuruluşunun düzenlemiş olduğu yapı bilgi sistemi anket sonuçlarından ve çalışmalardan yararlanılmıştır.

Son olarak bu sistem örnek projelerde incelenen verimlilik faktörlerinin daha önceden tanımlanmış olan planlanma ve uygulama seviyelerine gerçek hayatta uyumlulukları belirlenerek gözlemlenecek ve YBS yapılan bir örnek ile daha iyi anlatılmıştır. Bu örnek simülasyon üzerinden sahadaki çalışanlara ve yöneticilere bir sorunun çözümünün nasıl olacağını göstererek yapılmıştır. Bu simülasyon sistemi ile işin nasıl yapılacağını anında saha çalışanlarına göstererek verim artışı ve zaman tasarrufu elde edilmiştir. Saha çalışanlarının ve kullanıcıların anlamadığı noktaları simülasyon sistemi sayesinde anında yerinde yada uygulama öncesi kişilere eksiksiz aktarılmış ve daha kolay anlamaları sağlanmıştır.

#### 4. BULGULAR

Çalışma kapsamında elde edilen bulgular doğrultusunda, örnek uygulamanın mimari plan, kesit analizi, ısı analizi, metraj analizi ve üç boyut analizi olmak üzere beş başlık altında incelenmiştir. Analizlerde program üzerinden işlenmiş olan fiyatlar Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın vermiş olduğu fiyatlar üzerinden dolar cinsinden girilmiştir.

##### 4.1. Mimari Plan

Çalışma evrenini oluşturan yapı tarafımca dizayn edilmiştir. Bu mimari plana YBS uygulaması yapılmıştır. Mimari plan ve inşaat bilgisi ile ilgili özetler aşağıdaki Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.1'de gösterilmektedir.

Mimari planda YBS'nin işleyiş analizi ise Şekil 4.2., Şekil 4.3., Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da gösterilmektedir. Bu işleyiş analizlerinin gösteriliş amacı ise, aşağıdaki çizelgelerin program içerisinde nasıl ortaya çıktığını göstermek amacıyla eklenmiştir. Ayrıca programın ısı ve ısıtma ile ilgili hesaplamaları yaparken ASHRAE standartlarını kullanmaktadır.

**Çizelge 4.1. Proje Özeti**

| Yer ve Hava Durumu        |             |
|---------------------------|-------------|
| Proje                     | Hasan Koyun |
| Rapor Tipi                | Standart    |
| Enlem                     | 41.06°      |
| Boylam                    | 28.99°      |
| Kuru Hava Sıcaklığı (Yaz) | 32 °C       |
| Nem                       | 25 °C       |
| Kuru Hava Sıcaklığı (Kış) | -2 °C       |
| Ortalama Günlük Sıcaklık  | 8 °C        |

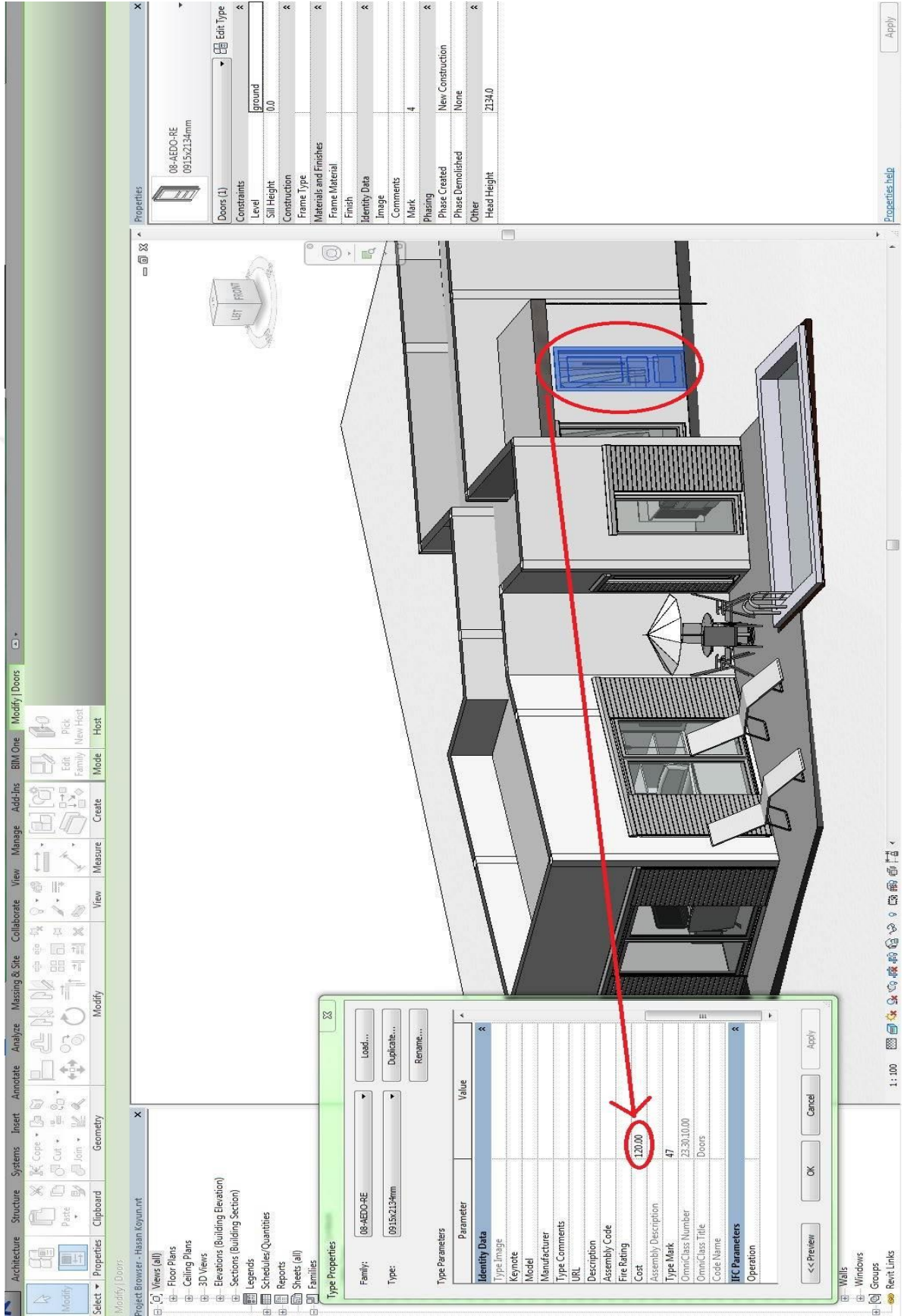
Tarafımca hazırlanan proje özeti yukarıdaki çizelgede gösterildiği üzere, 41.06 ° enleminde, 28.99 ° boylamında, yaz mevsimi için kuru hava sıcaklığı 32 °C, kış mevsimi için kuru hava sıcaklığı -2 °C ve ortalama günlük sıcaklık ise 8 °C olarak tespit edilmiştir. Bu değerler üzerinden projenin analizi yapılmıştır (Çizelge 4.1).

**Çizelge 4.2. İnşaat Bilgisi Özeti**

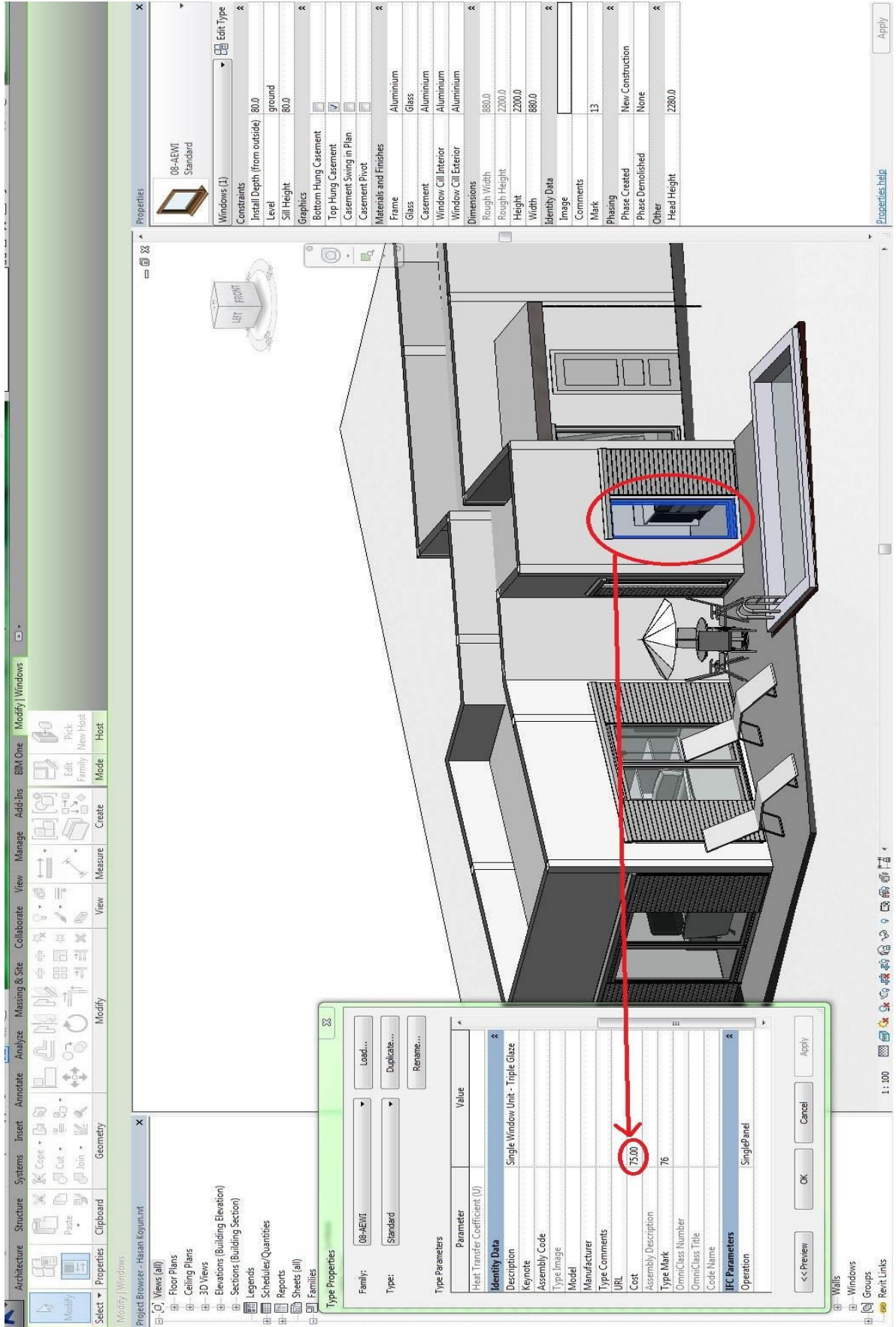
| <b>Girdiler</b>                                |                |
|------------------------------------------------|----------------|
| İnşaat Tipi                                    | Müstakil Konut |
| Alan (m <sup>2</sup> )                         | 78             |
| Hacim (m <sup>3</sup> )                        | 262.53         |
| <b>Hesaplanan Sonuçlar</b>                     |                |
| Soğutma Toplam Yük (W)                         | <b>8,778</b>   |
| Soğutma Ayı ve Saati                           | July 14: 00    |
| Soğutma Kabiliyeti (W)                         | 7,588          |
| Soğutma Kabiliyeti (W)                         | 1,189          |
| Maksimum Soğutma Kapasitesi (W)                | 8,913          |
| Soğutma Havası Akışı (L/s)                     | 418.1          |
| Isıtma Yüğü (W)                                | <b>9,656</b>   |
| Isıtma Hava Akımı (L/s)                        | 523.2          |
| <b>Sağlamalar</b>                              |                |
| Soğutma Yüğü Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )     | 112.55         |
| Soğutma Akış Yoğunluğu (L/(s·m <sup>2</sup> )) | 5,36           |
| Soğutma Akışı / Yüğü (L/(s·kW))                | 47.63          |
| Soğutma Alanı / Yüğü (m <sup>2</sup> /kW)      | 8,88           |
| Isıtma Yüğü Yoğunluğu (W/m <sup>2</sup> )      | 123.82         |
| Isıtma Akış Yoğunluğu (L/(s·m <sup>2</sup> ))  | 6,71           |

Araştırmanın evrenini oluşturan bina ile ilgili ayrıntılar yukarıdaki çizelgede gösterilmektedir. İnşaat tipi müstakil bir yapı olmakla birlikte, inşaat alanı 78 m<sup>2</sup>, hacmi ise 262.53 m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.2).

