T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METRO PROJELERİNİN YAPIM AŞAMASINDA KARŞILAŞILAN RİSKLERİN YAPI BİLGİ MODELLEMESİ DESTEKLİ YÖNETİMİ

GÖZDE SAYGILI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
KONUT ÜRETİMİ VE YAPIM YÖNETİMİ PROGRAMI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. SERHAT BAŞDOĞAN

İSTANBUL, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

METRO PROJELERİNİN YAPIM AŞAMASINDA KARŞILAŞILAN YAPIM RİSKLERİNİN YAPI BİLGİ MODELLEMESİ DESTEKLİ YÖNETİMİ

Gözde SAYGILI tarafından hazırlanan tez çalışması 14.05.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Serhat BAŞDOĞAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Serhat BAŞDOĞAN

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Prof. Dr. Selin GÜNDEŞ

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi _____

Dr. Öğretim Üyesi Güven ŞENER

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması döneminde destek veren, anlayış gösteren herkese teşekkür etmek istiyorum.

Öncelikli olarak çalışmalarım konusunda yol gösteren danışmanım Doç. Dr. Serhat Başdoğan'a;

Varlıklarından her zaman mutluluk duyduğum, yardımlarını esirgemeyen Hale Bircan'a ve Güliz Erdik Aldırmaz'a;

Tez yazım süresince tecrübesini paylaşan ve bu süreçte destek olan Utkan Çorbacıoğlu'ya;

Fikirleriyle zihnimi açan kıymetli arkadaşlarım Melda ve Reşat Akan'a;

Yanımda olduğunu her zaman hissettiren hayat arkadaşım Efdal Yalçın'a;

Son olarak onlar olmasaydı bugünlere gelemezdim dediğim her koşulda yanımda olan anneme, babama ve abime çok teşekkür ediyorum.

Nisan, 2019

Gözde SAYGILI

(Mimar)

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ vi

ŞEKİL LİSTESİ vii

ÇİZELGE LİSTESİ ix

ÖZET x

ABSTRACT xii

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 2
1.2 Tezin Amacı 5
1.3 Hipotez 6
1.4 Metodoloji 6

BÖLÜM 2

METRO PROJELERİNDE YAPIM RİSKLERİ 9

2.1 İnşaat Projelerinde Yapım Sürecinin Katılımcıları 9
2.2 İnşaat Projelerinde Yapı Üretim Süreci 10
2.3 İnşaat Projelerinde İhale ve Sözleşme Türleri 14
2.4 Risk Üzerine Literatür Taraması 17
2.5 İnşaat Projelerinde Yapım Riskleri ve Yapım Risklerinin Yönetimi 17
2.5.1 Yasal Yönetsel Riskler 23
2.5.2 Ekonomik ve Finansal Riskler 24
2.5.3 Kültürel Riskler 24
2.5.4 Tasarım Riskleri 25
2.5.5 İnşaat Sahası Riskleri 25
2.5.6 Şantiye Riskleri 26
2.5.7 Çevresel Riskler 26
2.5.8 Taşeron ve Tedarikçi Riskleri 26
2.5.9 Sözleşmesel Riskler 26
2.6 Metro Projelerinde Yapım Riskleri ve Yapım Risklerinin Yönetimi 27
2.6.1 Metro Projelerinde Yapı Üretim Süreci 27
2.6.2 Metro Projelerinde Yapı Üretim Sürecinin Katılımcıları ve Rolleri 31

2.6.3 Metro Projelerinde Yapım Riskleri ve Yapım Risklerinin Yönetimi.... 31
2.7 Dünyada ve Türkiye'de Metro Projelerinin Gelişimi..... 42

BÖLÜM 3

METRO PROJELERİNDE YAPIM AŞAMASINDAKİ RİSKLERİN YAPI BİLGİ MODELLEMESİ DESTEKLİ YÖNETİMİ 45

3.1 Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Tanımı 45
3.1.1 Uygulama Seviyeleri 46
3.1.2 Olgunluk Seviyeleri 48
3.1.3 Gelişim Seviyeleri..... 49
3.2 Yapı Bilgi Modellemesi ve Proje Aşamalarında Kullanımı..... 50
3.2.1 Ön Tasarım Aşamasında YBM Kullanımı..... 53
3.2.2 Tasarım Aşamasında YBM Kullanımı 53
3.2.3 Yapım Aşamasında YBM Kullanımı 55
3.2.4 Kullanım Aşamasında YBM Kullanımı 56
3.3 Yapı Bilgi Modellemesinin Risk Yönetimindeki Faydaları ve Uygulama Zorlukları 57
3.3.1 Faydalar 58
3.3.2 Uygulama Zorlukları..... 62
3.4 Türkiye'de ve Diğer Ülkelerde Yapı Bilgi Modellemesinin Kamu ve Özel Sektör Projelerinde Kullanımı 63
3.5 Yapı Bilgi Modellemesinin Altyapı ve Metro Projelerinde Kullanımı..... 65

BÖLÜM 4

YBM'NİN TÜRKİYE'DEKİ METRO PROJELERİNDE KULLANIMINA YÖNELİK ALAN ÇALIŞMASI 68

4.1 Alan Çalışmasının Amacı 68
4.2 Alan Çalışmasının Yöntemi..... 69
4.3 Araştırma Bulguları 73

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER 91

KAYNAKLAR..... 94

EK-A..... 102

ÖZGEÇMİŞ..... 107

KISALTMA LİSTESİ

AEC	Architecture Engineering and Construction
AIA	American Institute of Architects
ATI	Ataköy İkitelli Metro Hattı
BIM	Building Information Modeling
CDM	Construction Design and Management
GSA	General Services Administration
GPE	Grand Paris Express
HSE	Healthy and Safety Executive
IPD	Integrated Project Delivery
KMM	Kabataş Mecidiyeköy Mahmutbey Metro Hattı
LOD	Level of Development
NATM	New Austrian Tunneling Method
PMBOK	Project Management Body of Knowledge
RAMP	Risk Analysis and Management for Projects
TBM	Tunnel Boring Machine
YBM	Yapı Bilgi Modellemesi

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Proje yönetim evreleri arasındaki zamansal ilişki [4] 11
Şekil 2.2 Yapı üretim süreci [19] 12
Şekil 2.3 Proje yaşam döngüsü [4] 13
Şekil 2.4 Proje teslim metodları (DBB-DB) karşılaştırması [13] 15
Şekil 2.5 Sonuçların meydana gelme olasılığı [34] 18
Şekil 2.6 Risk kaynakları, olayları ve sonuçları arasındaki ilişki [9] 19
Şekil 2.7 Eylemde bulunmadan önce edinilmesi gereken bilgi miktarı [9] 20
Şekil 2.8 Karar yapısı [9] 20
Şekil 2.9 Olumsuz riskler için yönetim şekilleri [9] 21
Şekil 2.10 Proje süresine göre değişkenlerin etkisi 22
Şekil 2.11 Uluslararası projelerin kültürel riskleri [47] 25
Şekil 2.12 Geleneksel ulaşım yaklaşımının çözümsüzlüğü [53] 29
Şekil 2.13 Toplu ulaşım türlerinin kapasite maliyetlerinin şematik gösterimi [52] 29
Şekil 2.14 Raylı sistem planlama ve yapım süreçleri [52] 30
Şekil 2.15 NATM Tünel Açılması 31
Şekil 2.16 2003-2019 yılları arasında metro riskiyle ilgili yapılmış yayınların değişimi .. 34
Şekil 2.17 Metro riskleri konusunda yayın yapan ülkelerin oransal dağılımı 35
Şekil 2.18 Türkiye'de demiryolu yatırımlarının 2003-2018 yılları arasındaki değişimi [97] 42
Şekil 2.19 Türkiye'de ulaştırma ve haberleşme yatırımlarının sektörel dağılımları [97] 43
Şekil 2.20 Türkiye 'de kentiçi raylı sistemler [98] 43
Şekil 3.1 YBM Uygulama Seviyeleri 46
Şekil 3.2 Modellere eklenen boyutlar ve sağladıkları faydalar. (18) 47
Şekil 3.3 YBM olgunluk diyagramı [105] 48
Şekil 3.4 YBM gelişim seviyeleri [107] 50
Şekil 3.5 Geleneksel ve YBM yöntemlerinde paydaşlar arası iletişim [112] 51
Şekil 3.6 YBM ve geleneksel teslimat yöntemlerinin karşılaştırılması [113] 52
Şekil 3.7 İstasyon tasarım modeli 54
Şekil 3.8 İstasyon model kesiti 54
Şekil 3.9 Her nesnenin doğru şekilde kodlanması 55
Şekil 3.10 Modelin iş programına entegre edilmesi 56
Şekil 3.11 Risk yönetim sistemi ve YBM arasında aktif bağlantının kurulması [41] 57
Şekil 3.12 Ulaşım projelerinde YBM'nin önemli ticari faydaları [15] 60

Şekil 3.13 Dudullu-Bostancı TBM YBM süperpoze çalışması [120] 61
Şekil 3.14 YBM'nin Kuzey Amerika ve Avrupa'da adaptasyon oranı [127] 64
Şekil 3.15 Türkiye'de iş alanlarına göre YBM kullanımı [101] 65
Şekil 3.16 GPE projesinin istasyonlarından birisi [15] 66
Şekil 4.1 Katılımcıların mesleki dağılımı 72

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 Araştırma yönteminin adımları 7
Çizelge 2.1 Projenin farklı aşamalarında sürece dahil olan katılımcılar [9] 10
Çizelge 2.2 Farklı sözleşme tiplerine göre risk dağılımları [9] 16
Çizelge 2.3 Yapım risklerinin farklı literatürde sınıflandırmaları 23
Çizelge 2.4 Yapım endüstrisini tanımlayan gruplar [50] 28
Çizelge 2.5 Metro risklerinin tespit edilmesinin aşamaları 33
Çizelge 2.6 Metro risklerinin meta-analizi 36
Çizelge 2.7 Metro projelerindeki yapım risklerinin meta-analizi ile değerlendirmesi 38
Çizelge 3.1 YBM kullanımının projenin farklı aşamalarında sağladığı faydalar [13] 59
Çizelge 4.1 Alan çalışmasının yöntem adımları 69
Çizelge 4.2 Mülakat katılımcılarına ait veriler 70
Çizelge 4.3 Yapım risklerinin metro projeleri için uzman cevaplarına göre değerlendirmesi 80
Çizelge 4.4 Metro projelerindeki risklerin uzman cevaplarına göre değerlendirmesi 81
Çizelge 4.5 YBM'nin yaygınlaşması için proje paydaşlarından hangilerinin öncülük etmesinin gerekliliğinin uzman cevaplarına göre değerlendirmesi 82
Çizelge 4.6 YBM'nin yaygınlaşmama nedenlerinin uzman cevaplarına göre değerlendirmesi 83
Çizelge 4.7 YBM'nin yaygınlaşması için nelerin yapılabileceğinin uzman cevaplarına göre değerlendirmesi 84
Çizelge 4.8 Metro projelerindeki yapım risklerinin meta-analizi ve alan çalışmasıyla karşılaştırması 85
Çizelge 4.9 Metro projelerine ait risklerin YBM ile yönetilmesi 87

ÖZET

METRO PROJELERİNİN YAPIM AŞAMASINDA KARŞILAŞILAN YAPIM RİSKLERİNİN YAPI BİLGİ MODELLEMESİ DESTEKLİ YÖNETİMİ

Gözde SAYGILI

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Serhat BAŞDOĞAN

Dünyada birçok kentin uzun zaman önce başladığı raylı sistem projeleri, ilk yatırım maliyetlerinin yüksek ve uzun süreli projeler olması nedeniyle ülkemizde uzun yıllar gündeme alınmamıştır. Ancak gün geçtikçe kentlerde artan nüfus dolayısıyla kent içi ulaşımındaki sorunlara alternatif çözüm olması, yolcu kapasitesinin yüksek olması gibi nedenlerle metro, tramvay vb. sistemlerin yapımı son yıllarda hız kazanmıştır. Yapılan projelerin sayısının artması olumlu bir gelişme olsa bile her projenin tek sefere özgü olması öngörülemeyen proje risklerini beraberinde getirmektedir. Metro projelerini diğer inşaat projelerinden farklılaştıran, ayırıcı noktalar vardır, risklerin bütüncül olarak değerlendirilebilmesi için bu ayırıcı noktaları doğru şekilde anlamak önemlidir. Metro projelerinin belirgin özelliklerinden birisi hattın geçtiği güzergâhların trafik sorununa çözüm olmasının hedeflenmesi dolayısıyla yapılaşmanın olduğu noktalarda inşa edilmesi gerekliliğidir. Diğer bir belirgin özelliği ise birçok disiplinin eş zamanlı olarak bir arada ve yapımı çoğunlukla yerin altında devam eden bir projede çalışmasını gerektirmesidir. Bu bağlamda çok sayıda katılımcıyı ve dokümanı içeren proje sürecini yönetmek kolay değildir. Geleneksel proje teslim yöntemleri, teknolojinin değişmesi ve gelişmesiyle birlikte yön değiştirse de genellikle iki boyutlu çizimler olup, bu çizimlerin yetersizliğinden dolayı yapım aşamasında anlaşmazlıklara ve hatalara yol açmaktadır. Bu durumun sonucunda projenin tamamlanması için gereken maliyet ve zaman artmaktadır. Bu çalışmada iki ana grup halinde literatür taraması yapılmıştır. Literatür

taramasından elde edilen çerçeveyle birlikte mülakat formu oluşturulmuştur. İstanbul'da metro yapımında çalışan farklı firmalardaki üst düzey yöneticilerle yüzyüze görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Geleneksel metotlardaki eksik noktaların tespit edilmesiyle birlikte yeni yapılacak olan YBM destekli metro projelerinde yapım aşamasında maliyet ve süre olarak optimizasyon elde edilmesi hedeflenmiştir.

Sonuç olarak Türkiye'deki metro projeleri, kamu yatırımıyla yapılan pahalı ve uzun süreli projeler olduğu için risklerin iyi yönetilememesi maliyetlerin artmasına, projenin zamanında bitirilememesine ve hatta projenin kaybedilmesine neden olmaktadır. Tez kapsamında incelenen bölümler ve içerikleri aşağıda özetlenmektedir.

Tezin içeriği giriş ve sonuç bölümleri dahil olmak üzere beş ana bölümden oluşmaktadır.

- 1. Bölümde tezin amacı, kapsamı ve çalışmanın yönteminden bahsedilmiştir. Tez kapsamındaki literatür özeti de bu bölümde yer almaktadır. Literatür özeti olarak metro projeleri ve yapı bilgi modellemesi olmak üzere iki ana gruba ait kitap, makale, dergi vb. dahilinde yayınlanmış olan kaynaklar incelenmiştir. Elde edilen bilgilerin sınıflandırması, sınırlaması ve anlamlandırmaları yapılarak tezin altyapısı oluşturulmuştur.
- 2. Bölümde ve 3. Bölümde literatürden edinilen bilgiler alt başlıklar halinde incelenmiştir. 2. Bölümde metro projelerinin işleyiş süreci, katılımcıları, yapım riskleri irdelenmiştir. 3. Bölümde 'Yapı Bilgi Modellemesi' tanımı, altyapı proje aşamalarında kullanımı ve yapım risklerinin azaltılmasındaki etkileri yer almaktadır.
- 4.Bölümde alan çalışması yapılmıştır. Alan çalışması, yapımı tamamlanmış veya devam eden metro projelerinin yapım aşamasında çalışmış uzmanlarla yüzyüze mülakat görüşmeleri yapılması ve bunların değerlendirmesi şeklinde gerçekleştirilmiştir. Metro projelerinin yapım sektöründe, uzman görüşünün anket yapılmasına elverişli sayıda katılımcıyı içermemesi olayısıyla mülakat formuyla birlikte yüzyüze görüşme yöntemi tercih edilmiştir. Literatürden elde edilen çerçeve kapsamında uzmanlarla görüşmeler yapılarak teoride belirsiz kalan noktalar netleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Metro projeleri, Risk Yönetimi, Yapı Bilgi Modellemesi

ABSTRACT

MANAGEMENT OF RISKS IN CONSTRUCTION PHASE OF METRO PROJECTS ASSISTED BY BUILDING INFORMATION MODELING

Gözde SAYGILI

Department of Architecture

MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Dr. Serhat BAŞDOĞAN

Many cities in the world, the rail system projects started long ago, which is not the case in our country for many years, because the initial investment costs are high and they are long term projects. However, with the increasing population, rail system projects with the high passenger capacity, such as metro, tram, etc. makes it possible to create alternative solutions to the blockages in the city transportation, which lead to a momentum in the construction of these systems in recent years. Even though the number of projects carried out is a positive development, being one-time-specific projects create risks that cannot be projected. There are distinctive points that differentiate metro projects from other construction projects, which are important to understand correctly to assess the risks fully. One of the important features of the metro projects is the aim of providing solutions to the traffic problem which generally means the construction needs to be done in highly constructed areas. Another important feature is that many branches of construction require simultaneous co-operation in an underground project. In this context, it is not easy to manage the project process involving a large number of participants and documents. While traditional project delivery methods change direction with the change and development of technology, they are generally two dimensional drawings and due to the inadequacy of these drawings, they lead to disputes and errors during the construction phase. As a result, the cost and time required to complete the project is increasing. In this study, literature

review part is considered in two main groups. Interview form was formed with the framework obtained from the literature review part and face-to-face interviews were conducted with senior executives from different companies who worked in metro construction. With the identification of the missing points in the traditional methods, in the construction phase of the BIM supported metro projects, the aim is to achieve the optimization of cost and time.

As a result, with the lack of risk management in these expensive and long-term public investment metro projects, the costs can be increased, the project cannot be completed on time and even the project can be lost. The sections and contents of the thesis are summarized below.

This thesis includes five main sections, including introduction and conclusion sections.

- In Chapter 1, the aim, scope and method of the study are mentioned. A summary of the literature of the thesis is also included in this section. Metro projects and BIM are the two main groups in which books, articles, journals, etc. have been examined in the literature summary. The classification, limitation and semantics of the obtained information were used to establish the infrastructure of the thesis.
- In Chapter 2 and Chapter 3, the information obtained from the literature is examined in sub-headings. In Chapter 2, the operation process, the participants and the construction risks of the metro projects were discussed. In Chapter 3, the definition of Building Information Modeling (BIM), its use in infrastructure project phases and the effects of reducing construction risks are included.
- A case study was carried out in Chapter 4. Field interviews were conducted with experts who worked in the construction of metro projects, which were completed or under construction. Interview form was preferred due to the fact that the expert opinion who works in the construction of Metro projects is not enough to conduct a survey. Within the framework obtained from the literature, interviews with experts were made to clarify the unclear points in the theory.

Keywords: Metro Projects, Risk Management, Building Information Modeling

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Ekonomik büyüme ve sanayileşmenin etkileriyle birlikte kentlerde artan nüfus, kent içi ulaşım sorunlarını beraberinde getirmiştir. Bu soruna geçici çözümler bulunmuş olup, ek kapasite getirilerek trafik sorununu rahatlatmak uzun vadede mümkün olmamıştır. Raylı sistem projelerinin bu soruna kalıcı bir çözüm olması ve aynı zamanda çevreye duyarlı, yolcu kapasitesinin yüksek olması nedenleriyle son yıllarda yapımı hız kazanmıştır. Son 5 yılda Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın 2019 verilerine göre demiryolu yatırımı yaklaşık yüzde 20 oranında artış göstermiştir.

Diğer taraftan bu çalışma özelinde bakıldığında; inşaat sektörü, diğer sektörlere göre maliyet artışı, proje süresinin aşılması ve projenin başarısız olması gibi çok sayıda risk kaynağıyla karşı karşıya kalmaktadır [1].

Her projede risk mevcuttur, riskin büyüklüğü, projenin kendi özel durumuna göre değişkenlik göstermektedir. Bir projenin başarılı olarak değerlendirilmesi için yapım risklerinin yönetilmesi zorunlu kabul edilmektedir. Risklerin yönetilebilmesi için sistematik yaklaşımlar geliştirilmeli ve bunlar proje süresince uygulanmalıdır. Risklerin etkileri proje boyunca değişkenlik gösterecektir, bu nedenle risklerin dikkate alınması ve değerlendirilmesi, projenin her aşamasında sürekli olarak risklerin yönetilebilmesi için gerekir [2]. İnşaat projelerinde risk yönetimi için kullanılan geleneksel model, proje maliyetinin üzerine belirli bir yüzde eklenmesiyle elde edilmektedir. Belirli bir yüzde eklenmesi, risk yönetiminin tek değerli bir sonuç olmaktan çıkamaması ve belirsiz durumun olumlu yönde de gerçekleşme ihtimali göz ardı edilerek sadece olumsuz yönde gerçekleşme olasılığını göstermektedir [3].

İnşaat sektöründe firmalar, piyasadaki varlıklarının, yürüttükleri projenin süresi ile sınırlı olması nedeniyle, uzun vadede piyasada yer alabilmek için, kar payı düşük ya da risk düzeyi yüksek projeleri üstlenmek durumunda kalabilmektedirler [4]. Piyasada sürdürülebilir ve rekabetçi olabilmek için yenilikçi tekniklerin kullanılması gerekmektedir.

Yapı bilgi modellemesi, bir binanın doğru sanal modelinin inşasıdır, geleneksel iş akışından farklı olan yeni bir düşünme biçimi olarak tanımlanmaktadır. Bu durum sadece teknolojinin gelişmesinden farklı olarak inşaat sektörünün işleyişine yeni bir yaklaşım olarak nitelendirilebilir. YBM, inşaat sektöründe yüklenicilerin projeye geç dahil olması, güven gibi sorunları çözebilecek düzeyde bir yaklaşımdır. Yüklenicilerin projeye tasarım aşamasında dahil olması sayesinde paydaşlar arasında yüksek uyum, birlikte çalışabilirliğin, takım üyelerinin katma değeri olan çözüm üretmesine yardımcı olmaktadır [5] [6].

Altyapı projeleri grubuna giren metro projelerinde işveren, müşavir ve yüklenici olmak üzere ana paydaşlar ve bunların etrafında yer alan çok sayıda katılımcı bir dizi aktiviteyi yürütmektedirler. Çok sayıda dokümanın üretildiği, uzun süreli ve çok paydaşlı yapım aktivitelerinin bir arada yönetilmesi yapım risklerini arttırmaktadır.

Metro hatlarının yapım evresinde karşılaşılan zorluklar ve proje süresince karşılaşılan risklerin hangilerinin yapı bilgi modellemesi teknolojisiyle ortadan kaldırılabileceğinin tespit edilmesi, ülkemizde devam eden ve yapılacak metro projelerindeki yapım süresine, maliyetine ve kalitesine katkıda bulunacaktır. Bu katkıları göz önünde bulundurulduğunda YBM kullanımı, risk yönetimi konusunda aktif bir rol üstlenilmesini sağlamaktadır. Bu çalışmanın sonucu olarak metro projelerinin diğer yapım projelerinden daha fazla öne çıkan yapım zorluklarının belirlenmesi, YBM'nin raylı sistem teknolojisine yapım aşamasında getirdiği faydalar ve projenin amacına ulaşmasındaki katkıları değerlendirileektir.

1.1 Literatür Özeti

Tez kapsamında literatür araştırması yapılırken iki ana başlık altında gruplandırma yapılmıştır. İlk grupta inşaat projelerinde yapı üretim süreci, katılımcıları, yapım riskleri

incelenmiş olup metro projelerinin yapım sürecinde farklılaşan yönlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır.

İkinci grupta son yıllarda yapım projelerinde kullanımının yaygın olarak tercih edilmeye başlandığı 'Yapı Bilgi Modellemesi' ile ilgili kaynaklar taranmıştır. Yapı bilgi modellemesinin risk yönetiminde ve altyapı projelerinde kullanımıyla ilgili olanlar referans olarak alınmıştır.

Hayes ve diğerleri (1986) [7], risk ve belirsizlik kavramlarının yapım projelerinin büyüklüğünden bağımsız olarak hepsinde yer aldığını belirtmişlerdir.

Al-Bahar ve Crandall (1990) [8], riski ve bu risklerin yönetimini beklenmedik kayıpların asgari düzeye indirilmesi için gerekli olan faaliyetlerin planlanması, sürecin yönetilmesi ve kontrol edilmesi olarak belirtmektedir.

Flanagan ve Norman (1993) [9], yapım projelerinde, farklı yetenekte ve ilgide çok sayıda katılımcının olduğu, çok sayıda aktivitenin bir arada yürütülmesinin gerektiğini ve riskin temel olarak bilgi eksikliği nedeniyle ortaya çıkan belirsizlikten olduğunu ifade etmiştir. Aynı zamanda yapım projelerinin, uzun süreli, dinamik ve benzersiz özelliklere sahip tek seferlik çabalar olmasının ve bu tür organizasyonel ve teknolojik karmaşıklıkların da çok sayıda riski beraberinde getirdiğini belirtmektedirler.

Birgönül ve Dikmen (1996) [3], risk yönetimindeki en önemli aşamayı belirsizliklerin tanımlanması olarak ifade etmiştir. Mevcut yaklaşımlarda riskin ortadan kaldırılması amaçlanıyorken risk yönetiminin yapılma amacını bu gibi risklerin proje üzerindeki etkisini saptamak, ileriye dönük yapılacak tahminlerde gerçekçi sonuçlar elde edilmesini sağlamaktır.

Mulholand ve Christian (1999) [10], inşaat projelerinin karmaşıklığı ve dinamik ortamları nedeniyle, yüksek derecede belirsizlik ve riskle sonuçlanan belirli koşulların yaratıldığını açıklamaktadır.

Dey ve Ogunlana (2002) [11], kapsam ve tasarımdaki değişikliklerden dolayı büyük ölçekli kamu projeleri için geleneksel proje yönetim teknikleri yeterli olmadığını, aynı zamanda işin gerektiği ölçüde önemsenmemesi, öngörülemeyen enflasyon ve yanlış tahminlerin de projenin maliyetini ve süresini etkilediğini belirtmiştir.

Risk yönetimi, PMBOK'ta (2016) risklerin sistematik olarak belirlenmesi, bu risklere göre önlemler alınması ve risk oluşmadan alternatiflerin geliştirilmesi olarak ifade edilmektedir [4].

Özbey (2015) [12], altyapı inşaat projelerinin gelişmekte olan şirketler için önemli yere sahip olduğunu, altyapı projelerinin tasarım aşamasından teslim aşamasına kadar çok sayıda riski barındırdığını belirtmiştir.

Yapı bilgi modellemesi kavramının yaygın olarak bilinirliği 2000'li yılların başına dayanmaktadır, ancak yaklaşım metotlarının 30-40 yıla varan geçmişe dayandığı BIM Handbook'ta [13] ifade edilmektedir. Yapı bilgi modellemesi olarak bilinen yaklaşım metoduna ait yazılı belgelerin en eski örneği Chuck Eastman'e ait "Yapı Tanımlama Sistemi" (Building Description System) çalışma modelidir. İlk olarak Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) tarafından hazırlanan 1975 yılındaki dergide, sonrasında Carnegie-Mellon Üniversitesi'de yayınlanmıştır.

Building Information Modeling (BIM) tanımına geçiş ise 1980'lerin sonunu bulmuştur. Robert Aish 1986 yılında 'Building Modeling' isimlendirmesiyle makale yayınlamıştır.

Eastman ve diğerleri (2011) [13], yapı bilgi modellemesini yapının kavramsal tasarım aşamasından başlayarak yıkılmasına kadar olan proje yaşam döngüsü boyunca alınacak kararlar için güvenilir bir temel oluşturan ve paylaşılan bir enformasyon kaynağı olarak tanımlamıştır.

Smart Market Report the Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets (2014) [14], raporuna göre 2007 yılında YBM'nin tanınması ve kullanılmaya başlaması %28 oranındayken; 2012 yılında bu oranın %71'e yükseldiği görülmektedir. Yapı bilgi modellemesinin bilinirliği ve kullanılırlığı bazı ülkelerde yerel otoritelerin de zorunlu tutmasıyla birlikte yükselen bir ivmeyle artış göstermiştir.

'The Businees Value of BIM for Infrastructure' (2017) [15], araştırma raporunda, YBM'nin katkıları ile ilgili yapılan saha araştırmasında katılımcıların çoğu daha az hatalı projeler, gerçekçi maliyet tahminleri ve projenin daha iyi anlaşılması konusunda fayda sağladığını belirtmiştir.

Tamamlanan projelerle birlikte YBM kullanımının proje süreçlerine olan katkısı görünür hale gelmektedir ve karmaşıklaşan proje süreçlerinde de ilerleyen yıllarda kullanılacağı düşünülen bir teknolojidir.

1.2 Tezin Amacı

İnşaat sektörü, dağınık ve karmaşık yapıdadır. Yapı üretim sürecinde çok sayıda katılımcı yer almakta ve çok sayıda doküman üretilmektedir. Bu bağlamda çok sayıda katılımcıyı ve dokümanı içeren proje sürecini yönetmek kolay değildir; ayrıca mimarlar, mühendisler ve diğer katılımcılar proje süresince büyük ölçüde kendi görevlerinde çalışmakta ve az miktarda iletişim kurmaktadır. Geçmiş yapım deneyimlerinden faydalanmak mümkün olsa da her projenin tek sefere mahsus olması öngörülemeyen proje risklerini beraberinde getirmektedir.

İnşaat projelerinin türlerinden biri olan raylı sistem projelerinin belirgin özelliklerinden birisi, çok sayıda disiplinin eş zamanlı olarak bir arada çalışmasını gerektirmesidir. Yapı üretim sürecindeki katılımcıların iletişimindeki zayıflık, proje ve yapım sürecini olumsuz olarak etkilemektedir.

İnşaat sektörünün ve raylı sistem proje doğasından kaynaklı bu durum, geleneksel proje teslim yöntemlerinden yapı bilgi modellemesi olarak adlandırılan çalışma modeline geçilmesini gerekli kılmıştır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte projelerin karmaşıklık düzeyi artmaktadır. Aynı zamanda teknolojik gelişmeleri takip etmek ve yenilikçi yöntemleri projelerde uygulamak, inşaat şirketlerinin rekabet gücünü arttıran ve uzun vadede devamlılığını sağlayan bir unsurdur.

Bu çalışmanın amacı, raylı sistem projelerinin yapım sürecini inceleyerek, bu aşamada karşılaşılan risklerin projenin hedefine ulaşmasındaki etkilerini tespit etmek ve yapı bilgi modellemesi olarak adlandırılan çalışma modelinin bu aşamalardaki etkisini ortaya koymaktır. Böylelikle ülkemizde devam eden ve yeni yapılacak metro projelerinde diğer yapım projelerine göre karşılaşılma ihtimali yüksek olan yapım risklerinin ortaya çıkarılmasına da katkısı olacaktır.

Literatürden elde edilen bilgilerle birlikte, uygulaması yapılmış veya devam eden metro projelerindeki üst düzey yöneticilere ait uzman görüşlerinin kesiştirilmesiyle, daha

gerçekçi sonuçların ortaya konulması hedeflenmektedir. Yapımı son yıllarda hız kazanmış olan metro projelerinin kentleşmeyle birlikte devam edeceği öngörülmektedir. Hazırlanan bu tez çalışmasının ülkemizdeki yeni metro projelerinde de YBM kullanımıyla birlikte yapım firmalarının bu geçiş sürecinde rehber olarak kullanılması da çalışma hedeflerindendir. Hedeflenen süre ve maliyetin çoğunlukla yakalanamadığı metro projelerinde yenilikçi tekniklerin uygulanmasının proje aşamalarına katkısının görünür hale getirilmesi amaçlanmaktadır.

1.3 Hipotez

Metro projelerinde çok sayıda disiplinin eş zamanlı olarak çalışması gerekmektedir, proje paydaşları arasında etkin iletişimin sağlanamaması, projenin karmaşık olması gibi nedenlerden dolayı geleneksel yöntemler yetersiz kalmakta ve geleneksel yöntemlerden yapı bilgi modellemesi olarak adlandırılan çalışma modeline geçilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Yapım projelerinin, bütün aşamalarında çok fazla sayıda risk yer almaktadır. Altyapı projeleri grubuna giren metro projelerinde ilk yatırım maliyetinin yüksek olması ve proje süresinin uzun olması yapım süreci boyunca karşılaşılan risklerin iyi yönetilmesini de zorunlu hale getirmektedir. Aksi durumda risklerin iyi yönetilememesi parasal kayıplara ve projenin zamanında bitirilememesine neden olmaktadır. Yapı bilgi modellemesi teknolojisi sayesinde bir binanın doğru bir sanal modeli dijital olarak inşa edilmektedir, böylelikle yapım aşamasında karşılaşılacak risklerin o aşamaya gelmeden ortaya çıkması engellenmektedir.

Bu çalışmanın temel varsayımı, metro yapım süreçlerindeki belirsizliklerin YBM aracılığıyla tanımlanmasının mümkün olacağı ve yönetilebileceğidir.

1.4 Metodoloji

Bu çalışmanın metodolojisi için literatür verileri ve metro yapımında uzun yıllar çalışmış ve hala çalışmakta olan üst düzey yöneticilerin katıldığı alan çalışmasına ait veriler kullanılmıştır. Mülakata katılan katılımcılarla görüşme formu oluşturabilmek için literatürdeki kaynakların taranması yoluyla veriler elde edilmiştir. Ayrıca metro

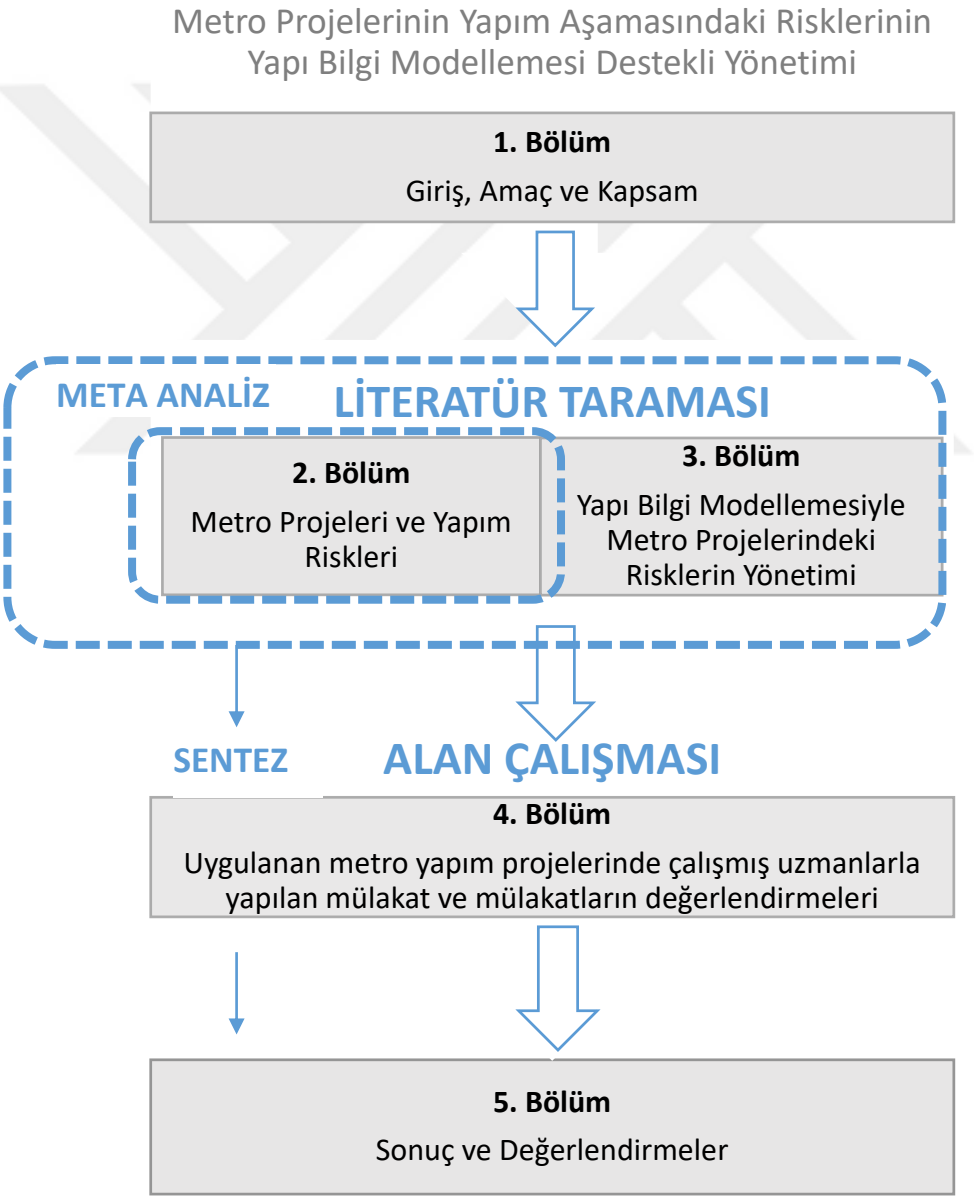
projelerinin yapım risklerinin literatürdeki kullanımını tespit edebilmek için metro riskleriyle ilgili meta-analizi yöntemi kullanılmıştır.

