

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI  
MİMARLIK BİLİM DALI

**YAPI BİLGİ MODELLEMESİ TEKNOLOJİSİNİN  
METRO PROJELERİNDEKİ MİMARİ TASARIM  
BİLEŞENLERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

**Ceyda Sena BALABAN**

İstanbul, 2020

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
MİMARLIK ANABİLİM DALI  
MİMARLIK BİLİM DALI

**YAPI BİLGİ MODELLEMESİ TEKNOLOJİSİNİN  
METRO PROJELERİNDEKİ MİMARİ TASARIM  
BİLEŞENLERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

Tezi Hazırlayan:

**Ceyda Sena BALABAN**

Öğrenci No:

17080070018

Orcid No:

0000-0003-0633-1284

Danışman:

Prof. Dr. Ayşe UĞUR TÛTENGİL

İstanbul, 2020

## YEMİN METNİ

Yüksek lisans projesi olarak sunduğum ‘‘Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Metro Projelerinde Mimari Tasarım Bileşenlerine Etkisinin Değerlendirilmesi’ başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere uygun şekilde tarafımdan yazıldığını, yararlandığım eserlerin tamamının kaynaklarda gösterildiğini ve çalışmanın içinde kullanıldıkları her yerde bunlara atıf yapıldığını belirtir ve bunu onurumla doğrularım. 24/12 /2020

Aday: **Ceyda Sena BALABAN**

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ  
TEZLİ YÜKSEK LİSANS SINAV TUTANAĞI

24.12.2020

Enstitümüz *Mimarlık* Anabilim Dalı *Mimarlık* Programı Yüksek Lisans öğrencilerinden 17080070018 numaralı *Ceyda Sena BALABAN*'ın "Beykent Üniversitesi Eğitim-Öğretim Yönetmeliği"nin ilgili maddesine göre hazırlayarak Enstitümüze teslim ettiği "*Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Metro Projelerindeki Mimari Tasarım Bileşenlerine Etkisinin Değerlendirilmesi*" konulu tezini, Yönetim Kurulumuzun 01/12/2020 tarih ve 2020/34 sayılı toplantısında seçilen ve Online toplanan biz jüri üyeleri huzurunda, ilgili yönetmeliğin (c) bendi gereğince (56) dakika süre ile Microsoft Teams programı aracılığıyla on-line olarak aday tarafından savunulmuş ve sonuçta adayın tezi hakkında "*OYBİRLİĞİ*" ile "*KABUL*" kararı verilmiştir.

İşbu tutanak, 4 nüsha olarak hazırlanmış ve Enstitü Müdürlüğü'ne sunulmak üzere tarafımızdan düzenlenmiştir.

DANIŞMAN  
Prof. Dr. Ayşe Uğur TÜTENGİL  
(Beykent Üniversitesi)

ÜYE  
Doç. Dr. Cemile TİFTİK  
(İstanbul Teknik Üniversitesi)

ÜYE  
Dr. Öğr. Üyesi Yeşim Duygu ERGÜNEY  
(Beykent Üniversitesi)

Adı Soyadı : Ceyda Sena BALABAN  
Danışmanı : Prof. Dr. Ayşe UĞUR TÛTENGİL  
Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans, 2020  
Alanı : Mimarlık  
Anahtar Kelimeler :Raylı Sistem, Metro Projeleri, Yapı Bilgi Modellemesi,  
Mimari Tasarım Bileşenleri

## ÖZ

### **YAPI BİLGİ MODELLEMESİ TEKNOLOJİSİNİN METRO PROJELERİNDEKİ MİMARİ TASARIM BİLEŞENLERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Günümüzde global ölçekte gerçekleşen teknoloji gelişimleri sayesinde inşaat sektöründe de teknolojinin kullanımı artış göstermiştir. İnşaat sektöründe 20. Yüzyıldan bugünlere kadar kullanılan geleneksel yöntemler gelişen inşaat teknolojisi ile yeniliklere uğramıştır. Geleneksel yöntemlerin eksik ve yetersiz kaldığı yönler göz önünde bulundurularak, bazı konularda farklı arayışlara gidilmiştir. İnşaat sektöründe uzun yıllardır kullanılan bilgisayar destekli tasarım programlarının en büyük problemlerinden olan, disiplinler arası çalışma zorluğu Yapı Bilgi Modellemesi (Building Information Modeling) teknolojisi sayesinde daha pratik hale gelmektedir.

Metro projeleri bir çok disiplini bir arada barındıran ve eş zamanlı çalışmalarını gerektiren sistemlerdir, bu durumdan dolayı, metro projelerinde projelendirme ve yapım aşamasında YBM teknolojisinin kullanımı projenin verimliliğini oldukça etkilemektedir. YBM teknolojisi, disiplinler arası çalışma kolaylığı sağlaması ile disiplin uzmanlarının beraber çalışma sıkıntısını ortadan kaldırarak, projenin daha kısa sürede tamamlanmasına yardımcı olur.

Özetle, tez içerisinde metro projelerinde mimari tasarımın, hangi disiplinler ile ortak çalışması gerektiği araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda mimari tasarım grubunun ortak çalışma yapması gereken bileşenler, YBM teknolojisinin yararlı noktaları ve yetersiz kaldığı noktalar değerlendirilerek sonuca bağlanmıştır.

Name and Surname : Ceyda Sena BALABAN  
Supervisor : Prof. Dr. Ayşe UĞUR TÜTENGİL  
Degree and Date : Master's Degree, 2020  
Major : Architecture  
Key Words :Rail System, Metro Projects, Building Information Modeling,  
Architectural Design Components

## **ABSTRACT**

### **EVALUATION OF THE EFFECT OF BUILDING INFORMATION MODELING TECHNOLOGY ON ARCHITECTURAL DESIGN COMPONENTS IN METRO PROJECTS**

Today, the use of technology in the construction sector has increased thanks to the development of technology on a global scale. Traditional methods used from the 20th century to the today have been innovated with developing construction technology. Taking into account the aspects in which traditional methods are incomplete and inadequate different searches have been made on some subjects. The difficulty of interdisciplinary work, which is one of the biggest problems of computer aided design programs used for many years in the construction industry, is becoming more practical thanks to Building Information Modeling technology.

Metro projects are systems that co-host many disciplines and require simultaneous work, so the use of BIM technology for Project and construction in metro projects affects the efficiency of the project. BIM technology helps complete the Project in less time by eliminating the hasslery of working together with disciplinary experts with ease of interdisciplinary work.

In summary, in the thesis, in metro projects, architectural design, which disciplines should work in common with has been investigated. As a result of this research, the components that the architectural design group should collaborate on, the

useful points of Building Information Modeling technology and the points where it fell short were evaluated and concluded.



## İÇİNDEKİLER

ÖZ

ABSTRACT

TABLolar LİSTESİ ..... iii

ŞEKİLLER LİSTESİ ..... iv

KISALTMALAR ..... vi

GİRİŞ.....1

### BİRİNCİ BÖLÜM

1. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ TEKNOLOJİSİ .....7

1.1. Yapı Bilgi Modellemesi Tanımı .....7

1.1.1. Uygulama Seviyeleri ..... 11

1.1.2. Olgunluk Seviyeleri ..... 13

1.1.3. Gelişim Seviyeleri ..... 14

1.2. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Tarihçesi ve Dünyadaki Yeri ..... 19

1.2.1. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Tarihçesi ..... 19

1.2.2. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Dünyada ve Türkiye’de ki Yeri ...  
.....21

1.3. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Proje Sürecinde Kullanımı .....27

1.3.1. Ön Tasarım Aşamasında Yapı Bilgi Modelleme Teknolojisi Kullanımı 28

1.3.2. Tasarım Aşamasında Yapı Bilgi Modelleme Teknolojisi Kullanımı .....29

1.3.3. Yapım Aşamasında Yapı Bilgi Modelleme Teknolojisinin Kullanımı ...29

1.3.4. Yapım Sonrası Yapının Kullanımı ve İşletmesi Aşamasında Yapı Bilgi  
Modelleme Teknolojisinin Kullanımı .....30

1.4. Mimari Tasarım ve Yapı Bilgi Modelleme Teknolojisi .....31

1.5. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisi Kullanımının Olumlu ve Olumsuz  
Yönleri .....35

1.5.1. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisi Kullanımının Olumlu Yönleri.....35

1.5.2. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisi Kullanımının Olumsuz Yönleri ....37

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ TEKNOLOJİSİNİN METRO

<b>SİSTEMLERİNDE KULLANIMI .....</b>	<b>40</b>
2.1. Dünyada ve Türkiye’de Raylı Sistem Projelerinin Gelişimi .....	41
2.2. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Metro Projelerinde Kullanımı .....	48
2.2.1. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Kullanımının Hiyerarşisi.....	48
2.2.2. Yapı Bilgi Modellemesinin Metro Projelerinde Kullanım Konsepti .....	49
2.2.3. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Metro Projelerinde Uygulanması .....	52

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ TEKNOLOJİSİNİN METRO

#### PROJELERİNDEKİ MİMARİ TASARIM BİLEŞENLERİNE ETKİSİNİN

<b>DEĞERLENDİRİLMESİ .....</b>	<b>55</b>
3.1. Mimari Tasarım Bileşenleri .....	55
3.1.1. İstasyon Tipleri .....	55
3.1.1.1. İstasyon Tipleri .....	56
3.1.1.2. İstasyon Yapısının Nitelikleri .....	59
3.1.2. Yolcu Sayıları .....	62
3.1.3. Konkors.....	64
3.1.4. Kontrollü ve Kontrolsüz Alanlar .....	65
3.1.5. Turnikeler.....	66
3.1.6. Kuyruk Alanları .....	67
3.1.7. Baş Kurtarma Mesafeleri .....	68
3.1.8. Aktarmalar ve Erişim.....	69
3.1.9. İşletme Personeli Alanı ve Teknik Alanlar .....	70
3.1.10. Acil Durum Planlama .....	73
3.1.11. Yolcu Hizmet Alanları.....	73
3.1.12. İstasyon Mobilyaları .....	75
3.1.13. Yönlendirme Elemanları.....	76
3.1.14. Malzemeler ve Yüzeyler .....	77
3.1.15. Sürdürülebilirlik.....	79

3.1.16. Aydınlatma .....	81
3.1.17. Akustik .....	84
3.2. Mimari Tasarım Bileşenlerinin Diğer Disiplinlerle Etkileşimi .....	85
<b>SONUÇ .....</b>	<b>92</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>94</b>



## TABLULAR LİSTESİ

<b>Tablo 1:</b> BIM Kavramı .....	11
<b>Tablo 2:</b> LOD Seviyeleri Kullanım Alanları .....	17
<b>Tablo 3:</b> Model Gelişim Seviyesi ve Model Detay Seviyesi .....	18
<b>Tablo 4:</b> Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisi Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları.....	40
<b>Tablo 5:</b> Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisi Kullanımının Hiyerarşisi.....	49
<b>Tablo 6:</b> Proje İlerleyişine Göre Gelişim Tablosu .....	52
<b>Tablo 9:</b> Mimari Tasarım Bileşenlerinin Diğer Disiplinler ile İlişkisi.....	88
<b>Tablo 10:</b> Mimari Tasarım Bileşenlerinin YBM Teknolojisi Kullanımına Uygunluğu .....	89

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Proje Yaşam Döngüsü.....	7
Şekil 2: YBM Bileşenleri .....	10
Şekil 3: YBM Boyutları .....	13
Şekil 4: YBM Olgunluk Seviyesi.....	14
Şekil 5: LOD Gelişim Seviyeleri .....	15
Şekil 6: İş Alanlarına Göre YBM Kullanımı .....	26
Şekil 7: YBM Kullanıcılarının Olgunluk Seviyeleri .....	26
Şekil 8: YBM Proje Aşamalarında Kullanımı .....	28
Şekil 9: İstanbul Raylı Sistem Gelecek Vizyonu .....	44
Şekil 10: Hamburg Metro su .....	46
Şekil 11: Moskova Metro su .....	46
Şekil 12: İstanbul Metro su .....	46
Şekil 13: Paris Metro su .....	47
Şekil 14: Londra Metro su .....	47
Şekil 15: Stockholm Metro su .....	53
Şekil 16: Aç-Kapa ve Tünel İstasyon Tipi İstasyon .....	56
Şekil 17: Aç-Kapa Tipi İstasyonun YBM Programlarında Görünümü.....	57
Şekil 18: Tünel Tipi İstasyonun YBM Programlarında Görünümü .....	58
Şekil 19: Yolcu Akışı .....	60
Şekil 20: YBM Programı Kamera ve Render .....	61
Şekil 21: Yolcu Sayılarına Göre Hizmet Seviyeleri .....	62
Şekil 22: Yolcu Yoğunluğu .....	63
Şekil 23: Konkors Katı Planı .....	64
Şekil 24: İstasyonda Kontrollü ve Kontrolsüz Alanlar .....	66
Şekil 25: Turnikelere Bakan Render .....	67
Şekil 26: Kuyruk Alanları Minimum Uzunlukları .....	68
Şekil 27: İstasyon Aktarma ve Erişimi .....	69
Şekil 28: İşletme Personeli Alanları .....	72
Şekil 29: Teknik Alanlar .....	72

<b>Şekil 30:</b> Örnek Ticari Alan, İstanbul Metro su .....	74
<b>Şekil 31:</b> Örnek Reklam Panosu Londra Metro su .....	74
<b>Şekil 32:</b> İstasyon Oturma Grupları Render .....	75
<b>Şekil 33:</b> Yönlendirme Elemanları Render .....	77
<b>Şekil 34:</b> İstasyon Malzeme Görseli .....	78
<b>Şekil 35:</b> Turnike Bölgesinde Piezoelektrik Malzeme Kullanımı .....	80
<b>Şekil 36:</b> Münih Metro su Marienplatz İstasyonu .....	82
<b>Şekil 37:</b> Münih Westfriedhof İstasyonu .....	83
<b>Şekil 38:</b> M6 (Boğaziçi Üniversitesi-Hisarüstü) Metro Hattı .....	84



## KISALTMALAR

<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>AEC</b>	: Architecture Engineering Construction
<b>AIA</b>	: American Institute of Architecture (Mimarlık Mühendislik ve İnşaat)
<b>AIA/AGC</b>	: American Institute of Architects and Associated General Constructors (Amerikan Mimarlar Enstitüsü ve İlgili Genel Müteahhitler)
<b>BCA</b>	: Building and Construction Authority (Yapı ve İnşaat Kurumu)
<b>BIM</b>	: Building Information Model (Yapı Bilgi Modeli)
<b>BSI</b>	: British Standard Institution (İngiliz Standart Kurumu)
<b>CIBER</b>	: Centre For Interdisciplinary Built Environment Research (Uluslararası Yapılı Çevre Araştırma Merkezi)
<b>CIFE</b>	: Center for Integrated Facilities Engineering (Entegre Tesis Mühendisliği Merkezi)
<b>CORENT</b>	: Construction and Real Estate Network (İnşaat ve Emlak Ağı)
<b>GSA</b>	: General Services Administration (Genel Hizmetler Yönetimi)
<b>HVAC</b>	: Heating, Ventilation and Air Conditions (Isıtma Havalandırma ve Hava Koşulları)
<b>IFC</b>	: International Foundation Classes (Uluslararası Hazırlık Sınıfları)
<b>KMM</b>	: Kabataş Mecidiyeköy Mahmutbey
<b>LOD</b>	: Level of Development (Gelişim Seviyesi)
<b>NATM</b>	: New Austrian Tunnel Method (Yeni Avusturya Tüneli Yöntemi)
<b>PAKS</b>	: Peron Ayırıcı Koruyucu Sistem
<b>TBM</b>	: Tunnel Boring Machine (Tünel Kazma Makinası)
<b>TVF</b>	: Tunnel Ventilation Fan (Tünel Havalandırma Fanı)
<b>YBM</b>	: Yapı Bilgi Modellemesi



## GİRİŞ

İnşaat sektörüne yeni bir bakış açısı getiren geleneksel yöntemlerden uzaklaşıp globalleşen dünyada yaygınlaşan bir teknoloji olan, Yapı Bilgi Modelleme Tekniği'nin (Building Information Modeling), büyük şehirlerde artan nüfus ve trafik problemi ile birlikte toplu taşımaya olan rağbetin artması ile gelişen raylı sistem algısına sağladığı yararlar bağlamında tezin arka planını oluşturan bilgiler sıralanacaktır. İçinde birçok disiplin barındıran (mimari, statik, elektromekanik gibi) raylı sistemler, yapı bilgi modellemesi sayesinde barındırdığı disiplinlerin kolaylıkla entegre edilip, daha verimli sonuçlar ortaya çıkmasını sağlar. Bu bölümde, tez konusu ve teze ait temel bilgiler doğrultusunda, yapılan araştırmanın amacı, kapsamı ve yöntemi ele alınacaktır.

### **Tezin Arka Planı ve Temel Bilgiler**

Ekonomik büyüme ve sanayileşmenin etkisiyle, kentlerde nüfus artmakta, artan nüfus beraberinde ulaşım problemlerini ortaya çıkarmaktadır. Her ülkenin ekonomisine büyük katkıda bulunan, yüksek nüfuslu, turist çeken, ticarete başı çeken şehirleri bulunmaktadır, bu şehirlerde günlük yaşamın daha kolay ilerleyebilmesi ve zaman tasarrufu gibi sebeplerden ötürü trafik yoğunluğuna çare olarak toplu taşıma sistemleri geliştirilmektedir. Raylı sistemler, otobüs ve benzeri toplu taşımalarla karşılaştırıldığında trafik yoğunluğunu etki etmeyen sistemler olduğundan, zamanın kıymetli olduğu büyük şehirlerde raylı sistem taşımacılığı çokça tercih edilmektedir.

Raylı sistemler birçok disiplinin beraber çalıştığı karmaşık yapılar olarak nitelendirilebilir. Raylı sistemler yer üstünden giden hafif raylı sistemler ve yer altından giden metro sistemleri olarak kendi içinde ayrılmaktadır. Raylı sistemlerin kapsadığı bu iki başlıktan metro sistemleri hafif raylı sistemlere göre daha karmaşık sistemlerdir. Hafif raylı sistemler çoğunlukla yer üstünden katener sistem sayesinde giderken, metrolar yer altından ve sinyalizasyon teknolojisiyle yol almaktadırlar.

İhtiyaç olunan disiplinlerin beraber çalışmasının gerektiği ve daha karmaşık olan metro sistemlerinde, yolcunun sağlıklı bir şekilde yerin altında bulunan peron katına ulaşması, peron katına ulaşırken geçtiği biletme alanları, başka hatta

entegrasyon alanları, yolcu hizmet alanları, yolcunun bu alanlarda rahatça dolaşımını sağlaması için yatay ve düşey sirkülasyonlar ve metro sirkülasyonun sağlıklı bir şekilde devam etmesini sağlayan teknik hacimler, metrolar projelendirilirken dikkat edilmesi gereken mimari unsurlardır.

Mimarlığın insanlara, yaşamlarını sürdürürken kullandıkları hacimlerde daha esnek kullanımlar sağlaması varsayımından yola çıkıldığında, metro projeleri gibi günlük çok fazla kullanımı olan alanlarda, kullanıcı lehine belli bileşenler belirlenerek bu bileşenler doğrultusunda kullanıcının esnek ve rahat kullanımı amaçlanmaktadır.

Mimari açıdan birçok koşulu birlikte yerine getirmesi gereken metro sistemleri beraber çalışmak zorunda olduğu diğer disiplinler özelinde de farklı koşullar barındırmaktadır. Disiplinlerin kendilerine ait olan bu bileşenlerin beraber çalışması ile birlikte, doğru planlanmış ve sağlıklı çalışan kullanıcı dostu metro istasyonları ve hatları tasarlanmış olur. Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisi ile birlikte disiplinlerin beraber çalışmaları çakışma analizleri ve program özelinde ki teknolojilerle kolaylıkla yapılabilmektedir.

İki boyutlu geleneksel bilgisayar destekli tasarım programları yöntemlerine eklenen 3D(Görselleştirme), 4D(Planlama), 5D(Maliyet), 6D(Sürdürülebilirlik) ve 7D(Tesis Yönetimi) bilgileri ile yeni bir teknoloji olan yapı bilgi modelleme, metro projeleri gibi birçok disiplinin beraber çalıştığı projelerde sağladığı olanaklar fark edilmiş olup, günümüzde Dünya’da yaygınlaşırken Türkiye’de de kullanımı artmaya başlamıştır.