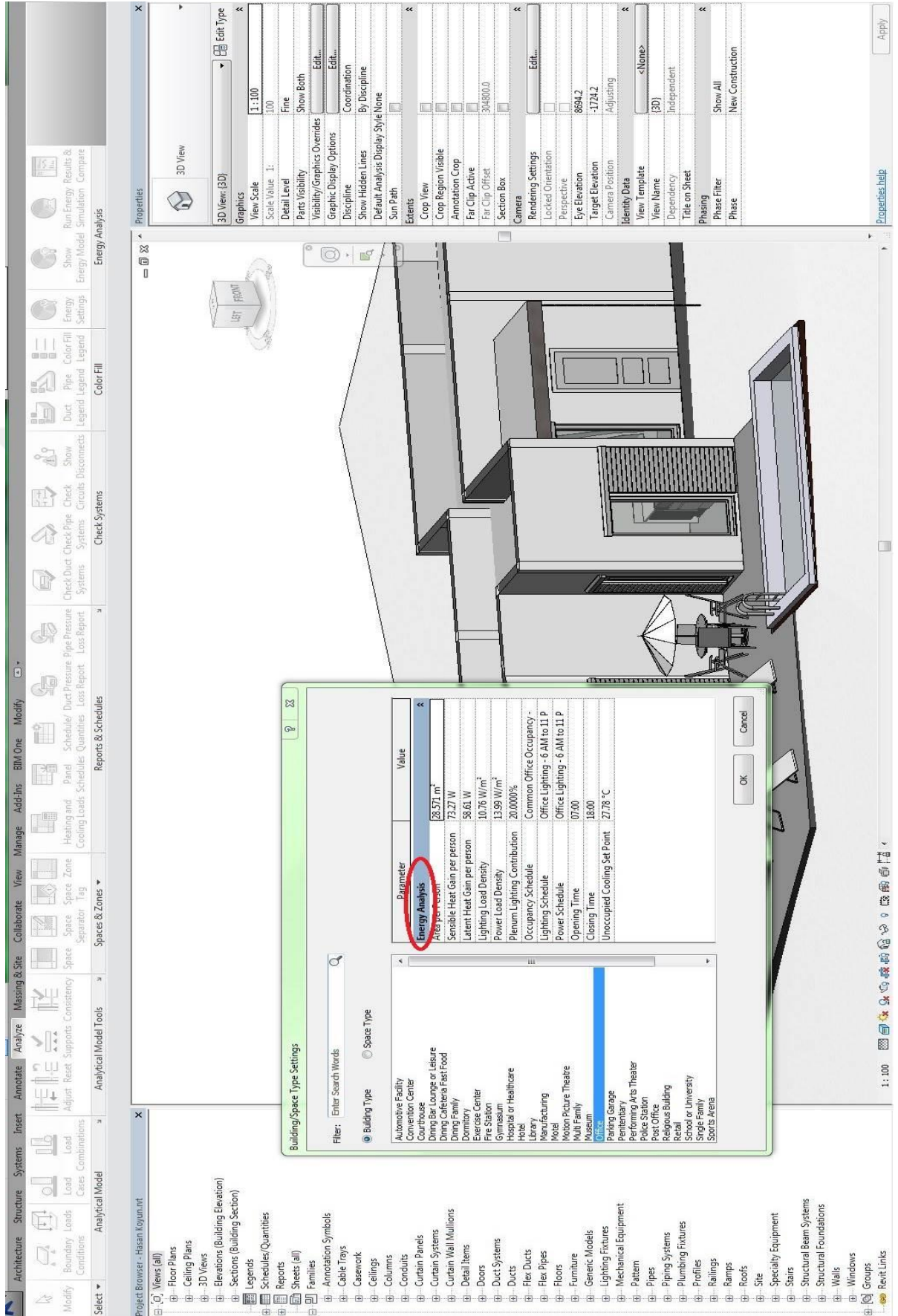




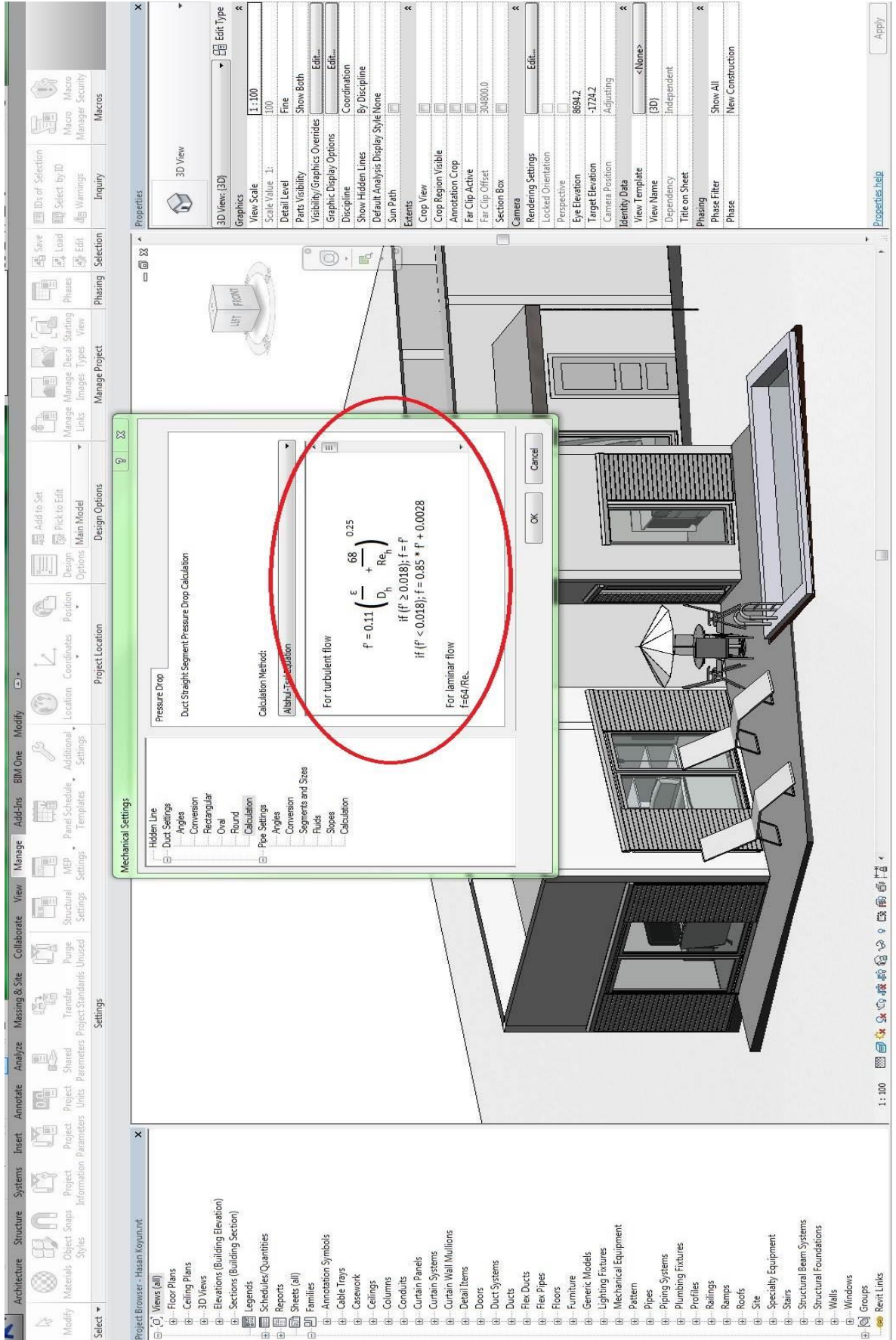
Şekil 4.2. Kapı Fiyat Girdisi



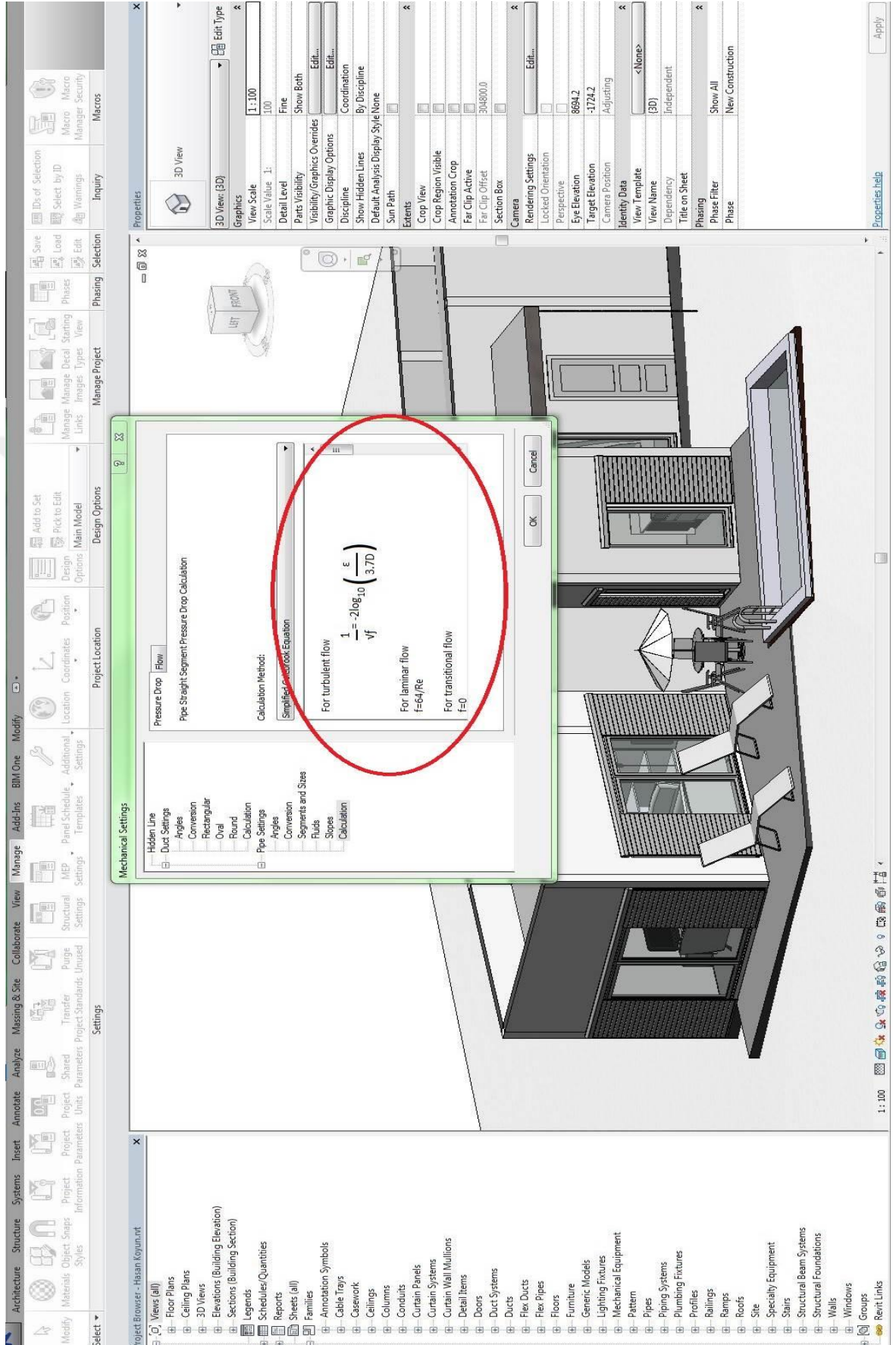
Şekil 4.3. Pencere Fiyat Girdisi



Şekil 4.4. Enerji Analizi Verileri



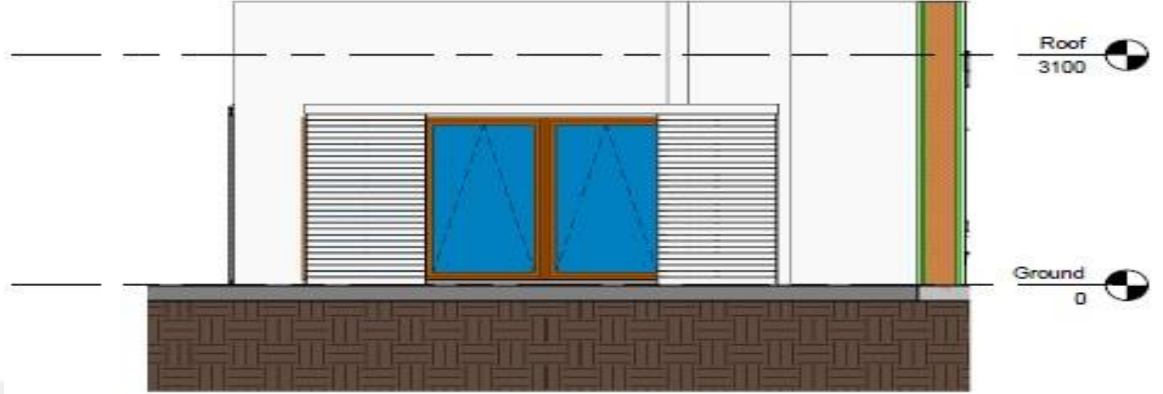
Şekil 4.5. Mekanik Hesaplamalarının Formülasyonu-1



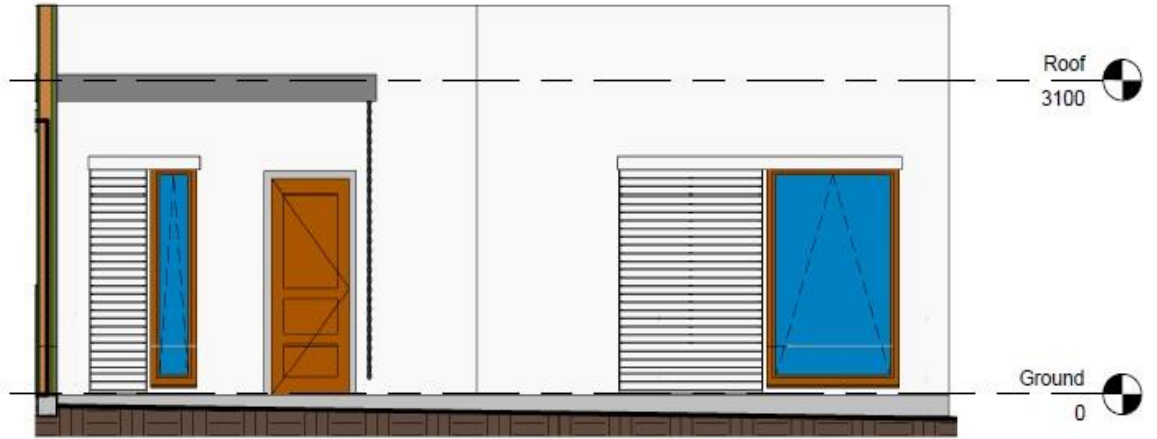
Şekil 4.6. Mekanik Hesaplamalarının Formülasyonu-2

#### 4.2. Kesit Analizi

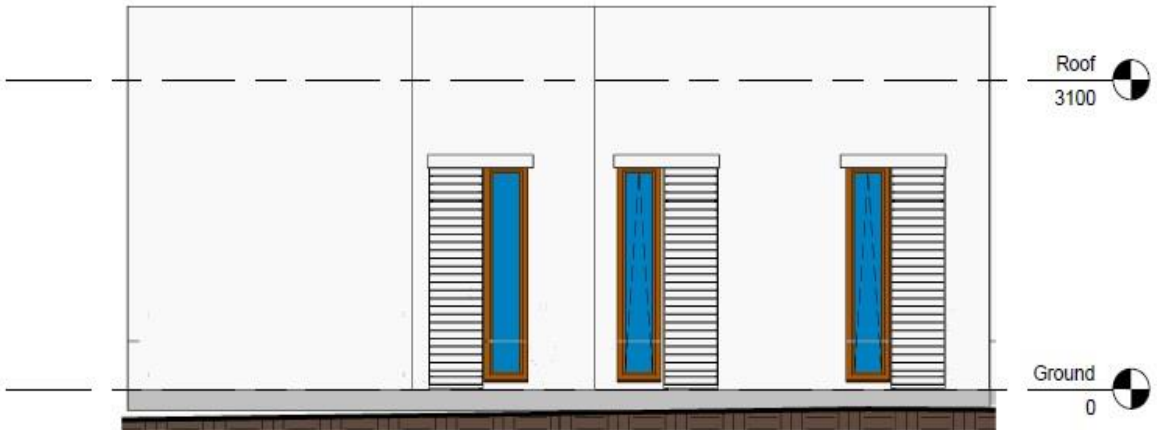
Araştırmanın evrenini oluşturan yapı ile ilgili kesitler aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.