Literatür taraması iki ana başlık altında yapılmıştır.

- Metro projelerinin yapım riskleri,
- Yapı bilgi modellemesi, projelerde kullanımı,

Çizelge 1.1'de araştırma yönteminin adımlarını gösteren akış şeması yer almaktadır.

Çizelge 1.1 Araştırma yönteminin adımları



Çizelge 1.1'de tez çalışmasının yöntemini gösteren adımlar sıralanmıştır, takip edilen adımlarla ilgili açıklamalar aşağıda özetlenmektedir;

- İlk aşamada inşaat projelerinin yapım riskleri kitap, makale, dergi ve diğer kaynaklar üzerinden taranmıştır. Sonrasında altyapı projeleri, raylı sistem, metro projeleriyle ilgili kaynakların taraması yapılmıştır. Taramaların sonucunda 'Yapım Riskleri'nin farklı kaynaklarda, farklı ana gruplar altında incelendiği tespit edilmiştir. Ayrıca metro projelerinin diğer yapı türlerine göre ön plana çıkan yapım riskleri olduğu tespit edilmiştir. Metro projelerinin yapım riskleri meta-analizi ile taranarak ilgili risklerin kaynaklarda kullanım sıklıkları tablo haline getirilmiştir.
- İkinci aşamada yapı bilgi modellemesiyle ilgili kitap, makale, dergi ve diğer kaynaklar üzerinden tarama yapılmıştır.
- Alan çalışmasının yapılabilmesi için ilk ve ikinci aşamada elde edilen bilgiler çerçevesinde mülakat soruları oluşturulmuştur. Metro projesinin yapım sürecinde uzman olarak görüş verebilecek kişi sayısının anket çalışmasında veri elde edilebilecek sayıda olmaması nedeniyle mülakat görüşmesi tercih edilmiştir. Katılımcılarla görüşme formunun hazırlanması için literatür destekli mülakat formu çerçevesi oluşturulmuştur, mülakat çizelgesindeki sorular literatür bilgilerinin sentezlendiği yarı yapılandırılmış formatta oluşturulmuştur. 20 yıl üstü ve metro projelerinde yapım deneyimi olan iki tane uzmanla öncesinde bir görüşme daha sağlanarak mülakat formları son haline getirilmiştir. Katılımcıların daha somut cevaplar verebilmesi için sorulara birden fazla seçim yapılabilecekleri seçenekler eklenmiştir. Mülakat verilerinden elde edilen sonuçlar literatür taramasından elde edilen tablolarla birleştirilmiştir.
- İlk aşamada elde edilen verilerle, alan çalışması verileri çakıştırılarak tez kapsamında sonuç ve değerlendirmeler yapılmıştır.

BÖLÜM 2

METRO PROJELERİNDE YAPIM RİSKLERİ

2.1 İnşaat Projelerinde Yapım Sürecinin Katılımcıları

İnşaat projelerinin yapım sürecinde çok sayıda aktif katılımcı yer almaktadır. İşveren ve yüklenici temel katılımcılardır. Proje katılımcıları, proje paydaşları olarak da isimlendirilmektedir. Bir paydaş, bir projenin kararından, faaliyetinden veya sonucundan etkilenebilecek, etkilenebilecek veya kendisini etkileyebilecek bir birey, grup veya organizasyondur [4].

Yapı üretim sürecinin katılımcıları aşağıdaki gibi sıralanabilir [16] ;

- Girişimciler
- Tasarımcılar
- Danışmanlık ve Kontrollük Firmaları
- Tedarikçiler, Malzeme / Eleman / Bileşen Üreten ve Pazarlayan Kuruluşlar
- Yüklenici / Alt Yüklenici Firmalar
- Eğitim Kurumları
- Araştırma Kuruluşları
- Enformasyon Sağlayıcılar
- Yerel Otoriteler

Ve benzer diğer katılımcılar,

Projenin farklı aşamalarında farklı katılımcılar projeye dahil olmaktadır. Bu katılımcıları Flanagan ve Norman [9], kitabında aşağıdaki gibi bir gruplandırmayla ifade etmiştir.

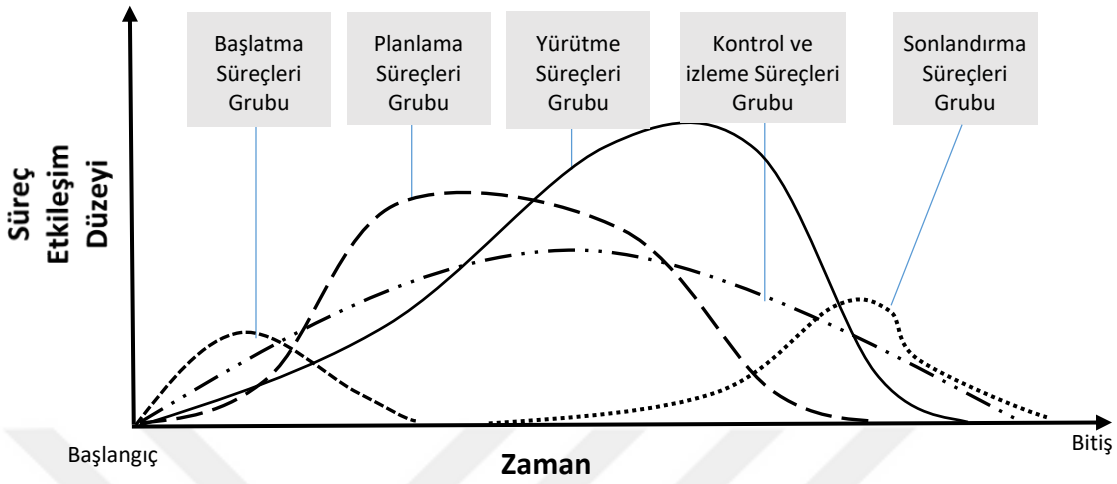
Çizelge 2.1 Projenin farklı aşamalarında sürece dahil olan katılımcılar [9]

Süreç	Katılımcılar
Fizibilite Aşaması (Değer Biçme/Sürdürebilirlik/Bütçe)	İşveren / Mal Sahibi Fon Kaynakları Banka, Sigorta Şirketleri Kullanıcılar Danışmanlar
Tasarım Aşaması	Proje Müdürü Mimar / Planlama Taşıyıcı Sistem Tasarımcısı Kalite Kontrol Ekibi İnşaat Mühendisi Mekanik Ekibi Elektrik Mühendisi Kimya Mühendisi Peyzaj Mimarı İç Mimar Diğer Danışman ve Uzmanlar Denetmenler
Yapım Aşaması	Yüklenici Tasarım Ekibi Taşeronlar Tedarikçiler Üreticiler
İşletme Aşaması	Mal Sahibi Kullanıcılar Danışmanlar

2.2 İnşaat Projelerinde Yapı Üretim Süreci

İnşaat sektörünün temelini projeler oluşturmaktadır [17]**.** Bir projenin yaşam döngüsü, bir projenin başlangıcından kapanmasına kadar geçen bir dizi aşamadır [4]**.** PMBOK'a göre proje süreci; başlatma, planlama, yürütme, kontrol ve izleme, sonlandırma şeklinde gruplandırılan 5 ayrı aşamadan oluşmaktadir. Her projenin belirli bir başlangıcı ve kesin

bir sonu olmasına rağmen, bu aşamalar Şekil 2.1'de görüldüğü gibi birbirlerinden kesin bir şekilde ayri olmayan, daha çok iç içe geçmiş süreçlerdir**.**



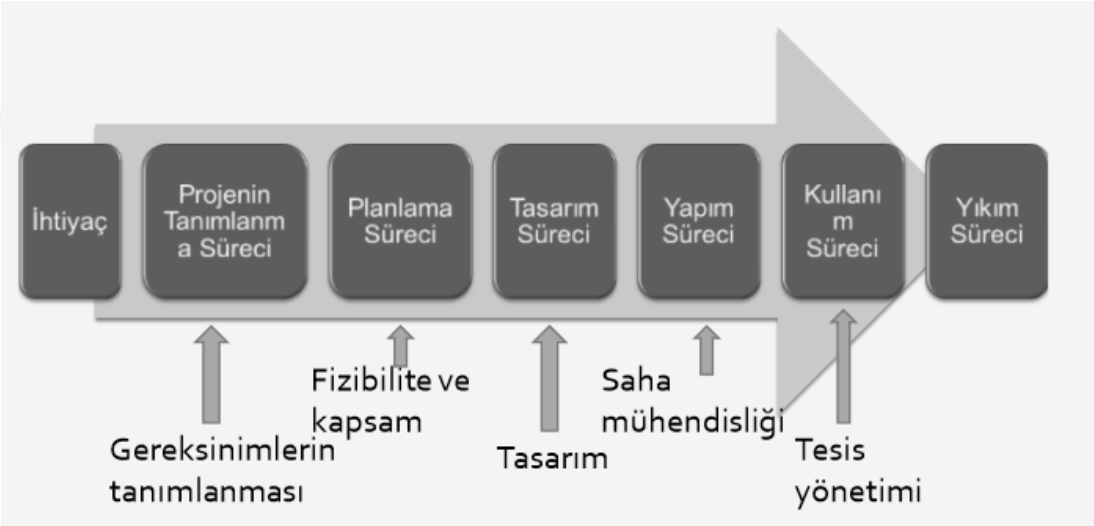
Şekil 2.1 Proje yönetim evreleri arasındaki zamansal ilişki [4]

Bu aşamalar aşağıda açıklanmaktadır [4];

1. **Başlatma Süreçleri Grubu:** Yeni bir proje veya mevcut projeye ait yeni bir aşamayı tanımlamak için başlatma yetkisi alarak gerçekleştirilen işlemlerden oluşur. Başlatma sürecinde ilk kapsam tanımlanmış ve buna uygun finansal kaynaklar atanmıştır. Büyük ve karmaşık projeler ayrı aşamalara bölünmelidir.
2. **Planlama Süreçleri Grubu**: Hedefleri tanımlamak, iyileştirmek ve bu hedeflere ulaşmak amacıyla gereken eylem planını geliştirmek için gerçekleştirilen süreçlerden oluşur. Proje yönetiminin karmaşık yapısından dolayı daha fazla proje bilgisi ve özelliği toplandıkça ilave planlama yapılması gerekecektir.
3. **Yürütme Süreçleri Grubu:** Proje şartnamelerini uygulamak amacıyla proje yönetim planında tanımlanan işi tamamlamak için gerçekleştirilen işlemlerden oluşur. Bu süreç, insanları ve kaynakları koordine etmeyi, paydaş beklentilerini yönetmeyi ve projenin faaliyetlerini proje yönetim planına uygun olarak gerçekleştirmeyi içerir.
4. **Kontrol ve İzleme Süreçleri Grubu:** Projenin ilerlemesini ve performansını izlemek, planda değişiklik yapılması gereken alanları belirlemek, gözden geçirmek ve düzenlemek için gerekli süreçlerden oluşur.

5. **Sonlandırma Süreçleri Grubu:** Projeyi, projedeki belirli bir aşamayı veya sözleşmeden doğan yükümlülükleri resmi olarak tamamlamak üzere proje yönetim süreci gruplarındaki tüm faaliyetleri sonuçlandırmak için gerçekleştirilen süreçlerden oluşur.

Şekil 2.1'de görüldüğü üzere en çok aktivite yürütme süreçleri grubunda yer almaktadır; aynı zamanda tasarım ve yapım süreçleri de kesin bir biçimde birbirinden ayrılmamaktadır. Tasarım ve yapım sürecinin birbirinden bağımsız süreçler olarak görülmesi inşaat sektörünün esas problemlerindendir [18]**.**



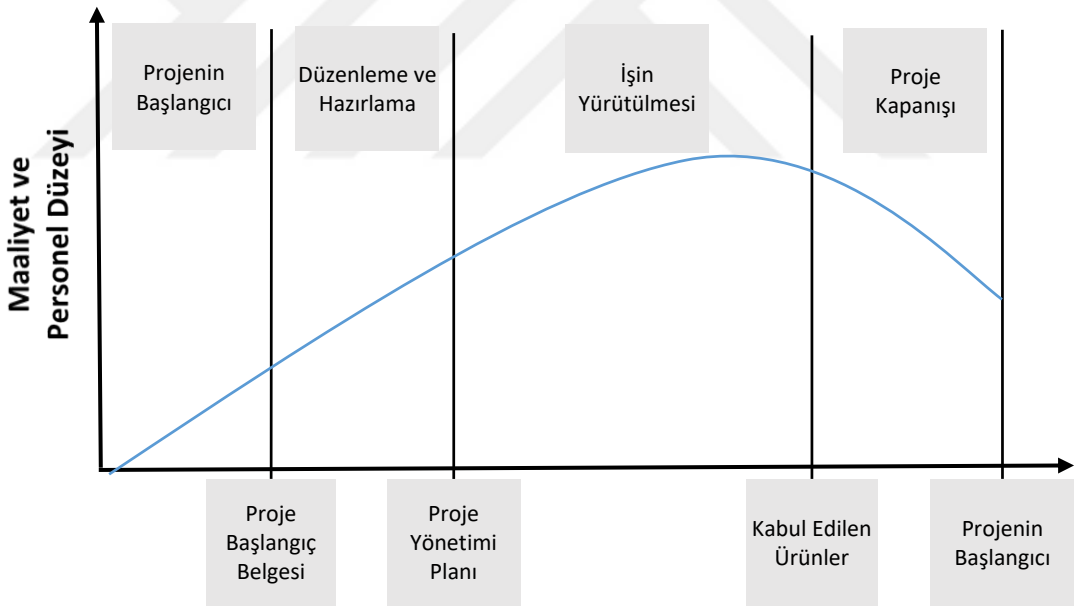
Şekil 2.2 Yapı üretim süreci [19]

Yapı üretim sürecinin aşamaları temel olarak benzer başlıklar altında sıralanmakla birlikte farklı araştırmacılar tarafından değişkenlik göstermektedir. Flanagan ve Norman'a [9] göre bu süreç dört temel aşamadan oluşmaktadır;

1. **Yatırım kararı-Fizibilite:** Tespit edilen kriterler doğrultusunda olası problemleri tanımlayarak projenin uygulanabilirliğinin değerlendirildiği aşamadır.
2. **Tasarım:** Yatırım kararı alındıktan sonra ön tasarım çalışmalarının yapıldığı, sonrasında işveren onaylarının ardından uygulamaya esas tasarımların hazırlandığı aşamadır.
3. **Yapım:** Yapım şartlarının belirlenmesinin ardından tasarımların uygulandığı aşamadır. Bütün kaynakların organizasyonunu kapsamaktadır.
4. **İşletme:** Yapının tamamlanmasının ardından kullanım aşamasını tanımlamaktadır.

Ana süreçler de kendi içerisinde bölümlenmektedirler bu bölümler, aşağıdaki gibi sıralanabilir [16].

- Girişim
- Ön karar
- Tasarım
- Teklif
- İhale
- Sözleşme
- Yapım
- Kabul
- İşletme
- Yıkım



Şekil 2.3 Proje yaşam döngüsü [4]

Aktivite yoğunluğunun en fazla olduğu aşama işin yürütülmesi, yani yapım evresidir.

2.3 İnşaat Projelerinde İhale ve Sözleşme Türleri

İnşaat projeleri farklı sözleşme sistemleri ve ödeme yöntemleri ile ihale edilmekte ve yürütülmektedir [20]. Sözleşmelerin amacı risklerin taraflar arasında dengeli bir biçimde dağılmasını sağlamaktır.

Diğer projelerde ve inşaat projelerinde sözleşmelerin yapılabilmesi için işveren ve yüklenicilerin seçim yapabileceği bir platformun oluşturulması gerekmektedir [17]. Türk Dil Kurumu ihaleyi 'İş, mal ve benzerlerini birçok istekli arasından en uygun şartlarla kabul edene verme, eksiltme veya artırma' şeklinde tanımlamaktadır [21]. 2002 yılında kabul edilmiş Kamu İhale Kanunu (KİK), ülkemizde kamuya tabi işlerde kullanılan en yaygın sistemdir [17].

Sözleşme çeşitlerini fiyat tabanlı ve 4735 sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanunu'nun 6. maddesinde; Kamu İhale Kanununa göre yapılacak yapım işleri ihalelerinde üç tür sözleşme usulü belirtilmiştir [22];

- Anahtar teslim götürü bedelli sözleşmeler
- Birim fiyat usulü sözleşmeler
- Karma sözleşmeler

Maliyet + kar şeklinde dördüncü bir tür de literatürde yer almaktadır.

Avrupa ve Türkiye'de üç çeşit ihale türü kabullenilmiş ve kullanılmaya devam edilmektedir [23]**;**

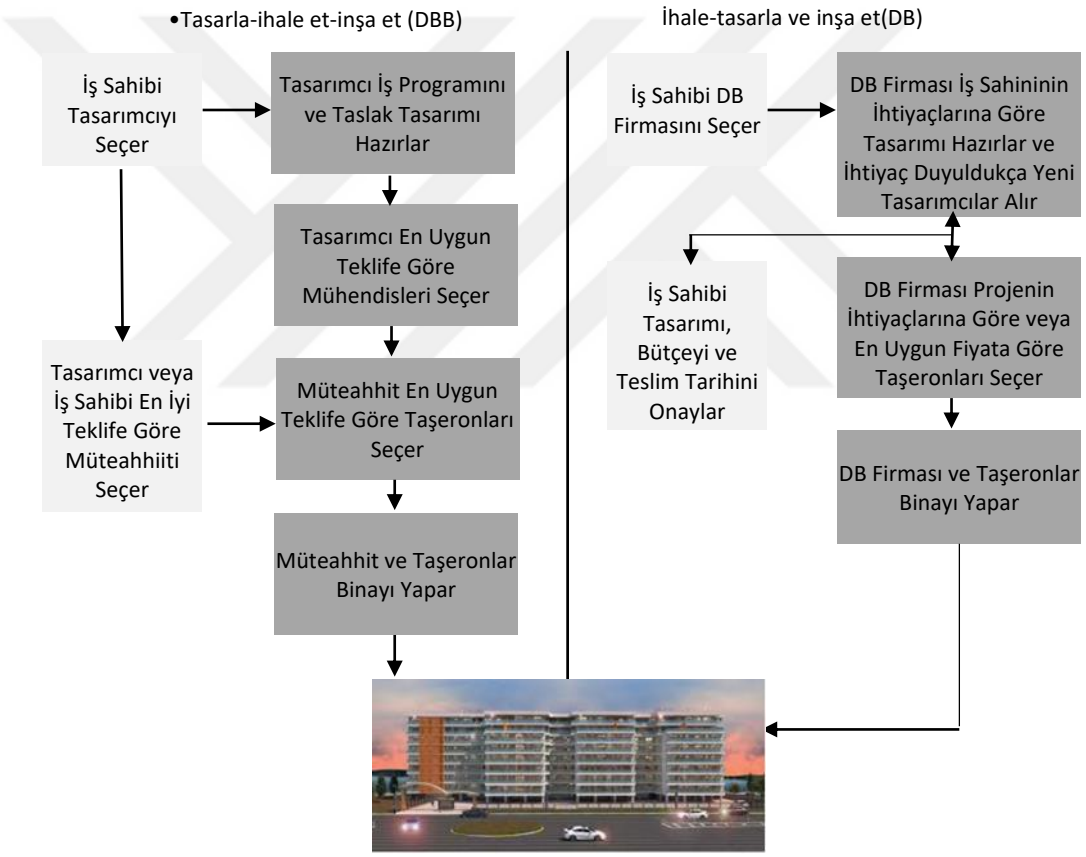
- Açık ihale usulü
- Belirli istekliler arası ihale usulü
- Pazarlık usulü ihaleler

İnşaat projelerinde sözleşme tipinin ve koşullarının belirlenmesi risk yönetimi için önemli bir unsurdur. ABD'de yapılan bir araştırma sonuçları ile projeye uygun seçilen sözleşme tipinin proje maliyetinde %5'e kadar tasarruf sağlanabileceği belirlenmiştir [24].

Proje teslim metotları iki ana başlık altındadır;

- İhale-tasarla ve inşa et(DB)
- Tasarla-ihale et-inşa et (DBB)

Diğer teslim metotları bu ana teslim metodunun çeşitlendirilmiş şekilleridir [25]. Geleneksel metotlar son yıllarda karmaşıklaşan projelerin ihtiyaçları konusunda yetersiz kaldığı için bütünleşik proje teslim metodu (IPD), ihtiyaca yönelik olarak ortaya çıkmıştır. American Institue of Architects (AIA), bu yeni metodu tasarım ve yapım aşamalarının bütününde verimliliği en üst seviyeye getiren, sürece entegre eden proje teslim yöntemi olarak tanımlamaktadır [26].



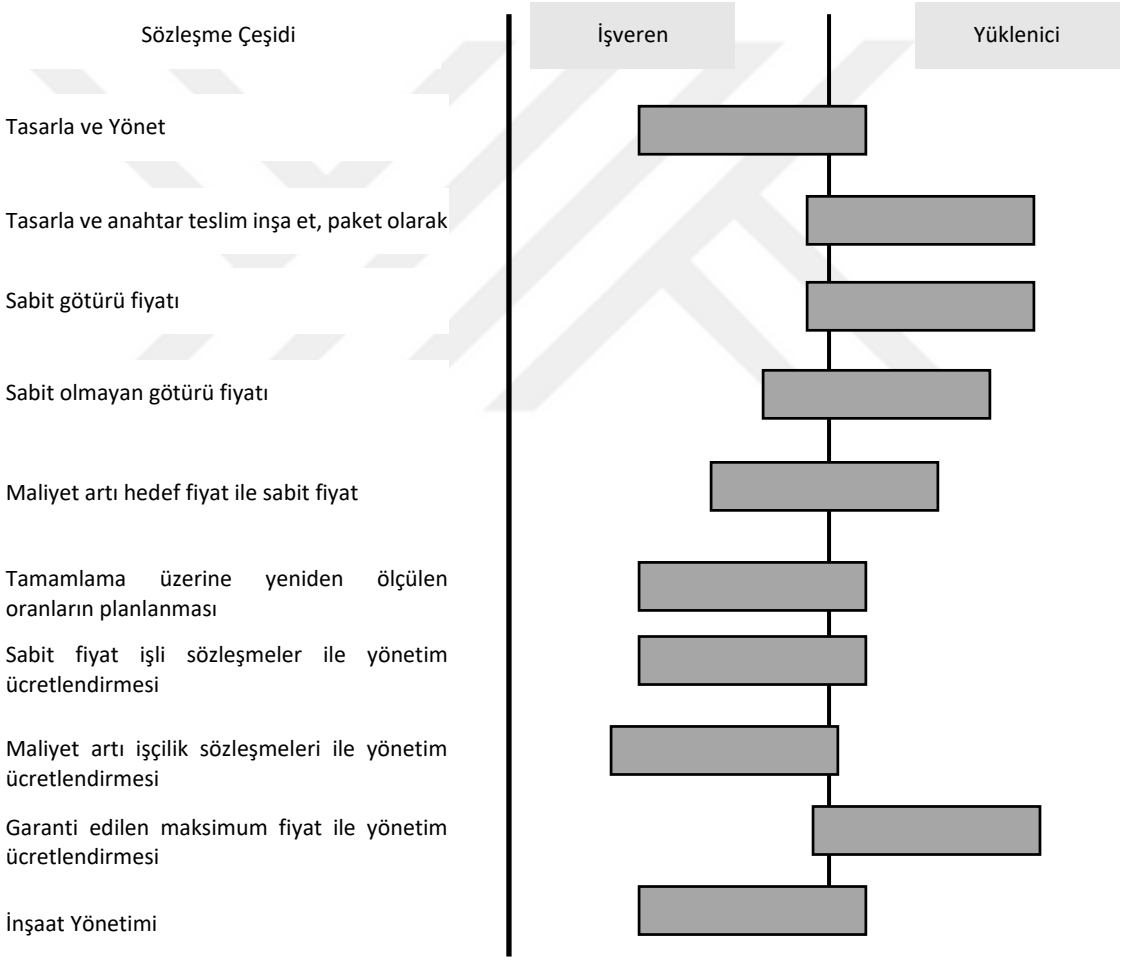
Şekil 2.4 Proje teslim metodları (DBB-DB) karşılaştırması [13]

Yükleniciler genelikle kabul edilebilir bir kar payı hedeflemektedir ancak sektördeki kar marjları son yıllarda düşük hale gelmiştir, doğru risk yönetim anlayışıyla bu durumun önlenmesi mümkündür [27].

1940'lı yıllardan bu yana kamu projeleri, ‘tasarım-ihale-yapım’ yöntemini büyük ölçüde benimsemiş ve geleneksel yöntem diyebileceğimiz ‘tasarım-ihale-yapım’ yöntemi 20. yüzyılda ABD'de en yaygın kullanılan proje teslim yöntemi olmuştur [28]. Metro projeleri ülkemizde tasarım-ihale-yapım (DBB) metoduyla, sözleşmeler birim fiyat usulüyle yapılmaktadır. Çalışma ortamındaki belirsiz koşullardan dolayı uygulamaya esas kesin projeler üzerinden tekliflendirme yapılmaktadır.

Flanagan ve Norman’a [9] göre sözleşme tiplerine göre işveren ve yüklenici arasındaki risk dağılımı aşağıda Çizelge 2.2’de yer almaktadır.

Çizelge 2.2 Farklı sözleşme tiplerine göre risk dağılımları [9]



2.4 Risk Üzerine Literatür Taraması

Risk kelimesi Oxford İngilizce Sözlük'e göre 'tehlikeye maruz kalmayı içeren durum' olarak tanımlanmaktadır. Aynı kaynakta eş anlamlıları olarak şans, belirsizlik, tahmin edilemezlik, güvensizlik, istikrarsızlık olarak da gösterilmektedir [2].

Perry ve Hayes (1985) [2] riski, belirsiz bir olay ya da ortaya çıkarsa, proje hedefi üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etkiye sahip olması koşulu olarak tanımlar.

Risk ve belirsizlik kavramları, projenin büyüklüğü fark etmeksizin, tüm yapım projelerinde var olmaktadır [7].

Al-Bahar ve Crandall (1990) riski, herhangi bir belirsizlik yüzünden, projenin amacını olumlu ya da olumsuz olarak etkileyebilecek olaylara maruz kalma ihtimalinin gerçekleşmesi olarak tanımlamaktadır [29]. Riskin niteliği bir taraf için olumsuz etki yaratma ihtimalindeyken diğer bir taraf için fırsat yaratabilir. Bu durum projenin bakış açısına göre değişmektedir [30].

Kartam (2001) [31] riski, belirli bir yatırım olasılığını öngörebilecek bazı belirsiz, öngörülemeyen ve hatta istenmeyen olayların ortaya çıkma olasılığı olarak tanımlamaktadır.

Risk "ne olacağını ve nasıl olacağını belirleme süreci" olarak da tanımlanabilir [32]. Chapman ve Ward (2002)'e göre, belirsizlik kesinliğin eksikliğidir; değişkenlik ve muğlaklık içermektedir [33].

RAMP (Risk Analysis and management process 2th edition), riskin genellikle 'tehlike', 'tehlikeli durum' veya 'tehdit' yani istenmeyen bir durumun eş anlamlısı olarak kullanıldığını, ayrıca meydana gelen bir olayın olasılığını belirttiğini ifade etmektedir [34].

2.5 İnşaat Projelerinde Yapım Riskleri ve Yapım Risklerinin Yönetimi

İnşaat projeleri sıklıkla zaman, maliyet ve kalite hedeflerine ulaşmakta başarısız olmaktadır [8]. Yetersiz maliyet performansı, inşaat projelerinde istisnadan ziyade devamlılık gösteren bir durum gibi görünmekte ve hem işverenler hem de yükleniciler bu maliyet aşımından dolayı önemli finansal kayıplara maruz kalmaktadırlar [35].

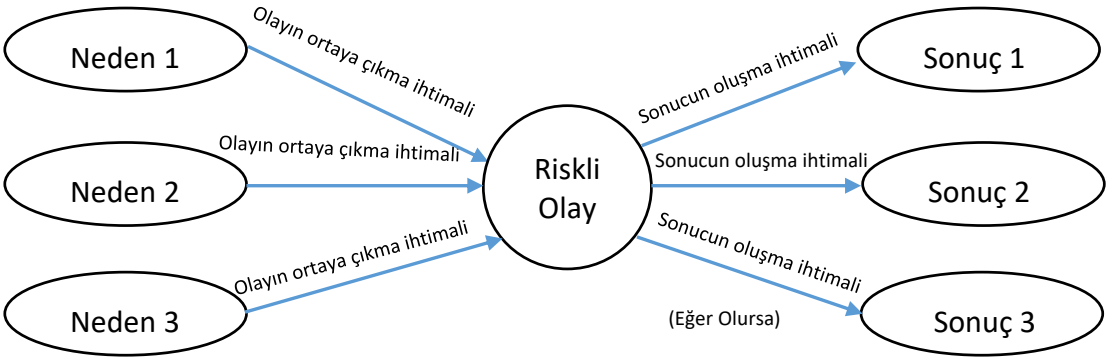
Yapım süreci başından sonuna kadar karmaşıktır ve çok sayıda belirsizliği bünyesinde barındırmaktadır [8]. İyi yönetilemeyen riskler, etki derecesi doğrultusunda proje hedeflerini doğrudan etkilemektedir.

Risk kavramı sadece olumsuz etkileri olan bir durum değildir. Riskin fırsata dönüşmesi için harcanan sistematik çaba, risk yönetimi olarak tanımlanmaktadır [36].

İnşaat sektörü, risk değerlendirmesi yaparken genellikle olumsuz risklere odaklanıp olumlu olanları göz ardı etmektedir. PMBOK, riski 'proje hedeflerinin en az biri üzerinde olumlu veya olumsuz bir durumun ya da koşulun meydana gelmesi' olarak tanımlamaktadır [27].

Risk yönetimi; bir projedeki risklerin tanımlanmasını, proje üzerindeki etkinlerinin saptanmasını ve belirsizlikler göz önünde bulundurularak, gerekli düzenlemelerin yapıldıktan sonra, risklerin gerçekleşmesi durumunda alınabilecek önlemlerin belirlenmesini kapsayan bir proje yönetim tekniğidir [3]. Risk yönetimi, projenin hedeflerine ulaşmasını sağlamak için en etkin yoldur [27], [34].

Her proje belirsizlik içerdiği için mutlak bir kesinlikle bir sonucu söylemek mümkün değildir. Bununla birlikte, ilgili deneyimi kullanarak ve muhakeme ederek, genellikle olası sonuçların aralığını tanımlayabilir ve ardından makul bir güven derecesiyle her birinin olasılığını ve sonuçlarını tahmin edebiliriz [34].



Şekil 2.5 Sonuçların meydana gelme olasılığı [34]

Risk yönetimi, bir inşaat projesinin yaşam döngüsü boyunca, planlama aşamasından tamamlanmasına kadar sistematik bir biçimde uygulandığında faydalı olmaktadır [37].

Günümüzde kuruluşlar, inşaat projelerindeki riskleri yönetmenin yararlarını takdir etmelerine rağmen, bilgi eksikliği nedeniyle ve bu tekniklerin inşaat projelerine uygunluğundan şüphe duydukları için resmi risk analizi ve yönetim teknikleri nadiren kullanılmaktadır [27]. Geleneksel risk yönetimi uygulamaları, proje maliyetlerinin belirlenmesinin ardından sabit bir oran kullanarak fiyatı arttırmayı finansal kayıplara çözüm olarak görmektedir [38]. Her projenin benzersiz olduğu düşünüldüğünde bu geleneksel bakış açısını risk yönetimi olarak değerlendirmek doğru değildir.

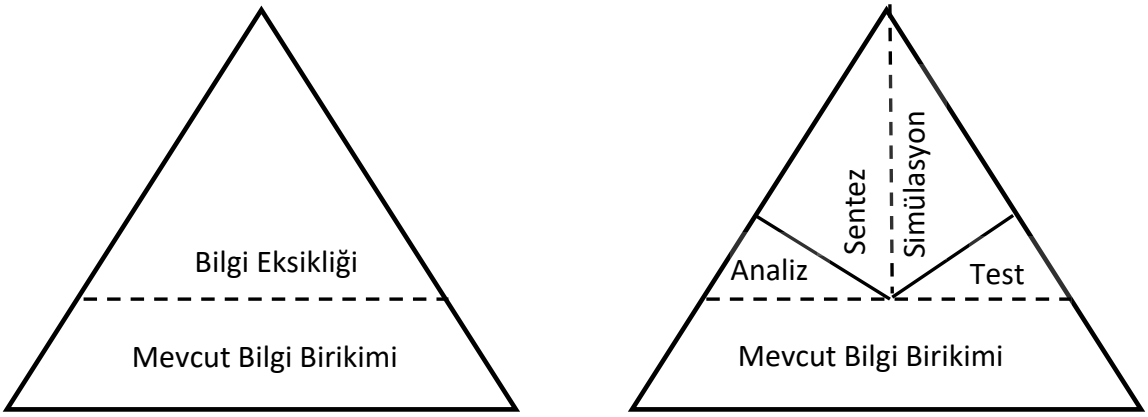
Risk yönetiminin en önemli aşaması, sonucu etkileyebilecek belirsiz bütün noktaların tanımlanmasıdır. Tanımlanmış bir risk belirsiz olmaktan çıkarak proje yönetim problemi olmaktadır [9].



Şekil 2.6 Risk kaynakları, olayları ve sonuçları arasındaki ilişki [9]

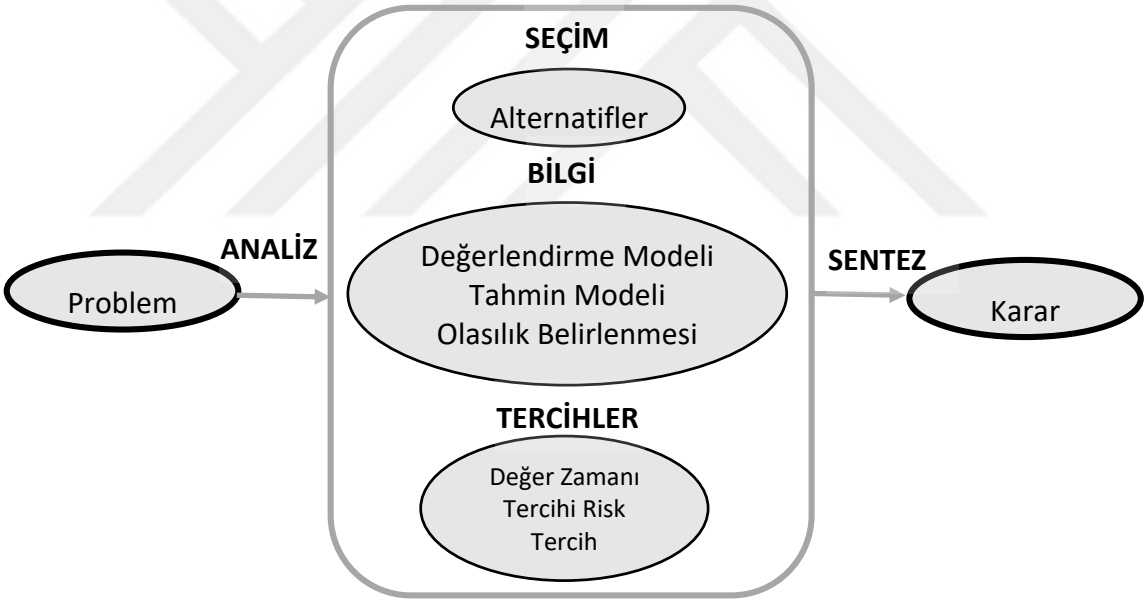
Risklerle ilgili karar sürecinde inşaat sektöründe en fazla göz ardı edilen durum, farklı seçeneklerin yeterince bilgiyle değerlendirilmiyor olmasıdır.