Raylı sistem proje grubuna giren metro projelerinde iş veren, danışman firma ve yüklenici firma olmak üzere ana paydaşlar ve bu paydaşların etrafında yer alan çok sayıda katılımcı uzman ile proje süreci yürütülmektedir. Çoğunlukla iş veren, karar mercii ve idare görevinde olan il belediyeleri, proje aşamasında ise projenin doğruluğunu, yapım aşamasında ise imalatın doğruluğunu kontrol eden müşavir firma ve proje veya imalatı yapan yüklenici firmalar ve çalışanları üstlerine düşen görevleri yaparak kullanıcının hizmetine sunmaktadırlar.

Metro projeleri kamuya hizmet ettiğinden kamusal projeler olarak nitelendirilmektedir. Dünyada ilk defa İngiltere’de başlayan uygulama ile kamu projelerinde yapı bilgi modellemesi kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Türkiye’de İngiltere’de ki bu uygulamayı referans kaynağı olarak, raylı sistem sektöründe YBM kullanımının başarı ve verimlerinden faydalanmak istemektedir.

Yapı bilgi modellemesi sayesinde her disiplin kendi içinde çalışmalarını gerçekleştirecek, YBM teknolojisi sayesinde disiplinler sanal ortamda çakıştırılacak ve projelerin geleneksel yöntemlerde disiplin çakışmaları için harcadığı vakitler en aza indirgenecek, uzmanlar kendi disiplinlerinde ki tasarımla daha verimli bir şekilde ilgilenebileceklerdir.

Raylı sistemlerde bazı elemanlar özelinde uyulması gereken minimum ve maksimum değerler ve mimari disiplinin gerektirdiği bazı uyulması gereken gereklilikler mevcuttur, bu değerlere ve gerekliliklere uygun bir proje yapmak geleneksel yöntemlere kıyasla YBM teknolojisi sayesinde daha kolaydır.

Disiplin özelinde uyulması gereken gereklilikler geleneksel proje yöntemleri ile programlanıp, hesaplandığında uzun vakitler alabilmektedir. Mimari tasarım bileşenleri özelinde herhangi bir analiz yapılacak iken (Örneğin:istasyondaki yolcu sirkülasyonunu görmek için kullanılan programlar sayesinde yolcuların istasyonun hangi bölgesinde yoğunlukla bulunduğunu ve hangi bölgenin kullanılmadığını gösteren programlar) harcanan süre kullanılan programlar sayesinde minimuma indirilir.

Yapı bilgi modellemesi teknolojisinin kullanımı, metro sistemlerinin proje ve yapım aşamasında belirlenmiş kriterlere uyulmasını kolaylaştırıp, proje ve yapım aşamasında karşılaşılan zorlukları, minimuma indirdiği tespit edilmiş olup, metro projelerinde yapım süresi, maliyet ve kalite gibi özelliklerine de katkı sağladığı görülmüştür.

Tez içerisinde metro projelerinin, yapım ve işletme aşamasında uyulması gereken mimari tasarım bileşenleri açıklanmıştır. Bileşenler yapı bilgi modellemesi

teknolojisi sayesinde, proje uzmanını zorlayan gereklilikler olmaktan çıkarak, metro kullanıcısının verimli kullanımı için uyulması gereken gereklilikler olmaktadır.

Yapı bilgi modellemesi sayesinde, metro sistemlerinde uyulması gereken mimari tasarım bileşenlerine, uyumun kolaylaştığını açıklayan tez çalışması: mimari tasarım bileşenlerinin yapı bilgi modellemesi teknolojisi ile irdelenmesine verilen örnekler ile konu daha açık bir şekilde ele alınarak verimli uygulanabilirliği için gereken bilgileri içermektedir.

### **Tezin Amacı**

İnşaat sektörü karmaşık bir sektör olması ile birlikte, inşaat sektörünün raylı sistem ayağı en karmaşık ve dağınık bölümü olarak sayılabilir. Çok sayıda katılımcıyı ve dokümanı içeren raylı sistem sektörünün proje ve yapım aşamasını yönetmek kolay olmamaktadır. Proje paydaşları(mimarlar, mühendisler) süreç içerisinde kendi görevlerine odaklandığından, birbiriyle iletişimleri az miktardadır. Farklı disiplinlerin beraber çalışması ile doğru sonuç verebilen raylı sistem sektöründe entegrasyon önem arz etmektedir. İnşaat sektörüne yeni bir bakış olan yapı bilgi modelleme teknoloji ile bu disiplinler arası entegrasyon rahatlıkla yapılarak, her disiplin kendi gerekliliklerini daha kaliteli bir şekilde yerine getirebilmektedir.

Tez çalışmasının amacı, Türkiye'deki raylı sistem projelerinde yapı bilgi modellemesi teknolojisinin etkin kullanımı ile raylı sistem projelerinde uyulması gereken mimari tasarım gerekliliklerine uygunluğu rahatlıkla test edilebilecek, bir hata varsa proje ilerlemeden başından tespit edilecek ve problem çözümüne kavuşulacaktır.

Yapımı ve projelendirme süreci son yıllarda hızla devam eden metro projeleri, iş veren, danışman firma ve yüklenici firma iş birliği ile proje ihalesi aşamasında uygulamaya esas projelendirilme çalışmaları yapılarak, yapım ihalesinde ise inşa çalışmaları yapılarak devam etmektedir. Yapım aşaması uzun süren metro inşaatlarının projelendirme süreci de uzun sürebilmektedir. Disiplinlerin başlıklar ile sıralandığı, bileşenlere uyulması ile zamandan ve dolaylı olarak maliyetten kar sağlanmaktadır, YBM teknolojisinin bu kara olan etkisi gözle görünür bir gerçektir.

Metro yapımında kullanılan disiplinlerden tezin içerisinde ele alınan mimarlık disiplininin gerektirdiği tasarım bileşenlerinin ve bu bileşenlerin uygulanmasına kolaylık sağlayan yapı bilgi modellemesi teknolojisinin yararlarının açıklanması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, metro projelendirme ve tasarımı aşamalarında YBM kullanımının sağladığı olanak ve yararları ortaya koymaktır. Bu nedenle öncelikle YBM tanıtılmaya çalışılmış, ardından metro tasarımının mimari ana unsurları ile sistem ilişkilendirilmiştir.

### **Tezin Kapsamı**

Tez çalışması kapsamında, raylı sistemlerde söz konusu olan mimari tasarım bileşenlerinin yapı bilgi modellemesi teknolojisi ile irdelenmesi ve istasyon yapımında önem arz eden bileşenlerin uygulanabilirliğinin yapı bilgi modellemesi teknolojisi kullanımı ile daha kolaylaştığı açıklanarak, verilen örnekler ile detaylıca anlatılmıştır.

Metro tasarım bileşenleri, kent içindeki kullanıcılara metro istasyonlarını daha kullanışlı kılmak, algılanmasını kolaylaştırmak ve istasyonları daha çekici hale getirmek amaçlanarak oluşturulmuştur. Mimari tasarım bileşenleri kullanıcı ve metro sistemi arasındaki ilişkiyi kurmaktadır. Yolcunun istasyona girişi ile başlayan metro sistemi ve kullanıcı arasındaki ilişki tüm durumlar düşünülerek planlanarak, metro sistemi içerisinde dolaşım sağlanmalıdır. Bu planlamanın sağlanması için sıralanan mimari tasarım bileşenleri yapı bilgi modellemesi teknolojisi sayesinde daha etkin kullanılmaktadır. Ayrıca bileşenlerin gerekliliklerinin yerine getirilmesi sonucunda, yolculara daha verimli kullanabilecekleri istasyonlar tasarlandığı açıklanarak, örnekler ile güçlendirilip olumlu ve olumsuz etkileri değerlendirilmiştir.

### **Yöntem**

Tez çalışması kapsamında çalışmanın amacına bağlı olarak belirlenmiş hedefler ve bu hedeflere yönelik tezde kullanılacak olan araştırma yöntemi belirlenmiştir.

Tezin giriş bölümünde, tezin amacı, kapsamı teze arka plan olan problem tanımlanarak geliştirilen çalışma yöntemi açıklanmıştır. Tezin, ikinci bölümü yapı bilgi modellemesi teknolojisi ve üçüncü bölümü, yapı bilgi modellemesi teknolojisinin raylı sistem sektöründe kullanımı konuları gerekli literatür taraması yapılarak araştırılmıştır. Tezin dördüncü bölümü olan, yapı bilgi modellemesi teknolojisinin metro projelerindeki mimari tasarım bileşenlerine etkisinin incelenmesi konusu önceki bölümlerde yapılan araştırmalar doğrultusunda, literatür araştırması sonucu örnekler ile konu irdelenerek açıklanmıştır. Tezin beşinci ve son bölümü olan sonuç kısmında genel değerlendirme, öneriler ve sonuca yer verilmiştir.

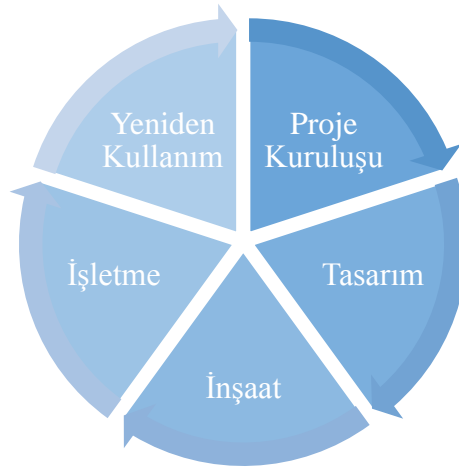


## 1. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ TEKNOLOJİSİ

Bu bölümde Yapı Bilgi Modellemesi tekniği ve inşaat sektöründe ki kullanımı ele alınmaktadır. Alt başlıklar olarak: Yapı Bilgi Modellemesi Tanımı, Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin tarihçesi Türkiye’de ve Dünya’da kullanımı, Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin proje sürecinde kullanımı, Mimari tasarım ve Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisi ilişkisi ve Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin olumlu ve olumsuz yönleri incelenmiştir.

### 1.1. Yapı Bilgi Modellemesi Tanımı

Building Information Management(BIM) kavramının Türkçeye çevrilmiş adı olan Yapı Bilgi Modelleme (YBM) ile alakalı bir çok tanım mevcuttur. Dünyada son yıllarda hızla gelişmekte olan YBM tekniği inşaat sektörüne yeni bir soluk getirerek, geleneksel proje teslim yöntemlerini geride bırakarak sektörde kullanımını hızlandırmaktadır. YBM yapısal bilgilerin paylaşımıdır, YBM koordineli bir süreçler kümesi olup, teknoloji desteğiyle paylaşılan binaların ve altyapı varlıklarının yapısal bilgilerine değer katmaktadır. (The New Zealand BIM Handbook sayfa:4 2019). YBM tipik olarak tasarım, inşaat, lojistik, işletme, bakım, bütçe, programlama ve daha fazlasını içererek, geleneksel yaklaşımlardan çok daha zengin bir ortam sağlayarak projenin yaşam döngüsü boyunca kullanılabilme olanağını sunmaktadır.(Şekil-1)



**Şekil 1: Proje Yaşam Döngüsü**

**Kaynak:** 2019. «The New Zealand BIM Handbook.» sayfa: 4. Mayıs: BIM Acceleration Committee

Yapı Bilgi Modellemesi mimarlık ve inşaat sektörünün en umut veren gelişimidir. YBM teknoloji ile birlikte yapının doğru bir sanal modeli dijital olarak oluşturulur. Bilgisayar tarafından üretilen model tamamlandığında model, binanın gerçekleştirilmesi için gerekli olan yapı, imalat ve tedarik faaliyetlerini destekleyen gerekli verileri içerir. (Eastman, Teicholz, ve diğerleri, BIM Handbook sayfa:1 2008)

Yapı Bilgi Modellemesi projelerin dijital olarak 3 boyutlu modellendiği ve yönetildiği süreçtir. YBM altyapısında tanımlanmış veriler proje kurulumundan, tasarım, yapım, işletme, bakım ve yıkım süreçlerine kadar tüm yaşam döngüsünü içinde yer alarak koordine edilmesini sağlar. YBM yapının yaşam döngüsü boyunca mimar, mühendis ve tüm yapı profesyonelleri arasında bilgi alışverişi ve iş birliği ortamı sağlamaktadır. YBM, bir dijital çalışma yöntemidir. (Eastman, Teicholz, ve diğerleri, BIM Handbook sayfa:1 2008)

YBM, projede birbirinden farklı disiplinlerde görev alanların proje boyunca ortak olarak yararlanabileceği bir bilgi paylaşım sürecidir. Farklı aşama ve katmanlardaki herkes projenin süreciyle ilgili güncel bilgilere ve detaylara ulaşabilmektedir. (Yapı Bilgi Modellemesi(BIM))

BSI İngiliz Standartlar Enstitüsü (British Standart Institution)'ne göre YBM: İlk tasarımdan, inşaat, bakım ve hizmetten çıkarmaya kadar tüm yaşam döngüsü boyunca, kurgulanan dijital modellemenin kullanılmasıdır. (Yapı Bilgi Modellemesi(BIM)) 3 boyutlu sanal bir inşaat ortamında mühendisler, mimarlar ve tüm işbirlikçi disiplinler arasında bilgi paylaşımını desteklemektedir. Tasarım ve inşaat ekiplerinin tasarım hakkında iletişim kurmasını farklı seviyelerdeki bilgilerin koordine edilmesini sağlar. Bu bilgiler inşaatın başlangıcından önce proje kurgulanmaya başladığı andan itibaren, kullanım ömrü boyunca projede kalır. Ayrıca olası etkilerin analiz edilmesine yardımcı olur.

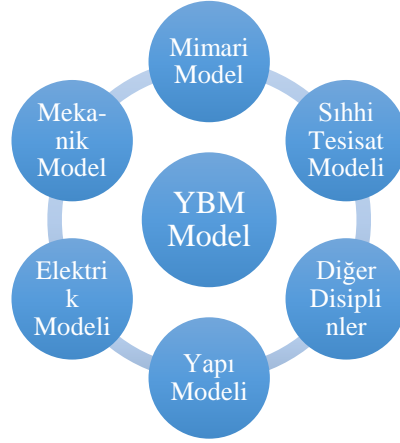
YBM, mimari, mühendislik ve inşaat endüstrileri (AEC) profesyonellerinin binaları ve alt yapıyı daha verimli bir şekilde planlamak, tasarlamak, inşa etmek ve yönetmek için fikir ve araçlar sağlayan akıllı bir 3D model tabanlı bir prosestir. YBM

süreci akıllı 3 boyutlu modelin oluşturulması ile başlayan ve projenin tüm ömrü boyunca belge yönetimi, koordinasyon ve simülasyon sağlayan bir süreçtir. (Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi sayfa:21 2015)

Bina ve altyapı projelerini tasarlamak ve belgelemek için kullanılan YBM de yapıya ait her detay modellenmiştir. Model yapının inşasından önce nasıl görüneceğini anlamaya yarayan görselleştirmeler oluşturduğundan, analiz için kullanılabilir. YBM süreci binanın veya altyapı projesinin yaşam döngüsü boyunca kullanacağı akıllı verilerin oluşturulmasını destekler.

İnşaat alanındaki proje yönetimi son yıllarda kademeli yaklaşımdan bütünleşmiş yaklaşıma doğru yönelmektedir. Kademeli yaklaşımda, projenin her aşaması kademeli olarak gerçekleştirilerek, bir aşama tamamlandıktan sonra diğer aşamaya geçilir bu yöntem bir ustanın her şeyi yapan kişi olmasına dayalıdır. Bugünün biçimi olan bütünleşmiş yaklaşımda ise, dar bilgi kapsamına sahip çok sayıda katılımcıya dayanmaktadır. Entegre proje teslimi projeyi üretenleri ve sistemi bütünleştirerek, daha kaliteli, iş birliğiyle ilerlediğinden daha az riskli, süre ve maliyet kaybını azaltan bir yaklaşımdır. (IPD and BIM Benefits and Opportunities for Regulatory Agencies sayfa:1 2009)

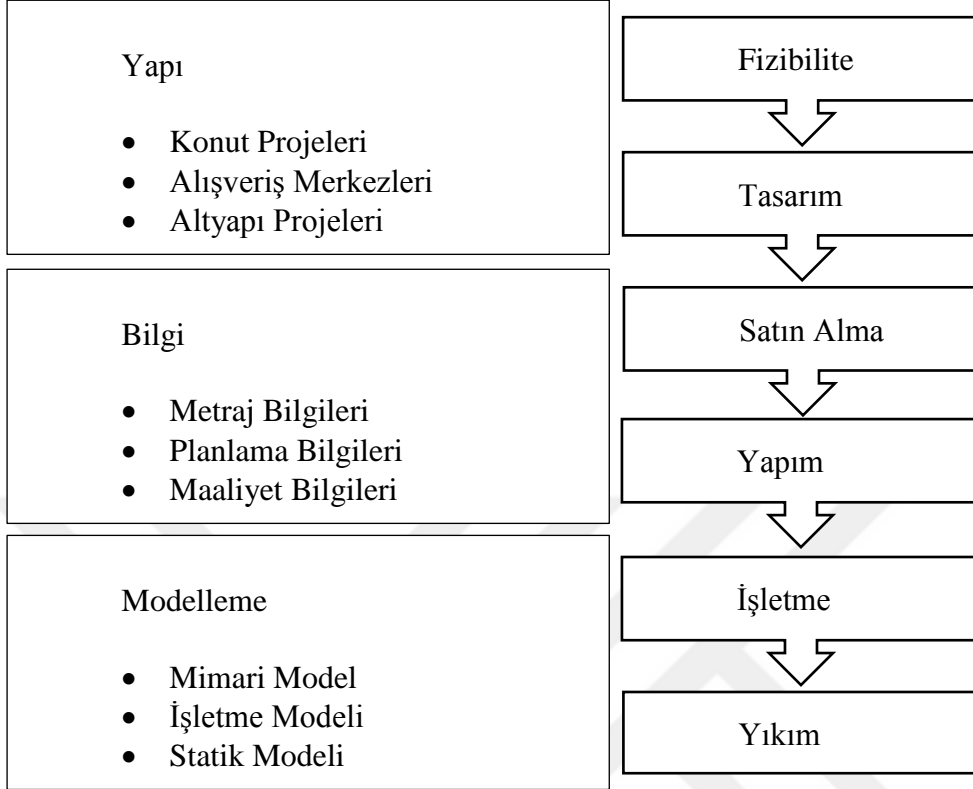
Mimarlık, mühendislik, yapım ve tesis yönetiminde tasarım verilerinin yönetilmesine dayalı teknolojik bir yaklaşım olan YBM, uyumlu verilerin oluşturulması, daha iyi görselleştirme, çakışmaların tespit edilmesi, proje bütünleşmesi ve tesis yönetimi gibi konularda disiplinler arası işbirliği sağlamaktadır. Uzmanlar kendi sorumluluk alanlarına bağlı olarak yapı, elektrik, mekanik, mimari ve sıhhi tesisat modellerini geliştirip güncellemektedirler, YBM modeli bu disiplinlerin model bilgilerini içerir.(Şekil-2)



**Şekil 2: YBM Bileşenleri (C. Sena BALABAN)**

Yapı Bilgi Modelleme tekniğindeki yapı kelimesi konutlardan altyapı projelerine kadar bir çok farklı yapı tipolojisini içerirken, bilgi kelimesi metraj bilgileri, planlama bilgileri ve maliyet bilgileri gibi önem arz eden bilgileri içerir, modelleme kelimesi mimari model, işletme modeli ve statik modeli gibi modellerden oluşmaktadır. YBM süreci fizibiliteden başlayıp, binanın inşası, işletme ve yıkımına kadar uzanarak tüm yaşam döngüsü boyunca uygulanan yaklaşımdır. (Tablo-1)

**Tablo 1: BIM Kavramı (Özorhon, Yapı Bilgi Modellemesi 2018)'dan uyarlanmıştır.**



**Kaynak:** Özorhon, Beliz. 2018. *Yapı Bilgi Modellemesi*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi sayfa:7

YBM ile ilgili uygulama, olgunluk ve gelişim seviyeleri aşağıda açıklanmaktadır.

### 1.1.1. Uygulama Seviyeleri

Yapı Bilgi Modelleme ile tasarım, yapım ve işletme aşamalarında modele eklenen bilgilerle 'boyut(D)' kazandırılır. YBM modeli 7. Boyuta kadar ulaşmaktadır. (Şekil-3) Bu boyutlar:

- 3D (Görselleştirme)
- 4D (Planlama)
- 5D (Maliyet Yönetimi)
- 6D (Sürdürülebilirlik)
- 7D (Tesis Yönetimi)

Sözü geçen boyutlar aşağıda ayrıntılı olarak ele alınacaktır. (What are BIM Dimensions-3D,4D,5D,6D and 7D BIM Explained)

**3D(Görselleştirme):** YBM'nin 3. boyutu, yapının görselleştirilmesiyle ilgili olup temel seviyeyi tanımlamaktadır. Üçüncü boyuttaki modeller dijital ortamda yapının fiziksel özelliklerinin temsil edilmesidir. 2 boyutlu bilgisayar destekli tasarım teknolojisinin aksine oluşturulan elemanlar çizgi değil yapı elemanlarını ifade etmektedir. Farklı disiplinlerdeki yapı elemanlarının birleşik bir ana modele bağlanması, disiplinler arası işbirliğini daha etkin kılarak çakışmasız bir proje geliştirilmiş olur.