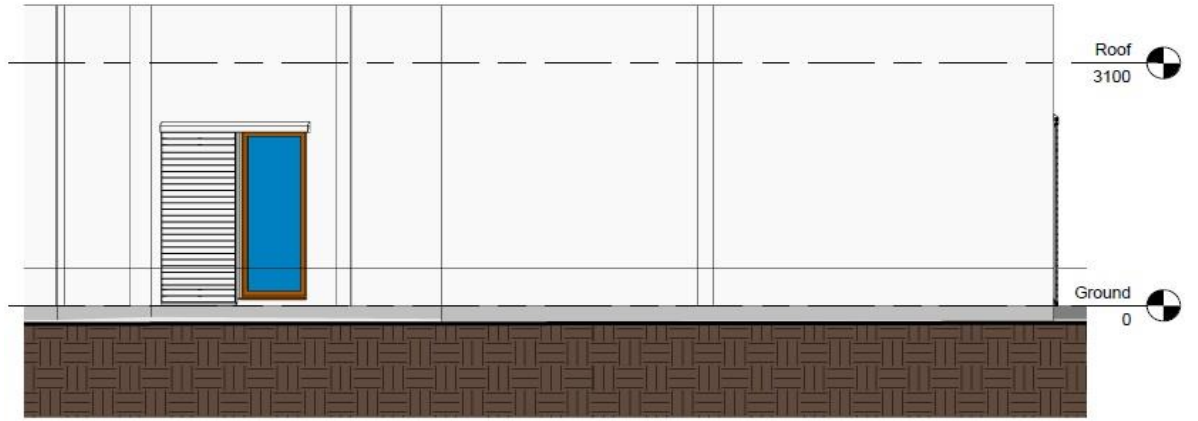
Şekil 4.7. Cephe-1



Şekil 4.8. Cephe-2



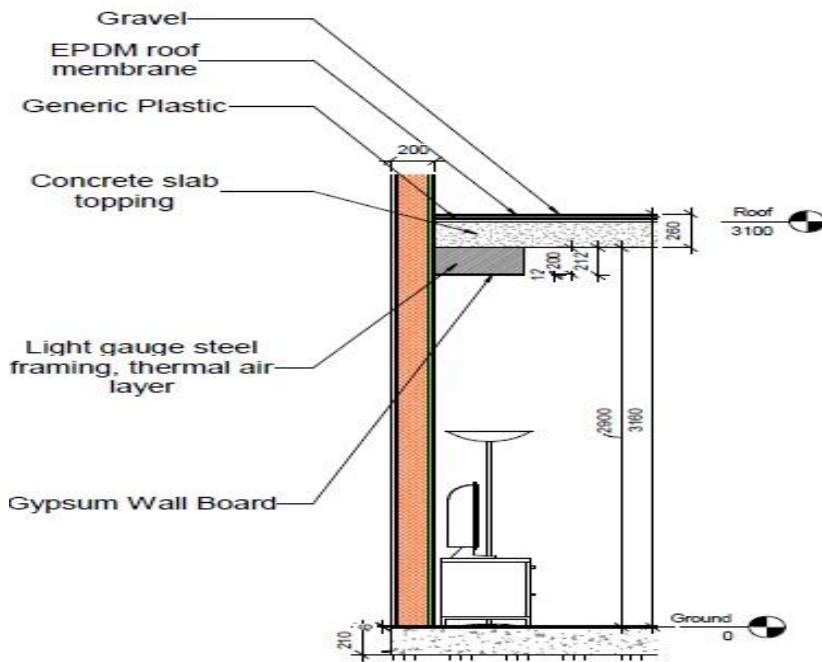
Şekil 4.9. Cephe-3



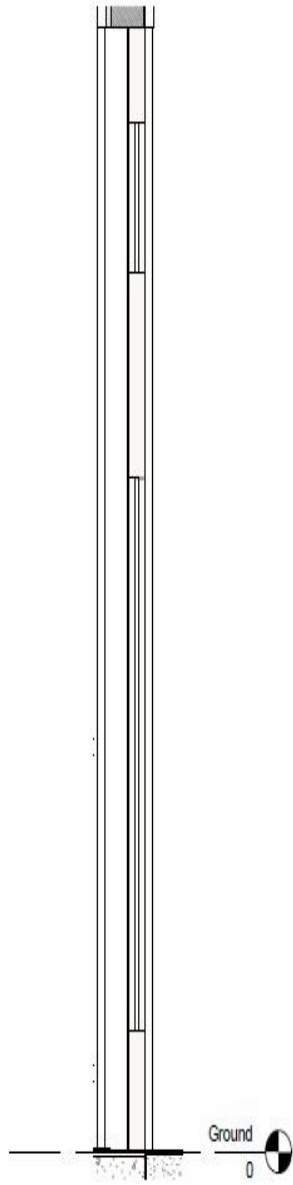
Şekil 4.10. Cephe-4



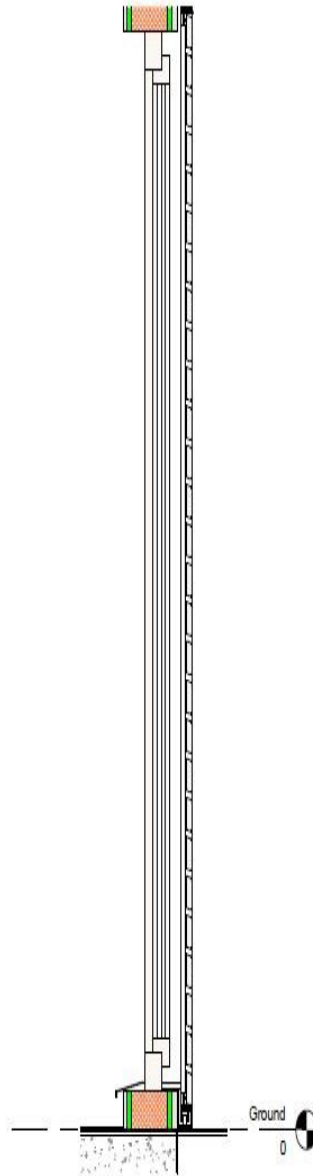
Şekil 4.11. Cephe-5



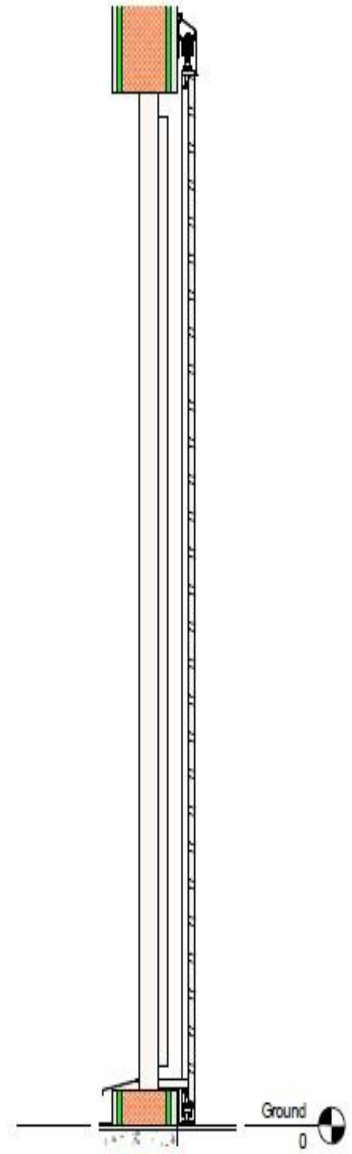
Şekil 4.12. Tavan Kesiti



Şekil 4.13. Kapı Kesiti



Şekil 4.14. Pencere Kesiti



Şekil 4.15. Güneş Kırıcı

Araştırmanın evrenini oluşturan bina ile ilgili olarak kesit ve görünüşler, YBS uygulamasından sonra sistemin otomatik olarak bize verdiği detaylar Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da gösterilmektedir. Bunlar proje hazırlama aşamasında süre ve verimlilik açısından kullanıcılara kolaylık sağlayacaktır. Uygulama aşamasında da ortaya çıkabilecek sorunlar bu detaylar yardımıyla çözülebilmektedir. Bu durumda verimliliğe büyük ölçüde yarar sağlayacağı düşünülmektedir. Özellikle uygulamayı yapacak olan çalışanlar açısından da işin daha anlaşılabilir, hızlı, eksiksiz ve hatasız yapılmasına imkân tanıyacaktır.

### 4.3. Isı Analizi

Araştırmanın evrenini oluşturan bina ile ilgili YBS yardımıyla elde edilen ısı analizlerinin yer aldığı gösterimler aşağıdaki çizelgelerde gösterilmektedir. Yapılan bu ısı analizleri program içerisindeki formülasyona göre program tarafından otomatik bir şekilde verilmektedir. Ayrıca bu ısı analizleri yapının konumu, kullanılan malzeme özelliklerine göre yapılmaktadır. Isı analizi tasarruf açısından önem arz etmektedir.

**Çizelge 4.3. Oturma Odası ve Yemek Odası Isı Analizi**

| <b>Veriler</b>                          |              |
|-----------------------------------------|--------------|
| Alan (m <sup>2</sup> )                  | 33           |
| Hacim (m <sup>3</sup> )                 | 133.89       |
| Duvar Alanı (m <sup>2</sup> )           | 72           |
| Çatı Alanı (m <sup>2</sup> )            | 35           |
| Kapı Alanı (m <sup>2</sup> )            | 0            |
| Ara Bölme Alanı (m <sup>2</sup> )       | 0            |
| Pencere Alanı (m <sup>2</sup> )         | 13           |
| Tavan Penceresi Alanı (m <sup>2</sup> ) | 0            |
| Aydınlatma Yüğü (W)                     | 324          |
| Enerji Yüğü (W)                         | 194          |
| İnsan Sayısı                            | 6            |
| Duyarlı Isı Kazancı / Kişi (W)          | 81           |
| Gizli Isı Kazancı / Kişi (W)            | 81           |
| Sızma Hava Akımı (L/s)                  | 27,70        |
| Alan Tipi                               | Yemek Alanı  |
| <b>Hesaplanan Sonuçlar</b>              |              |
| Soğutma Yüğü (W)                        | <b>3,953</b> |
| Soğutma Kabiliyeti (W)                  | 3,283        |
| Gizli Soğutma Yüğü (W)                  | 670          |
| Hava Soğutma Akışı (L/s)                | 181.3        |
| Isıtma Yüğü (W)                         | <b>3,861</b> |
| Isıtma Hava Akımı (L/s)                 | 209.2        |

Yapılan inceleme ve analiz sonrasında oturma ve yemek odasının toplam alanının 33 m<sup>2</sup>, hacim 133.89 m<sup>3</sup>, duvar alanı 72 m<sup>2</sup>, çatı alanı 35 m<sup>2</sup>, pencere alanı 13 m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Oturma odası ve yemek odasının aydınlatma yükü 324 watt, enerji yükü ise 194 watt olarak tespit edilmiştir. Oturma ve yemek odası maksimum 6 kişi üzerinden hesaplanmıştır. Bu alanlardaki duyarlı ısı kazancı ve gizli ısı kazancı kişi başına 81 watt olarak tespit edilmiştir. Oturma ve yemek odası ile ilgili olarak hesaplanan sonuçlar incelendiğinde; soğutma yükünün 3,953 watt, ısıtma yükünün ise 3,861 watt olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

**Çizelge 4.4.** Objelere Göre Isı Dağılımı (Oturma Odası ve Yemek Odası)

| Bileşenler      | Soğutma      |                  | Isıtma       |                  |
|-----------------|--------------|------------------|--------------|------------------|
|                 | Yükler (W)   | Toplam Yüzde (%) | Yükler (W)   | Toplam Yüzde (%) |
| Duvar           | 221          | 5.59%            | 1,131        | 29.29%           |
| Pencere         | 504          | 12.76%           | 863          | 22.36%           |
| Kapı            | 0            | 0.00%            | 0            | 0.00%            |
| Çatı            | 1,723        | 43.58%           | 1,058        | 27.41%           |
| Tavan Penceresi | 0            | 0.00%            | 0            | 0.00%            |
| Bölme Duvar     | 0            | 0.00%            | 0            | 0.00%            |
| Süzülme         | 475          | 12.02%           | 808          | 20.93%           |
| Aydınlatma      | 250          | 6.32%            |              |                  |
| Enerji          | 150          | 3.79%            |              |                  |
| İnsan           | 630          | 15.95%           |              |                  |
| Genel           | 0            | 0.00%            |              |                  |
| <b>Toplam</b>   | <b>3,953</b> | <b>100%</b>      | <b>3,861</b> | <b>100%</b>      |

Oturma ve yemek odası objelere göre ısı değerleri incelendiğinde; duvar için soğutma yükü 221 (5.59%) watt, ısıtma yükü 1,131 (29.29%) watt olarak tespit edilmiştir. Pencere için soğutma yükü 504 (12.76 %), ısıtma yükü ise 863 (22.36%) watt olarak tespit edilmiştir. Çatı için soğutma yükü 1,723 (43.58%), ısıtma yükü ise 1,058 (27.41%) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.5.** Koridor Isı Analizi

| <b>Girdiler</b>                         |                 |
|-----------------------------------------|-----------------|
| Alan (m <sup>2</sup> )                  | 11              |
| Hacim (m <sup>3</sup> )                 | 30.58           |
| Duvar Alanı (m <sup>2</sup> )           | 24              |
| Çatı Alanı (m <sup>2</sup> )            | 12              |
| Kapı Alanı (m <sup>2</sup> )            | 8               |
| Ara Bölme Alanı (m <sup>2</sup> )       | 0               |
| Pencere Alanı (m <sup>2</sup> )         | 3               |
| Tavan Penceresi Alanı (m <sup>2</sup> ) | 0               |
| Aydınlatma Yüğü (W)                     | 58              |
| Enerji Yüğü (W)                         | 35              |
| İnsan Sayısı                            | 2               |
| Duyarlı Isı Kazancı / Kişi (W)          | 73              |
| Gizli Isı Kazancı / Kişi (W)            | 59              |
| Sızma Hava Akımı (L/s)                  | 9,30            |
| Alan Tipi                               | Koridor / Geçiş |
| <b>Hesaplanan Sonuçlar</b>              |                 |
| Soğutma Yüğü (W)                        | <b>1,162</b>    |
| Soğutma Kabiliyeti (W)                  | 991             |
| Gizli Soğutma Yüğü (W)                  | 172             |
| Hava Soğutma Akışı (L/s)                | 55.9            |
| Isıtma Yüğü (W)                         | <b>1,357</b>    |
| Isıtma Hava Akımı (L/s)                 | 73.5            |

Yapılan analiz sonrasında koridor alanının toplamda 11 m<sup>2</sup>, hacim 30.58 m<sup>3</sup>, duvar alanı 24 m<sup>2</sup>, çatı alanı 12 m<sup>2</sup>, pencere alanı 3 m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Koridor

alanının aydınlatma yükü 58 watt, enerji yükü ise 35 watt olarak tespit edilmiştir. Koridor alanı 2 kişi üzerinden hesaplanmıştır. Bu alanlardaki duyarlı ısı kazancı kişi başına 73 ve gizli ısı kazancı kişi başına 59 watt olarak tespit edilmiştir. Koridor alanı ile ilgili olarak hesaplanan sonuçlar incelendiğinde; soğutma yükünün 1,162 watt, ısıtma yükünün ise 1,357 watt olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

**Çizelge 4.6.** Objelere Göre Isı Dağılımı (Koridor)

| Bileşenler      | Soğutma      |                  | Isıtma       |                  |
|-----------------|--------------|------------------|--------------|------------------|
|                 | Yükler (W)   | Toplam Yüzde (%) | Yükler (W)   | Toplam Yüzde (%) |
| Duvar           | 83           | 7.16%            | 369          | 27.21%           |
| Pencere         | 101          | 8.67%            | 206          | 15.18%           |
| Kapı            | 34           | 2.93%            | 151          | 11.11%           |
| Çatı            | 586          | 50.44%           | 360          | 26.54%           |
| Tavan Penceresi | 0            | 0.00%            | 0            | 0.00%            |
| Bölme Duvar     | 0            | 0.00%            | 0            | 0.00%            |
| Süzülme         | 159          | 13.70%           | 271          | 19.97%           |
| Aydınlatma      | 46           | 3.94%            |              |                  |
| Enerji          | 27           | 2.36%            |              |                  |
| İnsan           | 125          | 10.79%           |              |                  |
| Genel           | 0            | 0.00%            |              |                  |
| <b>Total</b>    | <b>1,162</b> | <b>100%</b>      | <b>1,357</b> | <b>100%</b>      |