Bilgi eksikliğinin kendisi risk kaynağıdır, bir karar vermeden önce belirli miktarda bilgiye sahip olmak gerekmektedir. Şekil 2.7'de herhangi bir eylemde bulunmadan önce edinilmesi gereken bilgi gösterilmektedir**.**



Şekil 2.7 Eylemde bulunmadan önce edinilmesi gereken bilgi miktarı [9]

Yapım süresi boyunca işveren, yüklenici ve diğer katılımcılar tarafından pek çok sayıda karar alınmaktadır. Bu kararlar bilinen şeyler, bilindiği sanılan ve bilinmeyenler olmak üzere üç ana gruptadır [39]. Karar alıcı kişi için aşağıdaki şekilde gösterildiği üzere karar temelinin geliştirilmesini sağlayan aşamalar vardır.

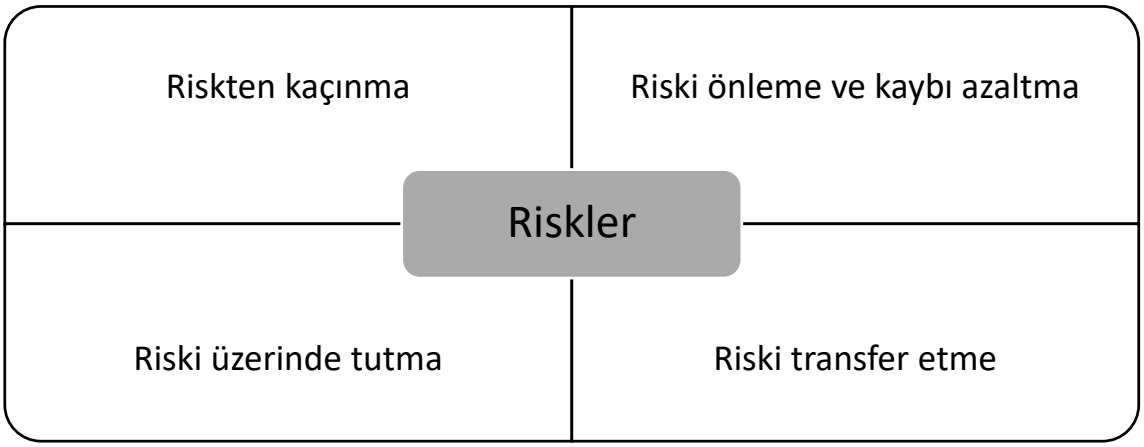


Şekil 2.8 Karar yapısı [9]

Al-Bahar'a göre risk yönetimi çerçevesinde beş tane alternatif strateji vardır;

1. Riskten kaçınma
2. Riski önleme ve kaybı azaltma
3. Riski üzerinde tutma

4. Riski transfer etme
5. Sigortalama (Kaçınılması mümkün olmayan riskler için)



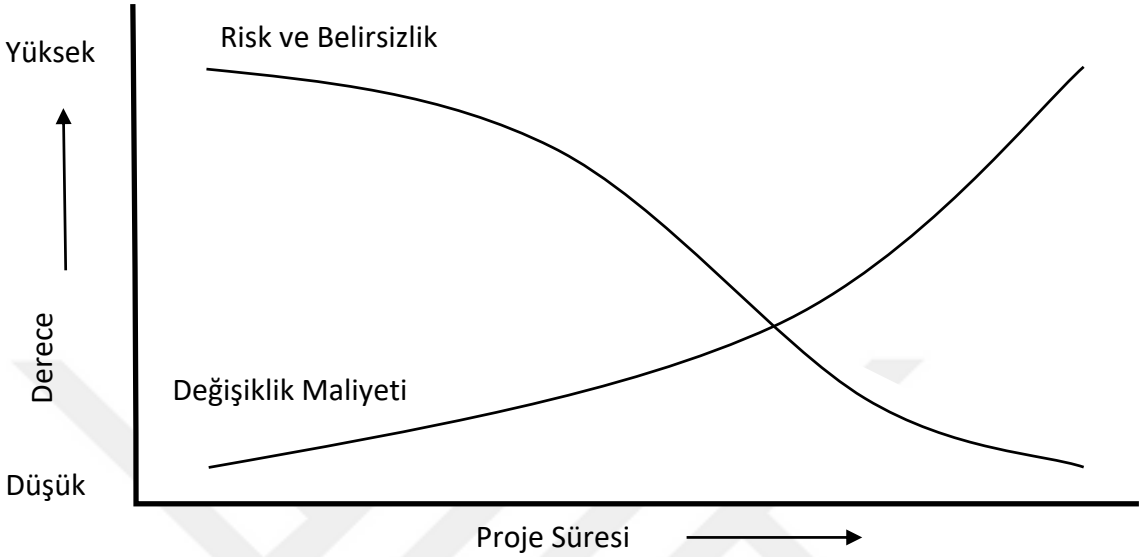
Şekil 2.9 Olumsuz riskler için yönetim şekilleri [9]

UK Construction Design and Management (CDM) Regulations [40], riskleri belirlemek ve azaltmak için gerekli tespitin, planlama ve tasarım aşamalarında, mümkün olduğunca erken yapılması gerektiğini belirtmektedir [40]. Diğer riskler yapım ve sonraki aşamalarda yönetilmelidir.

PMBOK Guide'e [4] göre risk yönetimi, projedeki risklerin yönetimiyle ilgili aşağıdaki süreçleri kapsamaktadır.

- **Risk Yönetimi Planlama:** Bir proje için risk yönetim faaliyetlerinin nasıl planlanacağına ve yürütüleceğine karar verilmesi,
- **Risk Tanımlama:** Hangi risklerin projeyi etkileyebileceğinin belirlenmesi ve bunların karakteristiklerinin dokümante edilmesi,
- **Kalitatif Risk Analizi:** Risklerin oluşma olasılıklarının ve etkilerinin değerlendirilerek ve birleştirilerek, sonraki detaylı analiz veya eylemler için önceliklendirmesi,
- **Kantitatif Risk Analizi:** Tanımlanan risklerin tüm proje hedefleri üzerindeki etkilerinin sayısal olarak analiz edilmesi,
- **Risk İzleme ve Kontrol:** Tanımlanan risklerin takip edilmesi, arta kalan risklerin izlenmesi, yeni riskler tanımlanması, risk tepki planlarının yürütülmesi ve proje yaşam döngüsü boyunca etkililiklerinin değerlendirilmesi [38],

Risk olaylarının birbirini etkileyerek farklı sonuçlar meydana getirme olasılığı da vardır, bu sebeple projenin başlangıcında risk ve belirsizlik (Şekil 2.10) en yüksektir. Bu faktörler, kararların alınmasıyla birlikte projenin yaşam döngüsü boyunca azalır. Değişiklik yapma ve hataları düzeltme maliyeti de proje tamamlanmaya yaklaştıkça artmaktadır.



Şekil 2.10 Proje süresine göre değişkenlerin etkisi

Proje risklerinin sınıflandırılması etkili bir yönetim şekli de sağlayacaktır. Proje yönetim enstitüsü [4], dışsal ve içsel olmak üzere temel iki hiyerarşik kırılımı olan bir sınıflandırmayla proje risklerini kategorize etmiştir;

- **Dışsal ve tahmin edilmeyen:** Doğal afetler, yasal düzenlemeler
- **Dışsal ve tahmin edilen fakat kesin olmayan**: Paranın değeri, faiz oranları, hammadde durumu
- **İçsel, teknik olmayan**: işçinin çalışmayı durdurması, nakit akışı problemleri, güvenlik sorunları, sağlık ve katkı planları
- **Teknik olan:** Teknolojideki değişiklikler, tasarım sorunları [33]

Yapım riskleri literatürde farklı araştırmacılar tarafından farklı alt başlıklar altında değerlendirilmiştir. Çizelge 2.3'te 6 farklı kitaptaki yapım riskleri sınıflandırması gösterilmiştir.

Çizelge 2.3 Yapım risklerinin farklı literatürde sınıflandırmaları

Yapım riskleri	**Perry ve Hayes, 1985,** [2]	**Al-Bahar and Crandall 1991,** [8]	**Flanagan ve Norman, 1993,** [9]	**Birgönül ve Dikmen, 1996,** [3]	**Merna ve Al-Thani, 2005,** [42]	**Banaits and Banaitiene, 2012,** [27]
Yasal yönetsel riskler	●	●	●	●	●	
Ekonomik ve finansal riskler	●	●	●	●	●	
Kültürel riskler			●			
Tasarım riskleri	●	●	●	●		●
İnşaat sahası riskleri	●	●	●	●	●	●
Şantiye riskleri					●	
Çevresel riskler	●	●		●	●	
Taşeron ve tedarikçi riskleri			●	●		
Sözleşmesel riskler	●		●	●		
Pazar riski			●			
Teknoloji riski			●			

2.5.1 Yasal Yönetsel Riskler

Ashley ve Bonner [43], "İş ortamında değişim ya da devamsızlık" tanımını politik risk olarak yapmaktadır.

He Zhi (1995) [44]; savaş, devrim, sivil düzensizlik ve hükümet politikalarının tutarsızlığının uluslararası inşaat şirketlerini sıkıntıya soktuğunu belirterek bu durumları da politik risk olarak belirtmiştir.

Politik risklerin etkisi bütün yapım projelerini aynı şekilde etkilemeyebilir. Belirli politik riskin belirli bir projeye olan etki riskini tanımlamak önemlidir [45].

2.5.2 Ekonomik ve Finansal Riskler

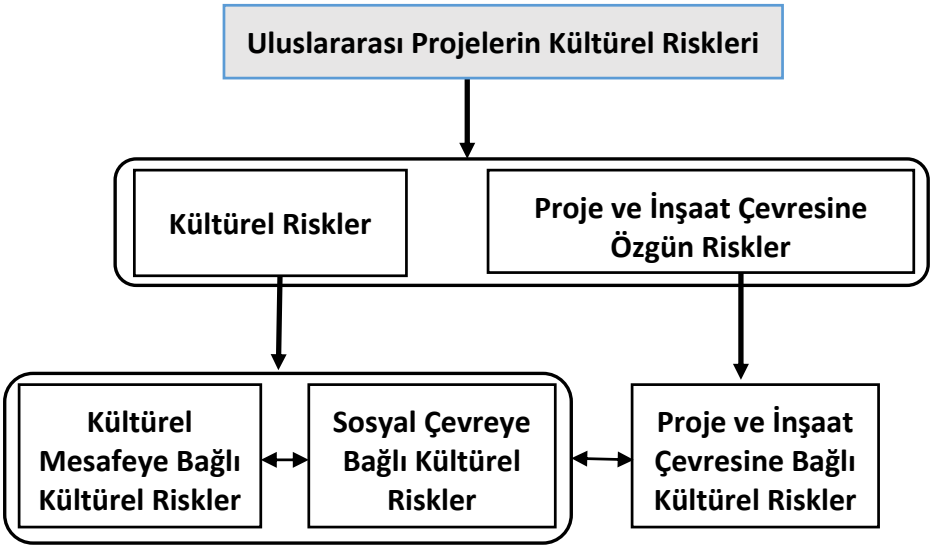
Ekonomik risk, proje üzerinde başarı veya başarısızlığı belirleyecek kadar yüksek etkide olabilir [46].

- Enflasyon,
- Döviz kurlarında beklenmeyen değişimler,
- İşverenin ödemeleri geciktirmesi veya ödeme koşullarının proje ilerleyişine uygun gitmemesi,
- Malzeme ve ekipman teminindeki gecikmelerden doğan finansal kayıplar,
- İşin zamanında tamamlanamamasından dolayı genel gider artışları ve gecikme cezaları [3],

Altyapı projelerinin yüksek maliyetli projeler olması dolayısıyla ödemelerdeki aksamaların yapım sürecini doğrudan etkileme riski vardır.

2.5.3 Kültürel Riskler

Çok kültürlü bir proje ortamı kültürel risk faktörünü meydana getirmektedir. Bir inşaat kurumu, farklı kültürlerden gelen proje paydaşlarıyla çalışmaya karar verdiğinde neden olacağı kültürel risklerin nedenlerini ve sonuçlarını analiz etmek esastır [47].
Proje katılımcıları arasındaki kültürel farklılık nedeniyle çok kültürlü bir proje ortamında bazı sorunlarla karşılaşılabileceği ve bu sorunların maliyet, zaman ve kalite gibi önceden belirlenmiş proje başarı kriterleri üzerinde olumsuz bir etkisi olabileceği varsayılmaktadır [47].



Şekil 2.11 Uluslararası projelerin kültürel riskleri [47]

2.5.4 Tasarım Riskleri

Tasarım aşaması, projenin uygulanmasına yönelik hazırlıkların yapıldığı başlangıç aşamasıdır.

Aşağıdaki maddeler tasarım riski olarak kabul edilmektedir;

- Tasarım kapsamının belirsizliği
- Hatalı veya eksik tasarım
- Tasarım ekibinin deneyimi
- Uygulamaya esas projelerin onay sürelerinin gecikmesi

2.5.5 İnşaat Sahası Riskleri

Yapım aşamasında ortaya çıkan, yapım sürecinden kaynaklı riskler, inşaat sahası riskleri olarak kabul edilmektedir. Likhitruangsilp ve Ioannou, bunları uygun olmayan inşaat yöntemi, uygun olmayan inşaat planı, düşük kalite kontrol, güvenli olmayan iş ve hava kirliliğine yol açan eylem olarak tanımlamaktadır [48], [12].

Altyapı projelerinde kamulaştırmayla ilgili sorunlar, yapım sürecini etkilemektedir. İnşaat sahası riskleri proje için gereken bütün alanların devlet tarafından temin edilip işverene devredilmesinin ardından başlayan proje süreciyle azaltılabilir. Ayrıca satın

alma işlemi için arsa sahibine önceden bildirim gönderilmesiyle satın alma işleminin süreci de kısaltılabilir.

2.5.6 Şantiye Riskleri

Yapım projesinin gerçekleştiği sahaya ait riskler şantiye riskleri olarak kabul edilmektedir.

Kent içerisinde bir projenin yürütülmesi, yerel yollardan şantiyelere erişim gibi kendi risk kaynaklarına sahiptir [47].

Altyapı projelerinde yerin altının yapı sahası olarak kullanılıyor olması, kentleşmiş yerlerde şantiye mobilizasyonu zorlukları getirmektedir.

2.5.7 Çevresel Riskler

Fiziksel çevre koşulları kontrol edilemeyen hava koşulları veya mücbir sebepler olarak nitelendirilen durumların sınıflandırıldığı risk grubudur. Yapım programını doğrudan etkiler ve kontrol edilemezdir.

Doğal afetlerin gerçekleşme olasılığının az olmasına karşılık etkisi büyüktür, risk unsurları için sigrorta yapılması durumunda ayrıca bir düzenlemeye gerek yoktur [3].

2.5.8 Taşeron ve Tedarikçi Riskleri

Taşeron ve tedarikçi riskleri ülke riski olarak adlandırılmaktadır [12].

Malzemelerin bulunmaması, düşük kaliteli malzemeler, malzeme gecikmeleri, malzeme ve ekipman maliyetinin değişkenliği bu risklerin kalemleridir.

2.5.9 Sözleşmesel Riskler

Sözleşmeler taraflar arasındaki risklerin paylaştırılması için hazırlanan dokümanlardır. Sözleşmeler genelde işveren tarafından hazırlandığı için dokümanlardaki yetersizliğin sonradan ortaya çıkması ya da sözleşmede sonradan yapılacak değişiklikler işveren sorumluluğunda olmaktadır [49].

2.6 Metro Projelerinde Yapım Riskleri ve Yapım Risklerinin Yönetimi

Önceki bölümlerde yapım süreçlerinden, katılımcılarından ve yapım risklerinden bahsedildi. Altyapı proje sınıflandırmasına giren metro projeleri bu bölümde tanımlanacaktır ve 3 alt başlık halinde incelenecektir;

- Metro projelerinde yapı üretim süreci
- Metro projelerinde yapı üretim sürecinin katılımcıları
- Metro projelerinde yapım riskleri ve yapım risklerinin yönetimi

2.6.1 Metro Projelerinde Yapı Üretim Süreci

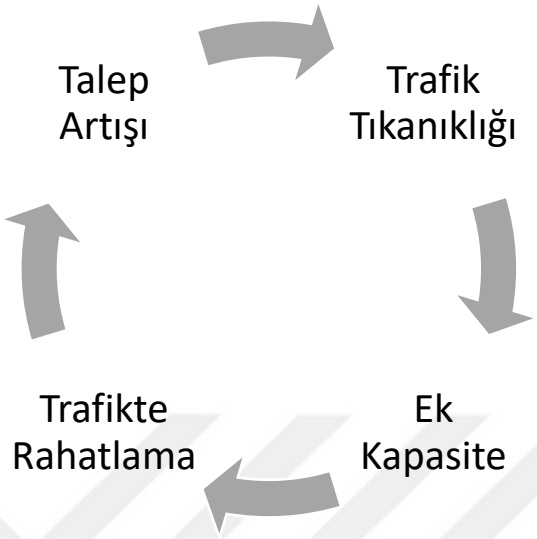
Metro projeleri, ulaştırma amacıyla inşa edilen ve altyapı projeleri grubuna giren inşaat projelerinin çeşitlerinden birisidir. Aşağıda yer alan Çizelge 2.4'te yapı endüstrisini tanımlayan gruplandırmalar gösterilmektedir.

Çizelge 2.4 Yapım endüstrisini tanımlayan gruplar [50]

İnşaat Sanayi Sektörleri	Yapılan İşin Örneği
Altyapı	Su ve Kanalizasyon
	Enerji
	Doğalgaz ve Elektrik
	Karayolu
	Havaalanı, Liman, Demiryolu
Konut	Kamu Girişimleri
	Özel Sektör Girişimleri
Kamu Hizmet İşleri	Okul, Kolej ve Üniversiteler
	Sağlık Birimleri
	Spor ve Sosyal Tesisler
	Kamu Hizmetleri (Polis, İtfaiye, Hapishane)
Özel Sektör Sanayi	Fabrikalar
	Depo ve Antrepolar
	Rafineriler
Özel Sektör Ticari	PFI
	Özel Hastaneler ve Okullar
	Restoran, Otel ve Barlar
	Mağaza ve Dükkânlar
	Otoparklar
	Ofisler
Tamir ve Bakım	Genişletme ve Dönüştürme
	Yenileme ve Tadilat
	Planlı Bakım

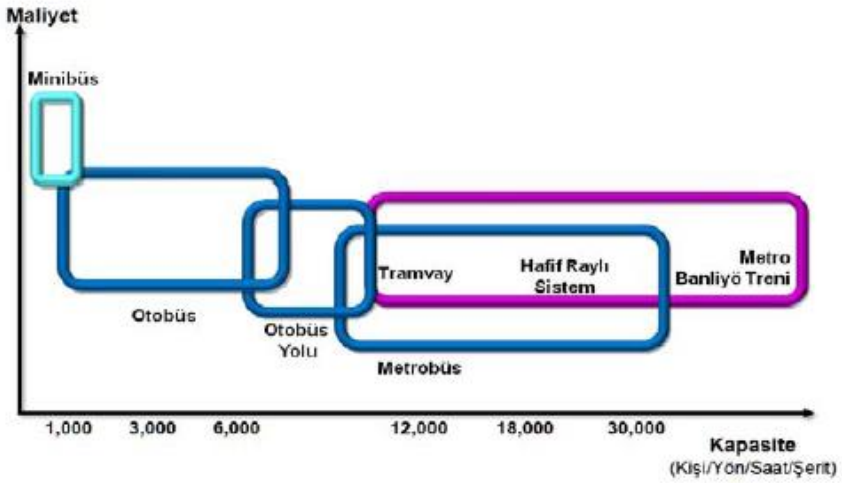
Metro projelerinin kentleşmenin yoğun olduğu bölgelerde yapılması nedeniyle yerin üstünde inşa edilen projelere göre daha dinamik ve tahmin edilemez olduğu söylenebilir. İlk yatırım maliyeti yüksek, projelendirmesi ve yapımı uzun süren projelerdir. İlk yatırım maliyetinin yüksek olması olumsuzluk olarak değerlendirilse de yolcuya yatırım ve işletme maliyeti göz önünde bulundurulduğunda diğer sistemlere göre daha uygundur. Aynı zamanda metronun geçtiği güzergahta gayrimenkul, iş, eğlence ve reklam cirosu artmaktadır [51].

Ulaşım yapılarının değerlendirilmesindeki temel sorun yüzeysel bir yaklaşım olarak trafiğin sıkışmasına çözüm olarak ek kapasiteyle trafiğin rahatlatılmasının ulaşım arzını arttırması ve bu döngünün sürekli tekrar ederek devam etmesidir [52].



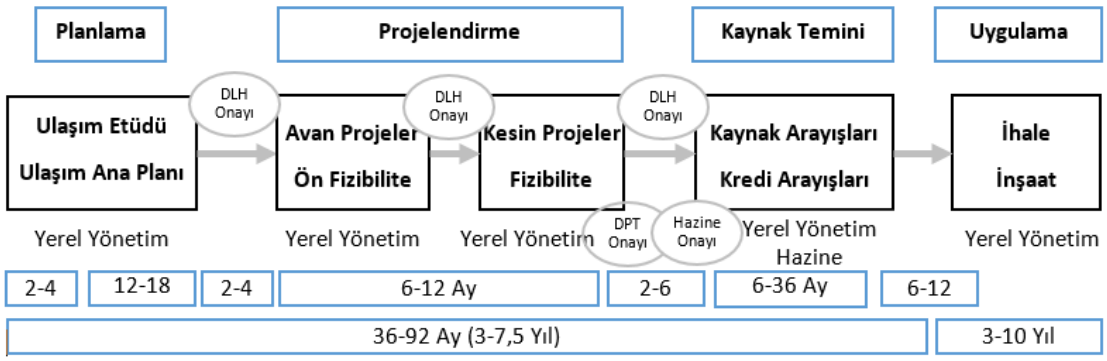
Şekil 2.12 Geleneksel ulaşım yaklaşımının çözümsüzlüğü [53]

Yolculuk talebi, toplu ulaşımın sistemini belirlemektedir ve kent merkezlerine gittikçe artan yolculuk talebine göre daha yüksek kapasiteli ulaşım sistemleri tercih edilmektedir. Aşağıdaki şekilde toplu ulaşım sistemlerinin kapasite ve maliyetleri şematik olarak gösterilmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere metro projeleri, trafiğin sıkışık ve nüfusun yoğun olduğu bölgelerde bu duruma çözüm olması beklenen diğer ulaşım türlerine göre yüksek maliyetli yatırımlardır.



Şekil 2.13 Toplu ulaşım türlerinin kapasite maliyetlerinin şematik gösterimi [52]

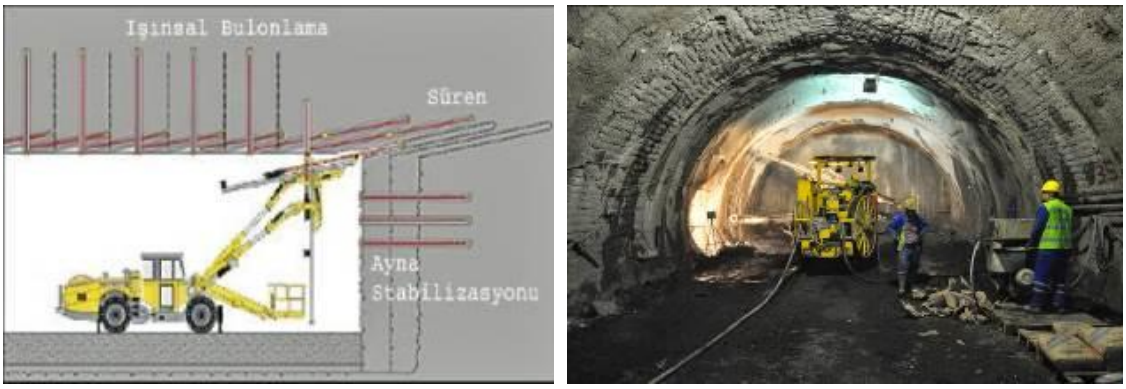
Metro projelerinde sorunsuz ve verimli bir şekilde proje yürütülmesini sağlamak için paydaşlar arasında büyük düzeyde işbirliği ve etkin iletişim gerekir. Şekil 2.14'te gösterildiği üzere raylı sistem yapım süreci kararı verilmesiyle birlikte 6-17 yıl arasında bir süreç öngörülmektedir.



Şekil 2.14 Raylı sistem planlama ve yapım süreçleri [52]

Metro projelerinde, güzergâhın geçtiği yerlerin yoğun yapılaşmanın olduğu bölgeler olması dolayısıyla çoğunlukla yerin üstü değil altı inşaat sahası olarak kullanılmaktadır. Yapım işleri, inşaat ve elektromekanik olmak üzere iki ana grupta değerlendirilmektedir. İnşaat işleri de istasyon yapıları ve hat tünelleri olmak üzere iki ana gruptadır. İstasyon yapılarının sirkülasyonu genel olarak benzer yapıdadır. Yolcu, önce bilet holü veya konkors olarak adlandırılan seviyeye ulaşmaktadır. Ödemesiz alandan ödemeli alana geçtikten sonra da peron veya platform olarak adlandırılan seviyeden trene erişmektedir.

Yeraltındaki raylı sistemler için hat yapıları genellikle delme tünel veya aç-kapa olarak yapılmaktadır. Tüneller NATM (New Austrian Tunnel Method) ve TBM (Tunnel Boring Machine) isimli iki ayrı metodla yapılabilmektedir. Hat tünellerinin yapımı için tünel delme/açma makinası, istasyon tünelleri, makas tünelleri ve zorunlu kalması durumunda istasyon yapısı içinse elle kazılan tüneller tercih edilmektedir. Metro projelerinin yapım aşamasında kullanılacak bilginin diğer disiplinlerle birlikte koordine edilmiş ve son haline getirilmiş bir bilgi olması gerekmektedir.



Şekil 2.15 NATM Tünel Açılması

2.6.2 Metro Projelerinde Yapı Üretim Sürecinin Katılımcıları ve Rolleri

Metro projeleri, ihtiyaca yönelik olarak gerçekleştirilmektedir ve yolculuk talepleri bu ihtiyacın tespit edilmesindeki en önemli husustur. İnşaat projelerinin diğer çeşitlerine dahil yapı gruplarında büyük ölçekli olmadığı takdirde proje paydaşları iş programına göre sıralı olarak sürece dahil olurken metro projelerinde çok sayıda katılımcı farklı uygulamaları eş zamanlı olarak yürütmektedir.

Tüm katılımcıların proje hedeflerine ve genel proje başarısına yönelik olası tehditlerin farkında olmaları çok önemlidir. Farklı deneyim ve becerilere sahip çok sayıda katılımcının genellikle farklı beklenti ve ilgi alanları vardır [54]. Bu da en deneyimli proje yöneticileri ve müteahhitleri için bile sorun ve karışıklık yaratır. Metro projelerinin kamu yatırımı olması dolayısıyla işveren genelde yerel otorite olmaktadır. İşveren, yüklenici, müşavir ve tasarım firması metro projesindeki temel katılımcılardır.

2.6.3 Metro Projelerinde Yapım Riskleri ve Yapım Risklerinin Yönetimi

Altyapı projeleri; yüksek maliyetli, uzun süreli ve karmaşık süreçli projelerdir, inşaat sektörü gibi belirsizliğin çok sayıda olduğu bir sektörde bu belirsizliklere, dolayısıyla risklere en fazla maruz kalan kategoriye girmektedir. Metro projeleri, büyük ölçekli yatırım gerektiren, yeni teknolojilerin denendiği, belirsiz ekonomik ve politik değişkenleri olması dolayısıyla risk analizinin özellikle gerekli olduğu projeler olarak nitelendirilmektedir [55].

Altyapı projelerinin kendine özgü belirsizlikleri vardır ve bu bağlamda altyapı projelerinin yapısı standartlaştırmaya uygun bir yapıda değildir [56]. Altyapı projelerinde risk

yönetiminin uygulanmaması veya düşük risk yönetimi uygulamaları yüzünden proje, maliyet ve zaman aşımı nedeniyle başarısız olmaktadır. Verimsizlik nedeniyle %40 dolaylarında maliyet sapmalarıyla karşılaşıldığı bilinmektedir [57]. Ayrıca, uluslararası yapılaşma eğilimi, altyapı ve bina ihtiyacı olan gelişmekte olan ülkelerin sunduğu yeni fırsatlar nedeniyle arttığından, özgün nedenlerle birlikte yeni risk kaynakları ortaya çıkmaktadır [58].

Askari ve diğerleri, inşaat projelerinin büyüklüğünün ve karmaşıklığının artmasıyla birlikte, etkili risk yönetimi tekniklerinin kullanılması gerektiğini belirtmektedir [59].

Geleneksel proje yönetim teknikleri, büyük ölçekli kamu projelerinde planlama, tasarım ve uygulama süreçlerindeki karmaşıklık nedeniyle zaman, maliyet ve proje kalitesinin yönetiminde yeterli olmamaktadır [11], [60].

Aynı zamanda işin gerektiği ölçüde önemsenmemesi, öngörülemeyen enflasyon ve yanlış tahminler de projenin maliyetini ve süresini etkilemektedir.

İnşaat projelerinden farklı olarak, altyapı projeleri olarak nitelendirilen metro projelerinde, yerin üstü değil altı inşaat sahası olarak kullanılmaktadır. Yerin altındaki tünel vb. birçok değişkene sahip olan karmaşık projelerde fizibilite aşamasından işletme aşamasına kadar projenin tüm aşamalarında risk yer almaktadır. Bu risklerin proje takvimi, maliyet ve performans üzerinde doğrudan etkisi vardır [60]. Yükleniciler bu gibi projelerde risk ve belirsizlik faktörlerinin uygun bir değerlendirmesini ve sistematik duruma getirilmesini sağlayamazsa, proje takviminin dışına çıkma, maliyet artışı ve düşük performans gibi sonuçları olabilir [24].

Metro projelerinin yapım süreci karmaşık ve dinamiktir. Kilit risk faktörlerinin tespit edilebilmesi yapımı üstlenen firmanın daha rasyonel kararlar vermesini sağlayacaktır [61].

Yapımın gerçekleştiği yerlerin şehirleşmenin çok olduğu sıkışık bölgelerde yapılması, yapım sırasında etrafta aktif tesislerin yer alması diğer yapım projelerine göre risk unsurunu arttırmaktadır. Metroların yolcu taşıma kapasitesi göz önünde bulundurulduğunda metrolar, mevcut trafiğe alternatif olarak önerilmektedir. Seçilen güzergâhların uygunluğu da bu doğrultuda belirlenmektedir dolayısıyla şehirleşmenin ve yapıların yoğun olduğu bölgelerin altından tüneller geçmektedir. Yapım aşamasında

metro tünelleri ve üstyapı etkileşimleri de dikkatle takip edilmelidir. Mevcut yeraltı koşullarına ait bilgiler sınırlı düzeyde olduğu için tünel inşaatları güvenli olarak tamamlansa bile yapım süreçlerinde gecikme, maliyet aşımı, iş kazası gibi olaylar yaşanmaktadır [62]. Bu nedenle, tünel yapımı ile ilgili riskleri sistematik olarak değerlendirmek ve yönetmek önemlidir.

Likhtruangslip (2003), yeraltı yapım sürecini önemli ölçüde etkileyen temel faktörleri; jeolojik belirsizlik, jeolojik değişkenlik, inşaat verimliliğindeki belirsizlik ve yüklenicinin risk duyarlılığı olarak tanımlamıştır [63].

Metro projelerine özgü yapım risklerinin tespit edilmesi amacıyla sistematik literatür taraması yapılmıştır. Bölüm 1.4 metodoloji kısmında konuyla ilgili yapılan analizlerin sentezi sonucunda 16 tane risk kaynağı tespit edilmiştir.

Bilimsel çalışmaların sayılarının artmasıyla birlikte bu çalışmalardan anlamlı bir sonuç elde edebilmek için meta-analizi yöntemi kullanılmaktadır. Literatürde meta-analizi tanımını ilk olarak Glass (1976) 'çok sayıda verinin birleştirilmesi, analiz edilmesi yöntemiyle anlamlı bir sonuca ulaşması olarak tanımlamıştır [64]. Aşağıdaki çizelgede (Çizelge 2.5) aşamalar tariflenmektedir

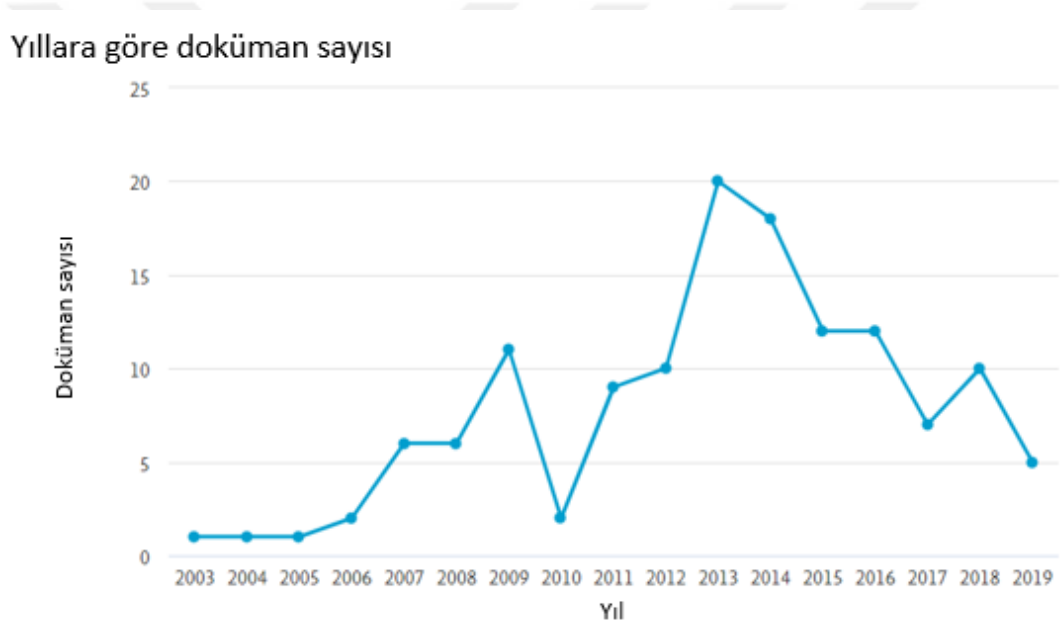
Çizelge 2.5 Metro risklerinin tespit edilmesinin aşamaları

Meta-analizinin hedefi	Diğer yapım projelerine göre metro projelerinin farklılıkları ve yapım risklerinin tespit edilmesi
Yöntem	Scopus veri tabanı 2000-2019 yılı Kitap, makale, bildiri
Anahtar kelimeler	'Metro risk' ve 'construction'
Seçilme kriteri	Metro yapım aşamasında farklı konularda karşılaşılan zorlukların olduğu benzer nitelikteki çalışmalar analize dahil edilmiştir

Metro projelerinin yapım riskleri için Scopus veri tabanı üzerinden arama yapılmıştır. Çalışmanın hedefi doğrultusunda metro projelerinin yapım aşamasını ve yapım risklerini içermeyen çalışmalar analize dahil edilmemiştir. Anahtar kelime olarak 'metro risk'

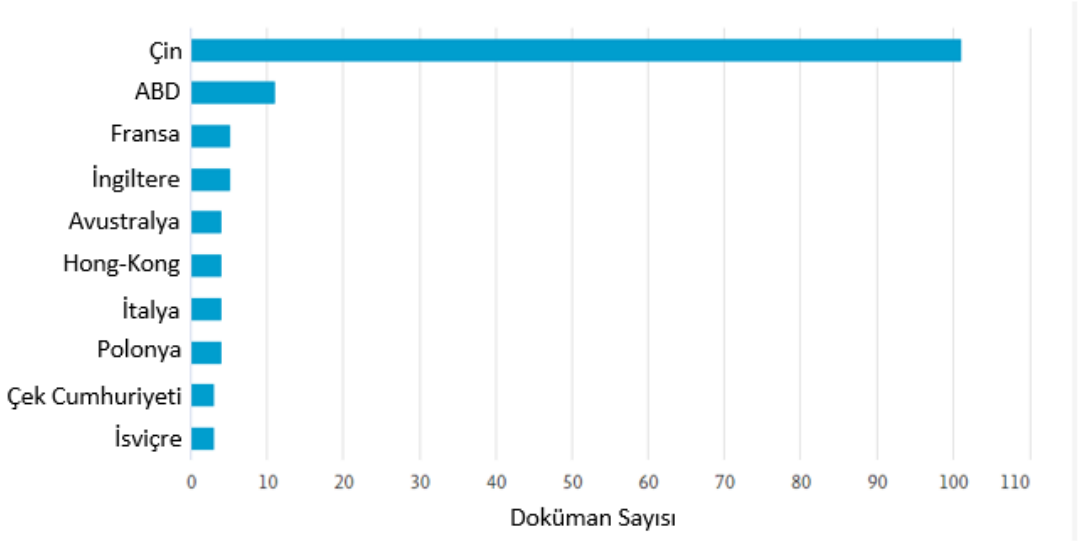
kullanılarak arama yapılmıştır. Çıkan sonuçlar 'construction' anahtar kelimesiyle daraltılmıştır. Kitap, konferans, makale sonuçları ve bütün yıllar filtresi kullanılmış olup bu anahtar kelimeyle 133 tane sonuca ulaşılmıştır. 133 tane sonuçtan tez başlığı ve içeriğiyle uyumlu olan 26 çalışma analize dahil edilmiştir. 2003-2019 yılları arasında yayınlanmış olup arama kriterlerine göre daha eski yılda yayın elde edilmemiştir, ancak ulaşılan kaynakların referansları da dikkate alınarak 8 tane daha çalışma analize eklenmiştir.