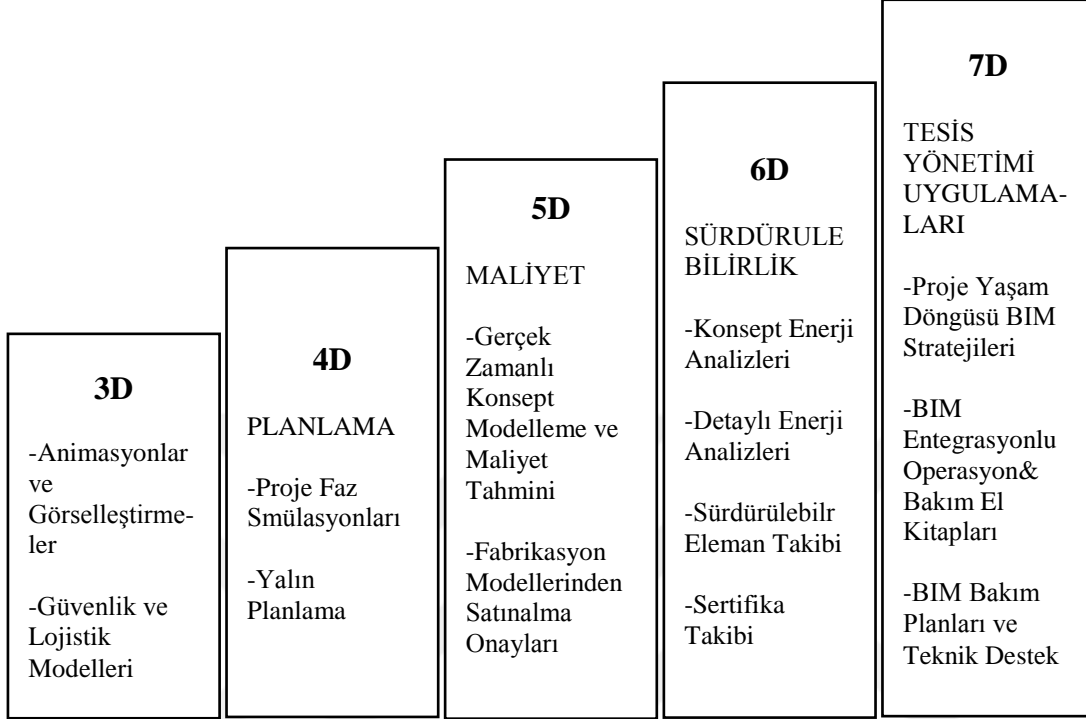
**4D(Planlama):** YBM'nin 4. boyutu olan planlama, zamanla ilgili boyutu tanımlamaktadır. İş programının modele entegre edilmesiyle yapı elemanlarının ne zaman yapılacağı bilinir, bu bilgi sayesinde şantiyeye tam zamanında teslimat yapılır ve depolama azalır.

**5D(Maliyet Yönetimi):** YBM'nin 5. Boyutu yapının bütçe takibi ve maliyeti ile alakalıdır. Mimari, yapısal, mekanik ve elektrik elemanlarına atanan maliyet detay bilgileri sayesinde, istenilen zamanda üç boyutlu modelden maliyet bilgisi doğrudan çekilebilir.

**6D(Sürdürülebilirlik):** YBM'nin 6. Boyutu olan sürdürülebilirlik, binanın performansını daha iyi anlaşılmasını sağlar. Enerji analizleri, malzemelerin sürdürülebilirliği, ulusal standartlardaki bina sertifikasyonu gibi sürdürülebilirlik ile ilgili tüm hedefler bu boyuttur.

**7D(Tesis Yönetimi):** YBM'nin 7. Boyutu olan tesis modeli, yapının ömrü boyunca işletme ve bakım durumu ile ilgili bilgileri kapsar. Yapı tamamlandıktan sonra işletme aşamasındayken modele tanımlanmış elemanların kullanım ömrü, bakım ve işletmesi ile ilgili gereksinimleri karşılar. Binanın sahibine devredildiği aşamayı kapsayan 7. boyut, ömrü dolan ve değiştirilmesi gereken parçaların tespit edilebilmesini sağlayarak doğru bir tesis yönetimi sunar.

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan 3. Boyut geliştirilerek 4. ve 5. Boyutların da kullanılması hedeflenmektedir. YBM'nin boyutları arttıkça hata payı azalarak birlikte çalışma düzeni ortaya çıkarak verim artmaktadır.



**Şekil 3: YBM Boyutları (A Better Built Enviroment 2018)'dan uyarlanmıştır.**

**Kaynak:** 2018. «A Better Built Enviroment.» Hong Kong General Chamber of Commerce. Mayıs. Erişildi: 11 3, 2019. [https://www.chamber.org.hk/en/information/the-bulletin\\_detail.aspx?id=118](https://www.chamber.org.hk/en/information/the-bulletin_detail.aspx?id=118).

### 1.1.2. Olgunluk Seviyeleri

YBM olgunluk seviyeleri, YBM öncesi durumlardan başlayarak YBM'nin gelişimi, olgunlaşması hakkında bilgi veren seviyeler toplamıdır.

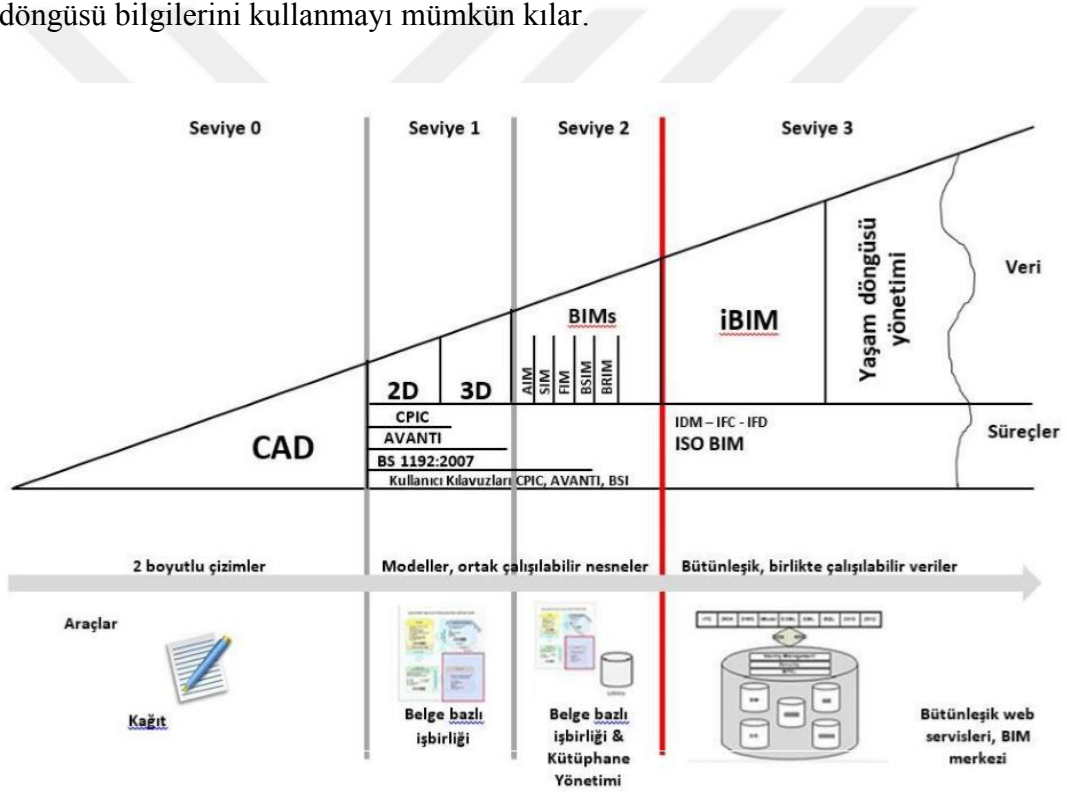
YBM olgunluk seviyeleri, 4 ana seviye altında tanımlanmaktadır. (Şekil-4) 0'dan 3'e kadar tanımlanan olgunluk diyagramı seviyeleri ve bilgi içerikleri: (Yapı Bilgi Modellemesinin Adaptasyonu sayfa:14-15-16 2018)

**Seviye 0:** Seviye 0 en basit haliyle işbirliği olmadığı seviyedir. Seviye 0'da proje taslak olarak yalnızca üretim bilgileri için kullanılır. YBM öncesi durumu temsil eden seviye, engellerin ve verimsizliklerin olduğu geleneksel inşaat uygulamalarıdır. Genellikle formatsız olduğundan kullanımı zordur. Bilgiler kolaylıkla kaybolabilir, bilgi yönetimi zayıf olduğundan hatalı başlangıçlar ve çakışma problemlerine yol açabilir.

**Seviye 1:** İkinci boyuttan üçüncü boyuta geçişi temsil eden 1. Seviye de modeldeki elemanlar gerçek mimari elemanlardır ancak model tek bir disipline aittir diğer disiplinlerdeki teslimatlar genellikle bilgisayar çizimi belgeler olduğundan, veriler uyumsuzdur bu yüzden finans ve maliyet yönetim paketleri birbirleriyle çelişebilir.

**Seviye 2:** İşbirliğinin ve birlikte çalışabilirliğin başladığı seviye 2 de ayrı disiplinlerdeki veriler modelde tutulur ve bu modele 4D planlama ve 5D maliyet verileri eklenebilir.

**Seviye 3:** YBM'nin asıl amacını yansıtan seviye olan 3. Seviye işbirliğinden bütünlük sistemine geçiş aşamasıdır. Bu seviyede planlama, maliyet bilgisi ve yaşam döngüsü bilgilerini kullanmayı mümkün kılar.



**Şekil 4: YBM Olgunluk Seviyesi**

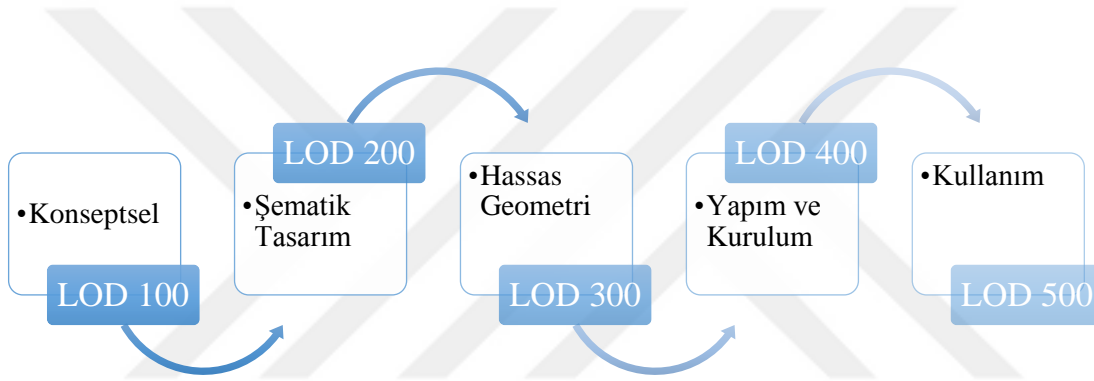
**Kaynak:** Bew&Richards. 2008. «The UK Maturity Model.» *ResearchGate*. Erişildi: 11 10, 2019. [https://www.researchgate.net/figure/The-UK-maturity-Model-Bew-Richards-2008\\_fig3\\_279293516](https://www.researchgate.net/figure/The-UK-maturity-Model-Bew-Richards-2008_fig3_279293516).

### 1.1.3. Gelişim Seviyeleri

Level of Development (LOD) modelin gelişim seviyelerini temsil etmektedir. YBM kullanıcıları arasında modeldeki elemanların özellikleri hakkında iletişim

kalitesini arttırmayı amaçlayan bir referans aracıdır. LOD spesifikasyonu Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) tarafından geliştirilen YBM elemanlarının içeriğini, belirlemesi ve ifade etmesini sağlayan bir referanstır. (LOD Specification sayfa:8 2018)

Kümülatif olan LOD seviyeleri modellerin grafiksel içeriğinin açıklanması olup, LOD 100 seviyesi yapım projesinin ihale aşamasındaki halini temsil ederken, modele veri eklendikçe proje uygulamaya geçtikçe LOD 300, 400, 500 seviyelerine çıkması beklenir. (Şekil-5) LOD 300 seviyesindeki bir eleman, LOD 200 ve 100 seviyesindeki gereksinimleri de karşılamaktadır.



**Şekil 5: LOD Gelişim Seviyeleri (Özorhon, Yapı Bilgi Modellemesi 2018)'dan uyarlanmıştır.**

**Kaynak:** Özorhon, Beliz. 2018. «Yapı Bilgi Modellemesi.» sayfa: 31. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi .

LOD gelişim seviyeleri şu şekilde açıklanabilir: (LOD Specification sayfa:12-13 2019)

- **LOD 100:** Model ögesi, modelde bir sembol veya başka bir genel temsil ile grafiksel olarak temsil edilebilir. LOD 200 seviyesinde ki model elemanı için gereklilikleri karşılamamaktadır. Model elemanları kavramsal düzeydedir. Model bilgileri 2 boyutlu olarak çıktı alınabilmektedir.

- **LOD 200:** Model ögesi içinde, yaklaşık miktar, boyut, şekil, konum ve yönelim gibi verileri içermektedir.
- **LOD 300:** Model ögesi içinde, miktar, boyut, şekil, konum, yönelim açısından belirli bir sistem, nesne veya montaj olarak grafiksel olarak temsil edilir.
- **LOD 400:** Model öğeleri içerisinde, boyut, şekil, detaylandırma, imalat, montaj ve kurulum bilgileriyle konum, miktar ve yön bakımından sistem, nesne veya montaj grafikleri olarak temsil edilir. Bir önceki LOD 300 seviyesine yapım ve montaj bilgilerinin eklenmiş aşamasıdır.
- **LOD 500:** Gerçeğinin boyut, şekil, konum, miktar ve yön açısından doğrulanan model öğeleri uygulama standartlarını içerir ve tesis yönetiminde kullanılabilir. (LOD Specification sayfa:12-13 2019)

LOD seviyelerinin kullanım alanları Tabl-2’de görüldüğü gibi özetlenebilir.

**Tablo 2: LOD Seviyeleri Kullanım Alanları**








**Kaynak:** Özorhon, Beliz. 2018. «Yapı Bilgi Modellemesi.» sayfa: 32. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.

YBM içindeki çeşitli disiplinlerin gelişim durumunu anlatmak için geliştirilmiş bir standart olan LOD model gelişim seviyesi olarak açıklandığı gibi model detay seviyesi olarak da açıklanabilir. Detay seviyesi model detaylarını içererek eleman

girdisi olarak düşünülebilir. Gelişim seviyesi ise elemanın şekli ve içerik bilgisini içererek güvenilir çıktı olarak nitelendirilebilir.

**Tablo 3: Model gelişim seviyesi ve model detay seviyesi**

LOD 100	LOD 200	LOD 300	LOD 400	LOD 500
				
Kavram(Sunum)	Tasarım Geliştirme	Belgeleme	Tasarım Geliştirme	Tesis Yönetimi
<u>Açıklama:</u> <i>Ofis Sandalyesi, Kollar ve Tekerlekler</i>	<u>Açıklama:</u> <i>Ofis Sandalyesi, Kollar ve Tekerlekler</i>	<u>Açıklama:</u> <i>Ofis Sandalyesi, Kollar ve Tekerlekler</i>	<u>Açıklama:</u> <i>Ofis Sandalyesi, Kollar ve Tekerlekler</i>	<u>Açıklama:</u> <i>Ofis Sandalyesi, Kollar ve Tekerlekler</i>
<u>Genişlik:</u> None	<u>Genişlik:</u> 700	<u>Genişlik:</u> 700	<u>Genişlik:</u> 685	<u>Genişlik:</u> 685
<u>Derinlik:</u> None	<u>Derinlik:</u> 450	<u>Derinlik:</u> 450	<u>Derinlik:</u> 430	<u>Derinlik:</u> 430
<u>Yükseklik:</u> None	<u>Yükseklik:</u> 1100	<u>Yükseklik:</u> 1100	<u>Yükseklik:</u> 1085	<u>Yükseklik:</u> 1085
<u>Üretici Firma:</u> Herman Miller, Inc.	<u>Üretici Firma:</u> Herman Miller, Inc.	<u>Üretici Firma:</u> Herman Miller, Inc.	<u>Üretici Firma:</u> Herman Miller, Inc.	<u>Üretici Firma:</u> Herman Miller, Inc.
<u>Model:</u> Mirra	<u>Model:</u> Mirra	<u>Model:</u> Mirra	<u>Model:</u> Mirra	<u>Model:</u> Mirra
<u>LOD:</u> 100	<u>LOD:</u> 200	<u>LOD:</u> 300	<u>LOD:</u> 400	<u>Satın alma tarih:</u> 01/02/2013
Seviyelerdeki verilerden sadece italik yazılanlar kullanılabilir.				

**Kaynak:** Kasım,2013. «BIM and LOD.» sayfa:6. NATSPEC Construction Information .

Yukarıda ki Tablo 3’de belirtildiği gibi LOD seviyeleri o seviyedeki belirtilen sadece kırmızı renkte olan bilgileri içermektedir. LOD seviyesi arttıkça, bilgi içeriği de arttığından, YBM nesnesi de daha gelişmiş bir nesne olmaktadır.

## **1.2. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Tarihi ve Dünyadaki Yeri**

Son yıllarda inşaat sektöründe kullanımı hızla artmaya başlayan YBM teknolojisinin, projelere sağladığı verim fark edilmiştir. Bu durumun fark edilmesi, YBM teknolojisinin giderek gelişmesine ve gelişmeye devam etmesine olanak sağlamaktadır.

### **1.2.1. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Tarihi**

Charls M. Eastman (Chuck Eastman) tarafından geliştirilen ‘Bina Tanımlama Sistemi’ (Building Description System) YBM ile alakalı en eski yazılı belgedir. (Tarihte HVAC-BIM(Building Information Modelling) 2019) Yapı Tanımlama Sistemi 1975 yılında The American Institute of Architects (AIA) Amerikan Mimarlar Enstitüsü tarafından hazırlanan bir dergide daha sonra ise Carnegie-Mellon Üniversitesi tarafından yayınlanmıştır.

Karşılaştırılabilir araştırma ve geliştirme çalışmaları Avrupada özellikle İngiltere’de 1970’lerin sonları ve 1980’lerin başlarında teknolojinin ticarileştirilmesine yönelik erken çabalara paralel olarak gerçekleştirilmiştir. 1980’lerin başında bu yöntem ve yaklaşım ABD’de yaygın olarak Yapı Ürün Modeli (Building Product Model), Avrupa’da özellikle Finlandiya’da Ürün Bilgi Modeli (Product Information Model) olarak tanımlanmıştır. İsimlendirme tekniğindeki bir sonraki adım iki yaklaşımın birleştirilerek (Yapı Ürün Modeli + Ürün Bilgi Modeli) ve yinelenen ürün terimi hesaba katılarak, Yapı Bilgi Modeli adı altında birleştirmek olmuştur. (Eastman, Teicholz, ve diğerleri, BIM Handbook sayfa:XI 2008)

Yaklaşık 40 yıl önce 1982 yılında kurulan Macar şirketi ‘Graphisoft’ 1984 yılında ArchiCAD programını piyasaya sürmüştür. Dünyadaki ilk YBM yazılım programı olan ArchiCAD sanal bina kavramı altında 1987 yılından sonra tanınmıştır. Elektronik çizim tahtasının piyasaya sürülmesinden bir yıl sonra Aralık 1982 yılında Autodesk tarafından 2D AutoCAD programı geliştirilmiştir. (Silva 2012)

ArchiCAD özellikle Avrupa’da konut ve küçük ticari projeler de 2007-2011 yılları arasında önemli kullanıcı kazanımları elde etmiştir. ArchiCAD kullanılarak dünya çapında 1.000.000 proje tasarlanmıştır. Charles River Software isimli şirketlerin kurucuları olan Irwin Jungreis ve Leonid Raiz ikilisi daha karmaşık projeleri işleyebilecekleri bir yazılımın mimari versyonunu oluşturmak amacıyla, 2000 yılında YBM’nin gerçek başlangıcı olacak Revit programını geliştirerek, YBM uygulamalarına yönelik gerçek bir yön değişimi sağlamışlardır. 2002 yılında Revit programını Autodesk satın almıştır. 2013 yılında Autodesk firması tarafından programa diğer mühendislik ve tasarım disiplinleri eklenmiştir. (Quirk)

Revit parametrik aileler oluşturmak için görsel bir programlama ortamı kullanan ve binanın dördüncü boyutunun bina ile ilişkilendirilmesi için süre bilgisinin eklenmesini sağlayarak, YBM teknolojisinde bir devrim niteliğindedir. Bu ilerleme ile YBM modeline dayanarak inşaat programı oluşturularak ve inşaat planlaması yapılabilecek hale gelmiştir.