Koridor alanının objelere göre ısı dağılımı incelendiğinde; duvar için soğutma yükü 83 (7.16%) watt, ısıtma yükü 369 (27.21%) watt olarak tespit edilmiştir. Pencere için soğutma yükü 101 (8.67 %), ısıtma yükü ise 206 (15.18%) watt olarak tespit

edilmiştir. Çatı için soğutma yükü 586 (50.44%), ısıtma yükü ise 360 (26.54%) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.7. Mutfak Isı Analizi**

| <b>Girdiler</b>                         |              |
|-----------------------------------------|--------------|
| Alan (m <sup>2</sup> )                  | 9            |
| Hacim (m <sup>3</sup> )                 | 32.69        |
| Duvar Alanı (m <sup>2</sup> )           | 23           |
| Çatı Alanı (m <sup>2</sup> )            | 10           |
| Kapı Alanı (m <sup>2</sup> )            | 2            |
| Ara Bölme Alanı (m <sup>2</sup> )       | 0            |
| Pencere Alanı (m <sup>2</sup> )         | 3            |
| Tavan Penceresi Alanı (m <sup>2</sup> ) | 0            |
| Aydınlatma Yükü (W)                     | 100          |
| Enerji Yükü (W)                         | 100          |
| İnsan Sayısı                            | 1            |
| Duyarlı Isı Kazancı / Kişi (W)          | 73           |
| Gizli Isı Kazancı / Kişi (W)            | 59           |
| Sızma Hava Akımı (L/s)                  | 9.0          |
| Alan Tipi                               | Aile         |
| <b>Hesaplanan Sonuçlar</b>              |              |
| Soğutma Yükü (W)                        | <b>1,026</b> |
| Soğutma Kabiliyeti (W)                  | 917          |
| Gizli Soğutma Yükü (W)                  | 110          |
| Hava Soğutma Akışı (L/s)                | 49.4         |
| Isıtma Yükü (W)                         | <b>1,017</b> |
| Isıtma Hava Akımı (L/s)                 | 63.4         |

Yapılan analiz sonrasında mutfak alanının toplamda 9 m<sup>2</sup>, hacim 32.69 m<sup>3</sup>, duvar alanı 23 m<sup>2</sup>, çatı alanı 10 m<sup>2</sup>, pencere alanı 3 m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Mutfak alanının aydınlatma yükü ve enerji yükü 100 watt olarak tespit edilmiştir. Mutfak alanı

1 kişi üzerinden hesaplanmıştır. Bu alanlardaki duyarlı ısı kazancı kişi başına 73 ve gizli ısı kazancı kişi başına 59 watt olarak tespit edilmiştir. Mutfak alanıyla ilgili olarak da hesaplanan sonuçlar değerlendirildiğinde; soğutma yükünün 1,026 watt, ısıtma yükünün ise 1,171 watt olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.7).

**Çizelge 4.8.** Objelere Göre Isı Dağılımı (Mutfak)

| Bileşenler      | Soğutma      |                  | Isıtma        |                  |
|-----------------|--------------|------------------|---------------|------------------|
|                 | Yükler (W)   | Toplam Yüzde (%) | Yükler (W)    | Toplam Yüzde (%) |
| Duvar           | 129          | 12.60%           | 390           | 33.32%           |
| Pencere         | 169          | 16.44%           | 206           | 17.60%           |
| Kapı            | 0            | 0.00%            | 0             | 0.00%            |
| Çatı            | 506          | 49.28%           | 311           | 26.55%           |
| Tavan Penceresi | 0            | 0.00%            | 0             | 0.00%            |
| Bölme Duvar     | 0            | 0.00%            | 0             | 0.00%            |
| Süzülme         | 155          | 15.10%           | 264           | 22.53%           |
| Aydınlatma      | 32           | 3.10%            |               |                  |
| Enerji          | 32           | 3.10%            |               |                  |
| İnsan           | 4            | 0.37%            |               |                  |
| Genel           | 0            | 0.00%            |               |                  |
| <b>Total</b>    | <b>1,026</b> | <b>100%</b>      | <b>1, 171</b> | <b>100%</b>      |

Mutfak alanının objelere göre ısı dağılımı incelendiğinde; duvar için soğutma yükü 129 (12.60%) watt, ısıtma yükü 390 (33.32%) watt olarak tespit edilmiştir. Pencere için soğutma yükü 169 (16.44 %), ısıtma yükü ise 206 (17.60%) watt olarak tespit edilmiştir. Çatı için soğutma yükü 506 (49.28%), ısıtma yükü ise 311 (26.55%) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.9. Depo Isı Analizi

| Girdiler                                |                    |
|-----------------------------------------|--------------------|
| Alan (m <sup>2</sup> )                  | 4                  |
| Hacim (m <sup>3</sup> )                 | 11.48              |
| Duvar Alanı (m <sup>2</sup> )           | 18                 |
| Çatı Alanı (m <sup>2</sup> )            | 4                  |
| Kapı Alanı (m <sup>2</sup> )            | 2                  |
| Ara Bölme Alanı (m <sup>2</sup> )       | 0                  |
| Pencere Alanı (m <sup>2</sup> )         | 1                  |
| Tavan Penceresi Alanı (m <sup>2</sup> ) | 0                  |
| Aydınlatma Yüğü (W)                     | 64                 |
| Enerji Yüğü (W)                         | 13                 |
| İnsan Sayısı                            | 1                  |
| Duyarlı Isı Kazancı / Kişi (W)          | 73                 |
| Gizli Isı Kazancı / Kişi (W)            | 59                 |
| Sızma Hava Akımı (L/s)                  | 6,80               |
| Alan Tipi                               | Elektrik / Mekanik |
| Hesaplanan Sonuçlar                     |                    |
| Soğutma Yüğü (W)                        | 475                |
| Soğutma Kabiliyeti (W)                  | 392                |
| Gizli Soğutma Yüğü (W)                  | 83                 |
| Hava Soğutma Akışı (L/s)                | 21,70              |
| Isıtma Yüğü (W)                         | 722                |
| Isıtma Hava Akımı (L/s)                 | 39.1               |

Yapılan analiz sonrasında depo alanının toplamda 4 m<sup>2</sup>, hacim 11.48 m<sup>3</sup>, duvar alanı 18 m<sup>2</sup>, çatı alanı 4 m<sup>2</sup>, kapı alanı 2 m<sup>2</sup>, pencere alanı 1 m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Depo alanının aydınlatma yükü 64 watt, enerji yükü ise 13 watt olarak tespit edilmiştir. Depo alanı 1 kişi üzerinden hesaplanmıştır. Bu alanlardaki duyarlı ısı kazancı kişi başına 73 ve gizli ısı kazancı kişi başına 59 watt olarak tespit edilmiştir. Depo alanı ile ilgili olarak da hesaplanan sonuçlar değerlendirildiğinde; soğutma yükünün 475 watt, ısıtma yükünün ise 722 watt olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

**Çizelge 4.10.** Objelere Göre Isı Dağılımı (Depo)

| Bileşenler      | Soğutma    |                  | Isıtma     |                  |
|-----------------|------------|------------------|------------|------------------|
|                 | Yükler (W) | Toplam Yüzde (%) | Yükler (W) | Toplam Yüzde (%) |
| Duvar           | 74         | 15.60%           | 317        | 43.97%           |
| Pencere         | 22         | 4.56%            | 73         | 10.07%           |
| Kapı            | 0          | 0.00%            | 0          | 0.00%            |
| Çatı            | 202        | 42.41%           | 133        | 18.39%           |
| Tavan Penceresi | 0          | 0.00%            | 0          | 0.00%            |
| Bölme Duvar     | 0          | 0.00%            | 0          | 0.00%            |
| Süzülme         | 117        | 24.62%           | 199        | 27.58%           |
| Aydınlatma      | 48         | 10.07%           |            |                  |
| Enerji          | 10         | 2.01%            |            |                  |
| İnsan           | 3          | 0.73%            |            |                  |
| Genel           | 0          | 0.00%            |            |                  |
| <b>Toplam</b>   | <b>475</b> | <b>100%</b>      | <b>722</b> | <b>100%</b>      |

Depo alanının objelere göre ısı dağılımı incelendiğinde; duvar için soğutma yükü 74 (15.60%) watt, ısıtma yükü 317 (43.97%) watt olarak tespit edilmiştir. Pencere için soğutma yükü 22 (4.56 %), ısıtma yükü ise 73 (10.07%) watt olarak tespit edilmiştir. Çatı için soğutma yükü 202 (42.41%), ısıtma yükü ise 133 (18.39%) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.10).

**Çizelge 4.11. WC Isı Analizi**

| <b>Girdiler</b>                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| Alan (m <sup>2</sup> )                  | 3          |
| Hacim (m <sup>3</sup> )                 | 7.20       |
| Duvar Alanı (m <sup>2</sup> )           | 9          |
| Çatı Alanı (m <sup>2</sup> )            | 4          |
| Kapı Alanı (m <sup>2</sup> )            | 2          |
| Ara Bölme Alanı (m <sup>2</sup> )       | 0          |
| Pencere Alanı (m <sup>2</sup> )         | 1          |
| Tavan Penceresi Alanı (m <sup>2</sup> ) | 0          |
| Aydınlatma Yüğü (W)                     | 30         |
| Enerji Yüğü (W)                         | 10         |
| İnsan Sayısı                            | 1          |
| Duyarlı Isı Kazancı / Kişi (W)          | 73         |
| Gizli Isı Kazancı / Kişi (W)            | 59         |
| Sızma Hava Akımı (L/s)                  | 3,50       |
| Alan Tipi                               | Tuvaletler |
| <b>Hesaplanan Sonuçlar</b>              |            |
| Soğutma Yüğü (W)                        | <b>340</b> |
| Soğutma Kabiliyeti (W)                  | 281        |
| Gizli Soğutma Yüğü (W)                  | 59         |
| Hava Soğutma Akışı (L/s)                | 15,50      |
| Isıtma Yüğü (W)                         | <b>433</b> |
| Isıtma Hava Akımı (L/s)                 | 23,40      |

Yapılan analiz sonrasında WC alanının toplamda 3 m<sup>2</sup>, hacim 7.20 m<sup>3</sup>, duvar alanı 9 m<sup>2</sup>, çatı alanı 4 m<sup>2</sup>, kapı alanı 2 m<sup>2</sup>, pencere alanı 1 m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. WC alanının aydınlatma yüğü 30 watt, enerji yüğü ise 10 watt olarak tespit edilmiştir.

WC alanı 1 kişi üzerinden hesaplanmıştır. Bu alanlardaki duyarlı ısı kazancı kişi başına 73 ve gizli ısı kazancı kişi başına 59 watt olarak tespit edilmiştir. WC alanı ile ilgili olarak da hesaplanan sonuçlar değerlendirildiğinde; soğutma yükünün 340 watt, ısıtma yükünün ise 433 watt olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.11).

**Çizelge 4.12.** Objelere Göre Isı Dağılımı (WC)

| Bileşenler      | Soğutma    |                  | Isıtma     |                  |
|-----------------|------------|------------------|------------|------------------|
|                 | Yükler (W) | Toplam Yüzde (%) | Yükler (W) | Toplam Yüzde (%) |
| Duvar           | 33         | 9.73%            | 152        | 35.09%           |
| Pencere         | 22         | 6.48%            | 73         | 16.80%           |
| Kapı            | 0          | 0.00%            | 0          | 0.00%            |
| Çatı            | 160        | 46.87%           | 107        | 24.66%           |
| Tavan Penceresi | 0          | 0.00%            | 0          | 0.00%            |
| Bölme Duvar     | 0          | 0.00%            | 0          | 0.00%            |
| Süzülme         | 60         | 17.52%           | 101        | 23.45%           |
| Aydınlatma      | 23         | 6.74%            |            |                  |
| Enerji          | 8          | 2.25%            |            |                  |
| İnsan           | 35         | 10.42%           |            |                  |
| Genel           | 0          | 0.00%            |            |                  |
| <b>Toplam</b>   | <b>340</b> | <b>100%</b>      | <b>433</b> | <b>100%</b>      |

WC alanının objelere göre ısı dağılımı incelendiğinde; duvar için soğutma yükü 33 (9.73%) watt, ısıtma yükü 152 (35.09%) watt olarak tespit edilmiştir. Pencere için soğutma yükü 22 (6.48 %), ısıtma yükü ise 73 (16.80%) watt olarak tespit edilmiştir. Çatı için soğutma yükü 160 (46.87%), ısıtma yükü ise 107 (24.66%) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.12).

**Çizelge 4.13.** Yatak Odası Isı Analizi

| <b>Girdiler</b>                         |              |
|-----------------------------------------|--------------|
| Alan (m <sup>2</sup> )                  | 14           |
| Hacim (m <sup>3</sup> )                 | 39.57        |
| Duvar Alanı (m <sup>2</sup> )           | 39           |
| Çatı Alanı (m <sup>2</sup> )            | 15           |
| Kapı Alanı (m <sup>2</sup> )            | 4            |
| Ara Bölme Alanı (m <sup>2</sup> )       | 0            |
| Pencere Alanı (m <sup>2</sup> )         | 3            |
| Tavan Penceresi Alanı (m <sup>2</sup> ) | 0            |
| Aydınlatma Yüğü (W)                     | 169          |
| Enerji Yüğü (W)                         | 82           |
| İnsan Sayısı                            | 3            |
| Duyarlı Isı Kazancı / Kişi (W)          | 73           |
| Gizli Isı Kazancı / Kişi (W)            | 45           |
| Sızma Hava Akımı (L/s)                  | 15,10        |
| Alan Tipi                               | Yatak Odası  |
| <b>Hesaplanan Sonuçlar</b>              |              |
| Soğutma Yüğü (W)                        | <b>1.656</b> |
| Soğutma Kabiliyeti (W)                  | 1,447        |
| Gizli Soğutma Yüğü (W)                  | 209          |
| Hava Soğutma Akışı (L/s)                | 79.8         |
| Isıtma Yüğü (W)                         | <b>1.805</b> |
| Isıtma Hava Akımı (L/s)                 | 97.8         |

Yapılan analiz sonrasında yatak odası alanının toplamda 14 m<sup>2</sup>, hacim 39.57 m<sup>3</sup>, duvar alanı 39 m<sup>2</sup>, çatı alanı 15 m<sup>2</sup>, kapı alanı 4 m<sup>2</sup>, pencere alanı 3 m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Yatak odası alanının aydınlatma yüğü 169 watt, enerji yüğü ise 82 watt

olarak tespit edilmiştir. Yatak odası alanı 3 kişi üzerinden hesaplanmıştır. Bu alanlardaki duyarlı ısı kazancı kişi başına 73 ve gizli ısı kazancı kişi başına 45 watt olarak tespit edilmiştir. Yatak odası alanı ile ilgili olarak da hesaplanan sonuçlar değerlendirildiğinde; soğutma yükünün 1.656 watt, ısıtma yükünün ise 1.805 watt olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.13).