Çalışmaların analizi doğrultusunda 16 tane risk kaynağına ulaşılmıştır. Riskler RİSK1, RİSK2, .., analiz edilen kaynaklar yazar isimleriyle belirtilmiş olup, ilgili riskler, Çizelge 2.7'te detaylı olarak açıklanmaktadır.



Şekil 2.16 2003-2019 yılları arasında metro riskiyle ilgili yapılmış yayınların değişimi

Metro riskleriyle ilgili yapılan yayınların yıllara göre değişiminde görüleceği üzere artış söz konusudur. Metro yapımının dünyadaki ekonomik gelişmeye bağlı olarak arttığını söylemek mümkündür.



Şekil 2.17 Metro riskleri konusunda yayın yapan ülkelerin oransal dağılımı

Yayın yapan ülkelerin başında Çin gelmektedir. Nüfusunun fazla olmasından dolayı Çin'de metro yapım hızı artmış ve tünelcilikle ilgili çok sayıda araştırma ve yayın literatürde yer almaktadır.

Çizelge 2.6 Metro risklerinin meta-analizi

Risk kodu	RİSK1	RİSK2	RİSK3	RİSK4	RİSK5	RİSK6	RİSK7	RİSK8	RİSK9	RİSK10	RİSK11	RİSK12	RİSK13	RİSK14	RİSK15	RİSK16
Xinga ve diğ., (2019) [65]								●	●	●			●		●	
Zhang ve diğ., (2019) [66]	●							●	●				●		●	●
Li ve diğ., (2018) [67]								●	●						●	●
Wang ve Chen, (2017) [68]	●		●					●	●				●		●	●
Samantra ve diğ., (2017) [69]				●				●	●	●	●	●	●		●	
Naghadehi ve diğ., (2016) [70]								●	●						●	●
Gao ve Ren, (2016) [71]	●							●	●						●	
Li ve diğ., (2016) [72]								●	●				●		●	
Na ve diğ., (2016) [73]	●	●	●			●		●	●			●	●		●	●
Valdemarin ve diğ., (2016) [74]	●							●	●						●	
Zhang ve diğ., (2015) [75]								●	●					●		
Guo ve diğ., (2015) [76]													●		●	●
Zhao ve diğ., (2015) [77]								●	●						●	●
Zhang ve diğ., (2014) [78]	●							●	●						●	●
Heri ve diğ., (2014) [79]	●		●	●				●			●	●	●		●	●
Zhang ve Ma, (2014) [80]	●			●				●	●				●	●	●	
Lu ve Yin, (2013) [81]	●		●	●		●		●				●	●		●	●
Seegers ve diğ., (2013) [82]				●				●	●		●				●	

Çizelge 2.6 Metro risklerinin meta-analizi (Devamı)

Risk kodu	RİSK1	RİSK2	RİSK3	RİSK4	RİSK5	RİSK6	RİSK7	RİSK8	RİSK9	RİSK10	RİSK11	RİSK12	RİSK13	RİSK14	RİSK15	RİSK16
Zhao, (2013) [83]			●		●	●						●	●			
Ding ve Zhou, (2012) [84]								●	●				●		●	●
Brandão ve diğ., (2012) [85]					●						●					
Giezen, (2012) [86]		●		●		●		●		●	●	●	●		●	●
Zhang ve Wu, (2012) [87]								●								●
Liu ve Li, (2011) [88]	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Zhou ve diğ., (2009) [89]								●	●						●	
Larsen ve Kampmann, (2004) [90]				●				●								●
Kampmann ve diğ., (1998) [91]			●	●	●	●		●			●		●		●	●
Lu ve diğ. (2008) [61]	●	●		●							●	●	●	●		
Sousa ve Einstein, (2012) [92]								●	●						●	●
Jingning ve Wenkang, (2015) [51]				●	●		●	●	●			●			●	●
Pawar ve diğ., (2015) [93]			●	●			●	●		●		●			●	
Likhitruangsilp ve Ioannou, (2004) [94]								●	●						●	
Patil, (2017) [54]		●		●		●	●	●		●	●				●	●
Singh ve Sarkar, (2017) [62]	●			●	●	●	●	●	●			●			●	
TOP	**12**	**5**	**8**	**14**	**6**	**8**	**5**	**30**	**22**	**6**	**9**	**11**	**16**	**4**	**28**	**19**

Çizelge 2.6 referans alınarak risk kaynakları belirlenmiştir ve literatürde yer alma sıklıklarına göre bu risklerin derecelendirmesi yapılmıştır. Aşağıdaki çizelgede (Çizelge 2.7) riskler R1, R2.. şeklindeki kodlama ile gösterilmektedir. Konuyla ilgili yapılan çalışmalar tarandığında metro projelerinde aşağıdaki konularla ilgili risk unsurları diğerlerinden daha çok ön plana çıkmaktadır.

Çizelge 2.7 Metro projelerindeki yapım risklerinin meta-analizi ile değerlendirmesi

Metro Projelerindeki Yapım Riskleri	**Yasal-Yönetsel *YR1***	Kamulaştırmadaki gecikmelerin projenin farklı aşamalarında oluşturduğu sorunlar *R7*	Düşük
		Siyasi baskılardan dolayı işin süresine müdahale edilmesi *R10*	Düşük
	Ekonomik ve Finansal *YR2*	Ödemedeki gecikmeler *R11*	Orta
	Tasarım *YR3*	Karar verici olarak çalışan kişilerin metronun karmaşık yapısını kavrayamaması ve teknik konulara müdahale etmesi *R3*	Düşük
		Yüklenici tarafından yapımı üstlenilen tasarımlarda yapılan zorunlu değişiklikler *R4*	Orta
	İnşaat Sahası *YR4*	Atık su, içme suyu, elektrik gibi kent altyapılarının sistematik olarak arşivlenmemesi ve altyapılardaki değişikliklerin güncellenmemesi *R1*	Orta
		Geoteknik olarak (zeminden kaynaklı) yetersiz bilgilerin ya da öngörülemeyen koşulların yapımı geciktirmesi *R8*	Çok yüksek
		Tünel yapımındaki zorluklar *R9*	Yüksek
		Tarihi ve yapılaşmış yerlerde inşaat zorluğu ve başka kurumlara bağlı onay sürelerinin uzaması *R14*	Düşük
	Şantiye *YR5*	Sıkışık alanlarda şantiye kurulması ve çalışmak durumunda kalınması *R13*	Orta
		İnşaat planlama aşamalarındaki belirsizlikler *R15*	Çok yüksek
		Ana inşaat ekipmanlarının beklenmeyen arızaları ve diğer öngörülemeyen koşullar *R16*	Yüksek
	Taşeron ve Tedarikçi *YR6*	Çok sayıda altyükleniciyle eş zamanlı çalışmanın gerekliliği *R2*	Düşük
	Sözleşmesel *YR7*	Projenin ihale metodunun, yapım türüne uyarlı olmaması *R5*	Düşük
		Sözleşmelerin uygulamada zorluklara neden olacak ve belirsiz maddelere sahip olması *R6*	Orta
		Yapım aşamasında işin kapsamındaki değişiklikler *R12*	Orta

Çizelge 2.7'de tanımlanmış olan risklerin kodlaması ve açıklamaları aşağıda yer almaktadır.

Risk1 Atık su, içme suyu, elektrik gibi kent altyapılarının sistematik olarak arşivlenmemesi ve altyapılardaki değişikliklerin güncellenmemesi

Metro projelerinde yerin altının inşaat sahası olarak kullanılması nedeniyle inşaat işleriyle etkileşimde olan altyapıların, kazı sırasında deplase edilmesinin gerekmesi ya da doğru yerinde olduğu bilinmeyen bir altyapının kaza sonucu zarar görmesi maliyet ve proje süresine etki etmektedir.

Risk2 Çok sayıda altyükleniciyle eş zamanlı çalışmanın gerekliliği

Metro projelerinde çok sayıda proje paydaşı ve alt yüklenicisi yer almaktadır. Bunların üst yapı projelerindeki gibi sıralı değil, eş zamanlı olarak çalışmasının gerekmesi çatışmalara neden olmaktadır.

Risk3 Karar verici olarak çalışan kişilerin metronun karmaşık yapısını kavrayamaması ve teknik konulara müdahale etmesi

Metro projeleri işlevsel yapılar olup, gereksinimleri uzmanlık gerektirmektedir. Bu nedenle karar verici kişilerin doğru ve etkin kararlar verememesi teknik konuların yanlış çözümlere gitmesine neden olmaktadır.

Risk4 Yüklenici tarafından yapımı üstlenilen tasarımlarda yapılan zorunlu değişiklikler

Metro projelerinin yapımını üstlenen firmanın uygulamaya esas kesin projeler üzerinden imalatları başlatması ve devam ettirmesi beklenmektedir. Ancak altlık olan projelerdeki tasarım eksiklikleri dolayısıyla tekrardan tasarım yapılması ve onaylarının alınması gerekmektedir. Tekrarlanan bu işler maliyet ve süreyi doğrudan etkilemektedir.

Risk5 Projenin ihale metodunun, yapım türüne uyarlı olmaması

Metro projeleri, ülkemizde tasarla-ihale et-inşa et (DBB) metoduyla, sözleşmeler birim fiyat usulüyle yapılmaktadır. Tasarlanan projelerin yüklenici firmalar tarafından belirlenen sürede yapılması beklenmektedir. Tasarlanan projelerdeki değişiklikler dolayısıyla hedeflenen süre ve maliyetler yakalanamamaktadır.

Risk6 Sözleşmelerin uygulamada zorluklara neden olacak ve belirsiz maddelere sahip olması

Sözleşmede yer alan maddelerin belirsiz olması dolayısıyla ilave maliyet ve süre gerektiren durumlarda yüklenici işi yapmak istememekte, işveren de ilave maliyet ve süreyi kabul etmemektedir. Dolayısıyla anlaşmazlıklar projede başka çözümlere gidilmesine bazı durumlarda proje kalitesini düşüren kararların alınmasına neden olmaktadır.

Risk7 Kamulaştırmadaki gecikmelerin projenin farklı aşamalarında oluşturduğu sorunlar

Yapım aşamasından önce baca, merdiven, asansör gibi elemanların çıkacağı yerlerin kamulaştırmalarının tamamlanmış olması beklenmektedir. Uzun süren veya çözülemeyen kamulaştırmalar tasarım değişikliklerine varan sorunlara neden olmaktadır.

Risk8 Geoteknik olarak (zeminden kaynaklı) yetersiz bilgilerin ya da öngörülemeyen koşulların yapımı geciktirmesi

Zeminle ilgili çok sayıda sondaj alınarak veri alınmasına karşılık yine de beklenmedik durumlar yapım takvimini etkileyebilmektedir. Yaklaşık olarak bir metro hattı 10-12 km arası değişen uzunlukta olmaktadır. Bu da o hat boyunca zeminle ilgili değişkenlere maruz kalındığını ve bu durumun yönetilmesi gereken bir risk kaynağı olduğunu göstermektedir.

Risk9 Tünel yapımındaki zorluklar

Tünel yapımı ayrı bir uzmanlık gerektiren maliyetli bir üretimdir. Aynı zamanda metrolar yoğun şehirleşme olan bölgelerde yer aldığı için tünel yapımında doğru tekniklerin kullanılması önemlidir.

Risk10 Siyasi baskılardan dolayı işin süresine müdahale edilmesi

Yapım takviminde hükümet taleplerine göre değişiklikler olmaktadır. Süreye doğrudan yapılan müdahaleler, kalitesiz projeler üretilmesine ve ilave maliyetlere neden olmaktadır.

Risk11 Ödemedeki gecikmeler

Metro projelerinin yapım maliyetleri son derece yüksektir, TBM ve benzeri pahalı ekipmanların alınabilmesi için ödemelerin zamanında yapılması proje takviminin etkilenmemesi için önemlidir.

Risk12 Yapım aşamasında işin kapsamındaki değişiklikler

Yükleniciler işin kapsamına göre teklif vermekte olup yapım aşamasındaki kapsam değişiklikleri, metro gibi karmaşık süreçli projelerde sorunlara neden olmaktadır.

Risk13 Sıkışık alanlarda şantiye kurulması ve çalışmak durumunda kalınması

Metro hattının yapım kararı yüksek yolculuk taleplerine göre alınmaktadır. Dolayısıyla şantiye alanı yoğun şehirleşmenin olduğu bölgelerde olmak zorundadır. Şantiye mobilizasyonunun etkin biçimde sağlanması gerekliliği, sürece zorluk getirmektedir.

Risk14 Tarihi ve yapılaşmış yerlerde inşaat zorluğu ve başka kurumlara bağlı onay sürelerinin uzaması

Metro projelerinin yapım aşamasının zorlu olmasının yanı sıra inşaat alanlarının tarihi yerlerde olması, ilave yapım teknikleri ve onay gereksinimlerini beraberinde getirmektedir.

Risk15 İnşaat planlama aşamalarındaki belirsizlikler

Üstyapı projelerinde inşaat aşamaları sıralı olarak gitmektedir. Metro projelerinde zemin, tünel, bina oturmaları vb. değişkenler dolayısıyla inşaat planlama aşamasında belirsizlikler oluşmaktadır.

Risk16 Ana inşaat ekipmanlarının beklenmeyen arızaları ve diğer öngörülemeyen koşullar

İnşaat ekipmanları olmadan metro yapım sürecinin tamamlanması mümkün değildir. Beklenmedik arızalar hem ilave maliyetler getirecek hem de gecikmelere neden olacaktır.

2.7 Dünyada ve Türkiye'de Metro Projelerinin Gelişimi

Metro sözcüğü, "metropolitain" sözcüğünün kısaltılmasından türetilmiştir ve ilk olarak Fransa'da kullanılarak sonradan diğer dillere geçmiştir [95]. Gelişen ekonominin göstergesi olarak ülkemizde ve dünyada son yıllarda kamu yatırımı gereksiniminin arttığını söylemek mümkündür.

1863 yılında kullanıma açılan Londra Metro'su dünyada ilk metro sistemidir. Aç-kapa yöntemiyle inşa edilmiştir.

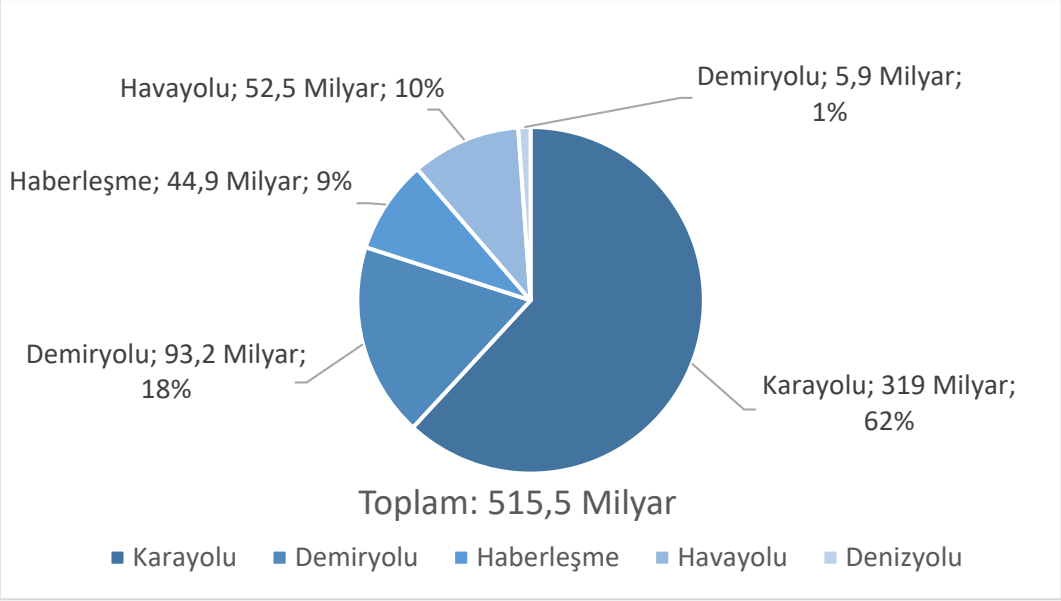
Tokyo Londra, Paris, Moskova, Rotterdam, Madrid, Münih, Milano, Berlin, Seul, Osaka, Hong Kong ve New York gibi kentlerde metro birincil ulaşım aracı olarak tercih edilmektedir [96].

Türkiye'nin ilk raylı sistem örneği olan İstanbul'da yer alan Karaköy Tüneli Füniküler Hattı 1875 yılında kullanıma açılmıştır. Ülkemizde metro projelerinin gelişimi son 20 yıla dayanmaktadır. Şekil 2.18'de demiryolu ağının 2003-2018 yılları arasındaki değişimi gösterilmektedir. Son 20 yılda %15,9 olan fark raylı sistemlere olan yatırımların yüksek hızda arttığını göstermektedir.

	2003 (km)	Eylül 2018 (km)	Fark %
Toplam Demiryolu Ağı	10.959	12.710	15,9
Yüksek Hızlı Hat Uzunluğu	0	1.213	∞
Konvansiyonel Hat Uzunluğu	10.959	11.497	4,9
Sinyalli Hat Uzunluğu	2.505	5.534	120,9
Elektrikli Hat Uzunluğu	2.082	5.056	142,8

Şekil 2.18 Türkiye'de demiryolu yatırımlarının 2003-2018 yılları arasındaki değişimi [97]

Şekil 2.19'de 2003-2018 yılları arasındaki Ulaştırma ve Haberleşme yatırımlarının sektörel dağılımları görünmektedir. Karayolundan sonra ikinci sırada gelmektedir.



Şekil 2.19 Türkiye'de ulaştırma ve haberleşme yatırımlarının sektörel dağılımları [97]

Şekil 2.20 Türkiye'deki kent içi raylı sistemlerin şehirlere göre niteliklerini belirten verileri içermektedir. Yaklaşık 150 km uzunluğuyla İstanbul'da yer alan raylı sistemler ilk sırada gelmektedir. Yeni yapılacak hatlarla birlikte 2019 yılından sonra 1100 km'ye varan metro hattının yapımı hedeflenmektedir.

Türkiye Kentiçi Raylı Sistemler

Şehir	Kurum	Hat Türü	Hat Uzunluğu (km)	İstasyon Sayısı	Günlük Yolcu Sayısı
Adana	Adana Büyükşehir Beldiyesi	Tramway	13,5	13	-
Ankara	EGO				
	Bugsaş	Metro	57,2	42	293.000
Bursa	Burulaş	Metro			
		Tramway	47,7	61	250.000
Eskişehir	Eskişehir Hafif Raylı				
	Sistem İşletmesi	Tramway	45	61	115.000
Gaziantep	Gaziantep Büyükşehir				
	Belediyesi	Tramway	15	13	-
İstanbul	Metro İstanbul	Metro			
		Tramway			
		Füniküler			
		Teleferik	149,9	142	2.000.000
İstanbul	İETT	Tramway			
		Füniküler	2,2	6	2.000
İzmir	İzmir Metro A.Ş.	Metro	17,6	17	287.000
Konya	Konya Büyükşehir				
	Belediyesi	Tramway	18,9	31	110.000
Kayseri	Kayseri Ulaşım A.Ş.	Tramway	34,5	55	100.000
Samsun	Samsun Ulaşım A.Ş.	Tramway	15,7	21	45.000

Şekil 2.20 Türkiye 'de kentiçi raylı sistemler [98]

İstanbul’da yapılan ve yapımı planlanan hatlarla ilgili veriler Şekil 2.20’de gösterilmektedir. 2004 yılından itibaren nüfusun artışı ve ekonomik gelişmelerle birlikte yeni hatların yapımı yüksek derecede hız kazanmıştır.

BÖLÜM 3

METRO PROJELERİNDE YAPIM AŞAMASINDAKİ RİSKLERİN YAPI BİLGİ MODELLEMESİ DESTEKLİ YÖNETİMİ

3.1 Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Tanımı

Yapı bilgi modellemesi, bir tesisin planlanmasını, tasarlanmasını, inşasını ve işletimini simüle etmek için bilgisayar tarafından oluşturulmuş n boyutlu (n-D) modellerin geliştirilmesini ve kullanılmasını temsil eder [99]. YBM bir süreç ve teknolojidir. Yapının kavramsal tasarım aşamasından yıkılmasına kadar tüm yaşam döngüsü boyunca alınacak kararlar için güvenilir bir temel oluşturan ve paylaşılan bir enformasyon kaynağıdır [13].

YBM ve 2D CAD arasındaki temel fark, 2D CAD uygulamalarının, plan, kesit ve yükseklik gibi bağımsız 2D görünümleri ile bir binayı tanımlamasıdır. Bu görünümlerden birini düzenlemek için diğer tüm görünümlerin kontrol edilerek güncellenmesi gerekir ve bu durum hatalı dokümantasyonun temel nedenlerinden biri olan hata eğilimli süreci meydana getirir. Ek olarak, bu 2D çizimlerdeki veriler, nesnelerin bina öğeleri, boşluklar, duvarlar, kirişler, kolonlar gibi sistemlerle tanımlandığı YBM modellerinin aksine çizgiler, yaylar ve daireler gibi grafiksel öğelerdir [99].

Pentilla 2006 [100], YBM tanımı için ‘bir binanın yaşam dönemi boyunca gerekli tasarım ve proje verilerinin dijital format üzerinde yönetilmesini sağlayacak yöntemi meydana getiren etkileşimli politikalar, süreçler ve teknolojiler bütünüdür’ şeklinde tanımlamaktadır [101].

National Institute of Building Sciens (NIBS), YBM’yi bir tesisin fiziksel ve işlevsel özelliklerinin dijital bir temsilidir şeklinde tanımlamaktadır [102].

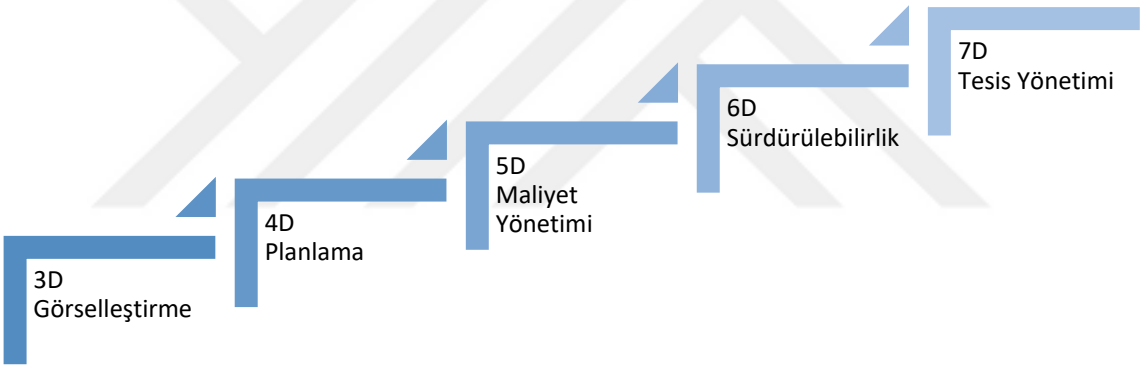
Farklı araştırmacıların yapı bilgi modellemesi tanımları, bu çalışma biçiminin daha anlaşılır olmasını sağlamak için verilmiştir.

YBM ile ilgili temsil seviyeleri, uygulama, olgunluk ve gelişim başlıkları altında olmak üzere daha detaylı olarak aşağıda açıklanmaktadır.

3.1.1 Uygulama Seviyeleri

YBM, projenin yaşam döngüsü boyunca kullanılan modeli olup 'D'(boyut) elemanları modele eklenen bilgilerle değişmektedir. Tasarım, yapım ve işletme süreçleri boyunca bir önceki kıstasın sağlanmasıyla birlikte modele yeni bilgiler eklenmektedir.

YBM'nin iş güvenliği konusundaki kullanımıyla ilgili girişimler 8. boyut olarak değerlendirilmektedir [101]. Aşağıdaki şekilde YBM'de kullanılan uygulama seviyeleri gösterilmektedir.

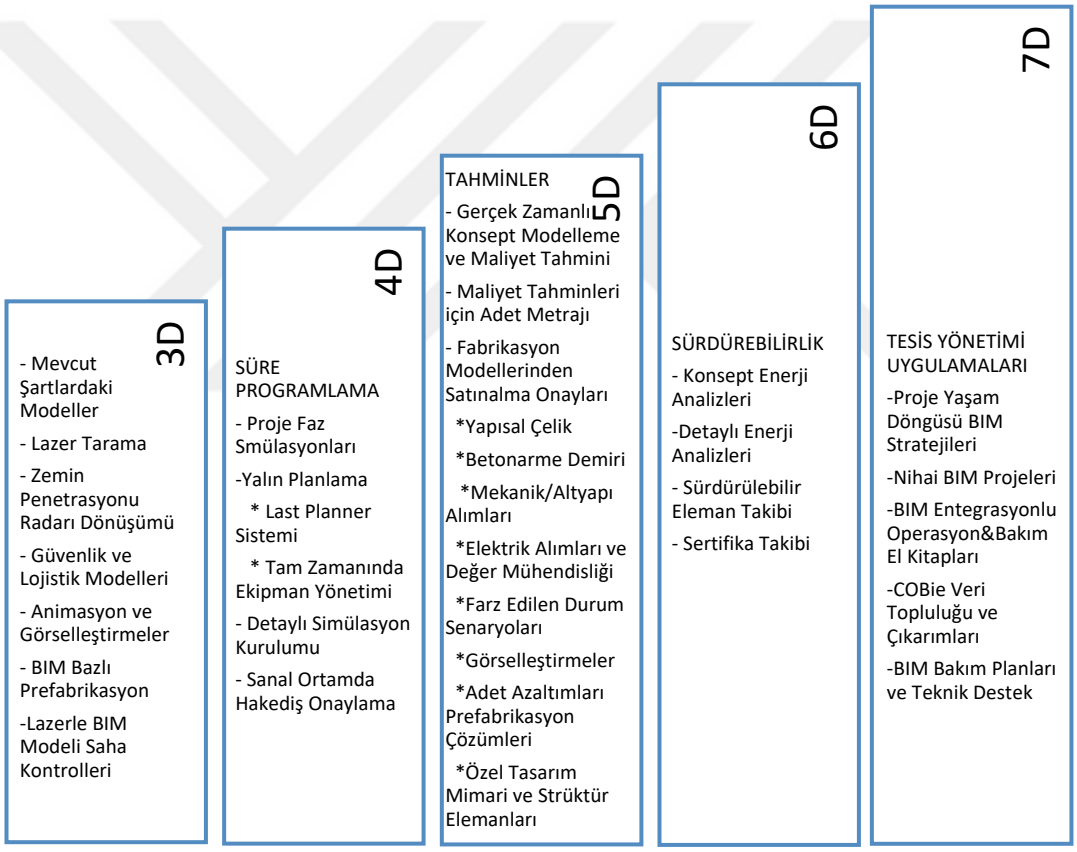


Şekil 3.1 YBM Uygulama Seviyeleri

Boyutlarla ilgili özet bilgiler aşağıdaki gibidir.

- **3D:** Yapı bilgi modellemesi için temel seviyeyi tanımlamaktadır. Dijital platformda sanal bir modelin üç boyutlu olarak oluşturulması aşamasıdır. YBM'de çizgiler değil, yapı elemanları projeyi ifade etmektedir.
- **4D:** Üç boyutlu modelde yer alan elemanlara uygulanabilir iş planının tanımlanmasıyla geliştirilmektedir. Zamanla ilgili boyutu tanımlamaktadır. Sürenin modele dahil olmasıyla birlikte çakışma kontrolleri daha kapsamlı yapılabilmekte, süreç kontrol edilebilir ve izlenebilir hale gelmektedir.

- **5D:** 5 boyutlu modelleme, yapının mimari, yapısal, mekanik, elektrik yapı elemanlarının malzeme ve imalat detay bilgilerini içeren üç boyutlu modele zaman ve maliyet bilgilerinin eklendiği bütünleşik yapım yönetim kurgusunu tanımlamaktadır [103], [104].
- **6D:** Enerji analizleri, bina simülasyonları vb. boyutlarını tanımlamaktadır. Yapının sürdürülebilirlik ile ilgili bütün hedefleri bu boyut altında yer almaktadır.
- **7D:** Yapının tamamlandığı ve tesisin işletme aşamasındaki kullanımını temsil eder. Yapıdaki parçaların ve ekipmanların kullanım ömrü vardır, bakım ve işletmeyle ilgili gereksinimler bu boyut altında yer alır.



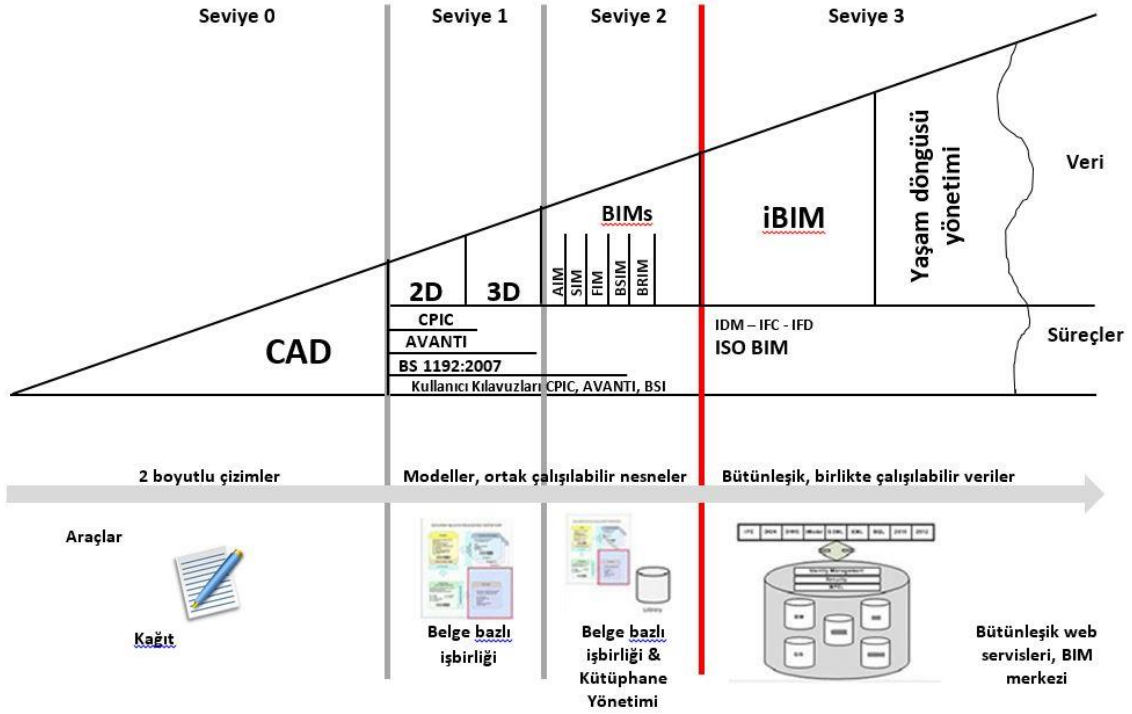
Şekil 3.2 Modellere eklenen boyutlar ve sağladıkları faydalar. (18)

Ülkemizde projelendirmesi ve yapımı devam edilen metro projelerinde 3D, 4D ve 5D boyutlarının kullanılması hedeflenmekle birlikte yaygın olarak 3D boyutu kullanılmaktadır. Sürece olan katkıları, somut bir veri olarak elde edilemediği için diğer boyutların kullanımıyla ilgili farkındalık yeterli seviyede değildir. Ayrıca bu konudaki

altyapının yeterli olmamasından dolayı 4D ve 5D aşamalarında kullanılabilecek düzeyde bir 3D modelinin elde edilememesi de zorluk olarak karşımıza çıkmaktadır.

3.1.2 Olgunluk Seviyeleri

YBM'nin olgunluk seviyeleri seviye 0'dan 3'e kadar 4 ana başlık altında değerlendirilmektedir. Şekil 3.3 YBM olgunluk diyagramı, Şekil 3.3'de olgunluk seviyelerine göre hangi bilgileri içerdiği gösterilmektedir.