ArchiCAD yazılımı ile yaygınlaşan sanal yapı konsepti proje yaklaşımlarında değişiklikler yaratmıştır. ArchiCAD ve AutoCAD yazılımları tasarımcılar tarafından iki boyut düzleminde çizim yapmanın kolaylığı sebebiyle iki boyutlu CAD uygulamaları çok kullanılır hale gelmiştir. Ancak 2002 yılından sonra Revit yazılımının sektöre girmesiyle iki boyutlu, proje disiplinlerinin iş birliği içinde çalışmadığı geleneksel yöntemlerden olan CAD uygulamaları değer kaybetmeye başlamıştır. YBM’nin uygulama avantajlarıyla geliştirilen Revit yazılımı son 15 yıllık süreçte gelişmekte olsa da, sektörde kullanımının potansiyel faydaları henüz anlaşılmaya başlandığından son yıllarda giderek hızlanan bir gelişim sergilemektedir.

Modelin doğru ve hızlı bir şekilde geliştirilmesini sağladığı için YBM’nin AutoCAD’den daha başarılı olduğu görülmektedir. Yapı Bilgi Modellemesi bir süreç olup sadece Revit uygulamasından ibaret değildir. Revit bulut paylaşımı, sohbet destek hizmetleri ve diğer etkileşim araçlarıyla işbirliği prosedürünü kolaylaştırdığından diğer YBM yazılımlarından daha ön plandadır. Revitte oluşturulan model, mimar ve mühendislerin etkili tasarımlar geliştirmelerini ve YBM iş akışına entegre olmalarını sağlar. (Revit BIM Profesyonelleri İçin Neden Bu Kadar Önemlidir 2019)

Tasarım ve tasarıma bağılı bilgilerin aynı veri tabanı üzerinden kontrol edildiği Revit programında yapılan bir değişiklik ilişkili olan tüm alanların otomatik olarak değişmesini sağlayarak YBM teknolojisinin program kullanıcıları olan inşaat mühendisleri, mimarlar, tasarımcılar, elektrik, mekanik ve sıhhi tesisat projeleri üreten mühendisler tarafından verimli kullanımını sağlamaktadır. Yapının yapımında kullanılmasının yanında yapının tüm yaşamı boyunca planlamasının yapılmasında da kullanılır.

1995 yılında geliştirilen IFC (International Foundation Classes) dosya formatı bir YBM programından diğere veri değişimi sağlamak için adaptasyonları içermektedir. Programlar arası değişen dosya formatları, özellikle YBM teknolojisi gibi hiyerarşik ve spesifik bilgiler içeren dosyalarda özgünlüğünü yitirdiğinden, IFC formatı YBM programları arasında veri değişimi sağlamak için geliştirilmiştir. Bu geliştirilen formatlar farklı dosya formatlarında koordinasyon sağlamak için tasarlanmış olan Navisworks gibi görüntüleme yazılımlarının da gelişmesiyle, veri toplama, inşaat simülasyonu ve çakışma tespitine olanak sağlamaktadır. IFC modeli, içerisinde her türlü bilgiyi barındırıp kullanıcılar arasında paylaşımı kolaylaştırırken, gereken bilgiye gerektiği yerde ulaşılmasını sağlayarak yapılan işlemi hızlandırmaktadır. (IFC Veri Modeline Dayalı Kavramsal Bir İşbirliği Ortamı sayfa:58 2010)

### **1.2.2. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Dünyada ve Türkiye’de ki Yeri**

Yapı Bilgi Modellemesi tekniği inşaat sektöründe dünyanın pek çok yerinde kullanılmaktadır. Gün geçtikçe dünyadaki kullanımını daha da artan YBM teknolojik ve uygulama alanında bir değişim başlatmıştır.

RICS (Royal Institution of Chartered Surveyors) (Kraliyet Yeminli Araştırmacılar Enstitüsü) 2014 yılı raporunda dünyanın çeşitli bölgelerindeki firmaların YBM kullanım bilgisi verilmiştir. Bu bilgiler doğrultusunda, YBM adaptasyonunun %71 ile en yüksek olduğu ülke Amerika Birleşik Devletleri, en düşük olduğu ülke ise %14 ile Hindistandır. RICS(2014) raporuna göre YBM adaptasyon oranları: (RICS School of Built Enviroment 2014 sayfa:8)

- %70 Amerika Birleşik Devletleri
- %36 Avrupa
- %18-75 çeşitli profesyoneller tarafından benimsenmesi Avustralya
- %25 Orta Doğu
- %22 Hindistan

2007 yılındaki Stanford Üniversitesi Center for Integrated Facilities Engineering (CIFE)'deki bilgilere göre, Yapı Bilgi Modelleme tekniğinin kullanıldığı 32 projedeki rakamsal faydalar (Saygılı, Metro Projelerinin Yapım Aşamasında Karşılaşılan Risklerin Yapı Bilgi Modellemesi Destekli Yönerimi 2019 sayfa:64-65):

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

Olarak belirtilmiştir.

YBM'nin farklı ülkelerdeki gelişimi aşağıdaki gibidir (Araç, Türkiye'de Raylı Sistem Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesine Geçiş Süreçleri Üzerine Örnek Bir Olay İncelemesi Ve Yöntemsel Öneriler sayfa:16-20 2018):

**Amerika Birleşik Devletleri (ABD):** İnşaat sektöründe YBM'nin geliştirilmesi ve uygulanmasında küresel lider olarak adlandırılan ABD'de 1970'lerde tanıtılan Yapı Bilgi Modelleme tekniğinin ilk gerçek uygulaması 90'lardan itibaren 1997 yılında IFC dosyalarının ilk versiyonuyla, hızla benimsenmeye başlandı. ABD'deki tüm devlet tesislerinin yapımından sorumlu olan General Services Administration(Genel Hizmetler Dairesi) 2003 yılında YBM'yi kullanmaya başlayarak 2007 yılından itibaren kamu projelerinde YBM kullanımını zorunlu hale getirmiştir. GSA Uluslararası YBM Standardı (National BIM Standard) dokümanı gibi kılavuz ve standartlar geliştirmişlerdir.

**İngiltere:** İngiliz hükümeti tarafından kendi inşaat sektörünü YBM lideri konumuna getirmek için bir YBM uygulama stratejisi ortaya konulmuştur. 2011 yılında oluşturulan İngiltere Hükümeti İnşaat Strateji Planı (The UK Government Construction Strategy) ile 5 yıllık aşamalı bir uygulama planıyla sektörü ve çalışanları hazırlayarak 2016 yılında tüm kamu projelerinde YBM kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Bu stratejiyle firmaların gereksinimlerini karşılamak için gereken teknolojik yeterlilikleri yerine getirme gerçeği ortaya çıkmıştır. İngiltere YBM teslim sistemini kolaylaştırmak için BIM Task Group'u kurmuştur. BIM Task Group devlet inşaat stratejisini desteklemek üzere YBM'nin hükümetler arasında kabul edilmesini sağlamak için kurulmuştur.

**Avustralya:** Avustralya'da YBM kullanımını şu anda çok yaygın olmamakla birlikte, herhangi bir devlet zorlaması da bulunmamaktadır. Fakat son yıllardaki yapılan girişimler projelerin üretkenliğinin artırılması ve rekabet avantajı elde edilmesi hususunda bilgilendirilmesi sonucunda YBM'ye olan ilgi giderek artmıştır. 'Building Smart' organizasyonu Avustralya'da ki YBM'nin kullanımını ve geliştirilmesinde öncülük etmektedir. Ayrıca Building Smart organizasyonu herkese açık YBM konseptinin yaratılması için, yazılım ve tedarikçi firmaların katkılarıyla 'Open BIM Alliance of Australia' adlı bir ortaklık kurmuştur.

**İskandinavya Ülkeleri:** İskandinav ülkeleri güçlü YBM destekleyicileridir, YBM adaptasyon ve uygulamalarında birer lider oldukları söylenebilir. Bu ülkeler ilk YBM programı olan ArhiCAD'i piyasaya sürüldüğü ilk yıllardan kullanmaya başlayarak destekçisi olmuşlardır.

- **Danimarka:** Güçlü bir YBM destekçisi olan Danimarka, araştırma ve geliştirmeye yoğun bir yatırım yapmaktadır. Devlet kurumları projelerinde YBM kullanımını zorunlu kılmaktadır.
- **Finlandiya:** 1970'li yıllardan beri bilgi teknolojileri ve inşaat sektöründe araştırmalar yapan Finlandiya, kamu sektöründe 2007 yılından itibaren yol gösterici olarak ve IFC uyumlu YBM modellerini zorunlu kılarak YBM adaptasyonunda itici güç olmuştur.

- **Norveç:** Norveç'te Statsbygg isimli firma devlet tesislerinin yapımından, yönetiminden ve geliştirilmesinden sorumludur. Projelerinde YBM'nin yaygın kullanımını sağlayarak öncülük etmektedir. 2007 yılından beri projelerinde YBM kullanımı, 2010 yılından itibaren de IFC uyumlu YBM kullanımını zorunlu hale getirmiştir.

**Japonya:** Japonya, McGraw Hill(2014)'in yaptığı çalışmasında (McGraw Hill Construction 2014) YBM uygulamalarının yüksek seviyede kullanıldığı ülkelerden biri olarak gösterilmiştir. Araştırmalar sonucunda, tedarik zinciri yöntem, model-odaklı robotik bilimi ve yapım-sonrası aktivitelerde yüksek bir YBM kullanım oranına sahiptir.

**Çin:** Çin inşaat sektörü, YBM adaptasyonunun ilk aşamalarında. 2012 yılında China Construction Industry Association (Çin İnşaat Sanayi Derneği) tarafından yapılan ankette 388 inşaat firmasından %15'inden daha azının YBM teknolojisini kullandığı tespit edilmiş olup, Çin'de YBM'nin yaygın kullanımı görülmemektedir. Ülkenin yasalarına göre geleneksel yöntem olan yapım ve tasarım aşamalarının ayrı tutulması YBM kullanımının yaygınlaşmamasındaki engel olarak görülmektedir. Çin'de var olan YBM Birliği, Bilim ve Teknoloji Bakanlığı tarafından 2013 yılında Çin Sanayi Teknoloji İnovasyon Stratejik İttifakının bir parçası olarak kurulmuştur.

**Güney Kore:** Güney Kore oldukça yüksek teknolojiye sahip ve okul eğitimindeki teknolojileriyle liderlerinden biri olmasına rağmen, YBM kullanımında bölgedeki diğer ülkelere kıyasla, daha düşük seviyede olduğu görülmektedir.

**Singapur:** Singapore Building and Construction Authority (BCA) (Singapur Yapı ve İnşaat Kurumu), 2015 yılından itibaren YBM'nin kamu projelerinde geniş ölçekte kullanılmasını sağlamak için bir strateji geliştirmiştir. 2000 yılında Construction and Real Estate Network (CORENT) programı kurularak, sektör bilgi teknolojilerini kullanmaya yönlendirilmiştir. CORENT, projeciler arasında bilgi paylaşımı, değişimini sağlamak için gerekli ortamı hazırlamaktadır.

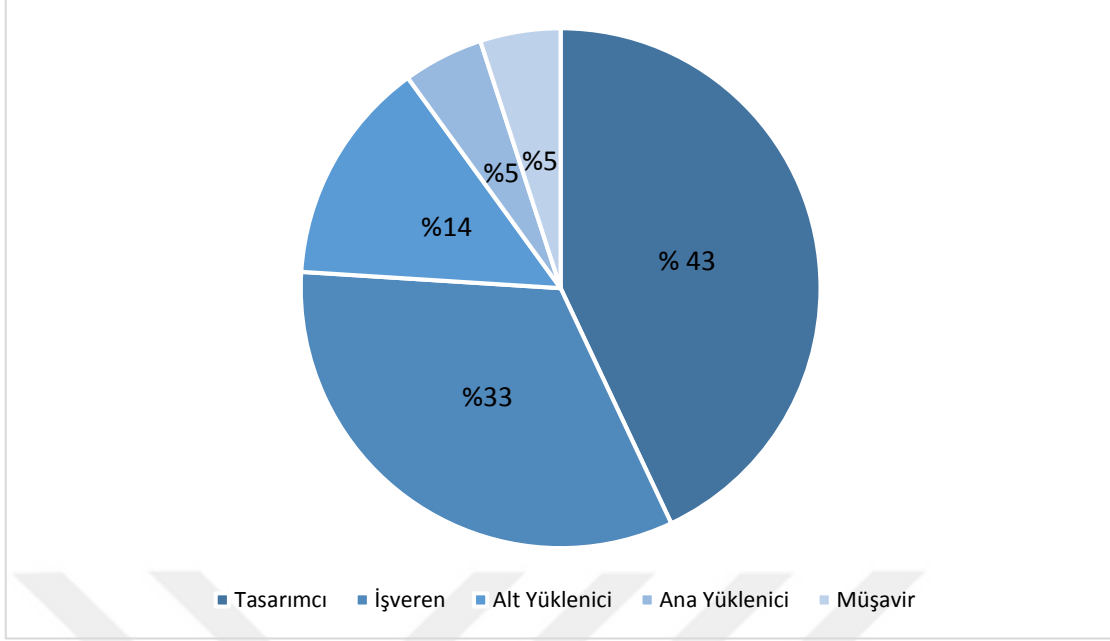
**Brezilya:** Latin Amerika'nın en büyük ekonomisine sahip olan Brezilya, McGraw Hill'in anketine göre inşaat sektörünün YBM kullanımına yeni yeni başlamasına rağmen ülke çapında bu yönde bir hızlanmanın olduğunu belirtilmektedir.

**Hindistan:** McGraw Hill (2014) Hindistan'daki YBM uygulamalarının ilk aşamada olduğunu belirterek, büyük inşaat şirketleri tarafından YBM'nin otel ve havalimanı gibi geniş kapsamlı projelerde giderek daha fazla kullanıldığını, ancak şu anda daha geniş ölçekte henüz yaygın olarak benimsenmediğini tespit etmiştir.

**Birleşik Arap Emirlikleri:** Birleşik Arap Emirliklerinde YBM uygulamalarını ilk talep eden kurum olan Dubai Belediyesi, 2016 yılından itibaren 40 kat ve üstü yapılarda ve İngiltere'deki uygulamanın takibi ile 2016 yılından sonra devlet projelerinde YBM kullanımını zorunlu kılmıştır.

**Türkiye:** Türkiye'de son yıllarda kullanımının arttığı YBM uygulamalarına yönelik yatırımlar yapılmaya başlanıp, sisteme geçiş için teşvik edilmektedir. YBM teknolojisine bakış açısı olumlu olduğundan, devlet kurumlarında YBM uygulamaları kullanımının zorunlu hale getirilmesi için ihale çalışmaları gündeme getirilmektedir. Devlet kurumları yanı sıra özel sektördeki tasarımcı ve müteahhitlik firmaları, YBM sistemine geçiş sürecinde altyapı ve donanım hazırlığı çalışmalarına başlamaktadır. Sektördeki uzmanlar, mühendis ve mimarlar YBM sistemindeki uygulamalar, programlar ve yeniliklere uzak olduğundan bu şekilde başlatılan çalışmalar sektörde çalışanların daha rahat bir şekilde YBM teknolojisine ayak uydurmasını sağlayacaktır. Türk inşaat sektöründe özellikle entegrasyonun büyük önem taşıdığı raylı sistem projelerinde YBM uygulama girişimleri gözlemlenmektedir.

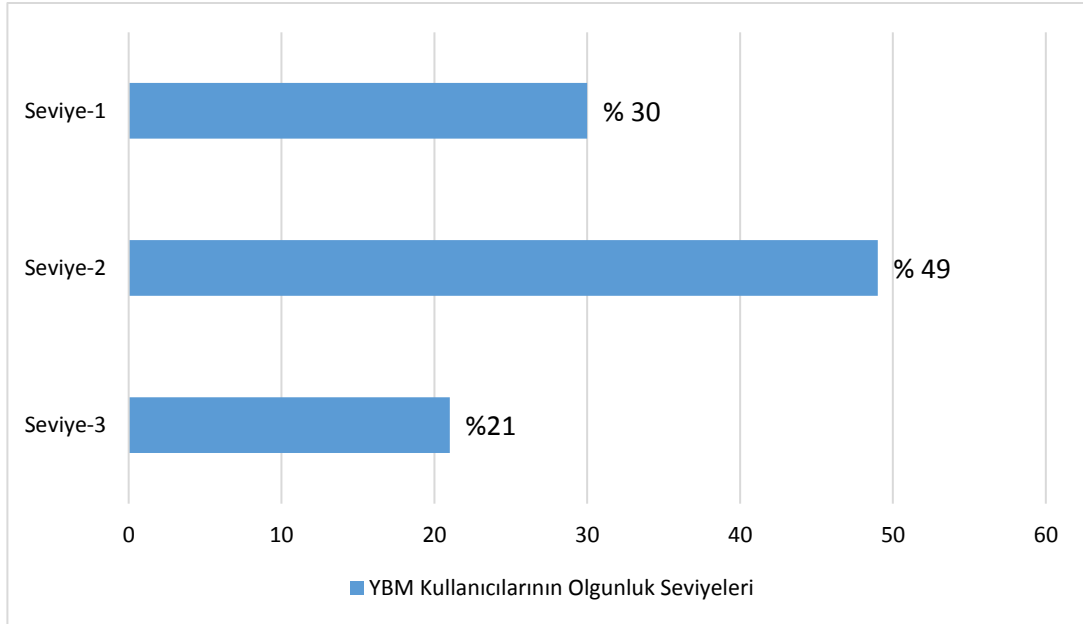
Türk inşaat sektöründe YBM uygulamalarını incelemek ve kritik başarı faktörlerini belirlemek üzere Özorhon ve Karahan'ın 2016 yılında gerçekleştirdiği anket çalışması sonucunda, aşağıdaki şekillerde belirtilen değerlere ulaşılmıştır. (Özorhon, Yapı Bilgi Modellemesi sayfa:71 2018)



**Şekil 6:İş Alanlarına Göre YBM Kullanımı**

**Kaynak:** 2018. *Yapı Bilgi Modellemesi*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi sayfa:72.

Projelerinde YBM kullandıkları belirtilen anket (Şekil-6) katılımcılarının, %43'ü tasarımcı %33 ise işverendir. Bu yüzdeler dünyadaki diğer ülkelere kıyasla az gibi görünse de YBM son yıllarda Türkiye’de hızla yaygınlaşmaktadır.



**Şekil 7:YBM Kullanıcılarının Olgunluk Seviyeleri (Özorhon, Yapı Bilgi Modellemesi 2018)’dan uyarlanmıştır.**

**Kaynak:** 2018.*Yapı Bilgi Modellemesi*. İstanbul:Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi sayfa:73.

Yukarıdaki Şekil-7'den de anlaşılacağı üzere, YBM genellikle Seviye-2'de kullanıldığı anlaşılmaktadır. YBM öncesi durum dikkata alınmadığından Seviye-0 ankete dahil edilmemiştir.

Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin kullanımının proje tiplerine göre dağılımı: (Özorhon, Yapı Bilgi Modellemesi İstanbul)

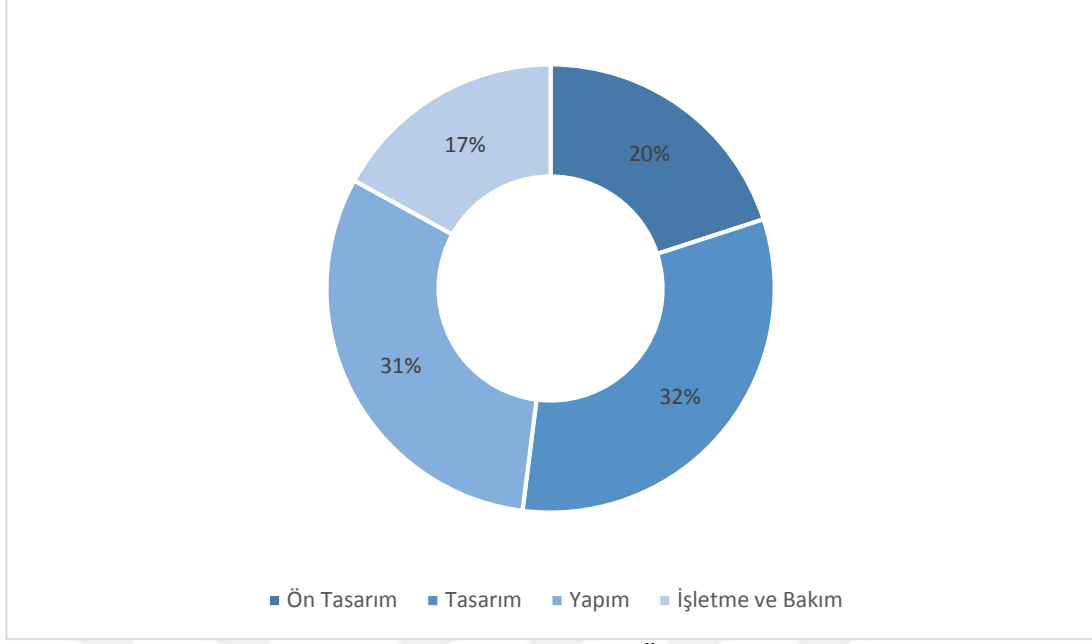
- Konut Projeleri %34,
- Kurumsal ve Ticari Binalar %28,
- Endüstriyel İnşaatlar %26,
- Altyapı Projeleri %12

olarak çıkan anket sonuçlarına göre YBM sırasıyla en çok konut projelerinde, ofis/ticari bina projelerinde ve endüstriyel projelerde kullanıldığı sonucu çıkmıştır.

### **1.3. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Proje Sürecinde Kullanımı**

YBM, farklı paydaşların birlikte çalışmasına izin veren işbirliği protokollerini desteklemektedir. Paydaşlar, tanımlanan ekip hiyerarşisi, disiplin bazlı proje organizasyonu, kullanıcı yetkilendirmeleri, ortak veri formatları ve sunucu destekli işbirliği olanaklarıyla aynı proje üzerinde birlikte paralel çalışabilirler. Paydaşların ortak veri ortamında gerçekleştirdiği iletişime birlikte çalışabilirlik adı verilir. YBM sayesinde geçmişte birlikte çalışabilme ile ilgili yetersizlikler nedeniyle yaşanan ilave maliyetler büyük ölçüde ortadan kalkmaktadır. (Yapı Bilgi Modelleme ve Kullanım Alanları sayfa:1 2016)

AEC (Architecture engineering construction (mimarlık mühendislik ve inşaat)) sektörünün paydaşları tarafından görselleştirme ve organizasyon aracı olarak kullanılan YBM, günümüzde yapıların bütün yaşam döngüsü boyunca performansını geliştirmek için bir süreç olarak kullanılmaktadır. YBM, proje yaşam döngüsü boyunca meydana gelebilecek değişiklikleri yönetebilmek için kullanılacak strateji ve süreçlerin oluşturulmasını destekleyen bir çalışma platformudur. (Saygılı, Metro Projelerinin Yapım Aşamasında Karşılaşılan Risklerin Yapı Bilgi Modellemesi Destekli Yönetimi sayfa:51 2019)



**Şekil 8:YBM Proje Aşamalarında Kullanımı (Özorhon, Yapı Bilgi Modellemesi 2018)'dan uyarlanmıştır.**

**Kaynak:** 2018. *Yapı Bilgi Modellemesi*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi sayfa:74.

Proje maliyetini düşürmek, proje teslim süresini azaltmak, üretkenliği ve kaliteyi arttırmayı hedefleyen YBM, Türkiye’de daha çok tasarım, yapım öncesi aşamalarında kullanılmakta olup, yapım aşamasında kullanımı konusunda ilgiler artmakla birlikte işletme aşamasındaki kullanımı son derece kısıtlıdır. Şekil-8’de YBM’nin proje aşamalarında kullanım dağılımından yola çıkılarak, firmalar YBM’yi daha çok tasarım ve yapım aşamalarda kullanırken, işletme ve bakım aşamasında YBM kullanımı oldukça sınırlıdır.

### **1.3.1. Ön Tasarım Aşamasında Yapı Bilgi Modelleme Teknolojisi Kullanımı**

İnşaat projelerinde tasarım öncesi aşama, tüm işletme ve projenin devam etmesi için yönlerin belirlenmesinde oldukça etkilidir. Geleneksel yöntemlerde projenin tasarım öncesi aşaması, uzmanların deneyimine ve sezgilerine bağlıdır. Ancak inşaat projeleri büyüdükçe ve karmaşıktıkça, ilgili bilgi ve analiz edilen veri miktarı da artmaktadır.

YBM'nin projenin ön tasarım aşamasında kullanılmasıyla YBM kavramını ve planlama aşamalarında projecilerin karar vermesini destekleme amaçlanmaktadır. Mimari planlamaları tanımlayarak, ileri çalışmaları analiz ederek, planlama ve karar verme süreçlerine etkin bir şekilde destek olan YBM teknolojisi ile planlama görevlerinin nasıl olabileceğini kontrol etmek için simülasyon ekranları oluşturularak her duruma göre destekleyici planlama rolleri incelenir. (Nam-Hyuk Ham 2008)

Bu aşamada çoğunlukla modelleme aracı olarak kullanılan YBM, projenin ileri aşamalarında bilgileri toplama ve analiz etme konusunda iyi sonuçlar vermektedir.

### **1.3.2. Tasarım Aşamasında Yapı Bilgi Modelleme Teknolojisi Kullanımı**

Projede maliyet tahminleri ve enerji kullanım analizleri aşamasına gelinip gerekli analizler yapıldığında, gereken önemli değişikliklerin yapılması için çok geç kalınmaktadır, zamanında fark edilemeyen analiz ve tahminler daha sonra ki aşamalarda proje iyileştirmeleri ile çözümlenerek projenin orijinal tasarımdan ödün vermekle sonuçlanabilir.

Tasarım aşamasında YBM programları, mimari ekipler tarafından modelleme aracı olarak kullanılmaktadır. Görselleştirme açısından çok başarı sonuçlar veren programlar, projenin 3 boyutlu sanal gösterimini sağlamaktadır. (Yapı Bilgi Modelleme Uygulama Planı Üzerine İnceleme sayfa: 424)

### **1.3.3. Yapım Aşamasında Yapı Bilgi Modelleme Teknolojisinin Kullanımı**

İnşaat işi başlangıcından önce uzmanlar yapının üretimi planlamalıdır. Bu planlama yapım uygulamasında maksimum verim almak için önem arz etmektedir. Projecilerin YBM desteğiyle yapacağı planlar projenin maliyet, süre ve kalitesine ilişkin sapmaları en aza indirgeyerek, tüm ihtiyaçları karşılamayı amaçlar.

Uygulamaya esas yapıma altlık olacak projelerde değişiklik yapıldığında bu değişikliğin projeye hızlıca aktarılması inşaat sahasının aksamaması için oldukça önem taşır. Projede yapılan değişiklik YBM teknolojisinin yenilikleriyle tüm disiplinlere entegre olup, yapılan değişikliğin her hangi bir çakışmaya sebep olup

olmadığını, süreye ve maliyete olan etkilerini tespit ederek, projeye yapım aşamasında birçok açıdan katkı sağlar.

İnşaat aşamasında, proje ekipleri, YBM modelini sürekli güncellemek zorundadır. Böylece, yapım aşaması bittikten sonra, tesis yöneticileri bina işletme ve bakımı için kullanılabilir en güncel bilgilere sahip olmaktadır. (Building Information Modeling Now and Beyond sayfa:20 2012)

YBM kullanımıyla inşaat endüstrisinde bilgi alışverişinin önemi daha fazla dikkate alınmaktadır. YBM teknolojisi aşağıdaki aşamaları birbirinden ayırt ederek kullanımlarını sağlamaktadır. (Information Management in The Application of BIM in Construction Stages of Construction sayfa:834 2016)

- Tasarım ve çalışma dokümanlarının aktarılması
- İnşaat alanında, organizasyonel iş ve üretim planlamasının yapılması,
- Geçici binaların planlanması,
- Yapıların gerektiği durumlarda bütün olarak ortadan kaldırılması ya da yıkılması,
- Malzemelerin tedarik edilmesi ve depolanması,
- Yapım işleri uygulamaları,
- Yönetimsel dokümantasyonlarının hazırlanması,
- İmalat ve ekipmanların yapım ve bakımının tamamlanması,
- İşverenin teknik denetimi,
- Testler

Yapım sürecinde YBM kullanımı ne kadar verimli olursa, bir sonraki aşama olan, yapım sonrası evredeki YBM kullanımını doğrudan etkilemektedir.

#### **1.3.4. Yapım Sonrası Yapının Kullanımı ve İşletmesi Aşamasında Yapı Bilgi Modelleme Teknolojisinin Kullanımı**

Yapıların yaşam döngüsü içerisinde tasarım ve yapım evreleri kadar işletme ve bakım evreleri de büyük bir öneme sahiptir. YBM tesis yönetiminde kullanılarak, alanların özelleştirilmesi ve binaların son kullanıcıların gereksinimlerine uygun olarak tasarlanması yoluyla, iş performansını arttırmayı amaçlamaktadır.

Geleneksel projelendirme yöntemlerin de, çizimler ve proje için bazı gereken bilgiler farklı programlar kullanılarak, kaydedilmekteydi (Proje çizimleri AutoCAD, Bilgiler Excel formatı gibi). Bu formatlar birbirleri ile uyumsuz olduklarından transfer sorunu önemli bir zaman kaybına sebep olmaktadır.

YBM, sayesinde yapı hakkında ki kritik bilgilere tek bir elektronik dosya ile ulaşabilmek mümkündür. Tesis yöneticileri, YBM dosyası içerisindeki herhangi bir eleman hakkında garanti, kullanım ömrü, bakım, kontrol, yenileme maliyeti, kurulum ve onarım bilgilerine dosya içerisinden rahatlıkla ulaşabilir.

Yapı bilgi modeli, bir tesis hakkında planlama, tasarım ve inşaat yoluyla geliştiği için tam bilgi içermektedir. Bu bilgiler tesis yöneticileri tarafından tesisi yönetiminde kullanılabilir, böylece tesisin işletimi ve bakımı daha verimli hale getirilir. Araştırmalara göre, bir tesisin yaşam döngüsü maliyetinin %85'inin inşaat tamamlandıktan sonra, işletme ve bakım aşamasında harcandığı görülmektedir. Yetersiz bilgi erişimi ve birlikte çalışabilirlik sorunları nedeni ile, çok fazla maliyet kaybı yaşanmaktadır. YBM teknolojisinin mali kayıpları önlenmesine önemli ölçüde yardımcı olabilir. (Azhar, Khalfan ve Maqsood sayfa:21 2012 )

YBM kullanımı, yapım sonrasında daha iyi tesis işletimi ve yönetimi sağlamaktadır. Uygulama süreci tesis yönetimi tarafından değerlendirildiğinde, modelden alınan veriler işletme, bakım ve olası yeniden işletmeye alma veya hizmetten çıkarma çalışmalarını ortaya koymaktadır.

#### **1.4. Mimari Tasarım ve Yapı Bilgi Modelleme Teknolojisi**

Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisi sayesinde proje yaşam döngüsü boyunca, daha iyi tasarım kararları alınmasını, binanın performansının artırılmasını, daha etkili iş birliği içinde olmak sağlanmaktadır. YBM, bina modellerinin detaylandırılmasını kısmen otomatikleştirerek, çabayı yeniden dağıtarak kavramsal tasarıma daha fazla önem verir.

Tasarım süreci, bir proje hakkındaki bilgilerin başlangıçta tanımlandığı ve dokümantasyon yapısının daha sonraki aşamalarda eklenen bilgiler için düzenlendiği

faaliyettir. YBM sayesinde, tasarım detaylandırması, yapım yöntemleri ve çevresel performans analizleri de dahil olmak üzere, beklenen sonuçların bilgileri verilir.

YBM teknolojisi ile yapılan tasarım sırasında kullanılan teknik servis çeşitleri (Eastman, Teicholz, ve diğerleri, sayfa: 155 BIM Handbook 2008):

- Finansal ve nakit akış analizleri
- Hastanelerde yapılan hizmetler dahil olmak üzere temel işlevler, huzur evleri, havaalanları, kongre merkezleri, restoranlar, otoparklar, tiyatro kompleksleri vb. mekanların analizleri
- Otopark, drenaj sistemleri, karayolları dahil vaziyet planları
- Tasarım ve aşağıda belirtilen tüm bina sistemlerinin analizi ve simülasyonu
  - Yapı
  - Mekanik ve havalandırma santralleri
  - Acil durum alarmı / Kontrol sistemleri
  - Aydınlatma
  - Akustik
  - Perde duvar sistemleri
  - Enerji tasarrufu ve hava kalitesi
  - Dikey dolaşım
  - Güvenlik
- Maliyet tahmini
- Erişilebilirlik değerlendirmesi
- Çevre düzenlemeleri
- Dış bina temizlik ve bakımı
- Dış aydınlatma ve tabela

Tasarım hizmetleri potansiyel olarak çeşitli bina sistemlerini, farklı bina tiplerini ve binalardan talep edilen özel hizmetlerini (örneğin bir laboratuvar tasarlanırken laboratuvar ekipmanları özel hizmet olarak nitelendirilebilir) kapsar, bu hizmetler bazen birincil tasarım şirketi yürütülürken sıklıkla, danışman olarak tutulan firmalar tarafından üstlenilir.

Yapı bilgi modellemesi teknolojisi proje sürecinde ki tasarım rollerine göre değişken bakış açılarıyla, sürecin mimari tasarım açısından daha verimli devamını sağlamaktadır. Proje sürecine göre değişen bakış açıları (Eastman, Teicholz, ve diğerleri, sayfa:158-188 BIM Handbook 2008):

- **Kavramsal Tasarım ve Ön Analizler:** İlk bakış açış olarak nitelendirilen kavramsal tasarım, temel bina planını, kitesini ve üretimini, binanın sahadaki yerleşimini, yönünü, yapısını ve projenin temel bina programını belirlemeyi içermektedir. Bu aşama bir çok proje için tipik ve geleneksel bilinmeyenleri içermektedir, YBM teknolojisi sayesinde alınan hızlı geri bildirimler, bu aşamada alınan kararların kalitesinde olumlu açıdan büyük ölçüde etkiye sahip olmaktadır. YBM ile alınan ilk kararlar da çevresel veriler daha etkin bir şekilde göz önüne alındığı için daha iyi inşaat programı, inşaat ve işletme maliyeti kısıtlaması bilgileri içerir.
- **Bina Sistem Tasarımı ve Analizi/Simülasyon:** İkinci bakış açısı olarak, tasarım ve analiz için YBM yapı sistemleri olarak açıklanır. Bu bağlamdaki analiz çalışmaları ile bina yapımında beklenen fiziksel parametrelerin etkileri ölçülmektedir. Analiz, projenin performansını, yapısal bütünlüğünü, sıcaklık kontrolü, havalandırma, aydınlatma, sirkülasyon, akustik, enerji dağıtımı ve tüketimi, su temini ve atık imha gibi çeşitli işlevsel başlıkları kapsamaktadır.
- **İnşaat Düzeyinde Bina Modeli:** Üçüncü bakış açısı olan inşaat düzeyinde bina modeli, bina modelleme yazılımı, standart veya önceden belirlenmiş inşaat belgelerinin oluşturulmasını hızlandırarak yerleştirme ve kompozisyon kurallarını içerir. YBM, bu süreci hızlandırma ve kaliteyi artırma seçeneği sunar.
- **Tasarım-İnşaat Entegrasyonu:** Dördüncü ve son bakış açısı olan tasarım ve inşaat entegrasyonu, iyi entegre edilmiş tasarım-inşaa süreçleri için geçerlidir. Tasarımdan sonra veya tasarıma paralel olarak, yapının hızlı, verimli bir şekilde inşa edilmesini kolaylaştırır. Tasarım ve inşaat kavramlarının YBM teknolojisi ile projenin başından

başlayarak entegre bir şekilde kurgulanması, inşaatla ilgili hususların projenin en başından itibaren etkilemesine izin vermesini sağlar.

Yapı performansının ve kalitesinin artmasına neden olan konsept, fizibilite ve tasarım analizi YBM teknolojisi sayesinde inşaat evresi öncesinde yapılabilmektedir, bu durum YBM'nin mimari tasarımla kullanımının temel avantajıdır. Daha sağlıklı tasarım görselleştirme, değişikliklerin gerekli olduğu durumlarda otomatik ve kolay düzeltilebilir olanağı, 2 boyutlu çizimlerin üretimi, projecilerin iş birliği içinde olması, enerji verimliliği ve sürdürülebilirlik çalışmaları konusunda sağladığı avantajlar da YBM'nin mimari tasarımla kullanımının başlıca avantajı olarak sıralandırılabilir.

Mimari tasarımda YBM kullanımları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Zikic):

- Tasarım Bağlantıları
  - Mimari Tasarım Geliştirme
  - Programlama
  - Mevcut Koşulların Modellenmesi
  - Arazi Analizleri ve Seçimi
  - Tasarım Yorumları
  - İnşaat İmkanları
  - 3 Boyutlu Tasarım Kordinasyonu
  - Sanal Maketler
- Sistem Analizleri: Yapılan mimari tasarım doğrultusunda diğer sistemlerin yapılan tasarıma olan uyumunun analiz edilebilir durumudur.
  - Güvenlik Doğrulaması
  - Mühendislik Analizleri
  - Strüktürel Analizler
  - Aydınlatma Analizleri
  - HVAC(Heating, Ventilation and Air conditions) (Isıtma, Havalandırma ve Klima) Analizleri
  - Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi

- Tahmin: Yapılan mimari tasarımın inşaat aşamasında ve sonrasındaki etkilerin tahmin edilme durumudur.
  - Maliyet Tahminleri
  - Metraj
- Programlama
  - Faz Planlaması

## **1.5. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisi Kullanımının Olumlu ve Olumsuz Yönleri**

Dünyada teknolojinin hızla gelişmesinden inşaat sektörü de payını almıştır. İnşaat sektörü gelişmesi ile birlikte projeler daha karmaşık hale gelmişlerdir. Karmaşık hale gelen projelerin çiziminde geleneksel yöntemler yetersiz kalmakta olup, YBM teknolojisiyle projelendirilmesi, daha verimli olmaktadır. Bu durumdan ötürü, YBM inşaat sektöründe tasarım ve proje yönetim metotlarının da çeşitlenmesine sebebiyet vermiştir.

### **1.5.1. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisi Kullanımının Olumlu Yönleri**

İnşaat sektöründe geleneksel yöntemler YBM'nin gelişmesiyle, zamanla sektörde kullanımı azalarak tarih olmaya başlamaktadır. YBM teknolojisi geleneksel yöntemlere göre:

- Daha kısa süre,
- Daha az hata oranı,
- Daha düşük yapım maliyeti,
- Daha yüksek kalite.

gibi değişiklikler sağlamaktadır. YBM teknolojisi ile proje başından itibaren tüm disiplinler beraber çalıştığından, projenin ileri safhalarında ortaya çıkabilecek bir problem, başlarda tespit edilerek, zamandan tasarruf edilmesini, proje başında tespit edilen hata o anda düzeltildiğinden, yapıma etki etmediği için düzeltme maliyetlerinin ortadan kalkmasını ve hataların inşaa aşamasına gelmeden tespit edilip düzeltilmesini sağlamaktadır.

Stanford Üniversitesi'nde yapılan bir araştırmaya göre Yapı Bilgi Modellemesi kullanımının faydaları: (Araç, Türkiyede Raylı Sistem Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesine Geçiş Süreçleri Üzerine Bir Örnek İncelemesi Ve Yönetimsel Öneriler sayfa:38 2018)

- Bütçelendirilmemiş değişikliklerde %40'a kadar azalma,
- Geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında %3 daha doğru maliyet tahmini,
- Maliyet tahminine ayrılan zamanda %80'e varan azalma,
- Çakışma tespitlerinin sayesinde sözleşme bedelinde %10'a kadar azalma,
- Proje süresinde %7'e kadar azalma,

Olarak belirlenmiştir.

Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin proje sürecinde kullanımının yararları aşağıdaki gibi sıralanabilir: (Eastman, Teicholz, ve diğerleri, sayfa:16-21 BIM Handbook 2008)

Ön Tasarım Aşaması:

- Konsept, fizibilite ve tasarım faydaları
- Bina performansı ve kalitesinin artması

Tasarım Aşaması:

- Görselleştirmenin daha erken safhalarda ve daha doğru yapılması
- Tasarımda yapılan herhangi bir değişiklik de modele bağlı bilgilerin otomatik değişmesi
- Tasarımın her aşamasında doğru ve tutarlı 2D çizimlerin üretilebilmesi
- Disiplinler arası erken işbirliği
- Tasarım kararlarının daha hızlı denetlenip, kontrol edilebilmesi
- Tasarım aşamasından maliyet tahminlerinin oluşturulabilmesi
- Enerji verimliliğinin ve sürdürülebilirliğin geliştirilebilmesi

#### Yapım Aşaması:

- Tasarım ve inşaatın eşgüdümlü planlanması
- İnşaat aşamasından önce tasarım hatalarının tespit edilmesi
- Tasarım ve yerleşim kararlarında çıkan problemlere hızlı tepki ile problemin hemen düzeltilmesi
- Daha iyi uygulama ve yalın yapı teknikleri
- Tasarım ve inşaatın tedarik süreciyle senkronize olması
- Yapım belirsizliklerinin azalması
- Daha kaliteli üretim

#### Yapım Sonrası Aşama:

- Tesisin daha iyi yönetilmesi ve işletilmesi
- Tesis işletme ve yönetim faaliyetlerinin entegre olması

YBM teknolojisi sayesinde herhangi bir proje tasarlanırken veya çizilmeye başlandığında, projeye ait süperpoze çalışmasında farklı disiplinlere ait pek çok teknik bilgilere ulaşılabiliriz, çakışma durumlarında ise model üzerinden rahatça çözüm sağlayabilir.

#### **1.5.2. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisi Kullanımının Olumsuz Yönleri**

İnşaat sektörü için büyük katkıları olan YBM, bütün yararlarına karşın bazı zorluklar da barındırmaktadır. Aşılması gereken ilk engel YBM modelinin sahibinin kimin olacağıdır. Tasarım, imalat ve yapım veri setleri olan YBM modelinde, modelin sahibinin kimin olacağı, modelden kimin sorumlu olacağı ve kimin para ödeyeceği yeterince açık değildir. American Institute of Architects and Associated General Contractors(AIA/AGC) (Amerikan Mimarlar ve İlişkili Genel Yükleniciler Enstitüsü) bu problemi çözebilmek için kılavuzlar üzerinde çalışmaktadırlar. (Araç, Türkiye'de Raylı Sistem Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesine Geçiş Süreçleri Üzerinde Bir Örnek Olay İncelenmesi ve Yönetimsel Öneriler 2018 sayfa:41-41)

Diğer bir problem olarak YBM için gereken yazılım programlarının lisanslı olma durumudur. Lisanssız bir program kullanma durumunda tüm bilgilerin

kaybolması problemi mevcuttur ayrıca lisanssız program kullanmak yasal olarak suç teşkil etmektedir. Farklı disiplinlerin kullandığı programların versiyonlarındaki farklılıklar YBM'nin verimli çalışmasına engel oluşturacağından sözleşme aşamasında versiyon belirlenip tüm disiplinlerin belirlenen versiyona göre çalışması çözüm olarak sunulabilir. (Araç, Türkiye'de Raylı Sistem Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesine Geçiş Süreçleri Üzerinde Bir Örnek Olay İncelenmesi ve Yönetimsel Öneriler 2018 sayfa:41-41)

YBM teknolojisine geçişte zorluk olarak gösterilebilecek diğer bir konu ise, öğrenme eğrisi ve tecrübeli personel yetersizliğidir. İnşaat sektöründe yıllardır süregelen geleneksel yöntemler mantığı iyice oturmuştur, deneyimli tüm uzmanlar geleneksel yöntemlere alışmışlardır ve etkin bir şekilde geleneksel tarzdaki bilgisayar destekli tasarım programlarını kullanmaktadırlar. Yeni yetişen çalışanlar için ise, YBM teknolojinin ana mantığı olan projenin en başında maksimum çalışmanın süreç ilerledikçe düşmesi cazip gelmektedir. Ancak, bu durum süregelen geleneksel yöntemlere tamamen zıt olduğundan, (geleneksel yöntemlerde, proje başında minimum çalışma inşaat aşamasına gelindiğinde ise çakışan bir çok disiplinin aynı anda çözülebilmesi için maksimum çaba gösterilmektedir) hem de başında az çalışmak projecilerimize kolay geldiğinden YBM yerine geleneksel yöntemleri tercih etmektedirler. Uzmanlar her ne kadar geleneksel yöntemlerle devam etmek isteseler de globalleşen dünyada inşaat sektörünün de değişmesiyle, YBM kullanımı kaçınılmaz hale gelmektedir. YBM programları çok boyutlu ve karışık programlar olduğundan, öğrenme aşaması uzun sürmekte ve programda tecrübeli olmakta vakit almaktadır. YBM programları için pek çok eğitimler bulunmakta olup sektörde çalışanlar kendilerini geliştirmek için bu eğitimlere katılıp, kendilerini geliştirmeye çalışmaktadırlar. (Araç, Türkiye'de Raylı Sistem Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesine Geçiş Süreçleri Üzerinde Bir Örnek Olay İncelenmesi ve Yönetimsel Öneriler 2018 sayfa:41-41)

Centre For Interdisciplinary Built Environment Research (CIBER) (Disiplinler Arası Yapılı Çevre Araştırması)'e göre YBM'nin olumsuz yönleri şu şekilde sıralanmaktadır: (Graham Brewer 2012)

Teknik Zorluklar: Birlikte çalışabilirlik, ekip üyeleri özellikle yeni YBM araçlarını kullananlar, çeşitli projeler arasındaki veri paylaşımını sınırlandırabilir.

Beceriler ve Eğitim Alanındaki Zorlukları: Firma içerisindeki YBM kullanım becerileri eksiklikleri, proje ekibi üyelerinin YBM'yi benimsemesinde önemli engeller yaratmaktadır. Ayrıca, YBM teknolojisi için uygun eğitim tesislerinin bulunmaması ve erişimi de önemli bir zorluk olarak sayılabilir.

Yasal ve Usule İlişkin Zorluklar: YBM kitaplarının açıkça belirttiği ve yerine getirilmesi gereken sorumluluklar, YBM'nin benimsenmesi için aşılması gereken bir sorun olmaktadır.

YBM Yazılımının Maliyeti: Benimsemenin artması için YBM yazılımının maliyetinin düşürülmesi önemli bir konudur.

Yukarıda açıklanmış, YBM teknolojisi kullanımının olumlu ve olumsuz yönleri Tablo-6'da özetlenmiştir.

**Tablo 4: Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisi Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları**

YBM TEKNOLOJİSİ KULLANIMININ	
Olumlu Yönleri	Olumsuz Yönleri
Düşük yapım maliyeti	YBM yazılım programlarının yüksek maliyeti
Daha yüksek kalitede sonuçlar vermesi	YBM için gereken yazılım programlarının lisanlı olma zorunluluğu
Disiplinler arası iş birliği sağlaması	Tecrübeli personel yetersizliği
Tasarım ve inşaatın eşgüdümlü planlanmasına olanak sağlayarak, tedarik süreciyle senkronize olması	Yasal ve yerine getirilmesi gereken zorunluluklar
Daha kısa sürede sonuçlar vererek, hata ve belirsizlik oranlarının azalması	YBM modeli sahibinin kim olacağı problemi

**Kaynak:** C. Sena BALABAN

## **2. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ TEKNOLOJİSİNİN METRO SİSTEMLERİNDE KULLANIMI**

Bu bölümde içinde birçok disiplini birden barındıran metro sistemlerinde yapı bilgi modellemesi teknolojisinin kullanımının kapsamlı araştırması yer almaktadır. Bu bağlamda Dünya’da ve Türkiye’de metro projelerinin gelişimi, ve Yapı Bilgi Modelleme teknolojisinin metro projelerinde kullanımı konuları incelenmiştir.

### **2.1. Dünyada ve Türkiye’de Raylı Sistem Projelerinin Gelişimi**

Kendine ait özel bir yolu ve raylı sistem araçları bulunan, hiçbir şekilde diğer sistemler ile yolları kesişmeyen metro sistemleri, raylı sistemin, zemin etüdünden veya başka bir nedenden oluşan kaçınılmaz durumlar dışında, yer altına inşa edildiği, ulaşımın tüneller yardımı ile sağlandığı, kalabalık şehirlerdeki tercih edilen bir sistemidir.

Fransızca ‘metropol’ sözcüğünün kısaltması olan türeyen metro ‘chemin de fer metropolitain’ (şehir içi demiryolu) deyiminden türeyerek dilimize girmiştir. (url-1)

Dünya’da raylı sistemlerin metro kolunun gelişimi çoğunlukla fazla nüfuslu şehirlerde görülmektedir. Yüksek nüfusa sahip şehirlerde, trafik probleminin özellikle yoğun saatlerde hayatı zorlaştırması toplu taşımanın trafikten etkilenmeyen sistemi olan metrolar kaçınılmaz bir seçenek haline gelmişlerdir. Londra, Berlin, New York, Paris, Pekin, Tokyo, Moskova, Münih, Milano, Rotterdam, Madrid ve Hong Kong gibi dünyanın bir çok gelişmiş şehirlerinin de aralarında bulunduğu finansın, ekonominin, modanın ve teknolojinin başkenti sayılabilecek kentlerde de birincil ulaşım aracı olarak metro sistemi tercih edilmektedir.

Dünyanın ilk yeraltı demiryolu olan Londra metrosu, 1863 yılında hizmete girmiştir. Londra metrosu aynı zamanda dünyada ilk elektrikli metronun da kullanıldığı hattır. Londra metro sistemi zamanla gelişmiş olup günümüzde 270 istasyon ve 442 km uzunluk ile dünyada Şangay ve Pekin metro sistemlerinin ardından 3. En fazla kilometreye sahip metro sistemidir. Londra’dan sonra dünyanın ikinci en eski metrosu olma özelliği taşıyan Karaköy-Beyoğlu tünelinin 1874 yılında yapımı tamamlanmıştır. (Tetik)

Son yıllarda hızla gelişen ve globalleşen dünya da kentleşmede yaşanan artış, kentsel alanlardaki başlangıç ve bitiş noktalarının uzaklığı nedeniyle yüksek trafik hacimlerine neden olmaktadır. Son on yıl içerisinde özel araç sayısının iki katına çıkması ve özel araç kullanma eğiliminin sürekli artması, trafik probleminin oldukça artmasına sebep olup kentsel ulaşım sisteminin sürdürülebilirliği açısından sorunlar oluşturmaktadır. Kent merkezlerindeki trafik tıkanıklıkları, yüksek nüfus yoğunluğuna, iş aktivitelerine ve özel araç sahipliğindeki artışa bağlıdır. (TRANSİST 2018 Bildiri Kitabı sayfa:54-62) Dünyanın her büyük kentinde ortaya çıkan bu problemin çözümü olarak halkın ulaşmak istediği yere en kısa sürede, zamandan tasarruf ederek ulaşmasını sağlayan metro sistemleri geliştirilerek halkın hizmetine sunulmaktadır. Kullanıcı trafik probleminden kaçmak için özellikle yoğun saatlerde metro ulaşımını tercih etmektedir.

Türkiye’de metro yatırımları yüz ölçümü, nüfus yoğunluğu, gelişmişlik ve ihtiyaç sebebi ile yoğunlukla İstanbul’da yapılmaktadır. İstanbul günlük şehir içi yoğunluğu açısından, Türkiye’de ki diğer şehirler ile kıyaslandığında çok daha yüksek veriler ortaya çıkarmaktadır. 2018 yılı istatistik verilerine göre İstanbul nüfus yoğunluğunun 15 milyon, günlük yolculuk sayısının ise 31.7 milyon olduğu görülmektedir. (url-2) Bu veriler ile dünyadaki bir çok başkenti arkasında bırakan İstanbul’da 233km raylı sistem ağı bulunmaktadır. Nüfus yoğunluğu ve günlük yolculuk sayısı göze alındığında mevcut durumda İstanbul, raylı sistem ağı açısından diğer dünya başkentlerinin gerisinde kalarak talebe istenilen cevabı henüz verememektedir. Ulaşım olanaklarının yetersizliği İstanbul halkını özel araç kullanımına itmekte ve bu durum trafik problemini ortaya çıkarmaktadır. Günden güne göç alan bir şehir olan İstanbul’da gün geçtikçe araç sayısında da artış görülmektedir. Araç artışı kentte trafik sıkışıklığına neden olduğu gibi hava, gürültü ve çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Günlük yaşanan zaman kaybı ve aşırı yakıt tüketimi de bu durumun ortaya çıkarttığı olumsuz durumlardandır. Sonuç olarak İstanbul verileri doğrultusunda raylı sistem yatırımları, projelendirme çalışmaları ve yapım aşamaları şehirdeki yaşam kalitesinin artması için hızla devam etmektedir.

Türkiye’de gelişmekte olan yapı bilgi modellemesi teknolojisi yeni yeni raylı sistem projelerinde kullanılmaya başlamıştır. YBM kullanımının yararları bu kısa süre

içerisinde bile fark edilmektedir. Türkiye’de raylı sistemlerde ilk YBM teknolojisinin kullanımı 2012 yılında, proje süreci başlamış olan Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey(KMM) metro hattıdır. 2015 yılında yapımına başlanmış olan KMM projesinin şartnamesinde YBM kullanımından bahsedilmiş olup, bu anlamda ilk defa bir raylı sistem şartnamesinde YBM’den bahsedilmesi özelliği taşımaktadır. (Özorhon, Yapı Bilgi Modellemesi 2018)Ayrıca KMM projesi Türkiye’de YBM kullanımının zorunlu tutulduğu ilk projedir. Raylı sistemlerdeki YBM gelişimine KMM projesi öncülük etmektedir. Son 5 yılda raylı sistemlerde YBM kullanımı iyice artmış olup, projesi ve yapımı başlanan bütün metro projeleri bu teknoloji ile tamamlanmaktadır. KMM projesinin öncülük ettiği akıma uyan projelere örnek olarak: Ataköy-İkitelli, Bostancı-Dudullu, Çekmeköy-Sultanbeyli-Sancaktepe, Göztepe-Ümraniye, ve Gayrettepe-Yeni Havalimanı metro projeleri gösterilebilir.

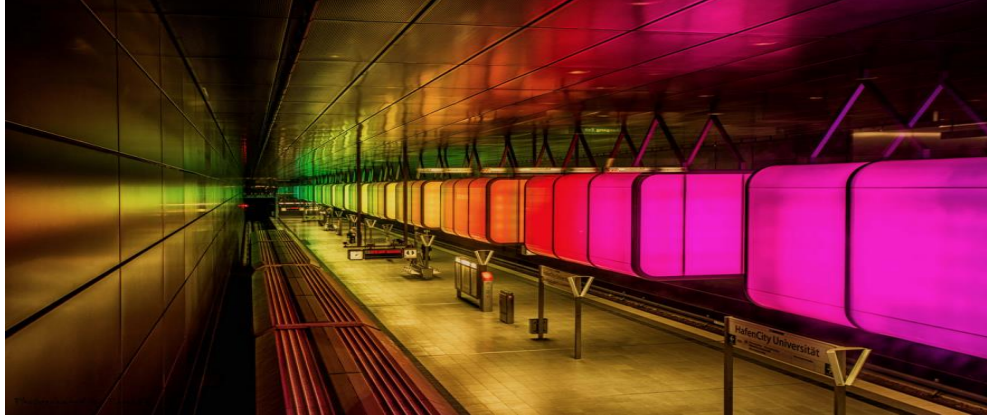
Türkiye’de yapı bilgi modellemesi teknolojisi ile projelendirilmiş metro hatları dünyada birçok ödüllendirme kategorisinde finalist olmaya hak kazanmışlardır. Bu ödüllere örnek olarak aşağıdaki projeler sıralanmıştır (Anadolu Yakası Raylı Raylı Sistem Müdürlüğü sayfa:14):

- Dudullu-Bostancı Metro Hattı: International Tunneling and Underground Space Association(2017-Paris) (Uluslararası Tünel ve Yeraltı Alanları Derneği)-Yenilikçi yeraltı alanı tasarımı ödülü/Finalist
- Kabataş-Mahmutbey Metro Hattı: AEC Excellence Awards(2017) (Mimari Mühendislik İnşaat Mükemmellik Ödülleri)-Altyapı Kategorisi/Finalist
- Ataköy-İkitelli Metro Hattı: AEC Excellence Awards(2018) (Mimari Mühendislik İnşaat Mükemmellik Ödülleri)-Altyapı Kategorisi/Finalist
- Göztepe-Ataşehir-Ümraniye Metro Hattı: AEC Excellence Awards(2019) (Mimari Mühendislik İnşaat Mükemmellik Ödülleri)-Altyapı Kategorisi/Finalist



projelerinde ilk yatırım maliyeti oldukça yüksektir ancak, metro güzergahının geçtiği bölgelerdeki gayrimenkul, iş, eğlence ve reklam cirosunun oldukça artması ve metronun işletmesi ve metroyu kullanacak olan halka yatırım düşünüldüğünde uzun vadede yapılan gideri karşıladığı görülmektedir.

Projelendirme ve yapım süreci oldukça uzun süren metro sistemlerinin, sorunsuz bir şekilde hizmet verebilmesi için mimari ve mühendislik disiplinleri arasında iş birliğinin ve iletişimin düzgün bir şekilde sağlanmış olması gereklidir. Metro gibi karmaşık yapıların yapım aşamasından önce uygulamaya esas projelerin eksiksiz bir şekilde bitirilmiş olması, yapım süresini en aza indirir. Ancak, bir çok ilçeyi kapsayan, kentleşmenin yoğun olduğu yerlerde proje yapıyor olmak izin alınacak kurum sayısının arttırdığından ve metro istasyonlarının ilk ve son istasyonları arasında ki akışı bozmadan gereken fizibilite çalışmalarının yapılması gerektiğinden aşamalar uzamaktadır. Yapım aşaması inşaat işleri ve elektromekanik işler olmak üzere ikiye ayrılır. İnşaat işleri istasyonları ve istasyonlar arası ulaşımı sağlayan hat tünellerinin yapımını kapsamaktadır. İstasyonlar yolcunun metroya ulaşması için tasarlanmış kapalı yapılardır. İstasyon yapısı ile yolcu yer üstünden, bilet holü seviyesine ulaştırılır, yolcu bu seviyede gerekli biletme işlemleri için ihtiyaçlarını karşıladıktan sonra, yolcu düşey sirkülasyon elemanları yardımı ile peron katına ulaşabilmektedir. Hat tünelleri ise trenin istasyonlar arasındaki peron katına olan ulaşımını sağlamak için açılan tünellerdir. İstasyon yapıları çoğunlukla tünel veya aç-kapa sistem olarak tasarlanırken, hat tünelleri, NATM(New Austrian Tunnel Method) veya TBM(Tunnel Boring Machine) metotlarından hangisi duruma daha uygunsa o metot seçilerek inşa edilir. Elektromekanik hizmetler ise inşa aşaması belirli bir noktaya geldikten sonra başlamaktadır, elektrik mekanik ve havalandırma gereklilikleri karşılanarak kurulumlar yapılmaktadır. Metro projelerinde en önemli nokta, disiplinler arası koordine edilmiş ve son haline getirilmiş olmasıdır. Dünyada ve ülkemizde ulaşım amacıyla projelendirilen metro sistemlerinde trene ulaşımın sağlanması amacı ile, istasyon yapıları tasarlanmaktadır. Günümüzde projelendirilen istasyon yapıları sadece trene ulaşmak için oluşturulan, kapalı hacimler olmanın dışına çıkarak estetik kaygının bulunduğu, yapılar olmaya başlamışlardır. Şekil-10,11 ve 12'de Hamburg, Moskova ve İstanbul metrosunun istasyonlarından örnekler verilmiştir.



**Şekil 10: Hamburg Metro su**

**Kaynak:** url-4. 2020. <https://www.universodosnegocios.com/inovacao/25-estacoes-de-metro-mais-bonitas-do-mundo>. 18 04.



**Şekil 11: Moskova Metro su**

**Kaynak:** url-5. 2020. *Moskova Metro su*. 18 04. <https://reality.rbc.ru/news/5f65adfd9a79475816912590>.



**Şekil 12: İstanbul Metro su**

**Kaynak:** url-6. 2020. *İstanbul Metro su*. 18 04. <https://www.tazeyorum.com/place/bogazici-uni-hisaronu-metro-istasyonu/36207>.