**Çizelge 4.14.** Objelere Göre Isı Dağılımı (Yatak Odası)

| Bileşenler      | Soğutma      |                  | Isıtma       |                  |
|-----------------|--------------|------------------|--------------|------------------|
|                 | Yükler (W)   | Toplam Yüzde (%) | Yükler (W)   | Toplam Yüzde (%) |
| Duvar           | 195          | 11.80%           | 691          | 38.28%           |
| Pencere         | 164          | 9.91%            | 209          | 11.57%           |
| Kapı            | 0            | 0.00%            | 0            | 0.00%            |
| Çatı            | 763          | 46.09%           | 464          | 25.67%           |
| Tavan Penceresi | 0            | 0.00%            | 0            | 0.00%            |
| Bölme Duvar     | 0            | 0.00%            | 0            | 0.00%            |
| Süzülme         | 260          | 15.69%           | 442          | 24.47%           |
| Aydınlatma      | 130          | 7.88%            |              |                  |
| Enerji          | 63           | 3.83%            |              |                  |
| İnsan           | 79           | 4.80%            |              |                  |
| Genel           | 0            | 0.00%            |              |                  |
| <b>Toplam</b>   | <b>1,656</b> | <b>100%</b>      | <b>1,805</b> | <b>100%</b>      |

Yatak odası alanının objelere göre ısı dağılımı incelendiğinde; duvar için soğutma yükü 195 (11.80%) watt, ısıtma yükü 691 (38.28%) watt olarak tespit edilmiştir. Pencere için soğutma yükü 164 (9.91 %), ısıtma yükü ise 209 (11.57%) watt olarak tespit edilmiştir. Çatı için soğutma yükü 763 (46.09%), ısıtma yükü ise 464 (26.67%) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.15. Banyo Isı Analizi

| Girdiler                                |            |
|-----------------------------------------|------------|
| Alan (m <sup>2</sup> )                  | 3          |
| Hacim (m <sup>3</sup> )                 | 7.11       |
| Duvar Alanı (m <sup>2</sup> )           | 5          |
| Çatı Alanı (m <sup>2</sup> )            | 4          |
| Kapı Alanı (m <sup>2</sup> )            | 2          |
| Ara Bölme Alanı (m <sup>2</sup> )       | 0          |
| Pencere Alanı (m <sup>2</sup> )         | 1          |
| Tavan Penceresi Alanı (m <sup>2</sup> ) | 0          |
| Aydınlatma Yüğü (W)                     | 30         |
| Enerji Yüğü (W)                         | 10         |
| İnsan Sayısı                            | 1          |
| Duyarlı Isı Kazancı / Kişi (W)          | 73         |
| Gizli Isı Kazancı / Kişi (W)            | 59         |
| Sızma Hava Akımı (L/s)                  | 1,90       |
| Alan Tipi                               | Banyo      |
| Hesaplanan Sonuçlar                     |            |
| Soğutma Yüğü (W)                        | <b>300</b> |
| Soğutma Kabiliyeti (W)                  | 260        |
| Gizli Soğutma Yüğü (W)                  | 40         |
| Hava Soğutma Akışı (L/s)                | 14,50      |
| Isıtma Yüğü (W)                         | <b>309</b> |
| Isıtma Hava Akımı (L/s)                 | 16,80      |

Yapılan analiz sonrasında banyo alanının toplamda 3 m<sup>2</sup>, hacim 7.11 m<sup>3</sup>, duvar alanı 5 m<sup>2</sup>, çatı alanı 4 m<sup>2</sup>, kapı alanı 2 m<sup>2</sup>, pencere alanı 1 m<sup>2</sup> olarak tespit edilmiştir. Yatak odası alanının aydınlatma yüğü 30 watt, enerji yüğü ise 10 watt olarak tespit edilmiştir. Banyo alanı 1 kişi üzerinden hesaplanmıştır. Bu alanlardaki duyarlı ısı

kazancı kişi başına 73 ve gizli ısı kazancı kişi başına 59 watt olarak tespit edilmiştir. Banyo alanı ile ilgili olarak da hesaplanan sonuçlar değerlendirildiğinde; soğutma yükünün 300 watt, ısıtma yükünün ise 309 watt olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.15).

**Çizelge 4.16.** Objelere Göre Isı Dağılımı (Banyo)

| Bileşenler      | Soğutma    |                  | Isıtma     |                  |
|-----------------|------------|------------------|------------|------------------|
|                 | Yükler (W) | Toplam Yüzde (%) | Yükler (W) | Toplam Yüzde (%) |
| Duvar           | 15         | 5.11%            | 72         | 23.23%           |
| Pencere         | 22         | 7.35%            | 73         | 23.49%           |
| Kapı            | 0          | 0.00%            | 0          | 0.00%            |
| Çatı            | 165        | 55.13%           | 111        | 35.73%           |
| Tavan Penceresi | 0          | 0.00%            | 0          | 0.00%            |
| Bölme Duvar     | 0          | 0.00%            | 0          | 0.00%            |
| Süzülme         | 32         | 10.64%           | 54         | 17.55%           |
| Aydınlatma      | 23         | 7.56%            |            |                  |
| Enerji          | 8          | 2.52%            |            |                  |
| İnsan           | 35         | 11.69%           |            |                  |
| Genel           | 0          | 0.00%            |            |                  |
| <b>Toplam</b>   | <b>300</b> | <b>100%</b>      | <b>309</b> | <b>100%</b>      |

Banyo alanının objelere göre ısı dağılımı incelendiğinde; duvar için soğutma yükü 15 (5.11%) watt, ısıtma yükü 72 (23.23%) watt olarak tespit edilmiştir. Pencere için soğutma yükü 22 (7.35 %), ısıtma yükü ise 73 (23.49%) watt olarak tespit edilmiştir. Çatı için soğutma yükü 165 (55.13%), ısıtma yükü ise 111 (35.73%) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.16).

#### 4.4. Metraj Analizi

Bir yapıyı oluşturan unsurların birbirlerinden ayrı bir şekilde ölçülerek miktarlarının tespit edilmesi işlemine metraj adı verilmektedir. Metraj ile ilgili

ölçümlerde uzunlukları  $m^2$ , alanları  $m^2$ , hacimleri  $m^3$  ve ağırlıklar ise ton şeklinde hesaplanabilmektedir. Metraja bağlı olarak maliyetlerin hesaplanma aşamalarında bulunacak maliyetin gerçekçi olması metrajın doğru bir şekilde yapılmasıyla doğrudan ilişkilidir. Bundan dolayı metrajın hazırlanması hakkında temel prensiplerin doğru bir şekilde tespit edilmesi ve aynı zamanda iyi bilinmesi gereklidir. Bu bağlamda metrajın önemi aşağıdaki şıklarda sıralanmaktadır (Özkaya 2014):

- Yapının inşa edilmesi için öncelikle imar durumuna uygun şekilde projenin çizilmesi gerekmektedir.
- Maliyetler projede elde edilen bilgiler üzerinden hesaplanır.
- İnşa sürecinde harcanacak olan malzeme miktarı her birim için ayrı bir biçimde hesaplanmaktadır. Yapıya harcanacak olan maliyetinin tespit edilmesi yapı sahibi için büyük önem taşımaktadır.
- Yapı sahibinin özel kişi olması halinde, mali durumunu maliyet bedeline uygun bir şekilde planlayabilir.
- Yapı sahibinin kamu kurum ya da kuruluşu olduğunda, mali iş programlarını maliyet bedeline uygun olarak yapabilmektedirler.

Çalışmanın bu başlığı altında mimari projenin YBS uygulamasında kullanılan ve tanımlanan objeler ile malzemelerin fiyat, miktar ve diğer özelliklere yer verilecektir. Bu bağlamda mimari, elektrik, mekanik ve statik metraj analizleri olmak üzere dört alt başlık halinde incelenecektir.

#### 4.2.1. Mimari metraj analizi

Mimari metraj analizinde incelenecek olan unsurları kapı, pencere, duvar ve mobilya olarak incelenecektir.

**Çizelge 4.17.** Kapı Metraj ve Fiyat Analizi

| Grup          | Tip           | Genişlik (mm) | Yükseklik (mm) | Seviye | Fiyat           |
|---------------|---------------|---------------|----------------|--------|-----------------|
| Dış Kapı      | 0915x2134mm   | 914,4         | 2134           | Zemin  | \$140,00        |
| İç Kapı       | 0813 x 2134mm | 810           | 2133,6         | Zemin  | \$150,00        |
| İç Kapı       | 0813 x 2134mm | 810           | 2133,6         | Zemin  | \$150,00        |
| İç Kapı       | 0813 x 2134mm | 810           | 2133,6         | Zemin  | \$150,00        |
| İç Kapı       | 0813 x 2134mm | 810           | 2133,6         | Zemin  | \$150,00        |
| İç Kapı       | 0813 x 2134mm | 810           | 2133,6         | Zemin  | \$150,00        |
| <b>Toplam</b> |               |               |                |        | <b>\$890,00</b> |

Çizelgede görülen ebatlar ve sayılar, mimari projenin YBS uygulamasından sonra, programın otomatik olarak verdiği çıktılarıdır. Kapı metraj ve fiyat analizinde iki tip kapı (dış ve iç) bulunmaktadır. Kapıların genişlik olarak en büyüğü dış kapıdır. Dış kapı genişliği 914,4 mm, yüksekliği ise 2134 mm olduğu tespit edilmiştir. Diğer iç kapıların tamamı 810 mm genişliğinde, 2133 mm çapındadır (Çizelge 4.17).

**Çizelge 4.18. Pencere Metraj ve Fiyat Analizi**

| Grup          | Tip      | Genişlik (mm) | Yükseklik (mm) | Fiyat            |
|---------------|----------|---------------|----------------|------------------|
| Pencere       | Standart | 1170          | 2200           | \$100,00         |
| Pencere       | Standart | 1170          | 2200           | \$100,00         |
| Pencere       | Standart | 1150          | 2200           | \$100,00         |
| Pencere       | Standart | 1150          | 2200           | \$100,00         |
| Pencere       | Standart | 480           | 2200           | \$100,00         |
| Pencere       | Standart | 880           | 2200           | \$100,00         |
| Pencere       | Standart | 480           | 2200           | \$100,00         |
| Pencere       | Standart | 1380          | 2200           | \$100,00         |
| Pencere       | Standart | 480           | 2200           | \$100,00         |
| Pencere       | Standart | 480           | 2200           | \$100,00         |
| Pencere       | Standart | 480           | 2200           | \$100,00         |
| Pencere       | Standart | 880           | 2200           | \$100,00         |
| Pencere       | Standart | 1150          | 2200           | \$100,00         |
| <b>Toplam</b> |          |               |                | <b>\$1300,00</b> |

Pencere metraj ve fiyat analizinde tek tip pencere vardır. Pencerelelerin genişlik olarak en büyüğü 1170 mm genişliğinde, en düşüğü ise 480 mm'dir. Pencerelelerin yüksekliği ise standart bir şekilde 2200 mm olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.19. Duvar Metraj ve Fiyat Analizi

| Grup          | Tip                | Uzunluk (mm) | Yükseklik (mm) | Alan (m <sup>2</sup> )     | Birim Fiyat (\$7) (m <sup>2</sup> ) |
|---------------|--------------------|--------------|----------------|----------------------------|-------------------------------------|
| Duvar         | Dış Duvar 200mm    | 655          | 3850           | 2,9 m <sup>2</sup>         | \$20,3                              |
| Duvar         | İç Duvar 200mm     | 2006         | 2700           | 3,0 m <sup>2</sup>         | \$21                                |
| Duvar         | İç Duvar 120mm(C)  | 1909         | 2700           | 3,4 m <sup>2</sup>         | \$23,8                              |
| Duvar         | İç Duvar 120mm(CE) | 1918         | 2700           | 4,7 m <sup>2</sup>         | \$32,9                              |
| Duvar         | İç Duvar 200mm(C)  | 1921         | 2700           | 4,8 m <sup>2</sup>         | \$33,6                              |
| Duvar         | İç Duvar 120mm(C)  | 1926         | 2700           | 5,1 m <sup>2</sup>         | \$35,7                              |
| Duvar         | İç Duvar 80mm(C)   | 2616         | 2900           | 5,2 m <sup>2</sup>         | \$36,4                              |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm    | 988          | 3850           | 5,5 m <sup>2</sup>         | \$38,5                              |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm    | 1280         | 3850           | 5,5 m <sup>2</sup>         | \$38,5                              |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm(C) | 1789         | 3850           | 5,8 m <sup>2</sup>         | \$40,6                              |
| Duvar         | İç Duvar 80mm(C)   | 2119         | 2900           | 6,0 m <sup>2</sup>         | \$42                                |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm(C) | 2020         | 3850           | 6,7 m <sup>2</sup>         | \$46,9                              |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm    | 1751         | 3850           | 6,9 m <sup>2</sup>         | \$48,3                              |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm(C) | 1914         | 3850           | 7,0 m <sup>2</sup>         | \$49                                |
| Duvar         | İç Duvar 120mm(C)  | 4358         | 2700           | 7,3 m <sup>2</sup>         | \$51,1                              |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm    | 4015         | 3850           | 7,5 m <sup>2</sup>         | \$52,5                              |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm    | 2573         | 3850           | 7,6 m <sup>2</sup>         | \$53,2                              |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm    | 1918         | 3850           | 7,7 m <sup>2</sup>         | \$53,9                              |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm(C) | 2681         | 3850           | 8,4 m <sup>2</sup>         | \$58,8                              |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm    | 2987         | 3850           | 11,1 m <sup>2</sup>        | \$77,7                              |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm    | 3012         | 3850           | 11,2 m <sup>2</sup>        | \$78,4                              |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm    | 4561         | 3850           | 13,2 m <sup>2</sup>        | \$92,4                              |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm    | 4372         | 3850           | 14,0 m <sup>2</sup>        | \$98                                |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm(C) | 3849         | 3850           | 14,8 m <sup>2</sup>        | \$103,6                             |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm    | 4009         | 3850           | 15,0 m <sup>2</sup>        | \$105                               |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm    | 3935         | 3850           | 15,2 m <sup>2</sup>        | \$106,4                             |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm(C) | 4348         | 3850           | 15,4 m <sup>2</sup>        | \$107,8                             |
| Duvar         | Dış Duvar 200mm    | 4834         | 3850           | 16,0 m <sup>2</sup>        | \$112                               |
| <b>Toplam</b> |                    |              |                | <b>236,9 m<sup>2</sup></b> | <b>\$1658,3</b>                     |

Duvar metraj ve fiyat analizinde iki tip duvar (dış ve iç) bulunmaktadır. Dış duvarlar standart olarak 200 mm kalınlığında ve 3850 mm yüksekliğindedir. İç duvarlar ise 80 ve 120 mm arasında değişen kalınlıkta ve 2700 ve 2900 mm arasında değişen yüksekliklere sahiptir (Çizelge 4.19).