Şekil 3.3 YBM olgunluk diyagramı [105]

Seviyelerle ilgili açıklamalar aşağıda yer almaktadır;

- **Seviye 0**: YBM öncesi durumu temsil etmektedir. Geleneksel inşaat projesi uygulamalarında olduğu gibi verimsiz ve zayıf bilgi yönetim sürecinin olduğu uygulamalardır.
- **Seviye1:** Bu düzey 3 boyuta geçiş aşamasını temsil etmektedir. Elde edilen model veri almaya uygun değildir. Veriler uyumsuz finans ve maliyet yönetim paketleri ile yönetilmektedir [106]**.**

- **Seviye 2:** YBM araçlarıyla ortak modelde veriler oluşturulabilir. İşbirliğinin mümkün olduğu aşamadır. 3 boyutlu modele 4D zaman ve 5D maliyet verileri eklenebilir. İş programının ve maliyetin takibinin yapılabildiği seviyeyi temsil eder.
- **Seviye 3:** İşbirliğinden bütünleşik sisteme geçiş aşamasıdır. YBM için hedeflenen seviyeyi temsil eder. Bu seviye yapım planlamasını, maliyet yönetimini ve proje yaşam döngüsü bilgilerini kullanmayı sağlar [106]**.**

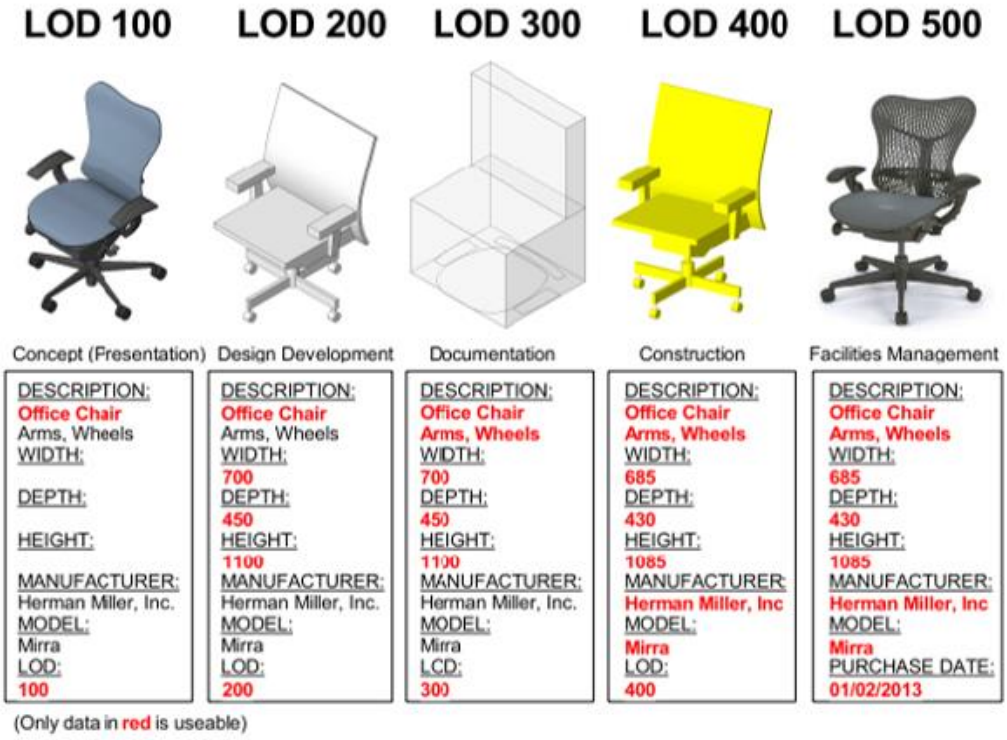
3.1.3 Gelişim Seviyeleri

LOD (Level of Development), gelişim seviyelerini ifade etmektedir. Bu kavram detay seviyesi olarak da yorumlanmaktadır. Modeli kullanan paydaşlar için hangi süreçte ne üretileceğine dair bir standart oluşturulmasını sağlamaktadır. Bir yapım projesinde ihale aşamasındayken LOD 100 seviyesinde modele veri eklenirken uygulamaya geçtikçe LOD 400, 500 seviyesine çıkması beklenmektedir. İnşaat projeleri benzersiz olduğu için gereğinden detaylı ya da yetersiz bilgi yerine ihtiyaca uygun bilgi verilmesini sağlamak amacıyla LOD tablosu oluşturulmaktadır, modelin kullanım amacına göre gereksiz veri yükü de böylelikle ortadan kaldırılacaktır.

AIA (American Institute of Architects), 2008 yılında LOD seviyelerini E202-2008 YBM protokolünde ilk kez geliştirmiştir [101]. Kullanılan LOD seviyeleri aşağıda açıklanmaktadır.

- **LOD 100-Kavramsal Tasarım Aşaması:** Nesneler kavramsal düzeydedir, kütlesel olarak boyutlandırmalar yapılmakta ve genellikle 2 boyutlu çıktılar halinde bilgiler alınabilmektedir.
- **LOD 200-Tasarım Geliştirme Aşaması:** Yaklaşık miktar, boyut, şekil ve konum gibi değerleri ve bileşenleri içermektedir.
- **LOD 300-Son Tasarım/Dokümantasyon Aşaması:** LOD 200 gelişimindeki modele benzerdir, ancak bu seviyede verilen spesifik sistemler, miktarları, boyutları ve konumları güvenilir bilgilerdir ve bunlar üzerinden analiz yapılabilir.
- **LOD 400-Yapım/Uygulama Aşaması:** Bir önceki düzeyde (LOD 300) bilgi tanımlanmış olan modele yapım ve montaj bilgilerinin eklenmesiyle elde edilir.

- **LOD 500-İşletme Aşaması:** Uygulama şartlarını içeren model elemanları tesis yönetiminde kullanılabilir.



Şekil 3.4 YBM gelişim seviyeleri [107]

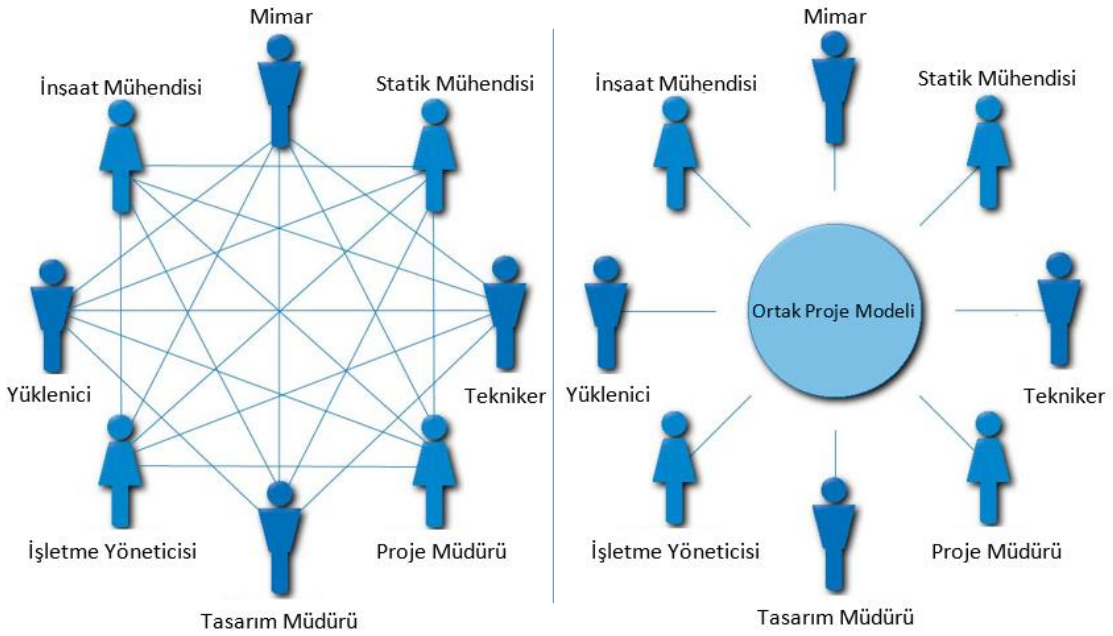
3.2 Yapı Bilgi Modellemesi ve Proje Aşamalarında Kullanımı

İnşaat endüstrisi, dünyanın en geniş, ancak bir o kadar da çok parçalı yapıda olan endüstrilerinden birisidir [108]. Mimarlık, mühendislik ve inşaat (AEC) endüstrisinde proje maliyetini düşürmek, üretkenliği ve kaliteyi arttırmak, proje teslim süresini azaltmak için yapı bilgi modellemesi, uzun süredir aranan bu hedeflere ulaşma potansiyelini sunmaktadır. Proje büyüklüklerinin ve karmaşıklık düzeylerinin artmasıyla birlikte inşaat sektörü böyle bir değişime ihtiyaç duymaktaydı. Geçtiğimiz otuz yılda, inşaat endüstrisinde, bilgisayar teknolojisinin kullanımında önemli miktarda iyileşme ve gelişme görülmüştür [109]. Eastman ve diğerlerine göre bu gelişmeler içerisinden en umut vadedeni 'Yapı Bilgi Modellemesi (YBM), orjinal adıyla 'Building Information Modeling (BIM)' dir. YBM, yaygın olarak görselleştirme ile ilişkilendirilse de, güçlü yönlerinden biri model tabanlı tahmin aracı olarak kullanılabilmesidir.

YBM, geçmişte AEC sektörünün paydaşları tarafından görselleştirme ve organizasyon aracı olarak kullanılmıştır, günümüzde YBM, yapıların bütün yaşam döngüsü boyunca performansını geliştirmek için bir süreç olarak kullanılmaktadır [110], [111].

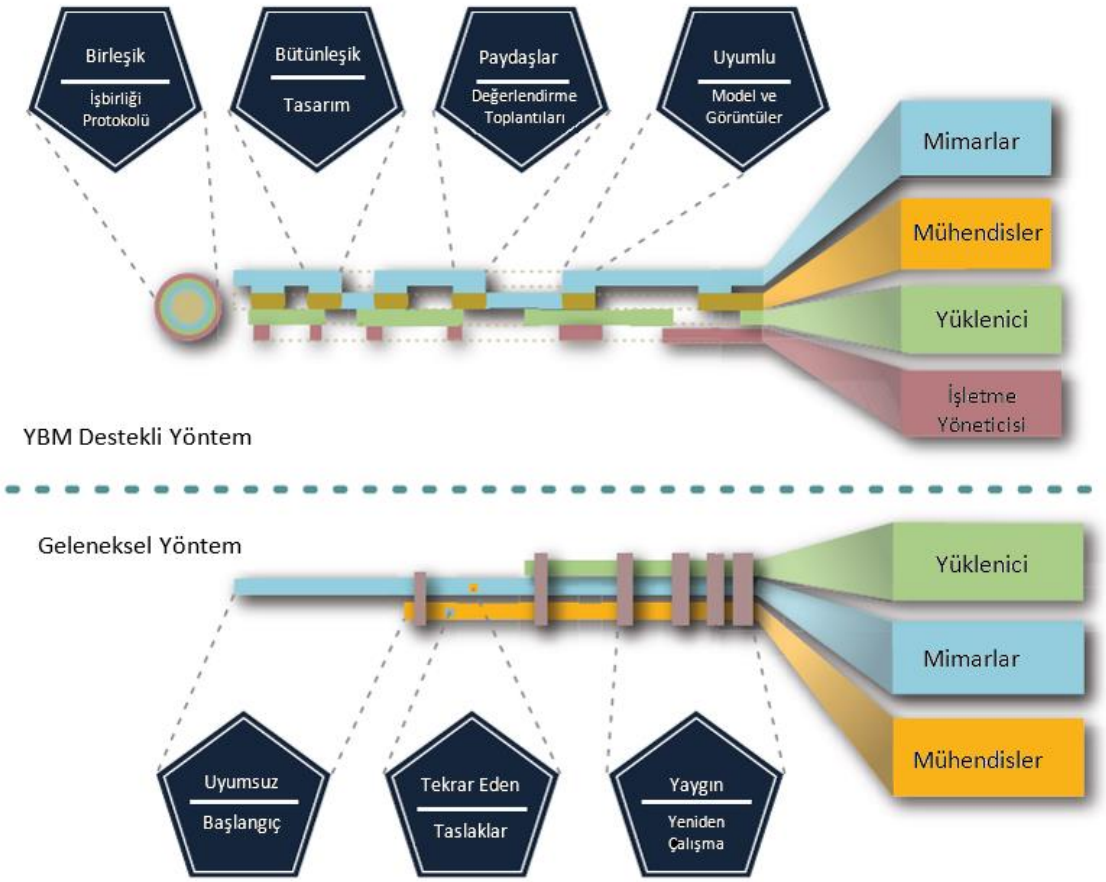
YBM, proje yaşam döngüsü boyunca meydana gelebilecek değişiklikleri yönetebilmek için kullanılabilecek strateji ve süreçlerin oluşturulmasını destekleyen bir çalışma platformudur [13].

Geleneksel yapı üretim sürecinde proje katılımcıları, çoğunlukla birbiriyle uyumlu olmayan farklı yazılımlar ve süreçler takip etmektedir.



Şekil 3.5 Geleneksel ve YBM yöntemlerinde paydaşlar arası iletişim [112]

Birçok araştırmacı, yazılım sistemindeki çoğu başarısızlığın, yazılım sürecinin insan ve teknik yönü arasındaki ilişkiyi ele almamanın bir sonucu olabileceğini ifade etmektedir [111]. Eastman ve diğerlerinin belirttiği üzere yapı bilgi modellemesini inşaat firmaları yazılım olarak kullanma eğilimindedir. YBM, yazılım değil, yapı üretim sürecinin bütün katılımcılarının (mimarlar, mühendisler vb.) bir arada çalıştığı geleneksel iş modelinin yerini alan yeni bir çalışma modelidir. YBM mimar ve mühendisler arasında etkin iletişim sağlayan köprü görevi görmektedir [101].



Şekil 3.6 YBM ve geleneksel teslimat yöntemlerinin karşılaştırılması [113]

Yapı bilgi modellemesiyle birlikte yapım projelerinde aşağıdaki ana hedefler amaçlanmaktadır [111].

1. Proje maliyetini düşürmek
2. Proje teslim süresini azaltmak
3. Üretkenliği ve kaliteyi arttırmak

Genel olarak inşaat projeleri zaman, maliyet ve kalite ile ölçülmektedir. İnşaat projelerindeki riskleri yönetmek, zaman, maliyet, kalite, güvenlik ve çevresel sürdürülebilirlik açısından proje hedeflerine ulaşmak için çok önemli bir süreç olarak kabul edilmiştir [114].

Bu avantajlar, işveren ve / veya proje yönetimi ekibinin YBM'yi risk önleme tekniklerinden biri olarak tercih etmesini sağlamaktadır.

Türkiye'de YBM daha çok tasarım, yapım öncesi aşamalarda kullanılmaktadır, yapım aşamasında kullanımıyla ilgili artış olmakla birlikte işletme aşamasındaki kullanımı son derece kısıtlıdır.

3.2.1 Ön Tasarım Aşamasında YBM Kullanımı

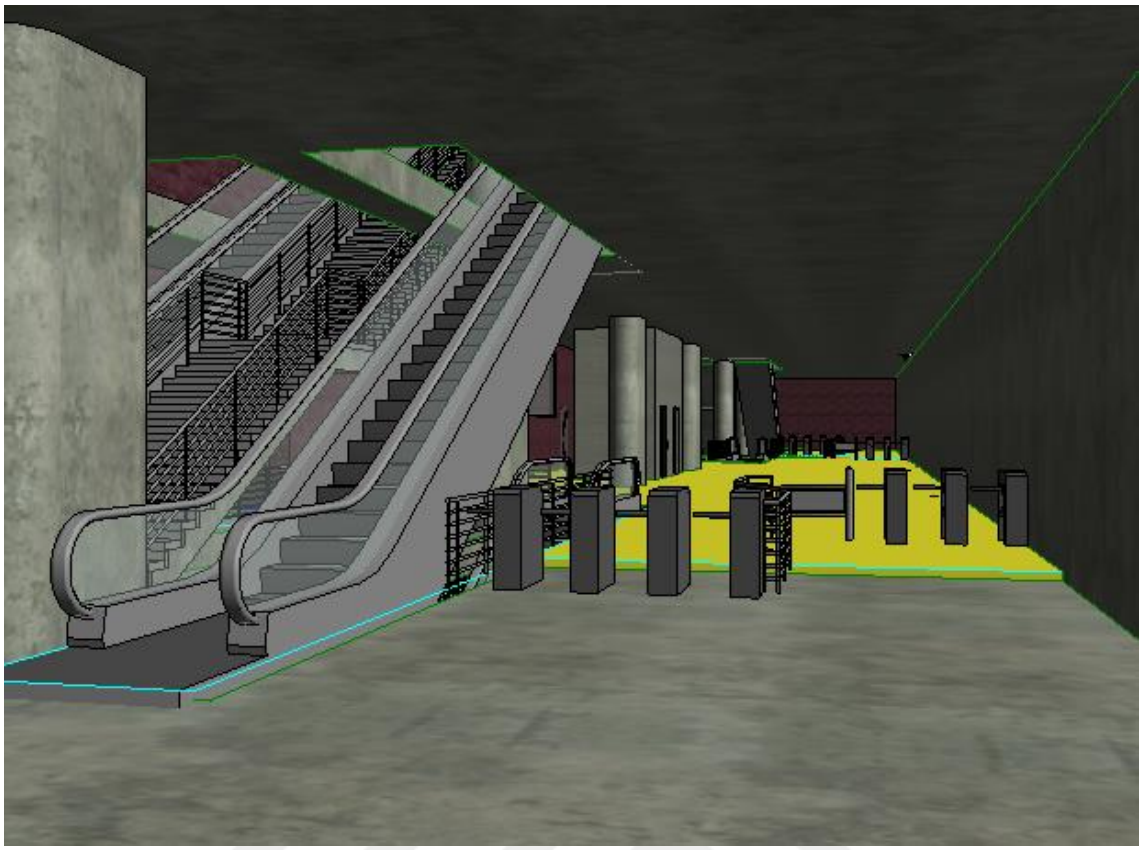
Proje yapım kararı verilmesini sağlayan, problemin tanımlandığı, bilgilerin toplandığı ve analiz edildiği aşamadır. Geleneksel yapım sürecinde bu evredeki veriler deneyim ve sezgilere bağlı olmaktadır [115]. Projelerin karmaşıklaşmasıyla birlikte çok sayıda analiz edilmesi gereken bilgi konusunda deneyim ve sezgiler yetersiz kalmaktadır. Bu veri tabanını oluşturabilecek ve bilgilerin analiz edilmesini sağlayacak YBM yöntemine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu aşamada YBM, çoğunlukla modelleme aracı olarak kullanılmaktadır, ancak bilgileri toplama ve analiz etme konusunda kullanıldığında, projenin ileri aşamalarında da faydalı olacaktır.

3.2.2 Tasarım Aşamasında YBM Kullanımı

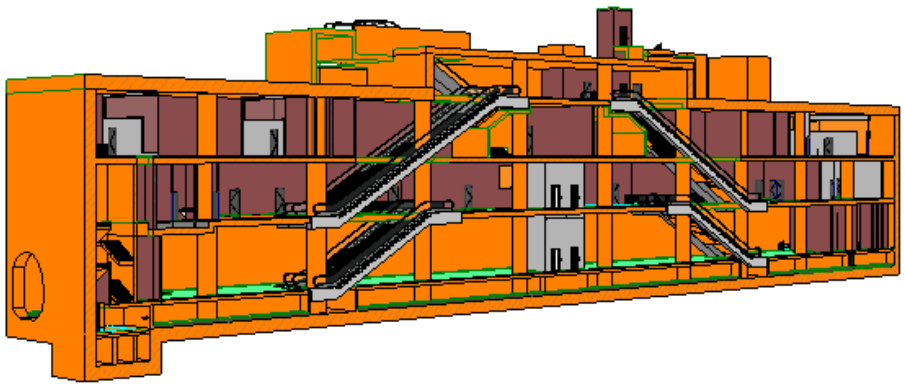
Tasarım aşamasında kağıt üzerindeki iletişim ile ilgili en yaygın sorunlardan biri, maliyet tahminleri, enerji kullanım analizi, yapısal detayların dahil olduğu bir tasarım hakkında kritik değerlendirme bilgilerinin üretilmesi için gerekli olan zaman ve harcamadır. Bu analizler yapıldığında önemli değişikliklerin yapılması için çok geç olmaktadır ve zamanında yapılmayan bu yinelemeli iyileştirmeler orijinal tasarımdan ödün vermeyle sonuçlanabilmektedir [13].

Kağıt üzerindeki uygulamalarda yapılan ihmaller, proje ekiplerindeki taraflar arasında sürtüşmeye, finansal giderlere ve gecikmeye neden olmaktadır.



Şekil 3.7 İstasyon tasarım modeli

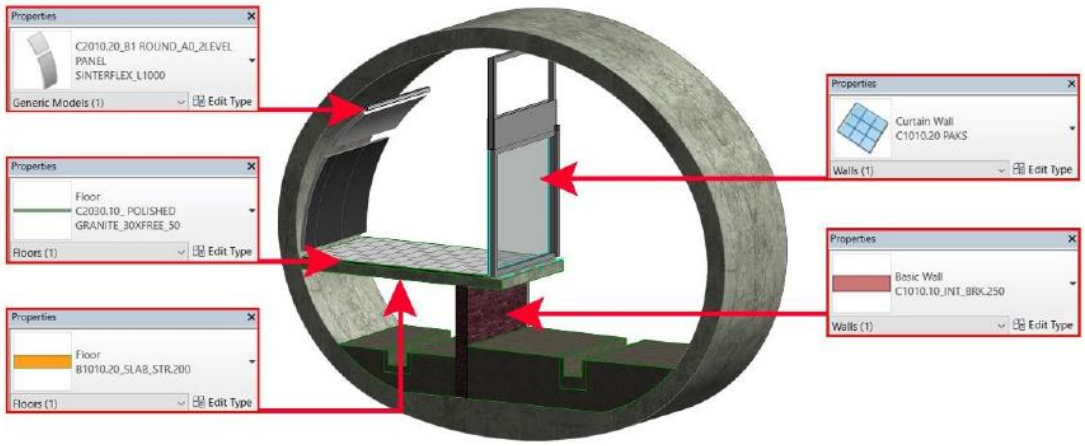
Tasarım aşamasında YBM kullanımı yaygın olarak tercih edilmektedir, ancak genellikle mimari ekipler modelleme aracı olarak kullanmakta ve diğer disiplinler farklı program arayüzleri kullanmaktadır.



Şekil 3.8 İstasyon model kesiti

3.2.3 Yapım Aşamasında YBM Kullanımı

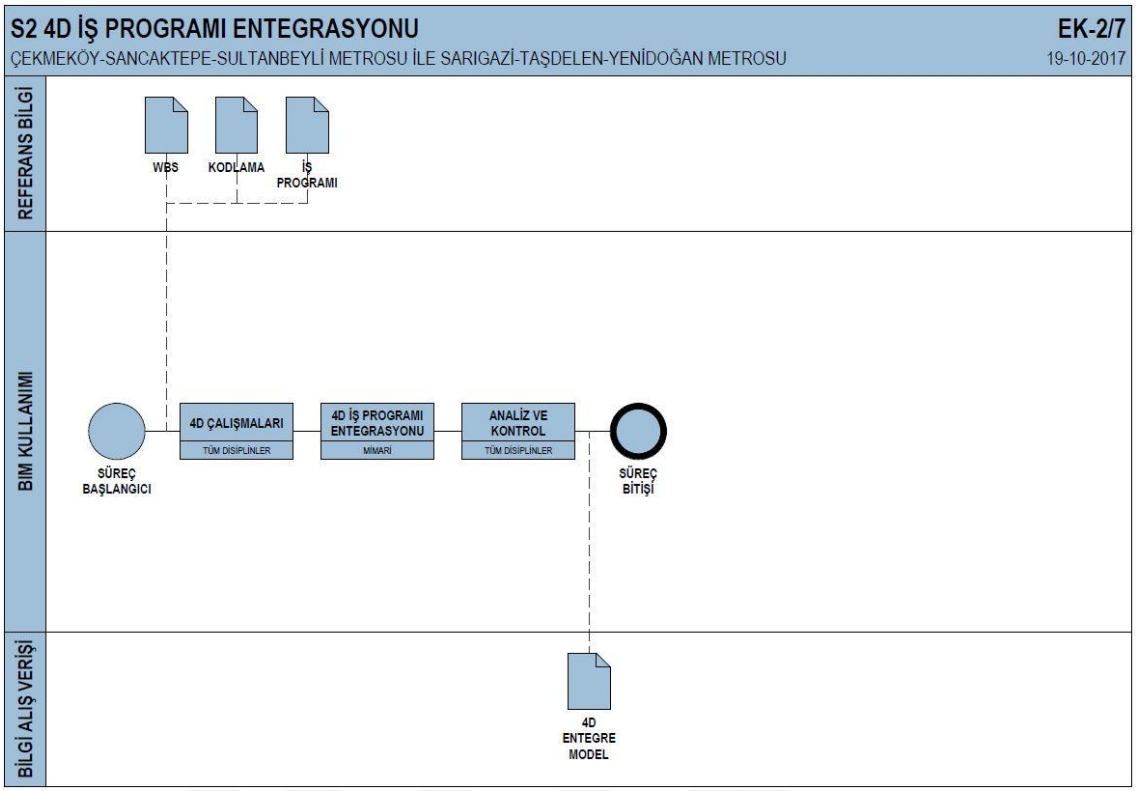
Yapım aşamasını tasarım aşamasından ayrı olarak değerlendirmemek gerekir. Yapıma altlık olacak projelerde işveren değişikliklerinin projeye hızlıca aktarılması sahanın aksamaması için kritik olmaktadır. Şantiyeden kaynaklı sorunların yönetilmesi konusunda da YBM destekleyici olmaktadır. Proje süresince değişen taleplerin süreye ve maliyete olan etkisinin tespit edilmesi için YBM modeli kullanılmaktadır.



Şekil 3.9 Her nesnenin doğru şekilde kodlanması

Şekil 3.9'da tünel kesitine atanmış malzemeler ve özellikleri görülmektedir. Bu malzemelerde değişiklik olması durumunda metraj değişiklikleri hızla yapılabilecek ve maliyete olan etkisi görülebilecektir.

Boon (2009) [116], YBM araçlarının zengin veri tabanından dolayı tasarım ekibine daha etkin bir şekilde bilgi verebildiklerini belirtmektedir. Yapım aşamasında daha doğru kararlar alınabilmesi için güvenilir kaynaklar kullanılmalıdır ve YBM bunu destekleyen güçlü yöntemlerden birisidir.



Şekil 3.10 Modelin iş programına entegre edilmesi

JBIM (2007) [117], YBM ile yapılan dijital modelin doğruluğu sayesinde sahada daha az malzeme olduğu ve imalat yapılması dolayısıyla yapım sürecinin daha güvenli olduğunu vurgulamaktadır.

3.2.4 Kullanım Aşamasında YBM Kullanımı

Geleneksel yöntemler kullanıldığında tesis yöneticileri planlama sürecine çok sınırlı bir şekilde dâhil edilmiş, bina işletmeye alındığında mevcut duruma dayalı bakım stratejilerini uygulamak durumunda kalmışlardır. YBM sayesinde tesis yöneticileri gelecekte yapıyı etkileyebilecekleri aşamada projeye dâhil olabilir ve bina tamamlanmadan önce modelden bilgi alınmasını sağlar [41].

YBM, ön tasarım ve tasarım aşamalarında son yıllarda aktif olarak, yapım aşamasında hızla artan bir periyot ile tercih edilmekte, kullanım aşamasında ise kısıtlı olarak kullanılmaktadır. Metro yapıları aynı zamanda teknik binalar olduğu için işletmesel faaliyetler, yapım süreci kadar önem arz etmektedir. Farklı teknik ekipmanların periyodik bakım süreçleri ve bunların takip edilmesini sağlayabilmek için ilerleyen dönemlerde YBM'nin kullanımının sürece olumlu katkıda bulunması beklenmektedir.

3.3 Yapı Bilgi Modellemesinin Risk Yönetimindeki Faydaları ve Uygulama Zorlukları

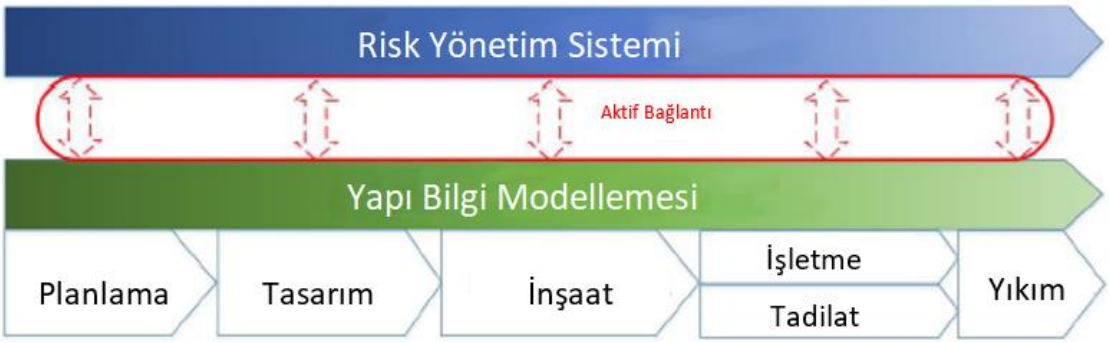
Teknolojinin gelişmesiyle birlikte projelerin karmaşıklık düzeyleri artmış olup geçmişte yapılması mümkün görülmeyen şeyler inşa edilmeye başlanmıştır. Bu duruma paralel olarak tasarım ve proje yönetim metotları da çeşitlenmiştir.

Son yıllarda, AEC sektöründeki ana ilgi alanlarından biri olan 'Yapı Bilgi Modellemesi'nin bir projenin tasarımındaki, yapımındaki ve işletmesindeki risk yönetiminin kolaylaştırılmasında da önemli bir rol oynaması beklenmektedir. Yapı bilgi modellemesi ve YBM ile ilgili dijital araçları risk yönetimini geliştirmek için kullanma konusunda yeni bir eğilim ortaya çıkmaktadır [41].

Bir projenin gelişim sürecini desteklemek için YBM ve risk yönetimi ile ilgili teori eksikliği temel bir sorun olarak nitelendirilmektedir [41].

Başarılı risk yönetimi için her zaman etkili iletişim ve işbirliği gereklidir [118]. Risk oluşmadan tespit edilemediğinde risk yönetimiyle ilgili metotlar etkisiz hale gelir ve YBM, risklerin erken tespitinde önemli ölçüde yardımcı olabilir [41].

İnşaat projelerinde kullanılan geleneksel risk yönetim modeli, çoğunlukla kişinin bilgisine ve deneyimine bağlıdır ve ele alınması gereken zorlukları mevcuttur. Risk yönetim sistemi bütüncül olarak değerlendirilmelidir, yapı bilgi modellemesi kullanımı buna olanak sağlamaktadır. Aşağıdaki şekilde YBM ve risk yönetimi arasındaki ilişki gösterilmiştir.



Şekil 3.11 Risk yönetim sistemi ve YBM arasında aktif bağlantının kurulması [41]

3.3.1 Faydalar

Yapı Bilgi Modellemesi'nin projenin farklı süreçlerinde çeşitli faydaları vardır. Bu konuda araştırma yapan katılımcıların literatürde bilinen faydaları aşağıda özetlenmektedir.

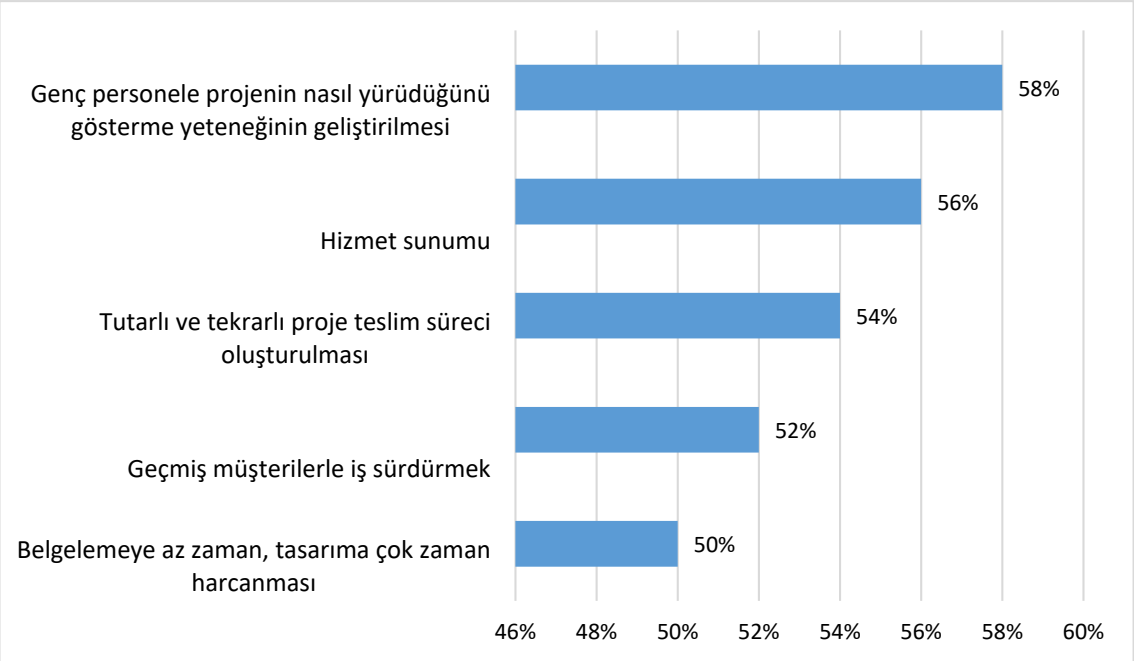
- Merkezi bir model sayesinde paydaşlar ve nesneler arasındaki bilgi alışverişi etkin olarak yapılabilmekte, iletişimin arttırılmasıyla birlikte verimliliğin arttırılması proje maliyetlerini düşürmeye yardımcı olmaktadır [119].
- Yapıyla birlikte mekanik, elektrik ve tesisat gibi sistemlerin görsel koordinasyonudur ve bu sistemler arasındaki olası çakışmaların tespit edilmesi [60].

Eastman ve diğerlerinin [13] belirttiği üzere YBM'nin farklı proje aşamalarındaki faydaları aşağıdaki çizelgede özetlenmektedir.

Çizelge 3.1 YBM kullanımının projenin farklı aşamalarında sağladığı faydalar [13]

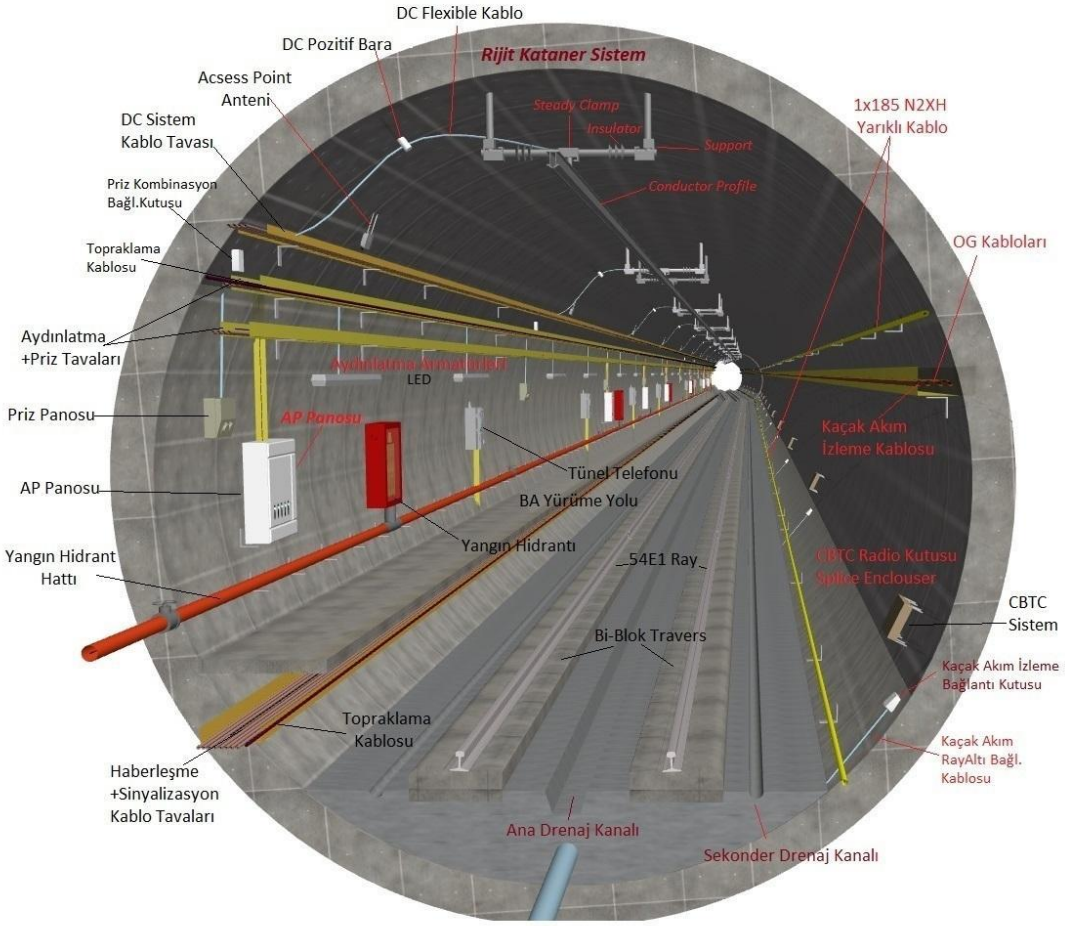
Proje Aşamaları	**Faydaları**
Tasarım Öncesi Aşama	Konsept, fizibilite ve tasarım faydaları Yapım öncesinde şematik olarak oluşturulan model üzerinden verilen kararların binanın performansını ve kalitesini arttırması
Tasarım Aşaması	Daha erken aşamada daha detaylı bir model oluşturularak hataların önüne geçilmesi Parametrik bir model oluşturulduğunda tasarımda hızlı değişiklikler yapılması Tasarımın her aşamasında tutarlı ve doğru çizimler ile dokümanların oluşturulması Farklı disiplinler arasında yapım aşamasından önce koordinasyonun sağlanması Tasarımın amacına uygun kararların erken aşamalarda verilmesi Maliyet tahminlerinin tasarım aşamasında yapılması Enerji kullanımının model üzerinden değerlendirilmesiyle birlikte sürdürülebilir binaların yapılabilmesi
Yapım Aşaması	**Yapım sürecini simüle ederek tasarımla senkronize edilmesi (olası iyileştirmeler için fırsat sağlamaktadır)** **Tasarım eksikliklerinin ve hataların yapım sahasına gitmeden önce tespit edilmesi** **Tasarım ve şantiye sorunlarına hızlı yanıt verilmesi** **Tasarım modelinin imalata gönderilerek prefabrikasyonun sağlanması** **Yalın inşaat tekniklerinin daha iyi uygulanmasının sağlanması** **Tasarım modeli üzerinden tedarik sürecinin eş zamanlı olarak yürütülebilmesi**
Yapım Sonrası Aşama	Tesislerin daha iyi yönetimi ve işletmesinin sağlanması İşletme ve yönetim faaliyetlerinin entegre olması

YBM kullanımıyla birlikte proje ekipleri arasında iş birliğinin artması, sonuçların öngörülebilirliği karlılık, dolayısıyla ekonomik fayda sağlayacaktır.