Paris ve Londra metroları gibi geçmiş tarihlerde yapımı tamamlanmış olan istasyon yapıları estetik açıdan günümüzdeki istasyonlar kadar görselliğe hitap etmese de ikonik bazı dokunuşlara sahiptirler. (Şekil-13, Şekil-14)



**Şekil 13: Paris Metro su**

**Kaynak:** url-7. 2020. *Paris Metro su*. 18 04. <http://brasiliaconcreta.com.br/desenho-urbano/>.



**Şekil 14: Londra Metro su**

**Kaynak:** url-8. 2020. *Londra Metro su*. 18 04. <https://www.telegraph.co.uk/news/0/10-amazing-works-of-art-you-need-to-see-on-the-london-underground/>.

## **2.2. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Metro Projelerinde Kullanımı**

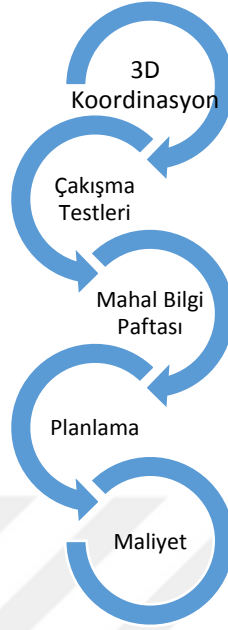
Raylı sistem projeleri, karışık, kendine özgü çözümler gerektiren ve maliyetli projeler olduklarından, metro proje ve yapım yöntemi uzmanlar tarafından kurgulanmalı ve birebir takip edilmelidir. Bu nedenle YBM teknolojisi ile üretilen metro projelerinin daha verimli olduğu bir gerçektir. Metro projelerinin de içinde olduğu altyapı projeleri, üst yapı projelerine kıyasla daha büyük ölçekli projeler olup, disiplinler arası etkileşimin yüksek olduğu sistemlerdir.

### **2.2.1. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Kullanımının Hiyerarşisi**

Metro projelerinde Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin kullanımının hiyerarşisi aşağıda sıralanmaktadır. (BIM(Yapı Bilgi Modellemesi) 2019)

1. 3D Koordinasyon: Her disiplinin kendi özelinde ortaya çıkarttığı üç boyutlu çizimleri tamamlanmış olan YBM modeli disiplinler arası senkronizasyon ve koordinasyon ile birbirleri ile çakıştırılmaktadır.
2. Çakışma Testleri: Çakışma analizleri sonucunda birbiriyle çakışması problem oluşturan elemanlar çözüme kavuşturulabilir. YBM teknolojisi sayesinde imalat aşamasında karşılaşılan bu durum, proje aşamasında karşımıza çıkarak zaman kaybından ve maliyetten tasarruf sağlamaktadır.
3. Mahal Bilgi Paftası: YBM programlarında oluşturulan 3 boyutlu modele, oluşturulan alanlar ile alakalı bilgiler girilerek otomatik olarak metraj listeleri oluşturulabilir. Duvar, zemin ve tavan kaplaması gibi bilgilere, hangi firmadan temin edildiği ve birim fiyat bilgisi de girilir ise program otomatik olarak hangi mekana kaç metrekarelik malzeme gerektiğini ve maliyeti ortaya çıkarmaktadır.
4. Planlama: Üç boyutlu modellerin zaman planlaması ile entegre edilmesi ve imalat süresinin optimize edilmesi aşamasıdır.
5. Maliyet: Birim fiyat parametrelerinin modeller ve planlamaya dahil edilmesi ile maliyet tahmini gerçekleştirilir.

**Tablo 5: Yapı Bilgi Modelleme Teknolojisi Kullanımının Hiyerarşisi**



**Kaynak:** C. Sena BALABAN

YBM sayesinde Tablo-7’deki hiyerarşiye uygun planlanan metro projelerinin uygulamaya esas kesin proje işleri bittikten sonra, yapım aşaması için ihaleye çıkılarak, ihaleyi alan şirket tarafından imalata başlanır. YBM sayesinde profesyonelce projelendirilen metro projesi, yapım aşamasında minimum maliyet, zaman ve hata ile imal edilir.

### **2.2.2. Yapı Bilgi Modellemesinin Metro Projelerinde Kullanım Konsepti**

Metro sistemleri şehirdeki yolculuk taleplerine cevap verecek şekilde bir güzergah oluşturularak, planlanmaya başlanır. Planlanan güzergah üzerinde halkın kullanım analizleri yapıldıktan sonra, metro güzergahının geçeceği bölgedeki etkiler gayrimenkul artışları gibi parametreler de göz önünde bulundurularak metronun geçtiği ilçelere sağladığı olumlu ve olumsuz etkiler saptanır. Bütün bu yapılan çalışmalar sonrasında metro güzergahı fizibilite bakımından olumlu cevap verir ise proje aşamasına geçilir.

Metro projeleri YBM desteği ile yapılırken, YBM kullanımının çeşitli öncelikleri bulunmaktadır. Örneğin yüksek önem taşıyan, çakışma kontrolleri 3 boyutlu koordinasyon yani YBM’nin 3D(görselleştirme) özelliği kullanılarak daha

rahat çalışmalar yapılmaktadır. Orta derecede önem taşıyan, YBM'nin 4D(planlama) ve 5D(maliyet yönetimi) özellikleri kullanılarak faz planlama ve model tabanlı maliyet tahmini yapılmaktadır. Diğer durumlara göre daha düşük önem arz eden ve YBM'nin 7D(tesis yönetimi) özelliği kullanılarak işletme ve bakım aşamasında, işletmeci olan Metro İstanbul şirketinin YBM modelini kullanmaya devam etmesi uzun vadeli bir yatırımdır. (Özorhon, Yapı Bilgi Modellemesi sayfa:101 2018)

Metro projeleri yapılırken çok sayıda katılımcı farklı uygulamaları eş zamanlı olarak yürütmektedir. Metrolar halkın kullandığı alanlar olduklarından kamusal alan olarak adlandırılıp, projelendirilmeleri belediyelerin idaresinde ilerletilmektedir. Metrolar projelendirilir iken proje sorumluları: idare, danışman ve yükleniciler olarak 3 ayrı grupta ilerlemektedir. (Saygılı, Metro Projelerinin Yapım Aşamasında Karşılaşılan Risklerin Yapı Bilgi Modellemesi Destekli Yönetimi sayfa:31 2019)Bu grupların görevleri aşağıda sıralanmaktadır:

- İdare: Metro projelerinde idare görevini il belediyeleri üstlenmektedir. İdarenin görevleri, statik mimari, mekanik ve elektrik&elektronik disiplinlerinin kontrolü sonucunda onay veya red verilmesidir. Reddedilen, paftalar red sebebine göre tekrar projelendirilerek aynı hiyerarşi ile tekrar idareye gönderilir, onay alana kadar bu işlem böyle devam eder. İdarenin onayı sonucunda hakkedişte o poz tamamlanmış olarak girilebilir.
- Danışman (Müşavir): Müşavir firma idare tarafından görevlendirilme ile seçilir, yüklenici firmanın yaptığı projeler idareden önce müşavir onayına sunulur, müşavir firmadaki uzmanlar gereken kontrolleri yaptıktan sonra görüşleri ile birlikte projeleri idare yönetimine sunarlar. Onay veya red işlemi idare inisiyatifine kalmıştır. Danışman firmanın amacı, sektördeki uzmanların bilgilerinden faydalanarak metro projelerinin uzman görüşünden geçmesidir.
- Yüklenici: İdare tarafından seçilen yüklenici firma gereken tasarımları tamamlayıp, projelerin hazırlanması ve sunumu ile görevlidir. İdarenin istekleri doğrultusunda projelerini hazırlayan yüklenici firma gereken

işleri yerine getirdikten sonra projeleri önce danışman sonrada idare onayına sunar.

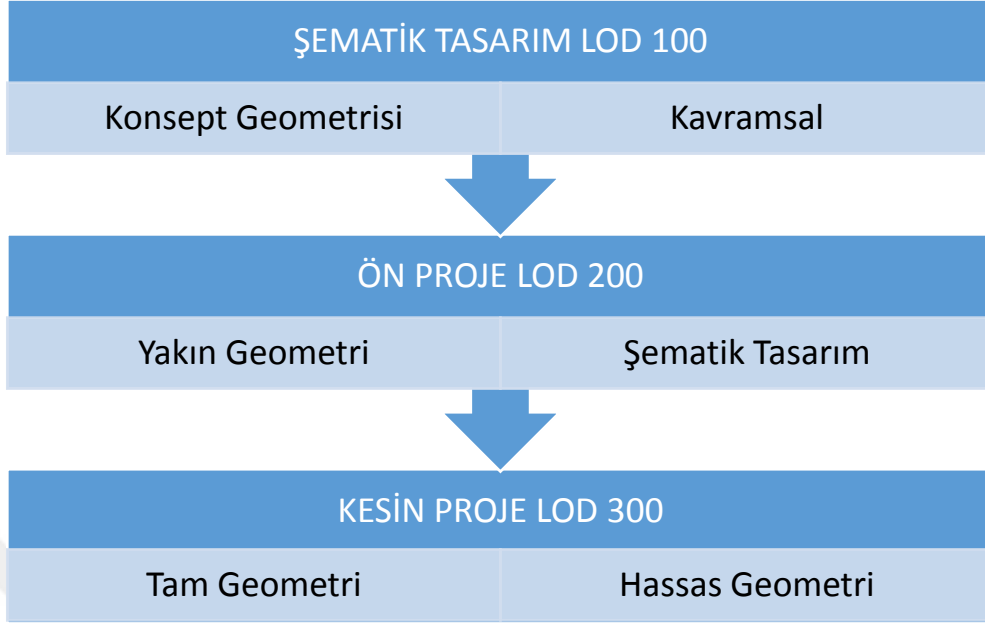
İdarenin belirlediği bazı modelleme standartları doğrultusunda hazırlanan “YBM Uygulama Planı Raporu” projelendirilen hat hakkında YBM akıllı obje isimlendirilmesi, layer isimlendirme şablonu, görünüm isimlendirme, teknik doküman kodlaması, mahal kodlama, ekipman kodlama, faz planlama, maliyet tahmini, obje matrisleri ve benzeri gibi bir çok bilginin proje için öngörülen kullanımlarını ve kullanım süreçlerini açıklamaktadır.

Metro projelerinde yüklenicinin yaptığı tasarımlar idarenin onayını aldıça, daha da detaylandırılmaya başlanmaktadır. Projenin başında yapılan şematik tasarımda eskiz çalışması gibi olan mahaller kesin proje aşamasına geçildiğinde, disiplinler arası koordinasyonla kesin çözüme yakın ve detaylı çözümler içermektedir. Aşağıda (Tablo-8) proje aşamasında yüklenicinin projelendirdiği alanların proje ilerleyişine göre gelişimi yer almaktadır.

- Şematik Tasarım: LOD 100- Konsept Geometrisi (Kavramsal)
- Ön Proje: LOD 200- Yakın Geometri (Şematik Tasarım)
- Kesin Proje: LOD 300- Tam Geometri (Hassas Geometri)

LOD 400 (Üretim ve Montaj) ve LOD 500 (Uygulama) seviyeleri sırasıyla, metro projelendirme süreci bittikten sonra yapım ve yapım sonrası dönem de kullanılır.

**Tablo 6: Proje İlerleyişine Göre Gelişim Tablosu**



**Kaynak:** C. Sena BALABAN

### **2.2.3. Yapı Bilgi Modellemesi Teknolojisinin Metro Projelerinde Uygulanması**

Metro sistemlerinde Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin kullanımı ilk olarak Kabataş-Mecidiyeköy-Mahmutbey hattında gerçekleşmiştir. Türkiye’de ilk kez bir kamu projesinde yapı bilgi modellemesi teknolojisinin kullanıldığı KMM hattı devlet desteğiyle ilerleyen projeler içinde bir yenilik niteliğindedir. Bu durum kamuya hizmet eden alanları imal eden inşaat sektörünün de, özel sektörün arkasında kalmayarak ilerleyeceğini gösteren bir yeniliği ortaya koymaktadır. (Kabataş-Mahmutbey Metrosu Türkiyenin Gururu Oldu 2020) Bizim ülkemizde de diğer ülkelerde ki gibi devletin YBM kullanımına teşvik ettiği net bir şekilde görülmektedir. Metro sistemleri altyapı projeleri olduklarından dolayı, imal edilirken gözle görülebilirlikleri sınırlıdır, bu yüzden altyapı projelerinde YBM uygulanması görselliği destekleyen 3 boyutlu görme imkanı projenin daha rahat kavranabilme olanağını sağlamaktadır. Görsel açıdan daha rahat kavranan mekanlar da disiplinler arası hiyerarşi de daha rahat kurulabilir.

Metrolar da sinyalizasyon ve haberleşme trenler arasında herhangi bir kaza çıkması için büyük önem taşımaktadır. Bunun yanında metro sistemleri yer altı

yapıları olduğundan havalandırma da hayati önem taşımaktadır. Bu parametrelerden ötürü metrolarda elektromekanik ihtiyaçlar daha ön plana çıkarak mühendislik projeleri gibi görünseler de, kullanıcının yer altına girme hissini ve seyahat boyunca kullanıcıda oluşacak kaygıyı en aza indirmek mimarının en önemli görevindedir. İnsan psikolojisi metro kullanımı için büyük önem taşımaktadır, kullanıcıda kaygı ve korku çağrıştıran istasyonlar kullanıcıyı metro sistemini tercih etmemeye kadar getirebilir. Bu durumdan ötürü yer altını en verimli şekilde kullanarak, iç açıcı bir tasarım yapmak da mimari uzmanların amaçlarındandır. (Raylı Sistemlerde Sinyalizasyon: Neden?Nasıl? sayfa:29-34)

Dünyada bu duruma en iyi örnek olarak gösterilen Stockholm metrosu, yerin altında ki mağara görüntüsünü ışık ve resim ile minimuma indirilerek, yerin altı daha sıcak gösterilmeye çalışılmıştır. (Şekil-15)



**Şekil 15: Stockholm Metro su**

**Kaynak:** url-9. 2020. *Stockholm Metro su*. 18 04. <https://www.kircicekleri.com/siradisi-bir-sanat-yolculugu-sunan-stockholm-metro su/>.

Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisinin metro projeleri gibi kamu projelerinde uygulanması ile birlikte, bütçe aşma riskinde azalma, daha profesyonel ve şeffaf projeler, daha fazla paydaş katılımı ile daha az kamu parasıyla daha verimli proje, yapım ve bakım yapılmaktadır.



### **3. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ TEKNOLOJİSİNİN METRO PROJELERİNDEKİ MİMARİ TASARIM BİLEŞENLERİNE ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

Bu bölümde, metrolarda mimari tasarım bileşenlerinin yapı bilgi modellemesi teknolojisi ile kullanımı incelenerek, örneklendirilerek açıklanmasının ardından mimari tasarım bileşenlerinin diğer disiplinlerle etkileşimi açıklanacaktır.

#### **3.1. Mimari Tasarım Bileşenleri**

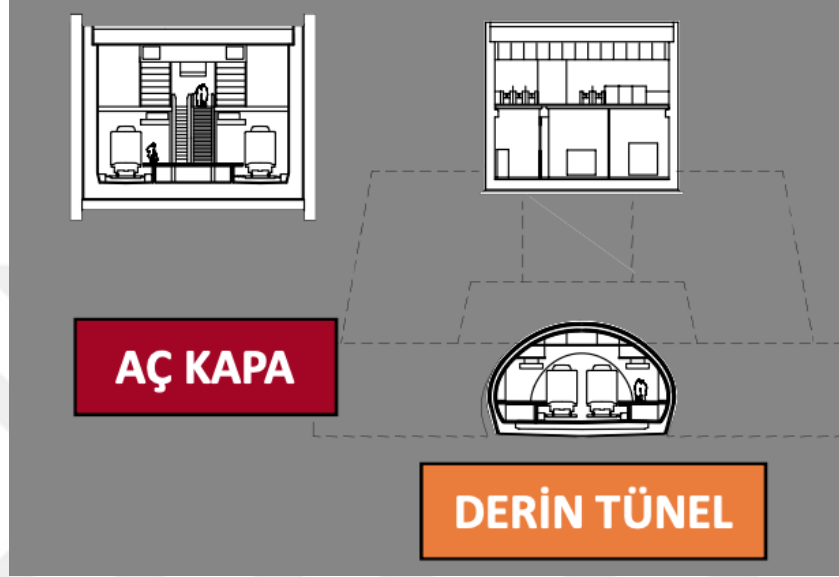
Metro sistemlerinin en doğru şekilde çalışması ve kullanıcının yapıdan maksimum verim alması için bazı gerekliliklerin yerine getirilmesi gerekmektedir. Yerine getirilmesi gereken gereklilikler mimari tasarımı da oldukça etkilemektedir. Gereklilikler kimi noktada tasarımı kısıtlasa da doğru yerine getirildikleri takdirde düzgün çalışan bir metro sistemi ortaya çıkmaktadır. Metro tasarımında mimari bileşenler ve özellikleri bu bölüm altında açıklanacaktır.

##### **3.1.1. İstasyon**

İstasyon yapıları altyapı projeleri olan metro sistemlerinde, yer üstündeki kullanıcının yer altındaki metroya ulaşımını sağlar. İstasyonlar, yer üstüne bağlantıları bulunan ancak kullanılan hacimleri yer altında olan yapılardır. İstasyon yapılarının planları çoğu zaman karışıktır, metroya ulaşım yolculuk yapmak, uzun ve karmaşık dolaşım alanlarında yürümeyi gerektirir. Yer altı metrosu ile seyahat eden yolcular; istasyon girişlerini, yatay dolaşım alanlarını (yolcu koridorları, yürüyen bantlar), düşey dolaşım elemanlarını (asansörler, yürüyen ve sabit merdivenler, rampalar), bilet holünü (kontrollü ve kontrolsüz alanlar) ve peronu (platform) kullanarak metroya ulaşmakta ve yine aynı mekanları kullanarak yolculuğunu sonlandırmaktadır. Bu mekansal kurguda rahat ve güvenli bir kullanım ortamı sağlanamadığında, ortam koşulları yolcularda fiziksel ve psikolojik olumsuzluklara neden olabilmektedir. Bu olumsuz etkiler, kurallara bağlı etkin tasarım ile azaltılabilir ya da engellenebilir. (Aktop Maden ve Avlar, Yer Altı Metro İstasyonlarında Mekan Tasarımı Üzerine Bir Araştırma sayfa:2 2017)İstasyon yapıları farklı tiplerde planlanabilmektedir. İstasyonun hangi tipte planlanacağına, zemin kalitesi ve yer üstünde ki uygunluk durumu, parametrelerinin sonucunda karar verilir.

### 3.1.1.1. İstasyon Tipleri

Metrolarda istasyon tipleri, aç-kapa ve tünel istasyonlar olarak sıralanabilir.(Şekil-16) İstasyon planlanan bölgenin fizibilite çalışmaları sonucunda, çıkan verilere göre bölgenin durumuna hangi tip uygun ise, o istasyon tipi seçilerek projelendirme yapılır.



**Şekil 16: Aç-Kapa ve Tünel İstasyon Tipi İstasyon**

**Kaynak:** İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Daire Başkanlığı. 2019. «Metro Tasarım Kriterleri ve Genel Esaslar.» *Metro Tasarım Kriterleri ve Genel Esaslar* içinde, sayfa:67. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Daire Başkanlığı.

**Aç-Kapa Tipi İstasyon:** Bu istasyon tipi, yer üstünün inşaat ve kazı yapımına müsait olduğu alanlarda ve ray kotunun yüzeye yakın olduğu durumlarda kullanılır. Aç-kapa istasyon tipi metro istasyon tiplerinden en çok kullanılanıdır. Sırası ile yapım aşamaları:

- İstasyon yapısı yapılacak bölgede gereken kazı yapılır,
- Kazı yapılırken zemin farklı yöntemlerle desteklenir,
- Kazılan bölgeye istasyon yapısı inşa edilir,
- Yapının inşasından sonra, istasyonun üstü dolgu denilen işlemlerle doldurulur.