**Çizelge 4.20. Mobilya Metraj ve Fiyat Analizi**

| Grup             | Tip              | Seviye | Adet | Fiyat            |
|------------------|------------------|--------|------|------------------|
| Dolap            | 1500x400x530mm   | Zemin  | 1    | \$300,00         |
| TV               | 810mm            | Zemin  | 1    | \$580,00         |
| Yemek Masası     | 1800 x 900 mm    | Zemin  | 1    | \$300,00         |
| Sandalye         | Yemek Sandalyesi | Zemin  | 1    | \$50,00          |
| Sandalye         | Yemek Sandalyesi | Zemin  | 1    | \$50,00          |
| Sandalye         | Yemek Sandalyesi | Zemin  | 1    | \$50,00          |
| Sandalye         | Yemek Sandalyesi | Zemin  | 1    | \$50,00          |
| Yatak            | 2030x1750x600mm  | Zemin  | 1    | \$600,00         |
| Dolap            | 500x400x500mm    | Zemin  | 1    | \$200,00         |
| Dolap            | 500x400x500mm    | Zemin  | 1    | \$200,00         |
| Elbise Dolabı    | 1500x1800x600mm  | Zemin  | 1    | \$300,00         |
| Vitrin           | 2743x2134x762mm  | Zemin  | 1    | \$300,00         |
| Cam Masa         | 1000x760x330mm   | Zemin  | 1    | \$220,00         |
| Tekli Koltuk     | 1120x940x350mm   | Zemin  | 1    | \$85,00          |
| Üçlü Koltuk      | 2290x950x340mm   | Zemin  | 1    | \$175,00         |
| Tekli Koltuk     | 1120x940x350mm   | Zemin  | 1    | \$85,00          |
| Bahçe Sandalyesi | Bahçe Sandalyesi | Zemin  | 1    | \$350,00         |
| Şezlong          | Şezlong          | Zemin  | 1    | \$55,00          |
| Şezlong          | Şezlong          | Zemin  | 1    | \$55,00          |
| <b>Toplam</b>    |                  |        |      | <b>\$4005,00</b> |

Mobilya metraj ve fiyat analizinde mimari plana göre kullanılmış olan eşyalar ve objeler yukarıdaki Çizelge 4.20’de gösterildiği gibi tanımlanmıştır (Çizelge 4.20).

**Çizelge 4.21.** Kullanılan Malzeme Metraj ve Fiyat Analizi

| Grup              | Tip                | Seviye | Adet | Fiyat              |
|-------------------|--------------------|--------|------|--------------------|
| Tuvalet           | Standart           | Zemin  | 1    | \$400,00           |
| Tuvalet           | Standart           | Zemin  | 1    | \$400,00           |
| Çamaşır Makinesi  | 595x615x850mm      | Zemin  | 1    | \$500,00           |
| Tabak             | Fine China - Plate | Zemin  | 1    | \$2,50             |
| Cam Bardak        | Water Glass        | Zemin  | 1    | \$2,00             |
| Tabak             | Fine China - Plate | Zemin  | 1    | \$2,50             |
| Cam Bardak        | Water Glass        | Zemin  | 1    | \$2,00             |
| Tabak             | Fine China - Plate | Zemin  | 1    | \$2,50             |
| Cam Bardak        | Water Glass        | Zemin  | 1    | \$2,00             |
| Tabak             | Fine China - Plate | Zemin  | 1    | \$2,50             |
| Cam Bardak        | Water Glass        | Zemin  | 1    | \$2,00             |
| Tabak             | Fine China - Plate | Zemin  | 1    | \$2,50             |
| Cam Bardak        | Water Glass        | Zemin  | 1    | \$2,00             |
| Bulaşık Makinesi  | 598x570x870mm      | Zemin  | 1    | \$650,00           |
| Havuz             | Pool_rectangular   | Zemin  | 1    | \$8000,00          |
| Güneş Kırıcı      | 4500x2300mm        | Zemin  | 1    | \$450,00           |
| Güneş Kırıcı      | 2200x880mm         | Zemin  | 1    | \$300,00           |
| Güneş Kırıcı      | 2200x480mm         | Zemin  | 1    | \$100,00           |
| Güneş Kırıcı      | 2200x1380mm        | Zemin  | 1    | \$300,00           |
| Güneş Kırıcı      | 2200x480mm         | Zemin  | 1    | \$100,00           |
| Güneş Kırıcı      | 2200x480mm         | Zemin  | 1    | \$100,00           |
| Güneş Kırıcı      | 2200x480mm         | Zemin  | 1    | \$100,00           |
| Güneş Kırıcı      | 2200x880mm         | Zemin  | 1    | \$300,00           |
| Güneş Kırıcı      | 4500x2300mm        | Zemin  | 1    | \$450,00           |
| Güneş Kırıcı      | 2200x480mm         | Zemin  | 1    | \$100,00           |
| Mutfak Sandalyesi | Standart           | Zemin  | 1    | \$10,00            |
| <b>Toplam</b>     |                    |        |      | <b>\$12.278,00</b> |

Genel olarak kullanılan malzeme metraj ve fiyat analizinde mimari planda yer alan eşyalar ve objeler yukarıdaki Çizelge 4.21’de gösterildiği gibi tanımlanmıştır (Çizelge 4.21).





#### 4.2.3. Mekanik metraj analizi

Mekanik metraj analizi ile ilgili bilgiler aşağıda yer alan Çizelge 4.23’de gösterilmektedir.

**Çizelge 4.23. Mekanik Ekipman Metraj ve Fiyat Analizi**

| Grup             | Tip    | Seviye | Adet | Fiyat             |
|------------------|--------|--------|------|-------------------|
| Kalorifer Peteği | Alurad | Zemin  | 1    | \$85,00           |
| Kalorifer Peteği | Alurad | Zemin  | 1    | \$85,00           |
| Kalorifer Peteği | Alurad | Zemin  | 1    | \$85,00           |
| Kalorifer Peteği | Alurad | Zemin  | 1    | \$85,00           |
| Kalorifer Peteği | Alurad | Zemin  | 1    | \$85,00           |
| Kalorifer Peteği | Alurad | Zemin  | 1    | \$85,00           |
| Kalorifer Peteği | Alurad | Zemin  | 1    | \$85,00           |
| Kalorifer Peteği | Alurad | Zemin  | 1    | \$85,00           |
| Kalorifer Peteği | Alurad | Zemin  | 1    | \$85,00           |
| Kalorifer Peteği | Alurad | Zemin  | 1    | \$85,00           |
| Kalorifer Peteği | Alurad | Zemin  | 1    | \$85,00           |
| Kalorifer Peteği | Alurad | Zemin  | 1    | \$85,00           |
| Kalorifer Peteği | Alurad | Zemin  | 1    | \$85,00           |
| Kalorifer Peteği | 20 KW  | Zemin  | 1    | \$1.000,00        |
| Kalorifer Peteği | 59 kW  | Zemin  | 1    | \$1.500,00        |
| <b>Toplam</b>    |        |        |      | <b>\$3.520,00</b> |

Mekanik ekipman metraj ve fiyat analizinin mimari planda yer alan eşyaları yukarıdaki Çizelge 4.23’de gösterilmektedir (Çizelge 4.23).

#### 4.2.4. Statik metraj analizi

Statik metraj analizi ile ilgili bilgiler aşağıda yer alan Çizelge 4.24 ve 4.25’de gösterilmektedir.

**Çizelge 4.24. Kolon Metraj Analizi**

| Grup            | Tip        | Seviye | Adet | Fiyat         |
|-----------------|------------|--------|------|---------------|
| Betonarme Kolon | 195x195 mm | Çatı   | 1    | \$135         |
| Betonarme Kolon | 195x195 mm | Çatı   | 1    | \$135         |
| Betonarme Kolon | 195x195 mm | Çatı   | 1    | \$135         |
| Betonarme Kolon | 195x195 mm | Çatı   | 1    | \$135         |
| Betonarme Kolon | 195x195 mm | Çatı   | 1    | \$135         |
| Betonarme Kolon | 195x195 mm | Çatı   | 1    | \$135         |
| Betonarme Kolon | 195x195 mm | Çatı   | 1    | \$135         |
| Betonarme Kolon | 195x195 mm | Çatı   | 1    | \$135         |
| Betonarme Kolon | 200x200 mm | Çatı   | 1    | \$145         |
| Betonarme Kolon | 195x195 mm | Çatı   | 1    | \$135         |
| Betonarme Kolon | 195x195 mm | Çatı   | 1    | \$135         |
| Betonarme Kolon | 200x200 mm | Çatı   | 1    | \$145         |
| Betonarme Kolon | 195x195 mm | Çatı   | 1    | \$135         |
| Betonarme Kolon | 195x195 mm | Çatı   | 1    | \$135         |
| Betonarme Kolon | 200x200 mm | Çatı   | 1    | \$145         |
| Betonarme Kolon | 195x195 mm | Çatı   | 1    | \$135         |
| <b>Toplam</b>   |            |        |      | <b>\$2190</b> |

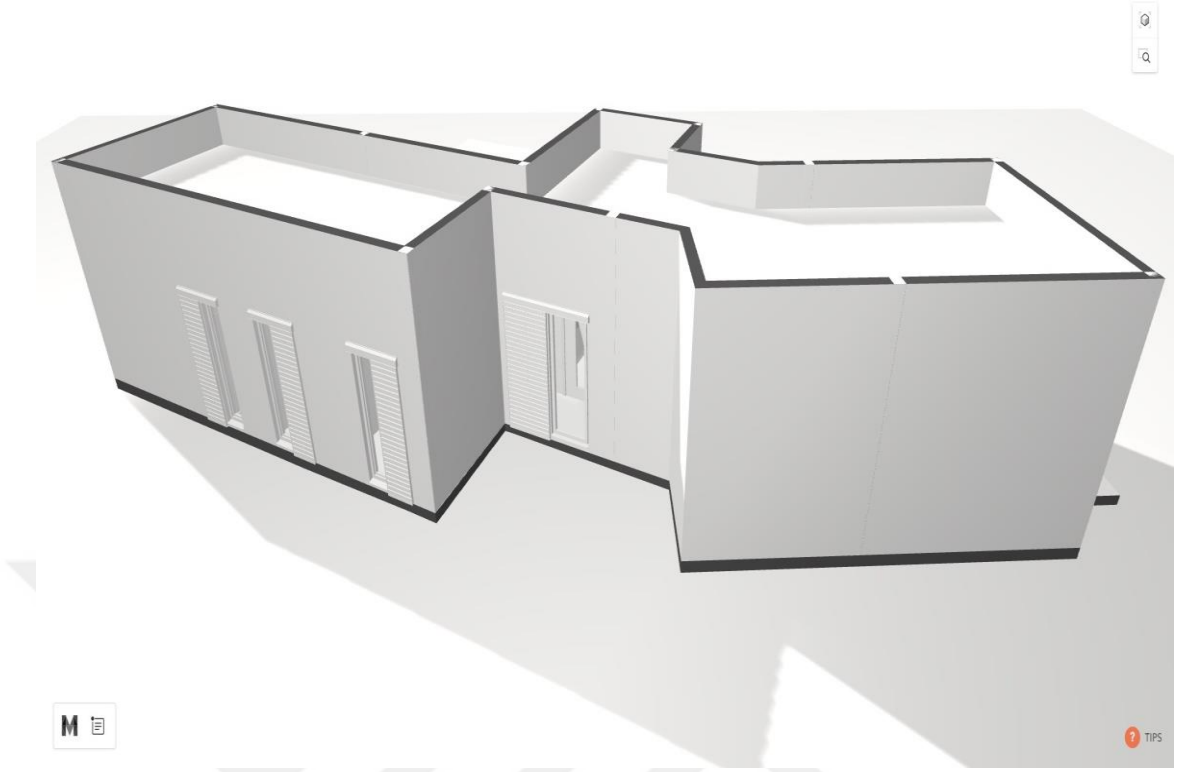
**Çizelge 4.25. Zemin Metraj ve Fiyat Analizi**

| Grup          | Tip             | Seviye    | Adet | Alan                 | Fiyat (\$40)    |
|---------------|-----------------|-----------|------|----------------------|-----------------|
| Zemin         | Betonarme Zemin | Zemin Kat | 1    | 71,93 m <sup>2</sup> | \$2877          |
| Zemin         | Betonarme Zemin | Zemin Kat | 1    | 9,34 m <sup>2</sup>  | \$373,6         |
| Zemin         | Betonarme Zemin | Zemin Kat | 1    | 10,73 m <sup>2</sup> | \$429,2         |
| Zemin         | Betonarme Zemin | Zemin Kat | 1    | 39,89 m <sup>2</sup> | \$1595,6        |
| <b>Toplam</b> |                 |           |      |                      | <b>\$5275,4</b> |

Program tarafından yapılan analizlere göre projenin toplam maliyeti 37.616,7 dolar olarak hesaplanmıştır. Bu sayede harcanacak olan programın yarımıyla bütçe net bir şekilde ortaya konulmuştur.

#### 4.5. Üç Boyut Analizi (3D)

Araştırmanın evrenini oluşturan yapının üç boyut analizi farklı açılardan gösterimi Autodesk Revit yardımıyla elde edilmiştir. Gerçekten yapının nasıl görüldüğünü anlayabilmek için bu çalışma yapılmıştır. Uygulama aşamasında saha çalışmalarının tamamlanmış halinin gösterilebilmesi için ve verimlilik açısından önem arz etmektedir. Metraj ve maliyet analizinde gösterilen malzemeleri 3 boyutlu olarak daha iyi görmemize yardımcı olmaktadır. Araştırmanın evrenini oluşturan yapının 3 boyutlu farklı açılardan görünümü aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.