Şekil 3.12 Ulaşım projelerinde YBM'nin önemli ticari faydaları [15]

Dodge Data&Analytics (2017) [15] raporu, projelerinde YBM kullanan katılımcıların verdikleri cevaplara göre ulaşım projelerinin iş sürecine olan faydalarından en yüksek oranı %58 ile 'personele projelerin nasıl bir araya getirildiğinin gösterilmesi' yani birlikte çalışma kültürünün oturması olarak ortaya çıkmıştır. Ulaşım projelerindeki en önemli konu çok sayıda personelin, paydaşın eş zamanlı olarak birlikte çalışmasının gerekmesidir.



Şekil 3.13 Dudullu-Bostancı TBM YBM süperpoze çalışması [120]

Şekil 3.13'te yapımı devam eden metro hattına ait hat tüneli süperpoze çalışması görülmektedir. Tünel kesitinin içinde farklı disiplinlere ait pek çok teknik ihtiyaç vardır. YBM sayesinde bütün ihtiyaçlar ve sistemler detaylı olarak tünel kesiti içinde gösterilmiş olup, çakışma durumlarında sahaya gitmeden model üzerinde çözüm sağlanmaktadır. Geleneksel yöntemde farklı disiplinler, güncel olmayan projeler üzerinden farklı arayüzleri olan program çıktıları üretmektedir. Uyumsuz projeler, sahada yanlış imalatların yapılmasına neden olmaktadır.

3.3.2 Uygulama Zorlukları

YBM kullanımının risk yönetiminde faydalı ve gerekli olduğu bilinmekle birlikte sektörde benimsenme ve uygulama zorlukları yer almaktadır. Bu riskler yasal (sözleşmesel) ve teknik olarak iki geniş kategoride değerlendirilebilir [119].

YBM kullanımıyla ilgili ilk yasal-yönetsel risk modelin sahibinin kim olacağı, verilerin mülkiyeti ve bu durumun kanunlarla nasıl korunacağı konusudur. İşveren tasarım için para ödüyorsa modelin sahibi olmak isteyebilir, ancak ekip üyeleri projeye özgü bilgiler üretiyorsa bunun da korunması gerekir ve veri sahipliği sorunu için katılımcıların ihtiyaçlarına özgü bir yanıt gerekmektedir [99]. Bu gibi riskler sözleşme aşamasında önceden belirlenmelidir, yoksa proje sırasında büyük anlaşmazlıklara ve uyuşmazlıklara neden olmaktadır.

Bir mühendislik organizasyonunda YBM'nin benimsenmesi için ana zorluklar şunlardır,

- **Çevresel içerik sorunları:** Müşterilerin bilinç düzeyinin yetersiz olması, YBM hizmetlerinin projelerde talep edilmesi ve endüstri düzeyinde YBM'nin benimsenmesi düzeyi.
- **Organizasyonel zorluklar**: Uygulama maliyetlerinin kapsamı, kuruluş için proje verimliliğinde hızlı bir artış olmaması ile ilişkiliydi. Yeni teknoloji için bir örgütsel ortak politika ve hedefler kümesinin zorlu gelişimi, iş modeli içinde entegrasyon için gerekli değişiklikler, modelleme becerilerinin gelişimi ve personel rollerinin yeniden tanımlanması.
- **Bireysel zorluklar:** Bilinen çalışma yöntemleri ile bireysel rahatlığı aşmak ve değişime yönelik bireysel tahrik
- **İnovasyona özgü zorluklar:** Proje disiplinleri arasındaki birlikte işlerlik zorlukları ve yapı bilgi modellerinin ölçeklenebilirliği ve mevcut sistemlerle uyumluluğu.

Tasarım, yapım, işletme süreçlerinde CAD ile çalışılan döneme göre projenin bütün aşamalarına dahil olması, kaynakların doğru ve kontrollü yönetilmesini sağladığı için yapı bilgi modellemesiyle daha verimli bir proje süreci elde edilmektedir, ancak yapım için altlık olacak projelendirme sürecinde diğer aşamalara göre hala daha fazla zaman ve emek harcanması gerekmektedir.

Maliyet tahmininde YBM'nin kullanılabilmesi için bir dizi kriterin sağlanması gerekmektedir.

İnşaat projeleri çoğunlukla proje yaşam döngüsü (Life cycle management) bakış açısı yerine, ihale-uygulama-imalat sürecinin yönetimi olarak ele alınımaktadır, bu durumun sonucu olarak imalat sonrası aşamalar dikkate alınmamaktadır [12]. Mevcut bakış açısıyla sürdürülebilirlik (6D) ve tesis yönetimi(7D) gereksinimleri ihtiyaç olarak görülmemektedir.

3.4 Türkiye'de ve Diğer Ülkelerde Yapı Bilgi Modellemesinin Kamu ve Özel Sektör Projelerinde Kullanımı

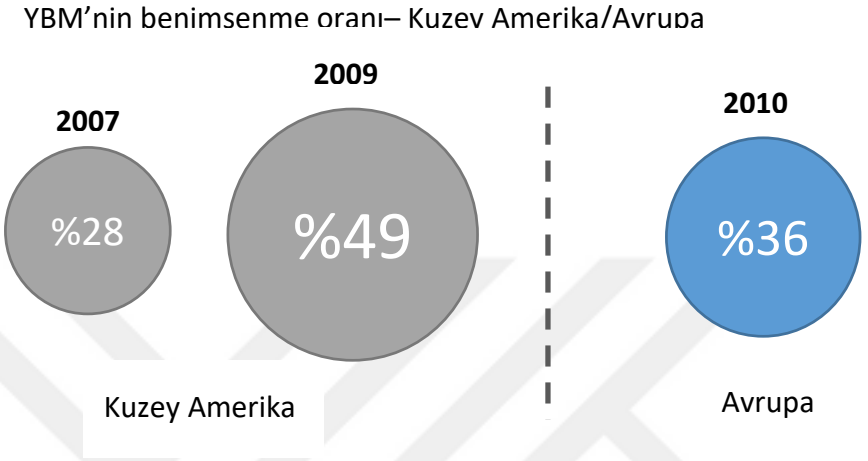
Yapı Bilgi Modellemesi yaygın olarak kullanılmaya başlanılmamasına rağmen bazı devletlerin kamu projelerinde kullanılmasını zorunlu hale getirmesi ve ilerleyen yıllarda avantajları görüldükçe bütün projelerde kullanılacağı düşünülen bir teknolojidir.

YBM'nin dünyadaki gelişimi ülkeler bazında aşağıda özetlenmektedir;

- **Amerika (ABD):** 2007 yılından itibaren bütün kamu projelerinde YBM kullanımı US General Services Administration (GSA) tarafından zorunlu hale getirilmiştir [121].
- **Avustralya:** YBM kullanımı ile ilgili henüz zorunluluk olmamakla birlikte BuildingSmart YBM'nin kullanımı ve geliştirilmesinde öncülük etmektedir [122].
- **Çin:** Yaygın kullanım görülmemektedir. Ülkenin yasalarına göre yapım ve tasarım aşamalarının ayrı tutulması YBM'nin yaygınlaşmasındaki engel olarak görünmektedir. [14]
- **Danimarka, Finlandiya, Norveç:** Bu ülkeler güçlü YBM destekleyicisidir ve bu konuda araştırmalarını devam ettirmektedirler. Finlandiya 1970'li yıllardan beri bilgi teknolojileri ve inşaat sektöründe araştırmalar yapmaktadır [123]. 2007 yılından itibaren kamu projelerinde IFC uyumlu modellerin kullanımı zorunludur ve diğer ülkelere YBM kullanımı konusunda öncülük etmektedir [124].
- **İngiltere:** 2016 yılında bütün kamu projelerinde YBM kullanılmasını zorunlu hale getirecek şekilde 2011 yılında The UK Government Construction Strategy planı oluşturulmuştur [125].

RICS (2014)'e ait raporda YBM'nin dünya çapında adaptasyonuyla ilgili aşağıdaki şekilde belirtilen oranlara ulaşmışlardır [126].

2010 yılında McGraw-Hill tarafından yayınlanan raporda, Batı Avrupa inşaat sektörü katılımcılarının üçte birinden fazlası (% 36), YBM teknolojilerini kullanmaya başladıklarını (Şekil 3.14) bildirmişlerdir [127].



Şekil 3.14 YBM'nin Kuzey Amerika ve Avrupa'da adaptasyon oranı [127]

Şekil 3.14'de Kuzey Avrupa ve Amerika'da YBM'nin 2007-2010 yılları arasındaki benimsenme oranları görülmektedir. Türkiye'de de YBM dönüşümünün yavaş ilerlemesinin nedeni temel YBM kavramları ve avantajları hakkında farkındalığın oldukça az olmasıdır [128].

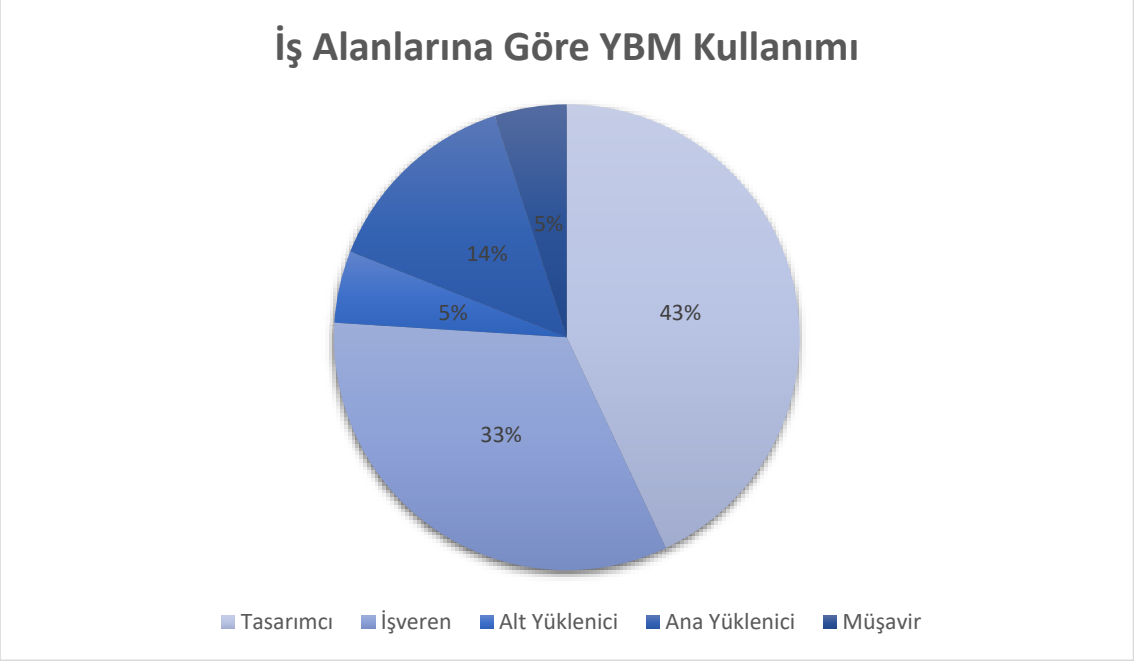
Türkiye'de Özorhon ve Karan tarafından 2016 yılında yapılan anket çalışmasından elde edilen verilere göre YBM kullanımının proje tiplerine göre dağılımı aşağıdaki gibidir [101].

- Altyapı %12,
- Endüstriyel İnşaatlar % 26,
- Kurumsal ve Ticari Binalar %28,
- Konut Binaları %34,

Stanford Üniversitesi Center for Integrated Facilities Engineering (CIFE)'den alınan 2007 yılı verilerine göre Yapı Bilgi Modellemesi kullanan 32 büyük projenin sağladığı rakamsal faydalar aşağıdaki gibidir [3],

- Bütçe dışı değişikliklerin %40'a kadar azaltılması,
- Maliyet tahminindeki sapmanın %3 ile kısıtlı olması,
- Maliye tahmini oluşturmak için harcanan zamanda %80'e varan azalma,
- Çakışma tespitleri sayesinde sözleşmenin %10'una varan tasarruf,
- Proje teslim süresinde %7'ye varan azalma

Türk inşaat sektöründeki YBM uygulamalarını araştırmak amacıyla Özorhon ve Karahan [101], 2016 yılında bir anket çalışması yaparak bazı veriler elde etmiştir. Anket sonuçlarına göre iş alanlarına göre YBM kullanımın aşağıdaki gibidir;



Şekil 3.15 Türkiye'de iş alanlarına göre YBM kullanımı [101]

Ankete katılan firmalardan yapım firması (yüklenici) olarak çalışanlardan %22'sinin YBM kullandığının gözlemlendiği ve bu rakamların düşük görünse bile yüksek bir ivmeyle yayıldığını Özorhon [101] belirtmektedir.

3.5 Yapı Bilgi Modellemesinin Altyapı ve Metro Projelerinde Kullanımı

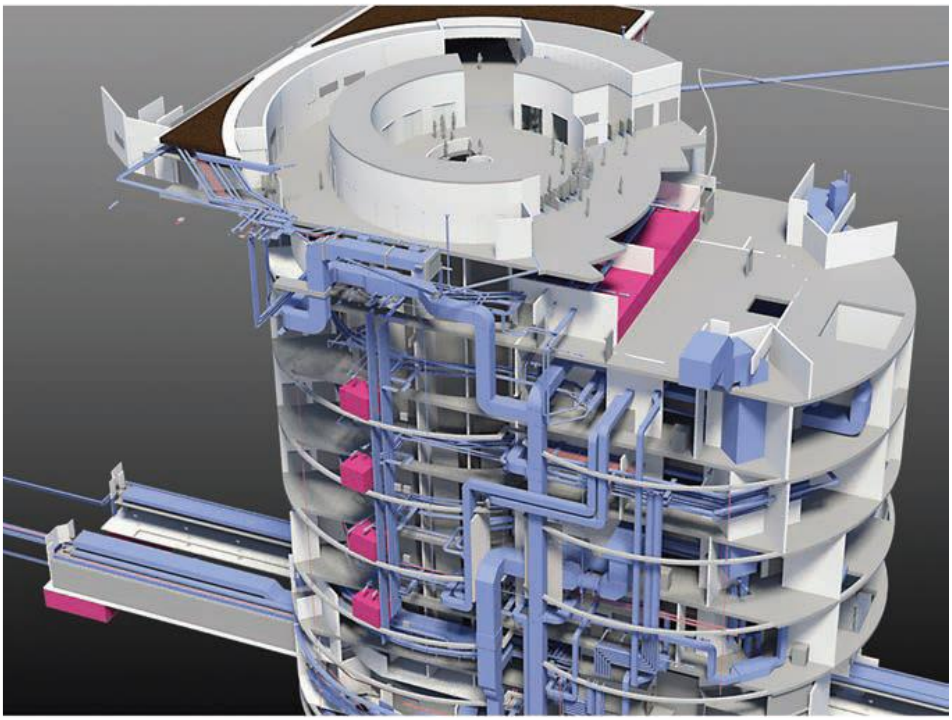
Yapı bilgi modellemesinin kullanımıyla ilgili yasal düzenlemelerin artmasının ardından dünya genelinde YBM kullanımı artışı hızlanmıştır. The Business Value of BIM for Infrastructure 2017 verilerine göre 2017-2019 arasındaki YBM kullanımı verisi %17'den %32'ye çıkmıştır [15].

Dodge Data & Analytics'in (DD&A) [15] 2017'de gerçekleştirdiği, altyapı projelerinde YBM kullanımının tespit edilmesi amacıyla, 10 Ekim 2016 ile 3 Şubat 2017 arasındaki verilerin dikkate alınarak katılımcıların çalıştıkları projelerdeki YBM kullanımının altyapı proje türleri arasında kullanımına ait oransal dağılım aşağıdaki gibidir;

- Yol yapımı - % 66
- Köprü - % 52
- Raylı sistem ve diğer toplu taşıma sistemleri - % 46
- Havacılık - % 33
- Tünel yapımı - % 33
- Diğer ulaşım altyapıları - % 17

Almanya'da, Federal Ulaştırma ve Dijital Altyapı Bakanlığı, YBM'nin potansiyelini test etmek için 2020 yılına kadar tüm yeni projelerde kullanmak amacıyla bir dizi pilot proje başlatmıştır. Deutsche Bahn'in YBM'yi kullanan ilk büyük projesi, Karlsruhe, Almanya'dan Basel, İsviçre'ye kadar 180 kilometrelik bir demiryolu hattının yenilenmesidir [15].

Fransa'da YBM, Grand Paris Express (GPE) projesinin bölümlerinde kullanılmaktadır, proje, 200 km'lik hat uzunluğu ve 68 tane istasyondan oluşmaktadır [15].



Şekil 3.16 GPE projesinin istasyonlarından birisi [15]

Türkiye'de raylı sistemler ve YBM kullanımı, 2015 yılında yapımı başlamış olan Kabataş – Mecidiyeköy – Mahmutbey Metro Hattı'nın şartnamesinde ilk kez YBM kullanımının tanımlanmasıyla başlamış ve metro projeleri ile diğer altyapı projelerine öncülük etmiştir. Sonrasında ihale edilen bütün metro projelerinde İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Yapı Bilgi Modellemesi kullanımını zorunlu kılmıştır. Türkiye'de yapımı devam eden YBM kullanımının sözleşmeyle zorunlu kılındığı yapımı devam eden metro projeleri ve YBM kullanım alanları aşağıdaki gibidir,

Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey Metro Projesi

- Türkiye'de YBM kullanımının zorunlu tutulduğu ilk metro projesidir.
- 2015 yılında yapımına başlanmıştır [101].
- Yaklaşık maliyeti 370 milyon euro olarak belirlenmiştir [101].
- 3D ve 4D aşamaları aktif olarak kullanılmaktadır, 5D çalışması için de altyapı hazırlanmaktadır.

Ataköy-İkitelli Metro Projesi

- 2016 yılında yapımına başlanmıştır, proje süresi 3 yıl olarak belirlenmiştir.
- Yaklaşık maliyeti 340 milyon euro olarak belirlenmiştir [101].
- 3D ve 4D aşamaları kullanılmaktadır.

Bostancı-Dudullu Metro Projesi

- 2016 yılında yapımına başlanmıştır, proje süresi 3 yıl olarak belirlenmiştir.
- Yaklaşık maliyeti 560 milyon euro olarak belirlenmiştir [101].
- 3D ve 4D aşamaları kullanılmaktadır.

Ayrıca Çekmeköy-Sultanbeyli-Sancaktepe, Göztepe-Ümraniye, Gayrettepe-Havalimanı Metro Projesi vb. diğer metro hatlarının da yapım süreçleri yeni başlamıştır.

BÖLÜM 4

YBM'NİN TÜRKİYE'DEKİ METRO PROJELERİNDE KULLANIMINA YÖNELİK ALAN ÇALIŞMASI

4.1 Alan Çalışmasının Amacı

Bu bölümde, bu araştırmanın, İstanbul'daki metro projelerindeki kullanımı incelenecektir. Uygulaması yapılmış veya devam eden metro projelerinde çalışan uzman görüşlerinin literatürle bütünleştirilerek pratikteki uygulamaların nasıl olduğunun tespit edilmesi ve diğer çalışmalara örnek teşkil etmesi amaçlanmaktadır.

Metro projelerinin yapımıyla ilgili ülkemizde artan bir ivme gözlemlenmektedir ve artan nüfusla birlikte önümüzdeki süreçte de devam edileceği öngörülmektedir. Metro projelerinin yapım riskleri literatür taramasıyla elde edilmiştir. Yöntem kısmında açıklandığı üzere elde edilen kaynakların hepsi yabancı kaynaklıdır. Böylelikle yabancı kaynaklardan elde edilen veriler doğrultusunda, yurtdışında yapımı tamamlanmış veya devam eden metro projelerindeki sistem ve ülkemizdeki sistemin farklılıklarının bu tez çalışmasında ortaya çıkarılmasıyla birlikte bu risklerin yönetimine katkıda bulunmasını hedeflenmektedir.

Yapı bilgi modellemesinin metro projelerinde kullanımıyla birlikte yapım aşamasındaki risklerin yönetiminde pozitif katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Devam eden çalışmalar da bunu destekler niteliktedir. Teorik olarak elde edilen bilgilerin uygulama zorlukları tespit edildiğinde yapım projelerine entegrasyonu daha kolay sağlanacaktır.

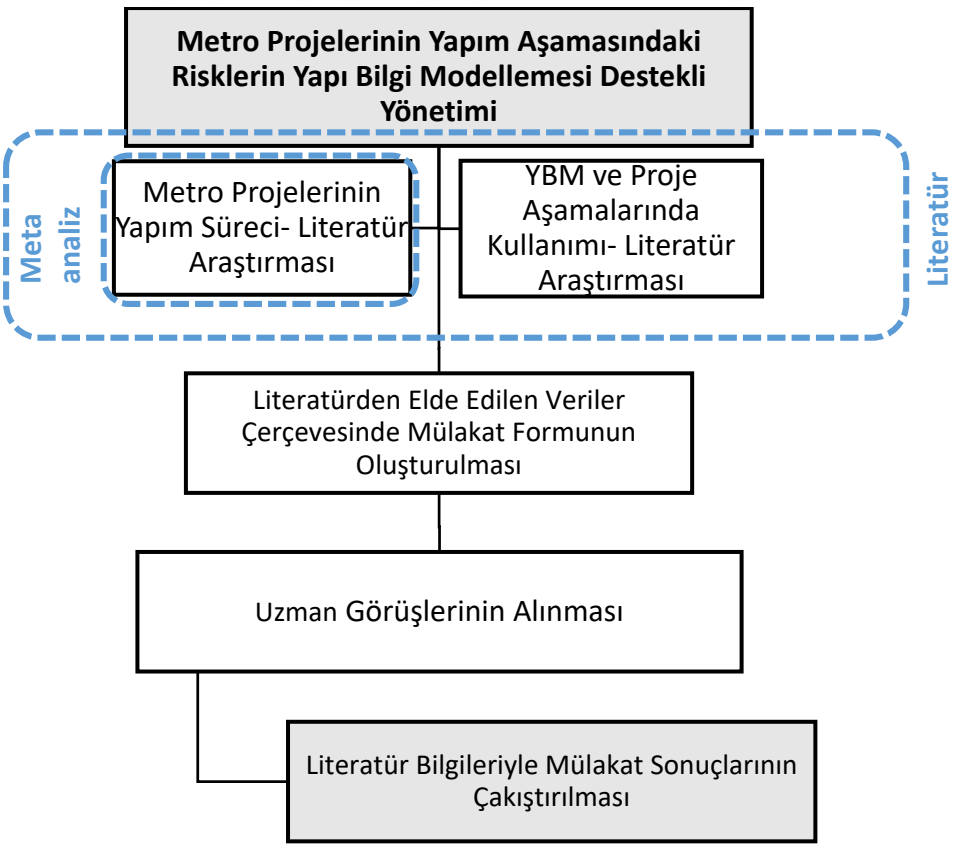
4.2 Alan Çalışmasının Yöntemi

Alan çalışması yapılırken risklerin tespit edilebilmesi için öncelikli olarak literatür taraması yapılmıştır. Metro projelerinin yapım süreçleri ve yapı bilgi modellemesi olarak iki ana kategoride gruplandırılmıştır. Literatür taramasından elde edilen başlıklar ve geçmiş çalışmalar dikkate alınarak yapılandırılmış olan bir yüzyüze görüşme mülakat formu hazırlanmıştır. Metro projelerinin yapımı konusunda hizmet veren firma sayısının kısıtlı olması nedeniyle anket yerine yüzyüze görüşme formu tercih edilmiştir. Mülakat görüşmeleri her katılımcıyla 20-45 dakika arasında değişen sürede gerçekleştirilmiştir.

Mülakat soruları, çalışmanın ilgi alanı ve tezin değindiği kapsamlara göre yapılandırılmış olup çalışmanın hedeflerine göre literatür taramasıyla aynı doğrultuda olacak şekilde iki alt kategoride gruplandırılmıştır. İlki metro projelerinin diğer projelere göre başkalaşan özellikleri, yapım zorlukları ve risklerinin tespit edilmesine yönelik, ikincisi de metro projelerinde YBM'ye geçiş süreci ve geleneksel yöntemlere kıyasla hangi risklerin azaltılabileceği ve yapım sürecine olan katkılarının tespit edilmesi şeklindedir.

Alan çalışmasının yöntemi aşağıdaki çizelgede (Çizelge 4.1) belirtilmektedir.

Çizelge 4.1 Alan çalışmasının yöntem adımları



Katılımcılar tespit edilirken güvenilir verilerin elde edilebilmesi için metro yapım projesinde üst düzey yönetici pozisyonlarında çalışmış kişiler tercih edilmiştir. Tez için veri sağlayan katılımcıların sektördeki deneyimi 15 yıl ve üzerindedir.

Katılımcılar K'x' şeklinde kodlanmış olup, verilen bulguların sınıflandırması yapılırken aşağıda mülakata katılım sağlayan profesyonellerle ilgili özelliklere yer verilmiştir.

Çizelge 4.2 Mülakat katılımcılarına ait veriler

K1
Firma: Doğuş İnşaat ve Ticaret A.Ş.
Proje Adı: Üsküdar – Ümraniye – Çekmeköy Metrosu
Görev ve Mesleği: Proje Müdür Yardımcısı- Tasarım Şefi – Geoteknik İnşaat Mühendisi
K2
Firma: Doğuş İnşaat ve Ticaret A.Ş.
Proje Adı: Üsküdar – Ümraniye – Çekmeköy Metrosu
Görev ve Mesleği: Proje Müdür Yardımcısı- Tasarım Şefi – Elektrik Mühendisi
K3
Firma: Doğuş İnşaat ve Ticaret A.Ş.
Proje Adı: Üsküdar – Ümraniye – Çekmeköy Metrosu
Görev ve Mesleği: Proje Müdür Yardımcısı- Tasarım Şefi – Yüksek İnşaat Mühendisi

Çizelge 4.2 Mülakat katılımcılarına ait veriler (Devamı)

K4

Firma: Alarko Holding

Proje Adı: Kabataş – Mecidiyeköy - Mahmutbey Metrosu

Görev ve Mesleği: Proje Müdür Yardımcısı- İnşaat Mühendisi

K5

Firma: İstanbul Büyükşehir Belediyesi

Proje Adı: Kabataş – Mecidiyeköy - Mahmutbey Metrosu

Görev ve Mesleği: Proje Kontrol Amiri- Mimar

K6

Firma: Metro İstanbul

Proje Adı: Ataköy – İkitelli Metrosu

Görev ve Mesleği: Proje Kontrol Şefi - Mimar

K7

Firma: TÜMAŞ (Türk Mühendislik Müşavirlik ve Müteahhitlik A.Ş.)

Proje Adı: Gebze – Darıca Metrosu

Görev ve Mesleği: Proje Müdürü – İnşaat Mühendisi

K8

Firma: TÜMAŞ (Türk Mühendislik Müşavirlik ve Müteahhitlik A.Ş.)

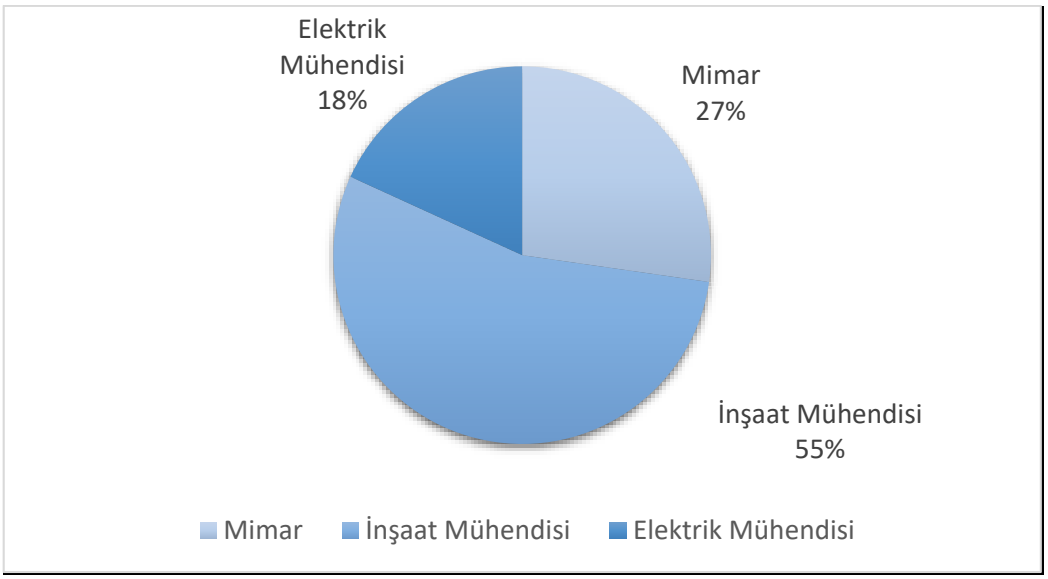
Proje Adı: Gebze – Darıca Metrosu

Görev ve Mesleği: Yapım Kontrol Amiri – İnşaat Mühendisi

Çizelge 4.2 Mülakat katılımcılarına ait veriler (Devamı)

K9
Firma: TÜMAŞ (Türk Mühendislik Müşavirlik ve Müteahhitlik A.Ş.)
Proje Adı: Gebze – Darıca Metrosu
Görev ve Mesleği: E&M Kontrol Amiri – Elektrik Mühendisi
K10
Firma: Altınok Müşavirlik
Proje Adı: Gayrettepe- 3. Havalimanı Metrosu
Görev ve Mesleği: Şirket Sahibi / Yönetim Kurulu Başkanı – İnşaat Mühendisi
K11
Firma: Emay Uluslararası Mühendislik ve Müşavirlik Firması
Proje Adı: Kabataş – Mecidiyeköy – Mahmutbey Metrosu
Görev ve Mesleği: İnce İşler Şefi – Mimar

Çalışma için veri sağlayan katılımcıların mesleki dağılımlarının oranı aşağıda (Şekil 4.1) belirtilmiştir.



Şekil 4.1 Katılımcıların mesleki dağılımı

Yapılan alan çalışması sırasında yedi farklı kuruluşla görüşülmüştür, yedi kuruluşun beş tanesi yapım ve müşavirlik hizmeti veren özel firma, bir tanesi işletmeci kuruluş olan Metro İstanbul, biri de işveren olarak hizmet sağlayan İstanbul Büyükşehir Belediyesi'dir.

4.3 Araştırma Bulguları

Araştırma sonucu elde edilen veriler ve değerlendirmeleri bu başlık altında yer almaktadır. Katılımcılara yöneltilen mülakat sorularının şablon çizelgesi EK-A'de yer almaktadır. Verilen cevaplar, yukarıda belirtilen kişi kodlamasına göre aşağıda belirtilmiş olup, çizelgeler halinde de araştırma bulgularının değerlendirmesi yapılmıştır. İlk 3 soru metro projelerinin diğer yapım projelerine göre farklılaşan niteliklerinin tespit edilmesi, diğer 5 soru da yapı bilgi modellemesi kavramı, geçiş zorlukları ve benimsenme oranlarının tespit edilmesi amacıyla oluşturulmuş olup bu başlıklara göre değerlendirme yapılmıştır.

Metro projelerinin nitelikleri, yapım zorlukları ve risklerinin tespit edilmesi;

1. Metro projelerinin yapım sürecini diğer inşaat projelerinden belirgin olarak ayıran riskleri belirlenmesi;

- Yasal yönetsel riskler (*K2, K3, K5, K7, K11)*
- **Ekonomik ve finansal riskler (*K1, K2, K4, K6, K7, K10, K11)***
- Kültürel riskler (*K5, K9)*
- **Tasarım riskleri (*K1, K2, K3, K6, K9, K10)***
- **İnşaat sahası riskleri (*K1, K2, K4, K6, K8, K9, K10)***
- Şantiye riskleri (*K2, K3, K4, K6)*
- Çevresel riskler (*K2, K6, K8, K9, K10)*
- Taşeron ve tedarikçi riskleri (*K2, K11)*
- Sözleşme riskleri (*K1, K3, K7, K11)*
- Diğer

K3: *'Tasarım riski çok önemli çünkü çoğu riski kendi yapım kadromuzda deneyimli personel ile çözebiliyoruz. Sözleşmeyle ilgili sıkıntı olduğunda fiyat verirken dikkate alıyoruz. Hiçbir sistem bütünleşik çalışmıyor, bu sebepten dolayı organizasyon riskleri yapım sırasında daha çok risk unsuru oluşturuyor.'*

K4: *'İnşaat sahası riskleri ve ödemelerdeki aksamalar yapımı ciddi olarak etkilemektedir. Bazı riskler büyük gerçekten ancak deneyimli bir ekibimiz olduğu için bunları yönetebiliyoruz. Avrupa yakasında deprem bölgesi olması da tasarımlarımızı etkiledi.'*

K10: *'Tasarım riski yapım için çok önemli bir risk kaynağı, iki nokta arasında bir doğru var ancak sonsuz tane eğri var. Tasarıma yeterli önemin verilmeyişi ve dinamiklerinin yönetilmemesi de yapımda ciddi sorunlar yaşanmasına neden oluyor. Yöneticilerin ve devletin de tasarımdaki sorunları önemsemesi ve buna kıymet vermesi önemli. İşin yapıldığı yer de kendi içinde önemli bir risk kaynağı oluşturuyor.'*

2. Yapımı devam eden ya da tamamlanmış metro projelerinde risk analizi tekniklerinin kullanımı;

K1: *'Risk analizleri yapıldı ancak bunlar gerçekçi teknikler olarak kullanılmıyor. Çoğu prosedürde olduğu için yapılıyor. Sistematik bir yaklaşım olduğunu söyleyemeyiz.'*

K3: '*Risk matrisi yapıldı, onun dışında istasyon kazısı, altyapı deplasesi gibi konularda kısmi olarak kendi içimizde risk değerlendirmesinde bulunduk.'*

K4: *'ISO kalite sistemlerine uygun olarak risk analizleri yapıldı, yapım bazlı bölgesel analizer yaptığımız da oldu.'*

K9: *'İSG yönetmelikleri dikkate alınarak yapıldı, teknik olarak somut bir veri elde edilmedi.'*

K10: *'Risk yönetimi yapıldığı oluyor ancak sayısal analitik yöntemlerin kullanıldığını söylemek mümkün değil. Etkin olmayan, deneyime bağlı yöntemler daha yaygın kullanılıyor'*

3. Projenin yapımında karşılaşılan büyük zorluklar nelerdir? Aşağıdaki seçeneklerde tespit edilen risk unsurları belirtilmiştir (Birden fazla seçenek seçebilirsiniz).