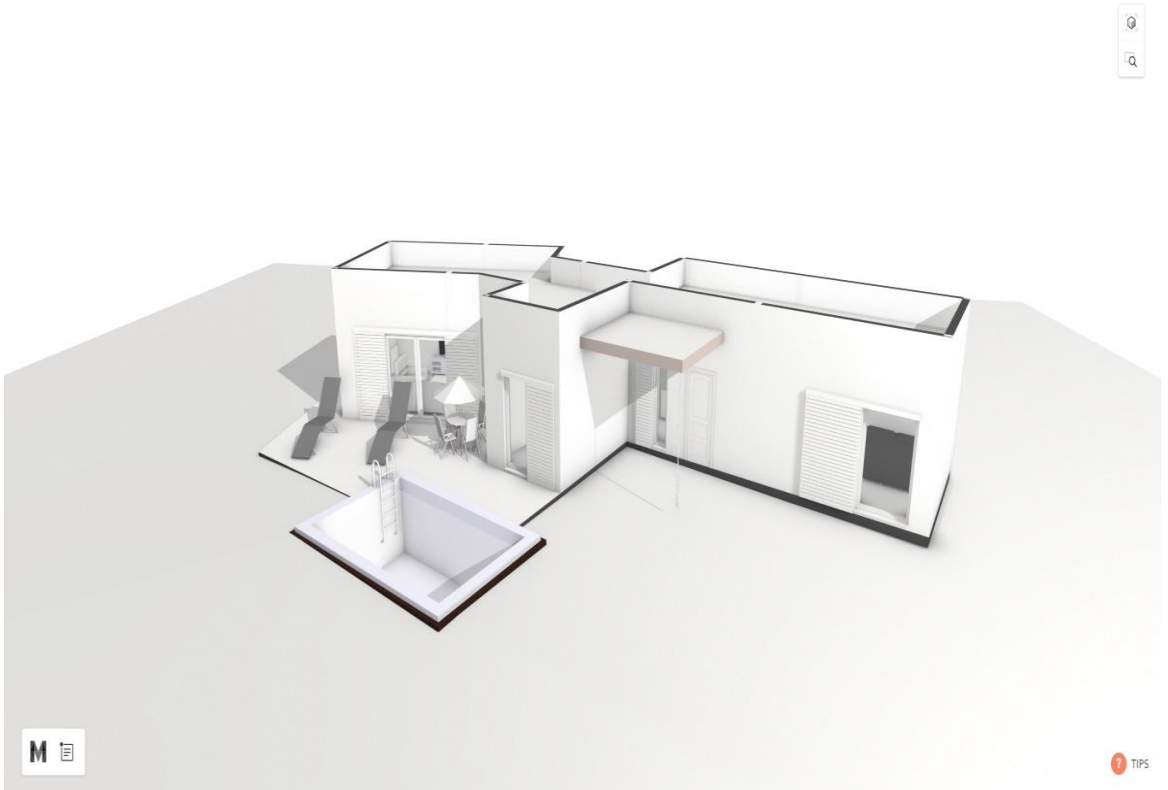
Şekil 4.16. Model Çalışması Dış Cephe Görüntüsü



Şekil 4.17. Model Çalışması Pencere Görüntüsü



Şekil 4.18. Model Çalışması Oturma Odası Görüntüsü



Şekil 4.19. Model Çalışması Ön Cephe Görüntüsü-1



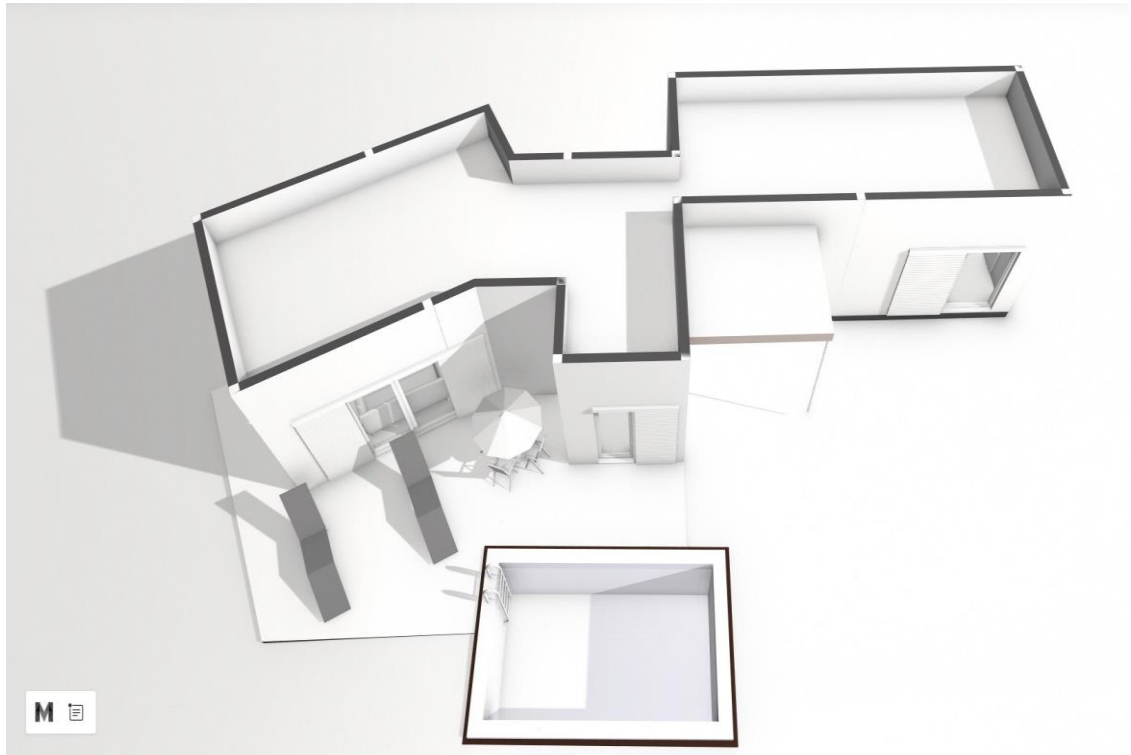
Şekil 4.20. Model Çalışması Ön Cephe Görüntüsü-2



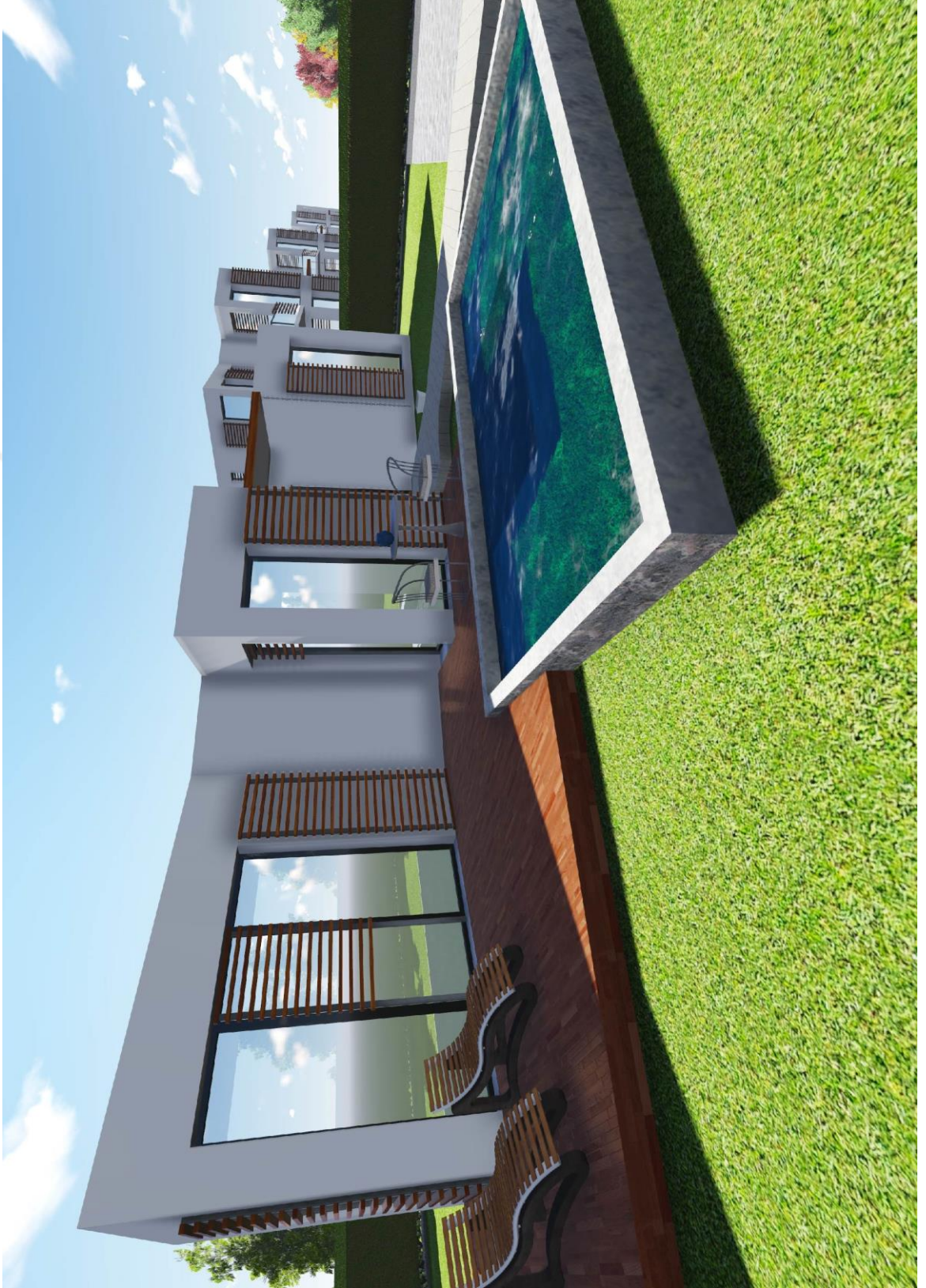
Şekil 4.21. Model Çalışması Mutfak Görüntüsü



**Şekil 4.22.** Model Çalışması Çatısız Görünüm



**Şekil 4.23.** Model Çalışması Çatılı Görünüm



Şekil 4.24. Model Render-1



Şekil 4.25. Model Render-2



Şekil 4.26. Model Render 3



Şekil 4.27. Model Render-4



Şekil 4.28. Model Render-5



Şekil 4.29. Model Render-6

Yapmış olduğumuz model çalışmalarını sizinle paylaşabilmek için internet ortamında kalıcı bir link oluşturarak modeli çatılı ve çatısız olmak üzere iki farklı görünümde yüklenmiştir. Söz konusu bu linkler aşağıda sıralanmaktadır:

- 1) Modelin çatısız hali: <https://beta.modelo.io/share-token/O4yz6EkQEO>
- 2) Modelin çatılı hali : <https://beta.modelo.io/share-token/-RZdBee5PO>

3 boyutlu çizimin oluşturulma amacı, metraj hesabı yapılabilmesi için gerekli olan malzeme tanımlarını yapabilmek için oluşturulmuştur. Tanımlanmış olan malzemeler, her kalem için mimari plana uygun olarak yapılmaktadır. Ayrıca bunları, malzeme, ebat, renk, kalınlık, yükseklik vb. ayrıntıları tek tek tanımlamak gerekmektedir. Bu yapılan tanımlamalara göre net ebatları girdiğimiz için, örnek olarak boya seçimi yapıldığında boya kalınlığını bile verdiği için program bizlere net metrajı sunmaktadır. Bunlara ek olarak bu ortaya çıkarılan 3 boyut bize verimlilik açısından katkı sağlamaktadır. Saha çalışanlarına plan üzerinden binayı hayal etmek yerine, tamamlanmış binayı göstermektedir. Bu 3 boyut, bu tezin ana konusu olan simülasyon sisteminin kurulabilmesi için gereklidir.

## 5. TARTIŞMA

Yapı bilgi sistemlerinin yapı sektörüne yaptığı katkılar hem bu çalışma kapsamında hem de geçmişte yapılan çalışmalarda açık ve net görülmektedir. YBS'nin firmalara sağladığı faydalar çok çeşitli olsa da, henüz gelişimini tamamladığını söylemek mümkün değildir. YBS tüm proje aşamalarında verilerin paylaşılmasına olanak tanımakta ve bu da bilginin yayılması ve koordinasyonun sağlanmasında büyük katkı sağlamaktadır. Böylece ortaya çıkabilecek muhtemel uyumsuzlukları ortadan kaldırmakta, kullanıcıdan kaynaklanan hataları da asgari düzeye indirerek projede tutarlılık sağlamaktadır. Ancak tüm bu iyimser tabloya rağmen firmalar YBS'den faydalanma aşamasında bazı güçlüklerle karşı karşıya kalabilmektedirler. Bu aşamada YBS kullanımı ile ilgili olarak konusunda uzman olan danışman şirketlerden yardım alınması gerekmektedir.

YBS ile ilgili olarak kullanıcıların en büyük yanılgılarından biri hiç kuşkusuz YBS'nin, CAD sistemi ile aynı mantık yürüttüğü ve her iki sisteminde aynı şekilde çalıştığı yanılgısıdır. YBS'nin faydalarının haricinde, bu sistemdeki sürecin kullanıcılar tarafından net bir şekilde olarak bilinmemesinden, bu sistemle uyum sağlayacak olan nitelikli çalışanların sayılarının yetersiz olmasından, mevcut iş anlayışına tam olarak uyulamamasından ve benzer sebeplerden dolayı firmalara YBS kullanım sürecinde bazı güçlüklerle karşı karşıya kalabilmektedirler. Özcan (2010) bu konu ile ilgili olarak yapmış olduğu çalışmada YBS'ye geçişte uyum sürecine değinmiş ve tasarım aşamasında ortaya çıkabilecek sorunlara çözüm önerileri sunmuştur. Köse (2016) ise, çalışmada bu güçlüklerin bazılarında söz etmekte ve bu güçlüklerle karşılaşılmasında için ise bu sistemin uygulanabilirliğinin iyi olabilmesi için uygun kontrol mekanizmalarının devreye sokulması gerektiğine dikkat çekmiştir. Bu mekanizmanın devreye sokulması için ise eğitimin büyük önemi vardır. Kendi fikrimce mimar, mühendis, yapı teknikeri vs. kişilerin üniversite yıllarında bu sistemle ilgili ciddi eğitim almaları gerekmektedir. Sonraki dönemlerde ise iş yaşamında da geliştirilmesi de gereklidir. Henüz ülkemizde de tam olarak oturmamış olan YBS'ye geçiş yapan firmaların zaman ve sistemin daha iyi anlaşılabilmesi, programın kullanımı için gerekli olan eğitim ihtiyaçlarından dolayı bilgi kullanımı ve iş pratiği ile ilgili hususlarda bazı güçlüklerle karşı karşıya kalabilmektedirler.

İnşaat sektöründe verimlilik tüm firmalar açısından hayati öneme sahip bir unsurdur. Ancak yapı sektöründe verimlilik oldukça karmaşık bir yapıya sahip olduğundan, sektörde verimliliği net ve standart bir şekilde açıklamak oldukça zordur. Sektörde girdileri işgücü, sermaye, alet-ekipman ve malzeme şeklinde sıralamak mümkün olmakta, çıktılar ise üretim endüstrisindeki gibi sadece üretilen malın miktarı olarak nitelendirilmemektedir. Sektörde verimlilik genel olarak işgücü olarak ön plana çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında ise, YBS'nin inşaat sektöründeki verimliliği üzerine vurgu yapıldığından, henüz yapının tasarım aşamasında maliyetler tespit edilebilmekte ve buna uygun şekilde gerekli girişimlerde bulunmaktadır. Ancak sektörde genel olarak verimlilik işgücü olarak ölçüldüğünden, iş gücünün doğru

kullanımı açısından en doğru planlama ve uygulamanın gerçekleştirilmesi gereklidir. Sermaye unsuru açısından da, YBS, tasarım aşamasında firmalara öngörü sağlamak açısından gerekli verileri sağlamaktadır. Malzeme, alet-ekipman kullanımı gibi inşaat sektöründeki diğer verimlilik unsurlarında da YBS'nin gözle görülür katkılar sağladığı bu çalışma ve geçmişte yapılan çalışmalarda görülmektedir. Çünkü inşaat harcanan paranın ortalama olarak % 30 civarındaki bir miktarının koordinasyon hataları, işgücü verimsizlikleri, malzeme, alet-ekipman vb. sorunlardan dolayı israf edildiği göz önünde bulundurulduğunda, bu sistemin önemi daha fazla dikkati çekmektedir.