- **Atık su, içme suyu, elektrik gibi kent altyapılarının sistematik olarak arşivlenmemesi ve altyapılardaki değişikliklerin güncellenmemesi, (*K3, K4, K5, K7, K8, K9, K10, K11)***
- Çok sayıda altyükleniciyle eş zamanlı çalışmanın gerekliliği, (*K4, K9, K11)*
- Karar verici olarak çalışan kişilerin metronun karmaşık yapısını kavrayamaması ve teknik konulara müdahale etmesi, (*K1, K3, K4, K5, K6, K11)*

- Yüklenici tarafından yapımı üstlenilen tasarımlarda yapılan zorunlu değişiklikler, (*K1, K3, K4, K6, K9, K11)*
- **Projenin ihale metodunun, yapım türüne uyarlı olmaması, (*K1, K2, K3, K5, K7, K9, K10, K11)***
- Sözleşmelerin uygulamada zorluklara neden olacak ve belirsiz maddelere sahip olması, (*K1, K3, K6, K7)*
- **Kamulaştırmadaki gecikmelerin projenin farklı aşamalarında oluşturduğu sorunlar, (*K1, K2, K3, K5, K6, K8, K9, K11)***
- Geoteknik olarak (zeminden kaynaklı) yetersiz bilgilerin yapımı geciktirmesi, *(K1, K5, K6, K9, K10, K11)*
- Tünel yapımındaki zorluklar, *(K1, K2, K3, K7, K10)*
- Siyasi baskılardan dolayı işin süresine müdahale edilmesi, *(K5, K7, K10, K11)*
- Ödemedeki gecikmeler, *(K2, K3, K11)*
- Yapım aşamasında işin kapsamındaki değişiklikler, *(K1, K2, K4, K6, K9)*
- Sıkışık alanlarda şantiye kurulması ve çalışmak durumunda kalınması, *(K3, K4, K7, K8)*
- Tarihi ve yapılaşmış yerlerde inşaat zorluğu ve başka kurumlara bağlı onay sürelerinin uzaması, *(K1, K3, K5, K6)*
- İnşaat planlaması aşamasındaki belirsizlikler, *(K4, K7, K8)*
- Ana ekipmanlardaki beklenmedik arızalar ve diğer öngörülemeyen koşullar *(K2, K3, K7)*
- Diğer K2: *'Elektromekanik sistemdeki arayüzler'*

K3:*'Karar verici olarak çalışan kişilerin yanlış kararlar vermesi süreci ciddi olarak etkilemektedir. Kamulaştırmadaki gecikmeler yüzünden mevcut tasarımlar uygulanamaz duruma gelmektedir, bu da süreye ve maliyete yansımaktadır. Tünel yapımı başlı başına zor bir iş ancak deneyimli kişiler sayesinde bu yönetilebilir bir durum ve bizim projelerimizde yönetiliyor. Geoteknik projeler de aynı şekilde, belirsizlikten dolayı olduğundan tedbirli de yapamazsın, maliyeti etkiler. İstanbul tarihi olarak arkeolojik bulguların fazla olduğu bir inşaat sahası bu durum inşaat süresini etkiliyor, Taksim-Yenikapı hattında sadece arkeolojik kazılardan dolayı 4-5 sene işin süresi uzadı.'*

K4: *Çok sayıda altyükleniciyle çalışmak zor, geoteknik belirsizlikler ve tünel yapım zorlukları da aynı şekilde zor imalatlar ancak bizim ekibimiz çok iyiydi. Ekibin deneyimli ve firma tecrübesi sayesinde bunları yönetebildik. Arkeolojik kazılar dolayısıyla Beşiktaş İstasyonu'nda işler çok aksadı, buna göre önlemler aldık ama süreyi yine de etkiledi çünkü bölgenin getirdiği zorluk bu. Geoteknik olarak da zorluk yaşayabileyeceğimiz alanlarda maliyeti üstlenerek de ilave sondajlar yaptırdık.*

K5: *Proje müdürü teknik konuları takip etmiyor ve teknik konulardan anlamıyor oluyor. Teknik konuları takip edecek proje müdürünün olmaması metro projelerinde büyük bir risk kaynağı.*

K9: *'Çalıştığımız projede doğalgaz hattına zarar verildi, elektrik ve telekom altyapısının zarar gördüğü de olmuştu, çünkü değişiklikler aktarılmıyor araştırma kazılarında tespit edebiliyoruz. Sıkışık alanlarda çok sayıda disiplinle çalışmak zorundayız. İhale metodunun da geliştirilmesi gerektiğini düşünüyorum, bu yöntemler yetersiz kalıyor'*

Metro projelerinde Yapı Bilgi Modellemesi (YBM/BIM) kullanımına geçiş, geçişteki zorluklar ve yapım sürecine katkılarının tespit edilmesi;

4. Yeni yapılacak metro hattı/hatları için 'Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)' ni faydalı bulunması;

Mülakata katılım sağlayan bütün profesyoneller yeni yapılacak metro hatlarında Yapı Bilgi Modellemesi kullanımını faydalı ve gerekli bulmaktadırlar. Katılımcılar genel olarak bu sisteme çok yabancı olan teknik insan ve yönetici olduğunu bunun engel olduğunu düşünmektedirler.

5. Yapı Bilgi Modellemesi kullanımı ile metro projesinin yapımındaki zorlukların hangilerinin yönetilebileceği;

- Atık su, içme suyu, elektrik gibi kent altyapılarının sistematik olarak arşivlenmemesi ve altyapılardaki değişikliklerin güncellenmemesi, *(K3, K4, K5, K7, K9)*
- Çok sayıda altyükleniciyle eş zamanlı çalışmanın gerekliliği, *(K3, K4, K5, K7, K9, K11)*
- **Karar verici olarak çalışan kişilerin metronun karmaşık yapısını kavrayamaması ve teknik konulara müdahale etmesi, *(K3, K4, K5, K6, K7, K10, K11)***

- Yüklenici tarafından yapımı üstlenilen tasarımlarda yapılan zorunlu değişiklikler, *(K1, K3, K4, K8, K9)*
- Projenin ihale metodunun, yapım türüne uyarlı olmaması, (K2)
- Sözleşmelerin uygulamada zorluklara neden olacak ve belirsiz maddelere sahip olması, *(K6)*
- Kamulaştırmadaki gecikmelerin projenin farklı aşamalarında oluşturduğu sorunlar, *(K6)*
- Geoteknik olarak (zeminden kaynaklı) yetersiz bilgilerin yapımı geciktirmesi, *(K11)*
- Tünel yapımındaki zorluklar, *(K2)*
- Siyasi baskılardan dolayı işin süresine müdahale edilmesi,
- Ödemedeki gecikmeler,
- **Yapım aşamasında işin kapsamındaki değişiklikler, *(K1, K2, K4, K5, K8, K9, K10, K11)***
- Sıkışık alanlarda şantiye kurulması ve çalışmak durumunda kalınması, *(K1, K4, K7)*
- Tarihi ve yapılaşmış yerlerde inşaat zorluğu ve başka kurumlara bağlı onay sürelerinin uzaması,
- İnşaat planlaması aşamasındaki belirsizlikler, *(K1, K4)*
- Ana ekipmanlardaki beklenmedik arızalar ve diğer öngörülemeyen koşullar
- Diğer

K3: *'Süreyi doğrudan etkileyen riskler doğrudan yapı bilgi modelleme destekli yönetilemese de proje müdürlerinin iş programlarına ve maliyetlerine olan etkisini doğrudan görmesi için faydalı olacaktır'*

K4: *Yapım aşamasında çok fazla değişken işin içine giriyor, bunlar yapı bilgi modeli sayesinde tek bir çatı altında toplanarak riskin yönetilmesi sağlanabilir. Projenin yapıma altlık olacak projelerinin de hatalı ya da eksik olması süreci çok aksatıyor, onun için doğrudan etkili olmayan risk kaynaklarında bile dolaylı etkisi olacağını düşünüyorum.'*

K6: *'Belirsiz durumlara göre yapı bilgi modellemesi kullanılarak tetkik yapılabilir.'*

K10: *'Asbuilt çizimlerde faydalı olacaktır. Genel beklenti, mimari ve mühendisliğin zaman-maliyet açısından değerlendirilmesi.'*

6. Türkiye'de Yapı Bilgi Modellemesinin yaygınlaşması için aşağıdaki proje paydaşlarından hangilerinin öncülük etmesinin gerekliliği;

- **Yerel Otoriteler *(K1, K2, K3, K4, K6, K9, K10, K11)***
- **İşverenler *(K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7, K8, K9, K11)***
- Yüklenici / Alt Yüklenici Firmalar *(K2, K4, K5, K6, K7, K9, K11)*
- Tasarımcılar *(K1, K2, K3, K4, K5, K11)*
- Danışmanlık ve Kontrollük Firmaları *(K2, K3, K4, K7, K8)*
- Tedarikçiler, Malzeme / Eleman / Bileşen Üreten ve Pazarlayan Kuruluşlar
- Eğitim Kurumları *(K8, K9)*
- Araştırma Kuruluşları
- Enformasyon Sağlayıcılar *(K9)*
- Girişimciler *(K9)*
- Diğer

K4: *'Yeni teknoloji geliştiren katılımcılar da süreçteki aksaklıkları görüp bunları çözme yolunda öncülük edebilirler.'*

K9: *'İşin başındaki kişiden başlayarak bütün katılımcılar YBM'nin yaygınlaşmasına öncülük etmelidir. Tasarımcıların rolü büyük olduğu için onların da bu dönüşüme uyum sağlaması gerekiyor, eğitim kurumları da her seviyedeki kullanıcıya uygun eğitimin sağlanması için rol oynamalıdır.'*

K10: *'Devlet, dünyanın her yerinde bu tarz yeni yöntemlere öncülük ediyor onun için bizim ülkemizde de bu şekilde olması gerekiyor.'*

K11: *'Projelerde ihale sürecinden imalata kadar aynı prensiplerin benimsenmesi gerekir onun için herkesin bu konuda öncülük etmesi ve yeni metodu benimsemesi gerekmektedir.'*

7. Türkiye'de Yapı Bilgi Modellemesi'nin yaygınlaşmasındaki engeller;

- **Geleneksel yöntemlerle projelerin ihale edilmeye devam edilmesi ve sözleşmelerde YBM'nin zorunlu tutulmaması *(K1, K2, K3, K4, K7, K8, K9, K11)***
- **YBM kullanımıyla ilgili faydaların proje paydaşları tarafından bilinmemesi *(K1, K2, K3, K5, K8, K9, K11)***

- **Deneyimli tasarım personeli eksikliği *(K1, K2, K4, K5, K6, K7, K9, K10, K11)***
- Deneyimli uygulayıcı personel eksikliği *(K2, K5, K9, K11)*
- **Deneyimli karar verici (onay veren) personel eksikliği *(K1, K2, K5, K6, K7, K9, K10, K11)***
- YBM ile çalışacak yetkinlikte alt yüklenici bulma zorluğu *(K5, K11)*
- YBM'ye geçiş için geçiş altyapısının oluşturulması için harcanması gereken zaman *(K1, K2, K3, K4, K5, K6, K11)*
- **YBM'ye geçiş altyapısının oluşturulması için harcanması gereken maliyet *(K1, K2, K3, K5, K7, K8, K9, K10, K11)***
- Diğer

K4: *'Deneyimli personellerin eksikliği de bu konuda önemli ancak süreci doğrudan etkilediğini düşünmüyorum çözülmesi gereken öncelikli engeller var bunlar ikinci sırada geliyor.'*

K5: *'Deneyimli karar verici kişiler bu konuda öncülük etmelidir, yetkili olup süreci takip etmeleri gerekmektedir.'*

8. Türkiye'de Yapı Bilgi Modellemesi'nin yaygınlaşması için yapılabilecekler;

- **Sözleşmelerde YBM kullanımının zorunlu tutulması *(K1, K2, K3, K4, K5, K7, K8, K9, K11)***
- **YBM kullanımının projeye olumlu katkılarıyla ilgili piyasada yer alan proje paydaşlarının haberdar edilmesi *(K1, K2, K3, K4, K7, K8, K9, K10, K11)***
- Eğitim kurumlarında YBM'ye yönelik zorunlu derslerin müfredata eklenmesi *(K2, K3, K6, K8, K9, K10, K11)*
- Piyasada bu konuda çalışan personellerin gelişmesine yönelik eğitim ve seminerlerin yapılması *(K1, K2, K3, K4, K6, K7, K11)*
- Projede danışman hizmetinin alınması K2, K4, K6, K11
- YBM'ye geçişte devlet tarafından teşvik sağlanması K2, K5, K9, K11
- Diğer

K5: *'Zorunlu olmadıktan sonra bu konuların işleyişi geleneksel yöntemlerle yürütülüyor.'*
K4: *'Devlet tarafından teşvik sağlansa bile duruma çözüm olmayabilir, maliyetin geçiş için engel olduğunu düşünen gruplar için faydalı olabilir.'*

K10: *'Doğayı tersine akıtamazsınız, bu dönüşüm öyle ya da böyle gerçekleşecek. Engeller geçiş süresini etkiliyor ancak belirli bir zamandan sonra başka seçenek olmayacak.'*

Yukarıda verilen cevapların sistematik değerlendirmeleri aşağıdaki çizelgelelerde yer almaktadır.

Çizelge 4.3 Yapım risklerinin metro projeleri için uzman cevaplarına göre değerlendirmesi

Yapım riskleri	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	TOP
Yasal yönetsel riskler		●	●		●		●				●	5
Ekonomik ve finansal riskler	●	●		●		●	●			●	●	7
Kültürel riskler					●				●			2
Tasarım riskleri	●	●	●			●			●	●		6
İnşaat sahası riskleri	●	●		●		●		●	●	●		7
Şantiye riskleri		●	●	●		●		●				5
Çevresel riskler		●				●		●	●	●		5
Taşeron ve tedarikçi riskleri		●									●	2
Sözleşmesel riskler	●		●				●				●	4

Mülakata katılan uzmanların yapım risklerinden hangilerininin metro projelerinde daha ön plana çıktığı sorusuna verilen cevaplar Çizelge 4.3'te belirtilmiştir. Katılımcıların yanıtlarına göre ekonomik ve finansal riskler, tasarım riskleri ve inşaat sahası riskleri metro projelerinde diğer risk gruplarına göre ön plana çıkmaktadır.

Çizelge 4.4 Metro projelerindeki risklerin uzman cevaplarına göre değerlendirmesi

Riskin tanımı	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	TOP
Atık su, içme suyu, elektrik gibi kent altyapılarının sistematik olarak arşivlenmemesi ve altyapılardaki değişikliklerin güncellenmemesi			●	●	●		●	●	●	●	●	8
Çok sayıda altyükleniciyle eş zamanlı çalışmanın gerekliliği				●					●		●	3
Karar verici olarak çalışan kişilerin metronun karmaşık yapısını kavrayamaması ve teknik konulara müdahale etmesi	●		●	●	●	●					●	6
Yüklenici tarafından yapımı üstlenilen tasarımlarda yapılan zorunlu değişiklikler	●		●	●		●			●		●	6
Projenin ihale metodunun, yapım türüne uyarlı olmaması	●	●	●		●		●		●	●	●	8
Sözleşmelerin uygulamada zorluklara neden olacak ve belirsiz maddelere sahip olması	●		●			●	●					4
Kamulaştırmadaki gecikmelerin projenin farklı aşamalarında oluşturduğu sorunlar	●	●	●		●	●		●	●		●	8
Geoteknik olarak (zeminden kaynaklı) yetersiz bilgilerin ya da öngörülemeyen koşulların yapımı geciktirmesi	●				●	●			●	●	●	6
Tünel yapımındaki zorluklar	●	●	●				●			●		5
Siyasi baskılardan dolayı işin süresine müdahale edilmesi					●		●			●	●	4
Ödemedeki gecikmeler		●	●								●	3
Yapım aşamasında işin kapsamındaki değişiklikler	●	●		●		●			●			5
Sıkışık alanlarda şantiye kurulması ve çalışmak durumunda kalınması			●	●			●	●				4
Tarihi ve yapılaşmış yerlerde inşaat zorluğu ve başka kurumlara bağlı onay sürelerinin uzaması				●			●	●				3
İnşaat planlama aşamasındaki belirsizlikler				●			●	●				3
Ana ekipmanlardaki beklenmedik arızalar ve diğer öngörülemeyen koşullar		●	●				●					3

Mülakata katılan uzmanların metro projelerindeki risklerin hangisini daha önemli değerlendirdikleri sorusuna verilen cevaplar Çizelge 4.4'de belirtilmiştir. Katılımcıların cevaplarına göre Türkiye'deki metro projelerinin yapımında altyapıların sistematik olarak arşivlenmemesi ve değişikliklerin güncellenmemesi, kamulaştırmanın proje aşamalarında yaratttığı sorunlar ve gecikmeler, ihale metodunun metro yapımına uygun olmaması riskleri esas risk kaynakları olarak ortaya çıkmıştır. Yapım sürecinin daha sistematik olarak götürüldüğü ülkelerde, sistemde yaşanan aksaklık büyük risk kaynağı olmakta ve proje yöneticilerini zor duruma düşürebilmekteyken ülkemizde bunlar yönetilebilir olarak değerlendirilmektedir. Yapım zorlukları deneyimli kişilerle yönetilmekte ve proje süreci kişileri üzerinden götürülmektedir.

Çizelge 4.5 YBM'nin yaygınlaşması için proje paydaşlarından hangilerinin öncülük etmesinin gerekliliğinin uzman cevaplarına göre değerlendirmesi

Proje paydaşları	**K1**	**K2**	**K3**	**K4**	**K5**	**K6**	**K7**	**K8**	**K9**	**K10**	**K11**	**TOP**
Yerel Otoriteler	●	●	●	●		●			●	●	●	**8**
İşverenler	●	●	●	●	●	●	●	●	●		●	**10**
Yüklenici / Alt Yüklenici Firmalar		●		●		●	●		●		●	**6**
Tasarımcılar	●	●	●	●	●						●	**5**
Tedarikçiler, Malzeme / Eleman / Bileşen Üreten ve Pazarlayan Kuruluşlar												**0**
Eğitim Kurumları								●	●			**2**
Araştırma Kuruluşları												**0**
Enformasyon Sağlayıcılar									●			**1**

Katılımcıların yanıtlarına göre yapı bilgi modellemesi kullanımında öncülük etmesi gereken proje paydaşları yerel otoriteler ve işverenlerdir. Bu konuda bir zorunluluk olmadığı sürece YBM'nin benimsenme hızının düşük olacağı görüşü vardır.

Çizelge 4.6 YBM'nin yaygınlaşmama nedenlerinin uzman cevaplarına göre değerlendirmesi

YBM'nin yaygınlaşmama nedenleri	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	TOP
Geleneksel yöntemlerle projelerin ihale edilmeye devam edilmesi ve sözleşmelerde YBM'nin zorunlu tutulmaması	●	●	●	●			●	●	●		●	8
YBM kullanımıyla ilgili faydaların proje paydaşları tarafından bilinmemesi	●	●	●		●			●	●		●	7
Deneyimli tasarım personeli eksikliği	●	●		●	●	●	●		●	●	●	9
Deneyimli uygulayıcı personel eksikliği		●			●			●			●	4
Deneyimli karar verici (onay veren) personel eksikliği	●	●			●	●	●			●	●	7
YBM ile çalışacak yetkinlikte alt yüklenici bulma zorluğu					●						●	2
YBM'ye geçiş için geçiş altyapısının oluşturulması için harcanması gereken zaman	●	●	●	●	●	●					●	7
YBM'ye geçiş altyapısının oluşturulması için harcanması gereken maliyet	●	●	●		●		●	●	●	●	●	8

Katılımcıların verdikleri yanıtlar değerlendirildiğinde sözleşmelerde YBM kullanımının zorunlu tutulmaması, deneyimli karar vericilerin eksikliği ve geçiş altyapısı için gereken maliyet YBM'nin yaygınlaşması yönündeki büyük engeller olarak görülmektedir. Programların maliyetli olması, personellerin eğitimleri gibi maliyetler yüklenicilerin YBM kullanımını tercih etmiyor olmasının önemli nedenlerindendir.

Çizelge 4.7 YBM'nin yaygınlaşması için nelerin yapılabileceğinin uzman cevaplarına göre değerlendirmesi

Çözüm önerileri	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	TOP
Sözleşmelerde YBM kullanımının zorunlu tutulması	●	●	●	●	●		●	●	●		●	9
YBM kullanımının projeye olumlu katkılarıyla ilgili piyasada yer alan proje paydaşlarının haberdar edilmesi	●	●	●	●			●	●	●	●	●	9
Eğitim kurumlarında YBM'ye yönelik zorunlu derslerin müfredata eklenmesi		●	●			●		●	●	●	●	7
Piyasada bu konuda çalışan personellerin gelişmesine yönelik eğitim ve seminerlerin yapılması	●	●	●	●		●	●				●	7
Projede danışman hizmetinin alınması		●		●		●					●	4
YBM'ye geçişte devlet tarafından teşvik sağlanması		●			●				●		●	4

Yapı bilgi modellemesinin Türkiye'de yaygınlaşması için sözleşmelerde YBM kullanımının zorunlu tutulması ve YBM'nin katkılarından proje paydaşlarının haberdar edilmesi önemli maddeler olarak ortaya çıkmıştır. Mülakata katılım gösteren uzmanlar, zorunluluk olmadığında YBM'nin benimsenme oranının istenen hızda gerçekleşmediğini ve bu geçiş sürecinde YBM'nin projeye olan katkılarının bilinmiyor olmasının geleneksel yöntemlerle projenin yürütülmesine neden olduğunu belirtmişlerdir. Bu engellerin kaldırılmasıyla birlikte YBM'nin benimsenme düzeyi de istenen seviyeye gelecektir.

Meta-analizi ve alan çalışmasından elde edilen sonuçların karşılaştırması Çizelge 4.8'de yer almaktadır.

Çizelge 4.8 Metro projelerindeki yapım risklerinin meta-analizi ve alan çalışmasıyla karşılaştırması

	Yapım Riskleri	Risklerin tanımı ve risk kodları	Meta-analizi	Alan Çalışması
Metro Projelerindeki Yapım Riskleri	Yasal-Yönetsel *YR1*	Kamulaştırmadaki gecikmelerin projenin farklı aşamalarında oluşturduğu sorunlar *R7*	Düşük	Çok yüksek
		Siyasi baskılardan dolayı işin süresine müdahale edilmesi *R10*	Düşük	Orta
	Ekonomik ve Finansal *YR2*	Ödemedeki gecikmeler *R11*	Orta	Düşük
	Tasarım *YR3*	Karar verici olarak çalışan kişilerin metronun karmaşık yapısını kavrayamaması ve teknik konulara müdahale etmesi *R3*	Düşük	Yüksek
		Yüklenici tarafından yapımı üstlenilen tasarımlarda yapılan zorunlu değişiklikler *R4*	Orta	Yüksek
	İnşaat Sahası *YR4*	Atık su, içme suyu, elektrik gibi kent altyapılarının sistematik olarak arşivlenmemesi ve altyapılardaki değişikliklerin güncellenmemesi *R1*	Orta	Çok yüksek
		Geoteknik olarak (zeminden kaynaklı) yetersiz bilgilerin ya da öngörülemeyen koşulların yapımı geciktirmesi *R8*	Çok yüksek	Yüksek
		Tünel yapımındaki zorluklar *R9*	Yüksek	Orta
		Tarihi ve yapılaşmış yerlerde inşaat zorluğu ve başka kurumlara bağlı onay sürelerinin uzaması *R14*	Düşük	Düşük
	Şantiye *YR5*	Sıkışık alanlarda şantiye kurulması ve çalışmak durumunda kalınması *R13*	Orta	Orta
		İnşaat planlama aşamalarındaki belirsizlikler *R15*	Çok yüksek	Düşük
		Ana inşaat ekipmanlarının beklenmeyen arızaları ve diğer öngörülemeyen koşullar *R16*	Yüksek	Düşük
	Taşeron ve Tedarikçi *YR6*	Çok sayıda altyükleniciyle eş zamanlı çalışmanın gerekliliği *R2*	Düşük	Düşük
	Sözleşmesel *YR7*	Projenin ihale metodunun, yapım türüne uyarlı olmaması *R5*	Düşük	Çok yüksek
		Sözleşmelerin uygulamada zorluklara neden olacak ve belirsiz maddelere sahip olması *R6*	Orta	Orta
		Yapım aşamasında işin kapsamındaki değişiklikler *R12*	Orta	Orta

Çizelgeden görüleceği üzere literatürde düşük olarak nitelendirilen kamulaştırma sorunları ve ihale türünün niteliği riski İstanbul'daki metro projelerinde yüksek risk kaynağı olarak nitelendirilmektedir. Metro projelerindeki teknik zorluklar yurtdışındaki projelerde sistematiği bozan engeller olarak görüldüğü için ciddi risk kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Ülkemizde metro projelerinin belirsiz koşullarından dolayı uygulamaya esas kesin projeler üzerinden fiyatlandırma yapılarak ihaleye teklif verilmektedir. Yapımı üstlenen firmanın çok kısa süre içinde imalata başlaması beklenmektedir. Oysa ki uygulamaya esas olan projelerin yeterli düzeyde olmaması yüklenici firmalar için tasarım sürecini tekrar başlatmaktadır. Alan çalışmasındaki katılımcıların çoğu bu sebeplerden dolayı ihale metodunu projeye uyarlı bulmamaktadır. Aynı zamanda kamulaştımayla ilgili çalışmalar projenin başlangıcından sonraya bırakılmaktadır. Bu gecikmeler tasarımda değişiklikler yapılmasına ve yapım yöntemlerinde değişikliğe gidilmesini gerektirmektedir. Bu değişiklikler de proje takvimini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla yabancı kaynaklarda düşük risk kaynağı olarak görülen bu risk, İstanbul'daki metrolar için ciddi risk kaynağı olarak görülmektedir. Yüksek risk kaynağı olarak görülen altyapı değişikliklerinin güncellenmemesi de İstanbul gibi inşaat sahası ciddi zorluklar içeren alanlarda maliyet artışlarına neden olmaktadır. İhale projelerinde öngörülmeyen altyapılar yapım sırasında tasarım değişikliklerine gidilmesine neden olurlar.

Çizelge 4.9 Metro projelerine ait risklerin YBM ile yönetilmesi

Kod	Riskin tanımı	Risk türü	YBM kullanımı ile risk yönetimi
RİSK1	Çok sayıda altyükleniciyle 'eş zamanlı' çalışmanın gerekliliği	Taşeron ve tedarikçi	Model paylaşımı sayesinde farklı disiplnlerin farklı ihtiyaçları için yeniden çalışma ve çizimlerin çoğaltılmasına daha az ihtiyaç olmaktadır
RİSK2	Karar verici olarak çalışan kişilerin metronun karmaşık yapısını kavrayamaması ve teknik konulara müdahale etmesi	Tasarım	3 boyutlu modeller sayesinde karmaşık yapı daha anlaşılabilir olacağı için hızlı ve doğru karar alınması sağlanacaktır
RİSK3	Yüklenici tarafından yapımı üstlenilen tasarımlarda yapılan zorunlu değişiklikler	Tasarım	Yapım ihalesinden önce oluşturulan çalışmaların YBM ile yapılıyor olması yüklenicinin tasarımda daha az hatayla ve eksikle devam etmesine katkıda bulunacaktır
RİSK4	Projenin ihale metodunun, yapım türüne uyarlı olmaması	Sözleşme	YBM ile doğrudan yönetilebilecek bir risk kaynağı değildir. Proje süreçlerindeki sapmaların belirlenmesi için dolaylı olarak kullanılabilir
RİSK5	Sözleşmelerin uygulamada zorluklara neden olacak ve belirsiz maddelere sahip olması	Sözleşme	YBM ile doğrudan yönetilebilecek bir risk kaynağı değildir. Talep edilen şeylerin projeye etkisinin görülmesi açısından YBM kullanılabilir
RİSK6	Yapım aşamasında işin kapsamındaki değişiklikler	Sözleşme	Yapım aşamasındaki değişiklikler modele yansıtılarak maliyet ve süreye etkisi kolaylıkla tespit edilebilir. Bütçe ve süre yönetimi açısından YBM kullanımı fayda sağlayacaktır
RİSK7	Geoteknik olarak (zeminden kaynaklı) yetersiz bilgilerin yapımı geciktirmesi	İnşaat Sahası	YBM ile doğrudan yönetilebilecek bir risk kaynağı olarak görünmemekle birlikte yeni yapılan çalışmalarda jeolojik profillerin modele aktarılması yoluyla YBM platformunda okunabilir sonuçlar hedeflenmektedir

Çizelge 4.10 Metro projelerine ait risklerin YBM ile yönetilmesi (Devamı)

Kod	Riskin tanımı	Risk türü	YBM kullanımı ile risk yönetimi
RİSK8	Tünel yapımındaki zorluklar	İnşaat Sahası	Tünel yapımındaki parametrelerin YBM platformuna aktarılması yoluyla zemine uygun alternatiflerin seçilmesi sayesinde yapım sürecine katkısı olacaktır
RİSK9	Atık su, içme suyu, elektrik gibi kent altyapılarının sistematik olarak arşivlenmemesi ve altyapılardaki değişikliklerin güncellenmemesi	İnşaat sahası	YBM platformundaki programlarla (infraworks vb.) sistematik arşivlemelerin yapılması ve yapımın buna göre devam etmesi tasarımda ve sahada çıkacak sorunları önleyecektir
RİSK10	Tarihi ve yapılaşmış yerlerde inşaat zorluğu ve başka kurumlara bağlı onay sürelerinin uzaması	İnşaat Sahası	Kurumların onayına sunulacak dokümanların görsel olarak ifadeli olması karar veren yetkililerin daha hızlı ve doğru karar almasını sağlayacaktır
RİSK11	Kamulaştırmadaki gecikmelerin projenin farklı aşamalarında oluşturduğu sorunlar	Politik	Doğrudan YBM ile yönetilecek bir risk kaynağı değildir, ancak kamulaştırma dolayısıyla tasarımlar değişmek durumunda kaldığında hızlı alternatif geliştirme konusunda süre ve maliyet olarak faydası olacaktır
RİSK12	Siyasi baskılardan dolayı işin süresine müdahale edilmesi	Politik	Doğrudan yönetilecek bir risk kaynağı değildir
RİSK13	Ödemedeki gecikmeler	Ekonomik ve finansal	Doğrudan yönetilecek bir risk kaynağı değildir
RİSK14	Sıkışık alanlarda şantiye kurulması ve çalışmak durumunda kalınması	Şantiye	Şantiye mobilizasyonu ile ilgili verilerin de modele aktarılmasıyla birlikte dolaylı katkısı sağlanabilir
RİSK15	İnşaat planlaması aşamasındaki belirsizlikler	Şantiye	Belirsizliklerin projeyi nasıl ve ne derece etkileyeceğiyle ilgili daha doğru sonuçların bilgi modelinden alınması mümkündür
RİSK16	Ana ekipmanlardaki beklenmedik arızalar ve diğer öngörülemeyen koşullar	Şantiye	Öngörülemeyen koşulların ne olduğuna bağlı olarak değişiklikler modele işlenerek yapımdan önce etkisinin tespit edilmesi yoluyla risk yönetilebilir

Çizelgeden görüleceği üzere literatürde düşük olarak nitelendirilen kamulaştırma sorunları ve ihale türünün niteliği riski İstanbul'daki metro projelerinde yüksek risk kaynağı olarak nitelendirilmektedir. Metro projelerindeki teknik zorluklar yurtdışındaki projelerde sistematiği bozan engeller olarak görüldüğü için ciddi risk kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Ülkemizde metro projelerinin belirsiz koşullarından dolayı uygulamaya esas kesin projeler üzerinden fiyatlandırma yapılarak ihaleye teklif verilmektedir. Yapımı üstlenen firmanın çok kısa süre içinde imalata başlaması beklenmektedir. Oysa ki uygulamaya esas olan projelerin yeterli düzeyde olmaması yüklenici firmalar için tasarım sürecini tekrar başlatmaktadır. Alan çalışmasındaki katılımcıların çoğu bu sebeplerden dolayı ihale metodunu projeye uyarlı bulmamaktadır. Aynı zamanda kamulaştımayla ilgili çalışmalar projenin başlangıcından sonraya bırakılmaktadır. Bu gecikmeler tasarımda değişiklikler yapılmasına ve yapım yöntemlerinde değişikliğe gidilmesini gerektirmektedir. Bu değişiklikler de proje takvimini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla yabancı kaynaklarda düşük risk kaynağı olarak görülen bu risk, İstanbul'daki metrolar için ciddi risk kaynağı olarak görülmektedir. Yüksek risk kaynağı olarak görülen altyapı değişikliklerinin güncellenmemesi de İstanbul gibi inşaat sahası ciddi zorluklar içeren alanlarda maliyet artışlarına neden olmaktadır. İhale projelerinde öngörülmeyen altyapılar yapım sırasında tasarım değişikliklerine gidilmesine neden olurlar.

Uzmanlarla yapılan görüşmeler sonucu İstanbul'da yapılan metro projelerinde aşağıdaki süreçlerde sorunlar yaşandığı tespit edilmiştir. Metro projelerinin geleneksel olarak devam eden süreci ve YBM uygulamasına uygun olmayan noktaları aşağıda özetlenmektedir.

- İhale öncesinde hazırlanmış olan uygulamaya esas kesin projeler, yapım ihalesini kazanan firma tarafından tasarım alt yüklenicisine yeniden ihale edilerek yapıma uygun şekilde tekrar projelendirilmektedir. Bu durum, ihale öncesi hazırlanmış projelerin boşa gitmesine neden olmaktadır. İhale öncesi hazırlanmış projelerin kısıtlı sürede hazırlanması ve ihale öncesi süreçte YBM kullanımı olmaması da altlık olarak verilen projelerde çok fazla hata oluşmasına dolayısıyla bu projelerin uygulamada baştan hazırlanmasına neden olmaktadır. YBM kullanımı için projenin bütün aşamalarında bütüncül bir yaklaşım tercih edilmelidir, ön tasarım

aşamasında geleneksel yöntemler tercih edildiği zaman uygulama aşamasına gelindiğinde tekrardan bir model oluşturacak zamana ihtiyaç duyulmaktadır. Model yeterli kalitede ve detayda üretilmediğinde 4D iş programı takibi ve 5D maliyet yönetimi boyutlarını da model üzerinden takip etmek mümkün olmamaktadır. Sonuç olarak geleneksel ihale yöntemleri teknik olarak karmaşık projelerin yönetilmesinde yetersiz kalmaktadır. Bütünleşik proje teslim yöntemi (IPD), bu soruna çözüm olarak son yıllarda yaygınlaşmaya başlamıştır. YBM'nin proje yönetim metoduyla paralel işbirlikçi bir yönetim şeklidir.