Konu ile ilgili olarak geçmişte yapılan çalışmalar ile bu çalışma kıyaslandığında, ilk göze çarpan unsur bu çalışmadaki simülasyon sisteminin varlığıdır. Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar genel olarak maliyet üzerine yapılmıştır. Bu çalışma ise daha ziyade verimlilik ve simülasyon sisteminin verimliliğe olan katkısıdır. Çünkü simülasyon sistemi anlaşılabilirlikleri ortadan kaldırmaktadır. Bu çalışmanın da özgün bir çalışma olmasını sağlayan faktörlerden biri hiç kuşkusuz simülasyon sistemidir. İyi bir proje müdürünün özelliği projenin bitmiş halini hayal edebilmesidir. Bu çalışma simülasyon sistemi sayesinde, hayal edilebilirliği ortadan kaldırmakta ve hayal etmekten ziyade gerek maliyet, gerek görünüm, gerekse de binanın özelliklerini, gözler önüne sermektedir. Bu unsurlar saha çalışanlarının işlerini daha da kolay bir hale getirmekte ve ayrıca işi hızlanmasını sağlamakta ve teslim süresini de böylece kısaltmaktadır.

YBS'yi geçmişteki bilgisayar destekli tasarımlarla kıyaslandığında, hem yeni bir teknoloji olduğu için ekstra pek çok özelliğe sahiptir. Örneğin üç boyutlu olması, güncellenebilir bir özelliğe sahip olduğundan restorasyon projelerinde de kullanılabilir. Bilgisayar destekli programlarda net metraj ve statik analizleri yapma olasılığı bulunmamaktadır. Ancak YBS'de bu çalışmada da görüldüğü üzere, daha tasarım aşamasında yapının tüm maliyetleri çıkarılabilmektedir. YBS'nin dezavantaj olarak değerlendirilebilecek unsurlarından biri programın kullanımının zor olmasıdır. Ayrıca CAD sistemine alışık olan kullanıcılar, YBS'yi de aynı mantıkta görmeleri, programa geç hakim olmalarına ve kullanım esnasında zorluklar çekmelerine neden olabilmektedir. Bunun için firmaların böylesine önem arz eden programla ilgili kullanıcılara eğitim hususunda gerekli desteği vermeleri gereklidir.

## 6. SONUÇ

Hem ülkemizde, hem de diğer pek çok dünya ülkesinde inşaat sektörü, ekonominin lokomotifi konumundadır. Türkiye'nin dünya inşaat sektörü ile karşılaştırıldığında %3 civarında bir paya sahiptir. İnşaat sektörü hem yerel sanayiye sağladığı katkı, hem de istihdam bakımından da önem arz eden bir sektör konumundadır. Bu ve buna benzer nedenlerden dolayı sektörde verimlilik büyük önem arz etmektedir. Verimlilik her sektörde ve her alanda büyük önem taşıdığı gibi, inşaat ve yapı sektöründe de firmalar, kurumlar ve yapı işletmeleri açısından büyük önem taşımaktadır. Hızlı değişen ve dönüşüm içerisine giren dünyamızda son yıllarda yaşanan baş döndürücü teknolojik gelişmeler her alanda varlığını güçlü bir şekilde hissettirmektedir. Bu baş döndürücü teknolojik gelişmelere her sektörün olduğu gibi inşaat sektörünün de kayıtsız kalması düşünülemez. Firmaların faaliyetlerini yerine getirme aşamasında teknolojiden yararlanmaları nitelik, kalite, maliyet ve pek çok bakımdan önemli sayılabilecek katkılar sağlamaktadır. Planlama, denetim, kontrol vb. hususlarda da işletmelere doğru karar alma sürecinde önemli katkılar sağladığını söylemek mümkündür.

Henüz ülkemizde tam olarak yaygınlaşmamış olan bu teknoloji, bilhassa Kuzey Amerika ve gelişmiş Avrupa ülkelerinde yoğun bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. YBS firmalara henüz tasarım aşamasında proje giderlerinin net bir şekilde tespit edilmesine olanak sağlayarak, firmanın toplam maliyet planlaması yapmasına kolaylık sağlamaktadır. YBS'yi benimseyen firmalar yapı performansının ve operasyonunun öngörülebilirliğini net bir şekilde görebilmektedirler. YBS ayrıca proje ekipleri arasındaki işbirliği artırmakta ve bu da karlılık, verimlilik, düşük maliyet, daha iyi zaman yönetimi ve müşteri ilişkilerinin geliştirilmesine sebep olmaktadır.

İnşaat sektöründe de bilgi teknolojilerinin işletmelere verimliliği artırma aşamasında, maliyetleri olabildiğince asgari düzeye indirip daha kaliteli mal/hizmetin üretilmesinde ve rekabet avantajı sağlanmasında büyük avantajlar sağlamaktadır. Ayrıca teknoloji farklı ve pozitif modellerinin gelişmesine yol açmakta, işletme içerisindeki yapılar arasındaki iletişimde güçlenmesine yol açmaktadır. İşte bu noktada çalışma kapsamında incelenen Yapı Bilgi Sistemi (YBS) adı verilen teknoloji, maliyetten kaliteye varana dek pek çok alanda inşaat sektörüne büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

YBS, yapı ile ilgili dokümanların oluşturulmasında, montaj ya da inşa edilebilirliği incelemede, maliyetlerin öngörülerinde, bina performansının simülasyonunu yapma aşamasında ve hızlı prototipleme işlemlerinde de en son modeller kullanılarak fiziksel modeller inşa etme sürecinde kullanıldığından, YBS projelerin ayrıntılı bir şekilde araştırılmasına da olanak sağlamaktadır. YBS, aynı zamanda işgücü verimliliğini de başarılı bir biçimde arttırabilmekte ve bu da net maliyetleri asgari düzeye indirebilmektedir. Net maliyetleri düşürmek amacıyla kullanılan ve boş yere gidebilecek olan malzemelerin miktarlarını hem değiştirebilmekte, hem de azaltabilmektedir.

Akademik açıdan da yapılan bu çalışma YBS hakkında geniş bilgiler vererek yeni bir boyut eklemiştir. Bu da YBS ile ilgili yapılacak olan çalışmalara ve araştırmalara ışık tutacak niteliktedir. Geçmişte Simülasyon ile ilgili çalışmaların da kısıtlı olduğu göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmanın simülasyon ve verimlilik üzerine yapılacak çalışmalar açısından önem arz etmektedir.

Kurulmuş olan Simülasyon sisteminin derinliğini görebilmek açısından VR (Virtual Reality) gözlükler kullanılmıştır. Ayrıca VR gözlükler gerçeklik hissiyatı vermekte, izlenilen görüntüyü daha gerçekçi algılama sağlanabilmektedir.

Bu çalışmanın, diğer çalışmalardan farkının simülasyon sistemi olduğunu önceki başlıkta değinmiştik. Simülasyon sisteminin 3D ve diğer görsel sistemlerden farkı ise derinlik hissiyatı vermesidir. Bu derinlik hissiyatı proje içinde yer alan objelerin ve kullanılan malzemeler bu sayede ebatlarını ve kalınlıklarını daha iyi algılama şansı vermektedir. Bu da verimlilik açısından pozitif bir durum olarak nitelendirilebilir.

Çalışma kapsamında incelenen müstakil konutun YBS uygulaması sonrasında elde edilen sonuçlar dikkatli bir biçimde incelendiğinde, bu teknolojinin sağladığı katkı çok daha iyi bir şekilde anlaşılmaktadır.



**Şekil 6.1.** VR Gözlük Görüntüsü-1



**Şekil 6.2.** VR Gözlük Görüntüsü-2



**Şekil 6.3.** VR Gözlük & Joystick ile Simülasyon Sistemi Görüntüleme

## 7. KAYNAKLAR

- Açıkkara, T. 2016. “Türk inşaat sektöründe verimlilik faktörleri uygulamalarının değerlendirilmesi: En iyi verimlilik uygulamaları endeksi” , Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Akgün, A. 2016. “Yüklenici inşaat firmalarında hakediş düzenlemeleri ve yapı enformasyonu modellemesi (BIM) uygulamaları” , Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akkaya, D. 2012. “İnşaat sektöründe yapı bilgi modellemesi hakkında inceleme” , Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Akkaya, D. 2013. “Yapı bilgi modellemesi (YBM) kapsamında, bilgi sistemi oluşturmaya yönelik modelleme çalışması” Online: <http://ab.org.tr/ab13/bildiri/10.pdf>
- Akkoyunlu, T. 2015. “Kentsel dönüşüm projeleri için BIM uygulama planı önerisi” , Doktora Tezi, İTÜ Mimarlık Anabilim Dalı Proje ve Yapı Bilimleri Programı, İstanbul.
- Argüden, Y. 2009. “İnşaat sektöründe verimliliği artırabilmek” Online: <http://www.teknoport.com.tr/2009/06/01/insaat-sektorunde-verimliliği-artirabilmek/>
- Arslan, G. 2000. “İnşaat projelerinin verimliliğinin arttırılması” , II. Yapı İşletmesi Kongresi 15-16-17 Haziran, İnşaat Mühendisleri Odası Yayınları, İzmir. Online: <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/12226.pdf>
- Atlı, K. 2015. “Saha imalat kontrollerinin taşınabilir aygıtlar yardımıyla iyileştirilmesi” , Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Azhar, S. 2011. “Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry” , Leadership Manage. Eng., 2011, 11(3): 241-252. Online: [http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/\(ASCE\)LM.1943-5630.0000127](http://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127)

- Danner, W.F., Sanford, D.T. and Yang, Y. 1991. STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) resource integration: Semantic & syntactic rules, U.S. Department of Commerce, The Boeing Company, Galthersburg. Online: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a260942.pdf>
- Dilsizoğlu, G.Ö. 2016. “Bütünleşik proje teslim metodunun, yapı bilgi modellemesi ile birlikte sürdürülebilir mimari ve uygulamalarına katkısı.” , Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Doğan, Ü. 2008. “Verimlilik (Prodüktivite)” , Üretim işlemler yönetimi. Online: [http://kisi.deu.edu.tr/uzeyme.dogan/dosyalar/Uretim\\_Islemler\\_Yonetimi\\_02.pdf](http://kisi.deu.edu.tr/uzeyme.dogan/dosyalar/Uretim_Islemler_Yonetimi_02.pdf)
- Eastman, C. 1999. Building Product Models: Computer environments supporting design and construction, CRC Press, Boca Raton.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. and Liston, K. 2008. BIM Handbook: A Guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors, John Wiley & Sons, New Jersey.
- Harness, S.H. 2017. “2008 AIA Documents advance the use of BIM and integrated project delivery” Online: <https://www.aia.org/articles/68516-2008-aia-documents-advance-the-use-of-bim-an>
- ISO 10303-1:1994. 2007. “Industrial automation systems and integration product data representation and exchange” , International Organization for Standards. Online: <https://www.iso.org/standard/20579.html>
- IGES. 1996. Initial graphics exchange specification IGES 5.3, Trident Research Center, North Charleston. Online: <http://paulbourke.net/dataformats/iges/IGES.pdf>.
- İbrahim, M. 2006. “To BIM or not to BIM, this is not the question: How to implement BIM solutions in large design firm environments”, eCAADe Conference 2006, Ain Shams University, Volos, Greece, ss.1-6.
- Karahan, U. 2015. “Türk inşaat sektöründe yapı bilgi modellemesi (YBM) uygulamaları” , Yüksek Lisans Tezi, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Kazaz, A., Manisalı, E. ve Ulubeyli S. 2008. “Effect of basic1 motivational factors on construction workforce productivity in Turkey” Journal of Civil Engineering and Management, 14(2): 95–106.
- Köse, G. 2016. “Türk inşaat sektörü için yapı bilgi modeli uygulama planı” , Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kuruoğlu, M. 2002. İnşaat sektöründe bilgisayar destekli planlama metot ve örnekleri, Çağlayan Kitapevi, İstanbul.
- Kuruoğlu, M ve Sümer, L. 2005. “Verimlilik kavramı ve inşaat sektöründe yönetsel verimliliğin geliştirilmesi” Online:  
<http://murat.kuruoglu.com.tr/MURKUR/documan/pdf/>
- Kymmel, W. 2008. Building information modeling: planning and managing construction projects with 4D CAD and simulations, McGraw-Hill, New York.
- Modelin Çatısız Hali. <https://beta.modelo.io/share-token/O4yz6EkQEo>
- Modelin Çatılı Hali. <https://beta.modelo.io/share-token/-RZdBee5PO>
- Nasir, H. 2013 “Best productivity practices implementation index (BPPII) for infrastructure projects” Doctoral dissertation University of Waterloo, Ontario, Canada.
- Ofluğlu, S. 2009. “Yapı bilgi modelleme: Yeni nesil mimari yazılımlar” Online:  
<http://www.sayisalmimar.com/yayin/ybm.pdf>
- Ofluğlu, S. 2015. “Bina bilgi modelleme ve tümleşik tasarım” Online:  
<https://www.slideshare.net/sofluoglu/bina-bilgi-modelleme-ve-tmleik-tasarm>
- Oglesby, C.H., Parker, H.W. and Howell G.A. 1989. Productivity improvement in construction, McGraw-Hill Book Company, New York.
- Özcan, H. 2010. “Yapı bilgi sistemleri ve mimarlıktaki yeri” , Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Özge, R.E. 2009. “Mimarlık pratiğinde yapı bilgi sistemleri” , Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Özkaya, H. 2014. “Metraj tanımı ve özellikleri” Online:  
<http://www.harunozkaya.com/wp-content/uploads/2014/02/01-metraj-tanimi.pdf>
- Özkoç, O. 2015. “Mimarlık mesleğinin değişen rolleri: Uygulamada yapı bilgi modellemesi” , Doktora Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özdöşer, A.M. 2016. “Yapı bilgi modellemesinin (BIM) tesis yönetimine entegrasyonu” , Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- PENTA. 2017. “Yapı bilgi sistemi (BIM)” Online:  
<http://www.penta.com.tr/markalar/autodesk/yapi-bilgi-sistemi-bim/>
- Phiri, M. 1999. Information technology in construction design, Thomas Telford Publishing, London.
- Sümer, L. 2012. “İnşaat sektöründe verimlilik” Online:  
<https://leventsumer.wordpress.com/2012/07/28/insaat-sektorunde-verimlilik/>
- Yöndem, F. 2017. “Kamu yapım işi ihalelerinde tasarımdan kaynaklanan problemlerin yapı bilgi modellemesi ile ihale öncesinde belirlenmesi” , Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Zeytun, A.B. 2000. “Sustainable buildings and building materials: Environment, Human Health and Energy” , Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Mimarlık Fakültesi, Ankara.

**HASAN KOYUN**  
**hsn.kyn@hotmail.com**



### **ÖĞRENİM BİLGİLERİ**

|                            |                                                                                    |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Yüksek Lisans<br>2015-2017 | Akdeniz Üniversitesi<br>Fen Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya         |
| Lisans<br>2009-2014        | Uluslararası Saraybosna Üniversitesi<br>Fen Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Saraybosna |

### **ESERLER:**

1- Kazaz A., Ulubeyli S., Koyun H. (2017). Detection of Architectural Drawings Errors in 3 Dimension. 29. Creative Construction Conference 2017, 19-22 June 2017, Primosten, Croatia (Özet Bildiri/Davetli Konuşmacı)