- Tasarım aşamasında 3 boyutlu modelleme farklı disiplinler arasında yaygın olarak mimarlar tarafından kullanılmaktadır. Diğer disiplinlerin farklı program çıktıları üretmesi bütünleşmeyi sağlamak yönünde bir eksiklik olup, programları yetkin olarak kullanabilen kişilerin olmayışı YBM uygulamasının tam benimsenememesine neden olmaktadır.
- Projenin başarıya ulaşabilmesi için işveren ve yüklenici arasında çıkarların ve güvenin uyumu hale getirilmesine ihtiyaç vardır. Geleneksel yöntemlerle projeler devam ettirildiğinde iletişim ve proje işleyişi kontrol edilebilir olmaktan çıkmaktadır.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Altyapı projesi olarak sınıflandıran metro projelerinin ilk yatırım maliyeti diğer yapı türlerine göre yüksek ve yapım süresi uzun projelerdir. Metro projeleri, trafik sorunu ve şehirleşmeye paralel bir ihtiyaç olarak inşa edildiği için yapım aşamasında pek çok zorlukla karşılaşılmaktadır. Bu nedenle diğer proje türlerine göre daha çok riskin ortaya çıkma olasılığı bulunmaktadır. Farklı disiplinlerden çok sayıda katılımcının olduğu bir dizi faaliyet ve süreçlerin yürütüldüğü büyük ölçekli inşaat projelerini yönetmek oldukça zordur. Üretkenlik ve bütünleşmenin arttırılmasının sağlanması için bilgi teknolojileri önem taşımaktadır.

Geleneksel inşaat süreçlerinde en düşük teklif veren katılımcının yapımcı olarak seçildiği ihale metodu, risk analizinin uygulanamamasına, risk analizinin göz önünde bulundurulmaması da yüksek fiyatlı katılımcıların piyasada varlıklarını sürdürememesiyle sonuçlanmaktadır. Yüksek oranda zorluk ve riske maruz kalan metro projelerinde risk yönetim sistemleri, firmaların ve kişilerin deneyimi üzerinden devam ettirilmektedir, bu da durumun öznel bir bakış açısıyla ele alınması gibi güçlükler meydana getirmektedir. İnşaat sektörünün yeni yönetim süreçlerine ihtiyacı vardır bu anlamda yapı bilgi modellemesi bu dönüşümü destekler niteliktedir.

Yapı bilgi modellemesi kullanımı öncelikli olarak İstanbul'da ve devamında ihalesi yapılan diğer şehirlerdeki metro projelerinde, sözleşme maddeleriyle zorunlu tutularak uygulanmaya başlamıştır. Bu zorunluluğun gelmesiyle birlikte işverenler ve yüklenici firmalar projelerinde YBM kullanımına geçiş yapmak durumunda kalmıştır. YBM'ye geçiş aşamalarında YBM'nin faydalı olduğunu ve metro projelerinde kullanılması

gerekliliğini, literatür çalışmaları ve alan çalışması bulguları göstermekle birlikte, geçiş sürecinden kaynaklanan zorluklar nedeniyle bu dönüşümün beklenenden yavaş olduğu görülmektedir. Yüklenici firmaların, metro projelerine özgü olan riskler konusunda bile yeterli farkındalık düzeyinde olmadığı görülmektedir. Metro yapımına özgü risklerin tespit edilmesiyle birlikte riskler artık belirsiz olmaktan çıkıp yönetim problemi haline gelir. Bu zorlukların ve risklerin YBM kullanımıyla nasıl yönetileceği konusundaki bilgi eksikliği de firmaların geleneksel çalışma modeline olan eğilimini arttırmaktadır. Yine de karmaşıklaşan proje süreçlerinde bu dönüşümün gerçekleşmesinin kaçınılmaz olduğu görülmektedir.

Tez kapsamında yapılan araştırmalar ve edinilen bilgilerle metroya özgü riskler, görünür hale getirilmiş ve sistematik olarak sıralanmıştır. Bu yapım riskleri değerlendirildiğinde inşaat planlama aşamasındaki belirsizlikler, zeminden kaynaklı sorunlar gibi sistematik aksamaya neden olan durumlar olarak literatürde önemli derece risk kaynağı olarak belirtilmektedir. İstanbul'da yapılan alan çalışması bulgularına göre ise risk değerlendirmeleri sistematik yöntemler üzerinden götürülmemektedir. Kişilerin deneyimi ve becerisi üzerinden götürülen bu süreçlerde iyi yönetilemeyen riskler, süre ve maliyetleri doğrudan etkilemektedir. Alan çalışması bulgularına göre ihale metodunun projeye uyarlı olmaması ve altyapıların sistematik olarak arşivlenmemesi ciddi risk kaynağı olarak görülmektedir. İstanbul'daki metro projelerinde yapım işleri, geleneksel olarak tasarla-ihale et-inşa et yöntemiyle uygulanmaktadır. İhaleye altlık olan projelerin yetersiz veriyle eksik ya da hatalı olması yapımı üstlenen firmanın tekrar tasarım sürecine girmesine neden olmaktadır. Aynı zamanda ülkemizde metro yapım sürecinde kamulaştırma gereksinimleri proje başlangıç süresinden sonraya bırakılmaktadır.

Metro projelerine özgü olan yapım risklerinde yapı bilgi modellemesi kullanımıyla birlikte bazı risklerin doğrudan, bazılarının da dolaylı olarak yönetilmesi mümkündür. YBM için hedeflenen seviye yapım planlaması, maliyet yönetimi ve proje yaşam döngüsü bilgilerinin kullanıldığı bütünleşik sisteme geçiş aşamasıdır.

Sonuç olarak yapım projeleri belirli bir amacın gerçekleştirilmesine yönelik olarak, belli bir başlangıcı ve bitişi olan ve çeşitli kaynaklar tüketilerek yerine getirilen aktivitelerin

bütünüdür. Bu nedenle mevcut kaynakların tam potansiyelleriyle kullanıldığından emin olmak için yenilikçi teknikler kullanılmalıdır. YBM uygulamalarının, yapım risklerinin yönetiminde etkin rol alabilmesi için yaygınlaşması ve iş süreçlerine entegre edilmesi gereklidir. Ülkemizdeki geleneksel iş akış süreçlerinde YBM kullanılmaya çalışıldığında uygulama zorlukları yaşandığı görülmektedir. İş süreçlerinin YBM odaklı bakış açısıyla bütüncül olarak değerlendirilmesi ve proje paydaşlarının bilinçli olması gerekmektedir. Bunun sağlanabilmesi için kamunun olduğu kadar özel sektörün de bu konuda destekleyici olması önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

[1] A. M. Baker ve J. C. Zeng, (2005). "A Fuzzy-logic-based Approach to Qualitative Risk Modeling in the Construction Process," *World J Eng.,* 2: 1-12.

[2] J. Perry ve R. Hayes, (1985). "Risk and its Management in Construction Projects," Proceedings of the ICE, Part 1: 499-521.

[3] M. T. Birgönül ve İ. Dikmen, (1996). "İnşaat Projelerinin Risk Yönetimi," IMO Teknik Dergi, 97: 1305-1326.

[4] PMI, (2013). A Guide to the Project Management Body of Knowledge.

[5] J. Barlow, M. Cohen, A. Jashapara ve Y. Simpson, (1997). Towards Positive Partnering, Bristol, UK: The Policy Press.

[6] G. Briscoe, A. Dainty, S. Millett ve R. Neale, (2004). "Client Led Strategies for Construction Supply Chain Improvement," Construction Management and Economics, 22: 193-201.

[7] S. C. Hayes, E. D. Munt, Z. Korn, E. Wulfert, I. Rosenfarb ve R. D. Zettle, (1986). "The Effect of Feedback and Self Reinforcement Instructions on Studying Performance," The Psychological Record, 36: 27-37.

[8] J. F. Al-Bahar ve K. C. Crandall, (1990). "Systematıc Rısk Management Approach For Constructıon Projects," Construction Engineering Mamanagement, 116: 533-546.

[9] R. Flanagan ve G. Norman, (1993). Risk Management and Construction, Oxford: Blackwell.

[10] B. Mulholland ve J. Christian, (1999). "Risk Assessment in Construction Schedules," Journal of Construction Engineering and Management, 125: 8-15.

[11] P. K. Dey ve S. O. Ogunlana, (2002). "Risk based decision support system for effective implementation of projects," International Journal of Risk Assessment and Management, 3: 2-4.

[12] F. Özbey, (2015). Risk Assessment And Alternative Dispute Resolution Practice: Transportation Infrastructure Projects, İstanbul: İstanbul Technical University.

[13] C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks ve K. Liston, (2011). BIM Handbook, A Guide Book to Building Information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, John Wiley and Sons Inc.: New Jersey.

[14] McGrawHill Construction, (2014). “Smart Market Report the Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets,” McGraw Hill Construction, New York.

[15] Dodge Data & Analytics, (2017). “The Business Value of BIM for Infrastructure 2017,” SmartMarket Report, Bedford, Massachusetts, USA.

[16] A. Kanoğlu, “Sunum,” (2017). https://web.itu.edu.tr/~kanoglu/crs-sry-ss-yy-concepts.pdf, 05.01.2019.

[17] F. Koğ, (2016). Çoklu Ajan Sistemleri ile İnşaat Sektörü İçin Bir Yüklenici Seçimi Modeli, 2016, 13,16,27.

[18] B. Erdem, (2018). Yapı Bilgi Modellemesi Tabanlı Yalın Tasarım Yönetimi Üzerine Bir İnceleme.

[19] A. Köksal, “Yapım Yönetimi ve Ekonomisi,” (2014). https://docplayer.biz.tr/10486531-Proje-teslim-yontemi-nedir.html 16.03.2019.

[20] A. Öztas ve Ö. Ökmen, (2004). “Risk Analysis in Fixed-Price Design-Build Construction Projects.,” Build Environment, 39: 229–237.

[21] TDK, “TDK,” http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.5ca25a69535e66.87316703. 15.08.2018.

[22] H. Gencer, “Yapım İşleri İhalelerinde Teklif Türünün Belirlenmesinde Ortaya Çıkan Sorunlar ve Çözüm Önerileri,” (2004). http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/1546.pdf. 21.09.2018.

[23] C. Bayliss ve B. Hardy, (2012). “Transmission and Distribution Electrical Engineering (Fourth Edition)", 863–938.

[24] P. Thompson ve J. Perry, (1992). Engineering Construction Risks, SERC Project Report, London: Eastern Press Limited.

[25] V. E. Sanvido ve M. Konchar, (1999). Sellecting Project Delivery Systems: Comparing Design-Building, Design-Bid-Build and Construction Management at Risk, State Collage: Project Delivery Institute.

[26] American Institute of Architects, (2009). “The American Institute of Architects Official Guide to the 2007 AIA Contract Documents,” American Institute of Architects.

[27] A. Banaitis ve N. Banaitiene, (2012). “Risk Management in Construction Projects,” Intech, 19: 429-448.

[28] S. David C. Kent, B. Becerik-Gerber ve A.M.Asce, (2010). “Understanding Construction Industry Experience and Attitudes toward Integrated Project Delivery,” Journal of Consturction Engineering and Management, pp. 815-825.

[29] Ö. Kaya, (2010). “Türk İnşaat Sektöründe Risk Analizi ve Yönetiminin Araştırılması,” İstanbul, 2010, 3.

[30] S. Wang, M. Dulaim ve M.Y. Aguria, (2004). “Risk Management Framework for Construction Projects in Developing Countries,” Construction Management and Economics, 22: 237-252.

[31] N. Kartam ve S. Kartam, (2001). "Risk and Its Management in the Kuwaiti Construction Industry: A Contractors' Perspective," International Journal of Project Management (Compendex), 19: 325-335.

[32] D. Baccarini, (2001). "Risk Management Australian Style – Theory vs. Practice," Project Management Institute Annual Seminars & Symposium, Nashville, Tennessee, USA.

[33] A. Ö. Zabun, (2012). Proje Yapım Sürecinde Risk Yönetimi Üzerine Örnek Olay İncelemeleri, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

[34] T. Telford, (1998) "Risk Analysis and Management for Projects," RAMP, 72-83.

[35] D. Baloi ve A. D. F. Price, (2001). Evaluation of Global Risk Factors Affecting Cost Performance in Mozambique, London: RICS Foundation.

[36] P. Karaçar, (2000). Türk İnşaat Sektöründe İhale Sürecine Yönelik Risk Yönetimi Kapsamında Alan Çalışması, İstanbul: İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.

[37] M. Raj ve N. K. Wadsamudrakar, (2018). "Risk Management in Construction Project," International Journal of Engineering and Management Research, 8: 162-167.

[38] F. Çam, (2005). İnşaat Sektöründe Proje Risk Yönetimi ve Bir Risk Modellemesi Örneği, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

[39] Latif Onur Uğur, "İnşaat Sektöründe Riskler ve Risk Yönetimi," 2006. https://www.tmb.org.tr/arastirma_yayinlar/risk_yonetimi_10112006.pdf. 11.04.2019.

[40] HSE Report, (2007). "Construction (Design and Management) Regulations," BOMEL, Maidenhead.

[41] Y. Zou, A. Kiviniemi ve S. W. Jones, (2015). "BIM-based Risk Management: Challenges and Opportunities," 32nd CIB W78 Conference, Eindhoven.

[42] T. Merna ve F. F. Al-Thani, (2005). Corporate Risk Management: An Organisational Perspective, Southern Gate: John Wiley & Sons, Ltd.

[43] D. B. Ashley ve J. J. Bonner, (1987). "Political Risks in International Construction," Journal of Construction Engineering and Management, 113: 447-467.

[44] H. Zhi, (1995). "Risk Management for Overseas Construction Projects," International Journal of Project Management, 13: 231-237.

[45] M. Hastak ve A. Shaked, (2000). "ICRAM-1: Model for International Construction Risk Assessment," Journal of Management in Engineering, 16: 59-69.

[46] S. E. Han ve J. E. Diekmann, (2001). "Approaches for Making Risk-Based go/no-go Decision for International Projects," ASCE Journal of Construction Engineering and Management, 127: 300-308.

[47] A. Bu-Qammaz, I. Dikmen ve M. Birgonul, (2006). "Cultural Risk Assessment in Constructıon Projects," Sustainable Development through Technology, 157-167.

[48] V. Likhitruangsilp ve P. Ioannou, (2009). "Risk Allocation in Standard Forms of General Conditions for Tunneling Contracts," Building a Sustainable Future - Proceedings of the 2009 Construction Research Congress, Seattle, Washington.

[49] L. Edwards, (1995). Practical Risk Management in the Construction Industry, London: Thomas Telford.

[50] D. Myers, (2004). Construction Economics A New Approach, New York: Spon Press.

[51] Y. Jingning ve L. Wenkang, (2015). "Risk Assessment Model Of Urban Subway Based On Public Private Partnership Mode," 2015 Sixth International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications, Guiyang, Çin.

[52] M. Murteza, (2010). Raylı Sistem Yatırımları Fizibilite Etütleri ve Yapım Yöntemleri, İstanbul: Bahçeşehir Üniversitesi.

[53] C. Elker, (1999). "Çağdaş Ulaşım Politikaları," II. Ulaşım ve Trafik Kongresi, Ankara.

[54] M. Patil, (2017). Prof.R.D.Shinde ve Prof.S.S.Hailkar, "Risk Management in Railway Projects," International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4: 1811-1817.

[55] D. Cooper ve C. Chapman, (1986). Risk Analysis for Large Projects, Great Britain: Wiley.

[56] Richard Clough, (1972). Construction Contracting, New Mexico, USA: Wiley-Interscience.

[57] D. Forgues, I. Iordanova, F. Valdivesio ve S. Staub-French, (2012). "Rethinking the Cost Estimating Process through 5D BIM: a Case Study, Construction Research Congress, ASCE, pp.," Construction Research Congress 2012 | Proceedings - ASCE Library, West Lafayette, Indiana.

[58] S. Gunhan ve D. Arditi, (2005). "Factors Affacting International Construction," Journal of Construction Engineering and Management, 131: 273-282.

[59] M. Askari, H. R. Shokrizadeh ve N. Ghane, (2014). "A Fuzzy AHP Model in Risk Ranking," European Journal of Business and Management, 6: 194-202.

[60] D. Sarkar ve G. Dutta, (2011). A Framework of Project Risk Management for the Underground Corridor Construction of Metro Rail, Ahmadabad, India: Indian Institue of Management.

[61] S.-T. Lu, C.-W. Lin ve H.-L. Liu, (2008). "Key Risk Factors Assessment for Metropolitan Underground Project," Proceedings of the 11th Joint Conference on Information Sciences.

[62] M. Singh ve D. Sarkar, (2017). "Project Risk Analysis for Elevated Metro Rail Projects Using Fuzzy Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)," International Journal of Engineering Technology Science and Research, 4: 907-914.

[63] Likhitruangsilp, (2003). A risk-based dynamic decision support system for tunnel construction, Ann Arbor: University of Michigan.

[64] G. Glass, (1976). "Primary, Secondary, and Meta-Analysis of Research," Educational Researcher, 5: 3-8.

[65] X. Xinga, B. Zhonga, H. Luo, H. Li ve H. Wua, (2019). "Ontology for Safety Risk Identification in Metro Construction," Computers in Industry, 109: 14-30.

[66] S. Zhang, C. Shang, C. Wang, R. Song ve X. Wang, (2019). "Real-Time Safety Risk Identification Model during Metro Construction Adjacent to Buildings," Journal of Construction Engineering Management, 145: 1-14.

[67] M. Li, H. Yu, H. Jin ve P. Liu, (2018). "Methodologies of Safety Risk Control for China's Metro Construction based on BIM," Safety Science, 10: 1-9.

[68] Z. Wang ve C. Chen, (2017). “Fuzzy Comprehensive Bayesian Network-based Safety Risk Assessment for Metro Construction Projects,” Tunnelling and Underground Space Technology, 70: 330-342.

[69] C. Samantra, S. Datta ve S. S. Mahapatra, (2017). “Fuzzy Based Risk Assessment Module for Metropolitan Construction project: An Empirical Study,” Engineering Applications of Artificial Intelligence, 16: 1-16.

[70] M. Z. Naghadehi, A. Benardos, R. Javdan ve H. Tavakoli, (2016). “The Probabilistic Time and Cost Risk Analysis of a Challenging Part of an Urban Tunneling Project,” Tunnelling and Underground Space Technology, 58: 11-29.

[71] B. Gao ve J. Ren, (2016). “Safety Risk Assessment for Adjacent Underground Pipelines in Metro Construction,” Modern Tunnelling Technology, 53: 118-123.

[72] L. Li, Z. Qiu, Y. Dong ve X. Du, (2016). “Risk Caused by Construction of the Metro Shaft Adjacent to Building and its Control Measure,” Procedia Engineering, 165: 40-48.

[73] X. Na, W. Jianping, L. Jie ve N. Guodong, (2016). “Analysis on Relationships of Safety Risk Factors in Metro Construction,” Journal of Engineering Science and Technology, 9: 150-157.

[74] F. Valdemarin, J. Cenek ve E. Chiriotti, (2016). “Separating Underground Metro Lines Under Operation in Baku,” ITA-AITES World Tunnel Congress 2016, San Francisco.

[75] L. Zhang, X. Wu, M. J. Skibniewski, W. Fang ve Q. Deng, (2015). “Conservation of Historical Buildings in Tunneling Environments: Case Study of Wuhan Metro Construction in China,” Construction and Building Materials, 8: 310–322.

[76] S. Guo, H. Luo ve L. Yong, (2015). “A Big Data-based Workers Behavior Observation in China Metro Construction,” Procedia Engineering, 123: 190-197.

[77] S. Zhao, J. Liu ve X. Zhang, (2015). “Innovative Materials and Design for Sustainable Transportation Infrastructure,” American Society of Civil Engineers, Fairbanks, Alaska.

[78] L. Zhang, M. J. Skibniewski, X. Wu, Y. Chen ve Q. Deng, (2014). “A Probabilistic Approach for Safety Risk Analysis in Metro Construction,” Safety Science, 63: 8-17.

[79] J. Héri, L. Darai ve N. Aranyos, (2014). “The Effects of Hazard Analysis of Budapest M4 Metro Line on the Implementation of the Project,” 10th Symposium on Formal Methods for Automation and Safety in Railway and Automotive Systems, Budapest.

[80] X. Zheng ve F. Ma, (2014). “Metro Construction Safety Risk Assessment Based on the Fuzzy AHP and the Comprehensive Evaluation Method,” Applied Mechanics and Materials, 580-583: 1243-1248.

[81] X. Lu ve Y. Yin, (2013). “Research on Engineering Variations Management of Urban Rail Transit Project in BT Mode - A case of Shenzhen Metro Line 5,” Proceedings of 2012 3rd International Asia Conference on Industrial Engineering and Management Innovation, IEMI 2012, 281-289.

[82] J. Seegers, P. Erdmann ve J. Schmeiser, (2013). “Metro Line U5 in Berlin – Design Challenges due to Complex Geotechnical Conditions,” Geomechanics and Tunnelling, 6: 487-493.

[83] Q. W. Zhao, (2013). “Research on Metro Risk Management Under Construction General Contracting Mode,” Journal of Railway Engineering Society, 30: 100-115.

[84] L. Ding ve C. Zhou, (2012). “Development of Web-based System for Safety Risk Early Warning in Urban Metro Construction,” Automation in Construction, 34: 45-55.

[85] L. E. Brandão, C. Bastian-Pinto, L. L. Gomes ve M. Labes, (2012). “Government Supports in Public–Private Partnership Contracts: Metro Line 4 of the São Paulo Subway System,” Journal of Infrastructure Systems, 18: 218-225.

[86] M. Giezen, (2012). “Keeping it Simple? A case Study into the Advantages and Disadvantages of Reducing Complexity in Mega Project Planning,” International Journal of Project Management, 30: 781–790.

[87] L.-m. Zhang ve X.-g. Wu, (2012). “Study on Safety Risk Identification System (SRIS) for Metro Construction,” Advanced Materials Research, 452: 264-268.

[88] G. Liu ve F. Li, (2011). “Study of Subway Construction Risk Assessment Based on the Triangular Fuzzy Numbers,” Advanced Materials Research, 243-249: 6312-6318.

[89] H. Zhou, H.Yao ve W. Gao, (2009). “Risk Analysis and Fuzzy Comprehensive Assessment on Construction of Shield Tunnel in Shanghai Metro Line,” Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground, London, Taylor & Francis Group, 607-612.

[90] O. D. Larsen ve J. Kampmann, (2004). “Flooding of the Copenhagen Metro, Denmark,” Structural Engineering International, 4: 231-234.

[91] J. Kampmann, J. W. Summers ve S. D. Eskesen, (1998). “Risk Assessment Helps Select the Contractor for the Copenhagen Metro System,” World Tunnel Congress '98 Tunnels and Metropolises, Sao Paulo - Brazä.

[92] R. Sousa ve H. Einstein, (2012). “Risk Analysis During Tunnel Construction Using Bayesian Networks: Porto Metro Case Study,” Tunnelling and Underground Space Technology, 27: 86-100.

[93] C. S. Pawar, S. S. Jain ve J. R. Patil, (2015). “Risk Management in Infrastructure Projects in India,” International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering, 4: 172-176.

[94] V. Likhitruangsilp ve P. Ioannou, (2004). “Risk-Sensitive Markov Decision Process for Underground Construction Planning and Estimating,” University of Michigan, Colorado, USA.

[95] B. Mehmetoğlu-Güneş, (2008). Tarihi Kent Merkezlerinde Metro Yapımı ve Arkeolojik Değerleri Koruma İlişkisi; İstanbul Tarihi Yarımada Örneği, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

[96] D. Bennett, (2004). The Story of the Underground Railway, London.

[97] Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, “Ulaşan ve Erişen Türkiye Bütçe, 2019". http://www.udhb.gov.tr/images/hizlierisim/UAB_2019.pdf. 17.11.2018.

[98] Metro İstanbul, (2017). “Stratejik Plan 2017-2019,” Metro İstanbul.

[99] S. Azhar, M. Hein ve B. Sketo, (2019). Building Information Modeling (BIM): Benefits, Risks and Challenges, Alabama.

[100] H. Penttilä, (2006). “Describing the changes in architectural information technology to understand design complexity and free-form architectural expression,” The Effects of CAD on Building Form and Design Quality, 11, 395-408.

[101] B. Özorhon, (2018). Yapı Bilgi Modellemesi İBB Anadolu Yakası Raylı Sistem Projeleri, İstanbul: Ezgi Matbaacılık, 31,38.

[102] The National, (2007). “NIBS (National Institute of Building Scenes),”.

[103] P. Smith, (2014). “BIM & the 5D Project Cost Manager,” Procedia - Social and Behavioral Sciences, 119, 475 – 484.

[104] P. Smith, (2014). “BIM & the 5D Project Cost Manager,” 27th IPMA World Congress, 119, 475-484.

[105] M. Bew ve M. Richards, (2008). “BIM Maturity Model,” Paper presented at the Construct IT Autumn 2008 Members’ Meeting, Brighton, UK.

[106] BIS (Department of Business, Innovation and Skils), (2011). “A Report for the Government Construction Client Group Building Information Modeling (BIM),” Working Party Strategy Paper.

[107] NATSPEC BIM Paper, (2013). “BIM and LOD – Building Information Modelling and Level of Developmet,” Construction Information Systems Limited.

[108] Hannes Lindblad, (2013). Study of the Implementation Process of BIM in Construction Projects, Stockholm: KTH Architecture and Built Environment.

[109] J. K. M. Fischer, (2004). The Scope and Role of Information Technology in Construction, Stanford CA: Stanford University.

[110] W. Lu, Y. Peng, Q. Shen ve H. Ling, (2012). “Generic Model for Measuring Benefits of BIM as a Learning Tool in Construction Tasks,” Journal of Construction Engineering and Management, 139: 195-213.

[111] G. S. Evuri ve N. Amiri-Arshad, (2015). A Study on Risks and Benefits of Building Information Modeling (BIM) in a Construction Organization, Göteorg, Sweden: University of Gothenburg.

[112] VinarIT (2019) http://www.vinarit.com/en/consulting/itconsulting/bim/Pages/default.aspx. 12.04.2019.

[113] D. Holzer, (2016). The BIM Managers Handbook, Chichester: Wiley.

[114] P. Zou, G. Zhang ve J. Wang, (2007). “Understanding the key Risks in Construction Projects in China.,” Int J Project Management, 25: 601–614.

[115] N. Ham, K. Min, J. Kim, Y. Lee ve J. Kim, (2008). “A Study on Application of BIM (Building Information Modeling) to Pre-design in Construction Project,” 008 Third International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, Busan.

[116] J. Boon, (2009). “Preparing for the BIM Revolution” Pacific Association of Quantity Surveyors Congress.

[117] D. Smith, (2007). “An Introduction to Building Information Modeling (BIM),” Journal of Building Information Modeling.

[118] O. Renn, (1998). “The role of risk communication and public dialogue for improving risk management,” Risk Decision and Policy, 3: 5-30.

[119] S. Azhar ve A. Asce, (2011). “Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry,” Leadership and Management in Engineering, 11: 241-252.

[120] TBM Tipi Hat Tünellerinde Elektromekanik Sistem (2017) https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6395295940030398464/. 12.04.2019.

[121] L. Khemlani, “Around the World with BIM” (2012), http://www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html. 18.03.2019.

[122] CIBER, (2012). “Building Information Modelling (BIM): an Introduction and International Perspectives,” Centre for Interdisciplinary Built Environment Research, The University of Newcastle, Newcastle.

[123] L. Granholm, (2011). “Finland, Norway, Singapore, USA Lead Progress in Construction, Industry Presentation, BIMsight,” Insight on Building Information Modelling.

[124] buildingSMART Australasia 2012, (2012). “National Building Information Modelling Initiative. Vol.1, Strategy: A Strategy for the Focussed Adoption of Building Information Modelling and Related Digital Technologies and Processes for the Australian Built Environment Sector,” Department of Industry, Innovation, Science, Research and Tertiary Education, Sydney.

[125] HM Government, (2011). “Government Construction Strategy,” Cabinet Office, London.

[126] RICS (Royal Institution of Chartered Surveyors), (2014). “International BIM Implementation Guide 1st Edition,” London.

[127] McGraw-Hill Construction, (2010). “The Business Value of BIM in Europe,” SmartMarketReport, Bedford, Massachusetts, USA.

[128] G. Dogan, (2013). BIM-Based Cost Estimating & Scheduling in Construction Industry, Manchester: University of Salford.

EK-A

Metro Projelerinin Yapım Aşamasındaki Risklerin Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Destekli Yönetimi

Yüzyüze Görüşme Mülakat Soruları

Metro projelerinin nitelikleri, yapım zorlukları ve risklerinin tespit edilmesi;

1. Sizce bir metro projesinin yapım sürecini diğer inşaat projelerinden belirgin olarak ayıran riskler hangileridir? Aşağıdaki seçeneklerde yapım riskleri belirtilmiştir (Birden fazla seçenek seçebilirsiniz).

   a) Yasal yönetsel riskler
   b) Ekonomik ve finansal riskler
   c) Kültürel riskler
   d) Tasarım riskleri
   e) İnşaat sahası riskleri
   f) Şantiye riskleri
   g) Çevresel riskler
   h) Taşeron ve tedarikçi riskleri
   i) Sözleşme riskleri
   j) Diğer

2. Yapımında yer aldığınız metro projesinin ‘yapım süresi’ boyunca risk analizi yapıldı mı? Yapıldıysa kullanılan yöntemler nelerdir?

3. Projenin yapımında karşılaşılan büyük zorluklar nelerdi? Aşağıdaki seçeneklerde tespit edilen risk unsurları belirtilmiştir (Birden fazla seçenek seçebilirsiniz).

a) Atık su, içme suyu, elektrik gibi kent altyapılarının sistematik olarak arşivlenmemesi ve altyapılardaki değişikliklerin güncellenmemesi,
b) Çok sayıda altyükleniciyle eş zamanlı çalışmanın gerekliliği,
c) Karar verici olarak çalışan kişilerin metronun karmaşık yapısını kavrayamaması ve teknik konulara müdahale etmesi,
d) Yüklenici tarafından yapımı üstlenilen tasarımlarda yapılan zorunlu değişiklikler,
e) Projenin ihale metodunun, yapım türüne uyarlı olmaması,
f) Sözleşmelerin uygulamada zorluklara neden olacak ve belirsiz maddelere sahip olması,
g) Kamulaştırmadaki gecikmelerin projenin farklı aşamalarında oluşturduğu sorunlar,
h) Geoteknik olarak (zeminden kaynaklı) yetersiz bilgilerin yapımı geciktirmesi,
i) Tünel yapımındaki zorluklar,
j) Siyasi baskılardan dolayı işin süresine müdahale edilmesi,
k) Ödemedeki gecikmeler,
l) Yapım aşamasında işin kapsamındaki değişiklikler,
m) Sıkışık alanlarda şantiye kurulması ve çalışmak durumunda kalınması,
n) Tarihi ve yapılaşmış yerlerde inşaat zorluğu ve başka kurumlara bağlı onay sürelerinin uzaması,
o) İnşaat planlaması aşamasındaki belirsizlikler,
p) Ana ekipmanlardaki beklenmedik arızalar ve diğer öngörülemeyen koşullar
q) Diğer

Metro projelerinde Yapı Bilgi Modellemesi (YBM/BIM) kullanımına geçiş, geçişteki zorluklar ve yapım sürecine katkılarının tespit edilmesi;

4. Yeni yapılacak metro hattı/hatları için 'Yapı Bilgi Modellemesi (BIM)' ni faydalı buluyor musunuz?

5. Yapı Bilgi Modellemesi kullanımı ile 3. Sorudaki zorluklardan metro projesinin yapımındaki zorluklardan hangilerinin azaltılması mümkündür? (Birden fazla seçenek seçebilirsiniz)

    a) Atık su, içme suyu, elektrik gibi kent altyapılarının sistematik olarak arşivlenmemesi ve altyapılardaki değişikliklerin güncellenmemesi,
    b) Çok sayıda altyükleniciyle eş zamanlı çalışmanın gerekliliği,
    c) Karar verici olarak çalışan kişilerin metronun karmaşık yapısını kavrayamaması ve teknik konulara müdahale etmesi,
    d) Yüklenici tarafından yapımı üstlenilen tasarımlarda yapılan zorunlu değişiklikler,
    e) Projenin ihale metodunun, yapım türüne uyarlı olmaması,
    f) Sözleşmelerin uygulamada zorluklara neden olacak ve belirsiz maddelere sahip olması,
    g) Kamulaştırmadaki gecikmelerin projenin farklı aşamalarında oluşturduğu sorunlar,
    h) Geoteknik olarak (zeminden kaynaklı) yetersiz bilgilerin yapımı geciktirmesi,
    i) Tünel yapımındaki zorluklar,
    j) Siyasi baskılardan dolayı işin süresine müdahale edilmesi,
    k) Ödemedeki gecikmeler,
    l) Yapım aşamasında işin kapsamındaki değişiklikler,
    m) Sıkışık alanlarda şantiye kurulması ve çalışmak durumunda kalınması,
    n) Tarihi ve yapılaşmış yerlerde inşaat zorluğu ve başka kurumlara bağlı onay sürelerinin uzaması,

o) İnşaat planlaması aşamasındaki belirsizlikler,
p) Ana ekipmanlardaki beklenmedik arızalar ve diğer öngörülemeyen koşullar
q) Diğer

6. Türkiye'de Yapı Bilgi Modellemesinin yaygınlaşması için aşağıdaki proje paydaşlarından hangilerinin daha çok öncülük etmesi gerekmektedir? Aşağıda proje paydaşları belirtilmiştir (Birden fazla seçenek seçebilirsiniz).

a) Yerel Otoriteler
b) İşverenler
c) Yüklenici / Alt Yüklenici Firmalar
d) Tasarımcılar
e) Danışmanlık ve Kontrollük Firmaları
f) Tedarikçiler, Malzeme / Eleman / Bileşen Üreten ve Pazarlayan Kuruluşlar
g) Eğitim Kurumları
h) Araştırma Kuruluşları
i) Enformasyon Sağlayıcılar
j) Girişimciler
k) Diğer

7. Türkiye'de Yapı Bilgi Modellemesi'nin yaygınlaşmasındaki engeller sizce nelerdir? Aşağıdaki seçeneklerde maddeler belirtilmiştir (Birden fazla seçenek seçebilirsiniz).

a) Geleneksel yöntemlerle projelerin ihale edilmeye devam edilmesi ve sözleşmelerde YBM'nin zorunlu tutulmaması,
b) YBM kullanımıyla ilgili faydaların proje paydaşları tarafından bilinmemesi
c) Deneyimli tasarım personeli eksikliği
d) Deneyimli uygulayıcı personel eksikliği

e) Deneyimli karar verici (onay veren) personel eksikliği
f) YBM ile çalışacak yetkinlikte alt yüklenici bulma zorluğu
g) YBM'ye geçiş için geçiş altyapısının oluşturulması için harcanması gereken zaman,
h) YBM'ye geçiş altyapısının oluşturulması için harcanması gereken maliyet,
i) Diğer

8. Türkiye'de Yapı Bilgi Modellemesi'nin yaygınlaşması için aşağıdakilerden hangileri yapılabilir? Aşağıdaki seçeneklerde maddeler belirtilmiştir (Birden fazla seçenek seçebilirsiniz).

a) Sözleşmelerde YBM kullanımının zorunlu tutulması
b) YBM kullanımının projeye olumlu katkılarıyla ilgili piyasada yer alan proje paydaşlarının haberdar edilmesi
c) Eğitim kurumlarında YBM'ye yönelik zorunlu derslerin müfredata eklenmesi
d) Piyasada bu konuda çalışan personellerin gelişmesine yönelik eğitim ve seminerlerin yapılması
e) Projede danışman hizmetinin alınması
f) YBM'ye geçişte devlet tarafından teşvik sağlanması
g) Diğer

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Gözde SAYGILI

Doğum Tarihi ve Yeri : 18.09.1989 Kahramanmaraş

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : saygiligozde@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Lisans	Mimarlık	Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	2012
Lise	Sayısal	Süleyman Demirel Fen Lisesi	2006

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	**Firma/Kurum**	**Görevi**
2017 - Devam Ediyor	Doğuş İnşaat ve Ticaret A.Ş.	Mimari Tasarım Sorumlusu
2013 - 2017	Prota Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş.	Mimari Tasarım Sorumlusu
2012 - 2013	Okutgen Mimarlık	Mimar

YAYINLARI

Bildiri

1. Saygılı G. ve Başdoğan S., (2019), ‘Metro Projelerinin Yapım Risklerinin Yapı Bilgi Modellemesi Destekli Yönetimi’, YTÜ 1. Mimarlık ve Şehircilik Sempozyumu 28-29 Mart 2019