**Tünel Tipi İstasyon:** Bu istasyon tipi ise yer üstünde kazı yapılacak alan kısıtlı ve zemin kotunda olabildiğince az yer kaplayacak çözüm gerektiren durumlarda kullanılmaktadır. Tünel tipi istasyonlarda istasyon girişleri bir takım yaya yollarıyla öncelikle istasyon holüne bağlanır ve yolcu buradan dağıtılır. Tünel tipi istasyonun yapım aşamaları sırası ile:

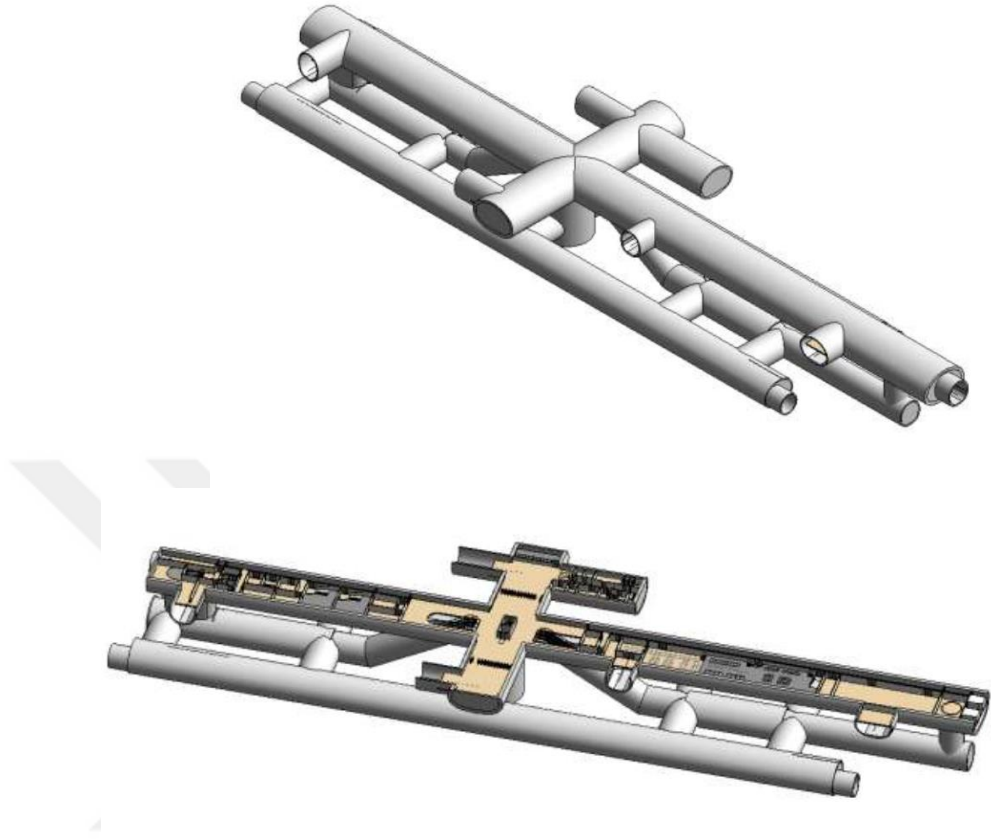
- İstasyonun alt kotlara inişini sağlayan giriş çıkış yapısı küçük aç-kapa kutu olarak inşa edilir.
- Yapılan küçük aç-kapa kutu sayesinde bilet holüne erişilir, yolcunun kullanması için gereken hacimler inilen katta tüneller açılarak yapılırlar.
- Peron katına kadar merdiven tünelleri ve asansör şaftları ile iniş sağlanır.

İstasyon tiplemesinin projelendirilmesi, yapı bilgi modellemesi teknolojisinin kullanımı ile daha kolay yapılmaktadır. YBM programlarında modelleme yaparken, programın 3. Boyutu olan görselleştirme sayesinde, 2. boyutta plan çizim yapılırken aynı zamanda istasyonun üç boyutlu görüntüsü de elde edilmiş olur. Programda istenildiğinde zaman üçüncü boyuta geçilerek istasyonu daha rahat algılayabilme olanağını sağlamış olur. Dikey sirkülasyonun yatay sirkülasyona göre iki boyutta algılanması daha güçtür. Üçüncü boyut sayesinde bu sirkülasyon da daha rahat anlaşılır hale gelir. Görselleştirme boyutu sayesinde istasyonu tam olarak zihninde canlandıran mimar, istasyonda ki işleyen ve işlemeyen bölgeleri daha rahat görerek, problemleri daha çabuk çözüme ulaştırabilir.



**Şekil 17: Aç-Kapa Tipi İstasyonun YBM Programlarında Görünümü**

**Kaynak:** 2020. «İstasyon Mimari Ön Projeleri.» *Kazlıçeşme-Söğütlüçeşme Metro Hattı Uygulamaya Esas Kesin Proje Hizmetleri İşi sayfa:9-10.* İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Şubat.



**Şekil 18: Tünel Tipi İstasyonun YBM Programlarında Görünümü**

**Kaaynak:** 2020. «İstasyon Mimari Ön Projeleri.» *Kazlıçeşme-Söğütliçeşme Metro Hattı Uygulamaya Esas Kesin Proje Hizmetleri İşi sayfa:9-10.* İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Şubat.

Şekil 17 ve 18’de aç-kapa ve tünel tipi istasyonların yapı bilgi modellemesi programlarının 3. boyut sayesinde güçlü görselleştirme ile görünümü yer almaktadır. 2 boyutlu çizim programlarının sağladığı plan çizimi ile yukarıda ki görüntüler karşılaştırıldığında, YBM sayesinde daha güçlü ve verimli bir görünüm elde edildiği ispatlanmaktadır.

İstanbul metrosunda aç-kapa tipine örnek olarak, M2 (Yenikapı-Hacıosman) metro hattının ‘Yenikapı’ istasyonu verilebilir. Aç-kapa olarak inşa edilen konkors yapısının içerisinde peron katı mevcuttur. Aç-kapa sistemine bağlanan tüp geçitler ile yolcu bağlantıları ve diğer metro hatları ile entegrasyon sağlanmaktadır.

Yenikapı istasyonunda aç-kapa tipinin kullanımının nedeni: istasyonun birkaç hattın birleştiği aktarma istasyonu olarak kullanılmasından dolayı bilet holünde ve peron katında diğer istasyonlara kıyasla daha fazla kullanıcı bulunmasıdır. Bu durum daha geniş açıklıklara ihtiyaç duyulduğunu ortaya çıkartmıştır. Aç-kapa istasyon tipi tünel tipine kıyasla istasyonlarda daha geniş alanlar oluşturduğundan bu tip tercih edilmiştir.

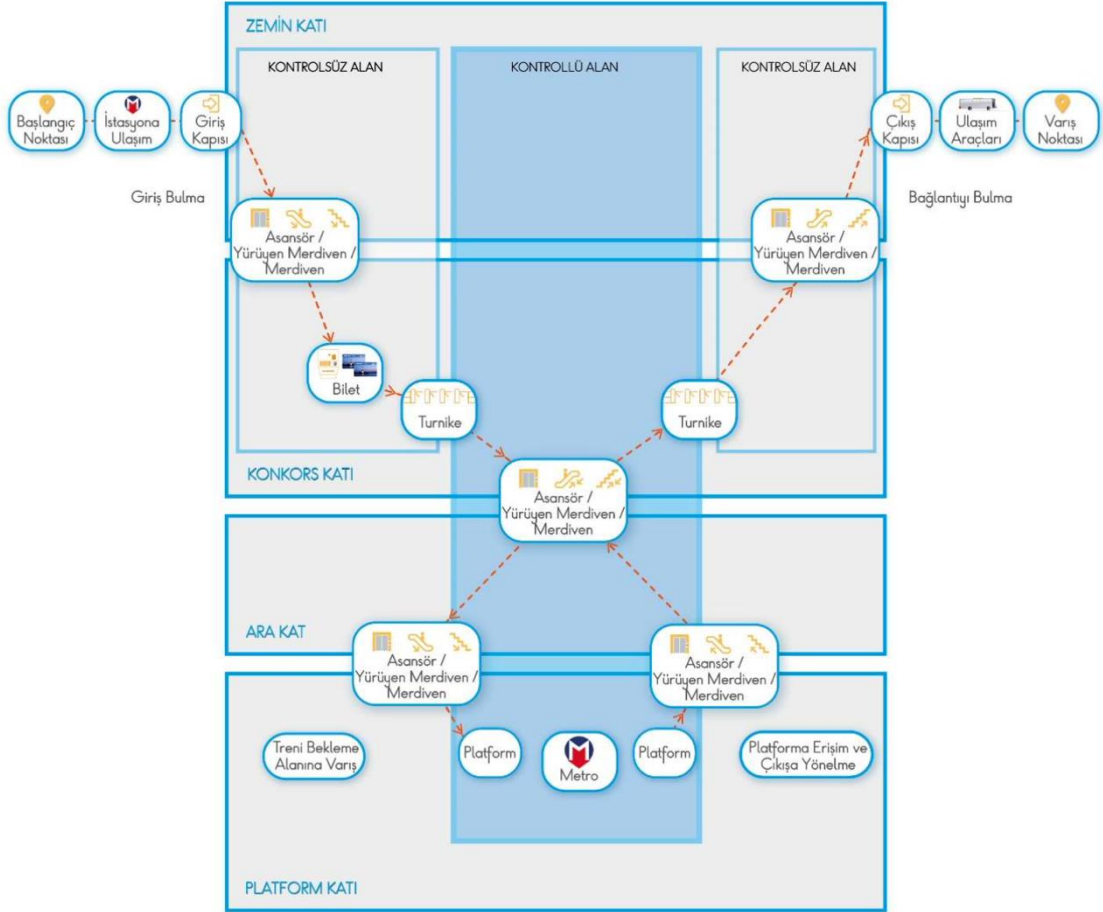
İstanbul metrosunda tünel tipine örnek olarak, M2 (Yenikapı-Hacıosman) metro hattının 'İTÜ-Ayazağa' istasyonu verilebilir. Dikey sirkülasyon için açılan asansör ve merdiven şaftları ile alt kota ulaşım sağlanmakta olup, şaftlardan peron katı ve trene ulaşım açılan tüneller yardımı ile sağlamaktadır.

### **3.1.1.2. İstasyon Yapısının Nitelikleri**

Metroların, yolcu indirmesine veya almasına olanak sağlayan yerlere istasyon denebilir. İstasyonlar güzergahı planlanan hatların en çok yolcu çekebileceği odak noktalarında planlanmalıdır. İki istasyon arası uzaklık minimum 1km olmalıdır. Planlanan metro istasyonu, yer üstünde yolcunun dikkatini çekebilecek logolar içermeli ve kullanıcıyı kendine çekmelidir. İstasyona erişen kullanıcının, istasyon içerisinde zorluk yaşamadan peron katına ulaştırılması önemli unsurdur. İstasyon tasarımı yolcunun istasyona girdikten sonra yaptığı tüm hareketlerin, kullanacağı tüm mekanların, yatay ve düşey sirkülasyonların planlandığı bütüne denir. Gereken bölgelerde, istasyonlarda kullanıcı gereksinimlerini karşılayacak alanlar planlanmalıdır. Bu duruma örnek olarak M2(Yenikapı-Hacıosman) metro hattının Taksim istasyonu daha geniş planlanmış, ticaret alanlarına daha fazla yer verilmiş, buna karşılık aynı hattın bir diğer istasyonu olan, Şişhane istasyonu daha sakin bir istasyon olduğundan daha küçük alanlı ticaret ve kullanıcı gereksinim hacimleri minimum seviyede yapılmıştır.

İstasyon tasarımı, giriş yapan yolcuların kısa sürede perona ulaşip, aynı şekilde istasyondan ayrılan yolcuların da perondan ayrılarak kısa sürede, istasyondan çıkışı yapmalarını sağlayacak şekilde olmalıdır.

İstasyon tasarımı, yolcu akışı için gereken ihtiyaçların belirlenip planlanmasını kapsamaktadır. Yolcu akışı, istasyon giriş yapıları, hizmet alanları, turnikeler, düşey sirkülasyon alanları ve perona varış döngüsü ve ters döngü olarak nitelendirilebilir.



**Şekil 19: Yolcu Akışı**

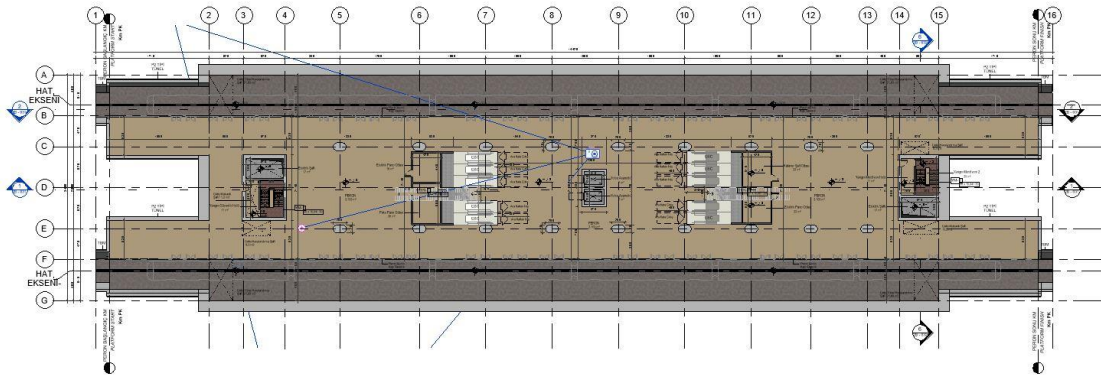
**Kaynak:** İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Daire Başkanlığı. 2019. «Metro Tasarım Kriterleri ve Genel Esaslar.» *Metro Tasarım Kriterleri ve Genel Esaslar* içinde, sayfa:72.  
İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Daire Başkanlığı.

Şekil-19'da gösterilen yolcu akış döngüsünün her bir basamağı ve bu basamakların daha rahat geçilebilmesi için yapılan hizmet, metro planlamasıdır. Yolcu akışının daha rahat sağlanabilmesi için uyulması gereken koşullar:

- Yolcular istasyona girdikleri andan itibaren planlı veya insan psikolojisine etki eden sezgisel biçimde yönelimlerini sağlanması,

- Yolcu akışındaki basamaklar içinde geçiş yaparken, rahat ve yürüme mesafesi ile kat değişiklikleri yapabilmesi,
- Engellerden uzak ve iyi görüş açlarına sahip olması,
- Çıkmaz koridorlar ve gizlenebilecek alanları olmaması, şeklinde sıralanabilir.

YBM programlarının, belirli bir noktaya kamera koyma ve o noktadan görüş açısı verme özelliği, iyi bir görüş açısına sahip olması ve çıkmaz koridorlar ve gizlenebilecek alanları olmaması gerekliliklerinin kontrolünü sağlamakta ve bu kontrol sırasında harcanan çabayı geleneksel yöntemler ile kıyaslandığında, sıfıra indirmektedir. Diğer uyulması gereken gereklilikler ise, YBM teknolojisinin 3. görselleştirme boyutu sayesinde daha kolay kontrol edilebilir.



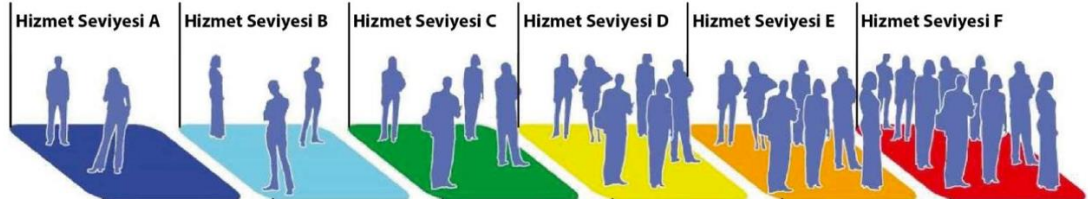
**Şekil 20: YBM Programı Kamera ve Render**

**Kaynak:** 2020. «İstanbul Büyükşehir Belediyesi.» Kazlıçeşme-Söğütluçeşme Metro Hattı Aç-Kapa Tipi İstasyon Peron Katı Modeli. İBB.

Şekil-20 de verilen görseller, bir YBM programı olan Revit programında modellenmiş aç-kapa tipi istasyonun peron katına aittir. Peron katı planı görselinde 8. ve 9. Aksların arasına konulan kamera, alttaki görseli vermektedir. YBM programları sayesinde gelişen bu teknoloji, Revit'te modellenmiş her hangi bir kata kamera koyabilme özelliğine sahiptir. Kamera yerleştirilen noktadan bakış açısına karar verildikten sonra, o noktadan modellenen mekanın daha proje aşamasında iken görüntüsüne erişilebilir. Böylece, oluşabilecek problemlerin daha önceden tespit edilmesine ve proje bittiğinde nasıl bir ortam ortaya çıkacağına görülmesine olanak tanır.

### 3.1.2. Yolcu Sayıları

Yolcu sayıları, istasyon planlama açısından büyük önem taşımaktadır. İstasyon planlamaları yolcu sayılarına göre değişiklikler gösterir. Yolcu akışında sorunlar yaşamamak için istasyonlar her zaman zirve saatlerde, yani iş gidiş-geliş saatlerinde ki yolcu sayılarına göre planlanmalıdır. Yolcu yükünü karşılayamayan istasyonlarda, insan yığılmaları, sıkışıklıklar ve aksamalar kaçınılmaz hale gelir.



**Şekil 21: Yolcu Sayılarına Göre Hizmet Seviyeleri**

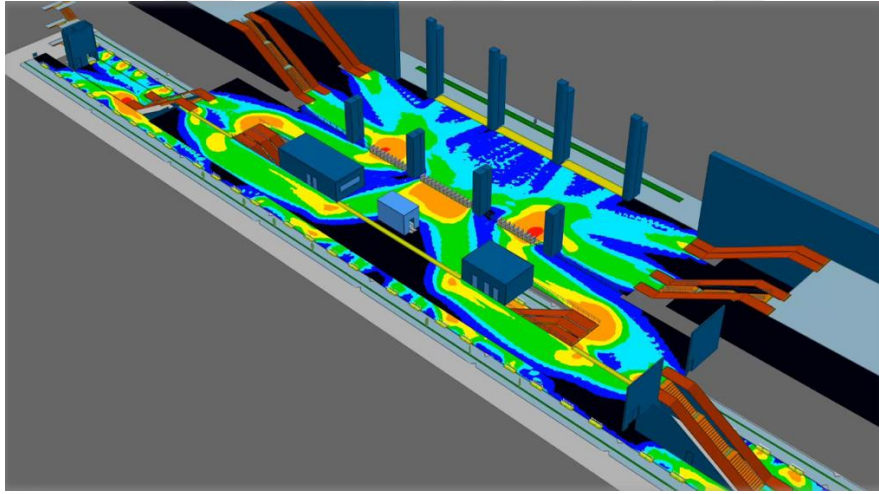
**Kaynak:** Network Rail. 2016. «Station Capacity Planning Guidance.» *Station Capacity Planning Guidance sayfa:5.* Kasım.

Şekil-21' belirtildiği üzere metrekareye düşen yolcu sayısı arttıkça istasyonun hizmet kalitesi de değişmektedir. Bu kalite sıralamaları aşağıdaki gibi açıklanmaktadır:

- Hizmet Seviyesi A: Yolcuların serbest dolaşım yapabilecekleri seviyeye verilen addır.
- Hizmet Seviyesi B: Tek yönlü akış ve serbest dolaşımın olduğu alanlarda yalnızca küçük çarpışmalar meydana gelebilir.

- Hizmet Seviyesi C: Kısmen kısıtlı dolaşım alanlarında yolcu geçişlerinde zorluk yaşanmaya başlar.
- Hizmet Seviyesi D: Dolaşım çoğu yayalar için kısıtlı hale gelir. Çapraz geçiş ve ters yolcu akışında zorluklar oluşur.
- Hizmet Seviyesi E: Dolaşım tüm yayalar için kısıtlı hale gelir. Çapraz ve ters akışta aralıklı duraklamalar ve ciddi zorluklar meydana gelir.
- Hizmet Seviyesi F: Yoğunluktan dolayı yolcu akışında duraklamalar meydana gelir ve yolcu akışı tamamen durur.

Yolcu sayısındaki artış kullanıcıya yapılan hizmeti etkilediği gibi, kullanıcının istasyon içerisindeki hareketinin kısıtlanmasına sebebiyet vererek, kullanıcıya konforsuz bir yolculuk deneyimi yaşatmaktadır. Hizmet seviyesini düşürmeden, en fazla zirve saatlerde merdiven ve asansör alanlarındaki hafif kuyruklanmalar olabilecek şekilde projelendirme yapmak hedeflerdendir.



**Şekil 22: Yolcu Yoğunluğu**

**Kaynak:** url-10. 2020. 03 05. <https://docplayer.biz.tr/160846513-Rayli-sistem-projeleri-planlama-ve-tasarim-teknolojileri-rayli-sistem-daire-baskanligi-rayli-sistem-projeler-mudurlugu.html>.

Şekil-22’de görüldüğü üzere, yapı bilgi modellemesi teknolojisi ile gelişen, yolcu simülasyonu çalışması yapan programlar sayesinde, yolculu alanlarda oluşan yoğunluklar, engeller rahatça tespit edilerek projede revizyonlar yapılabilir. Şekil 22’de Sabiha Gökçen-Kurtköy hattına ait Yenişehir istasyonu yolcu simülasyonundan, yoğunlukla merdiven çıkışlarında ve asansör önlerinde hafif yoğunluklar yaşandığı anlaşılmaktadır.

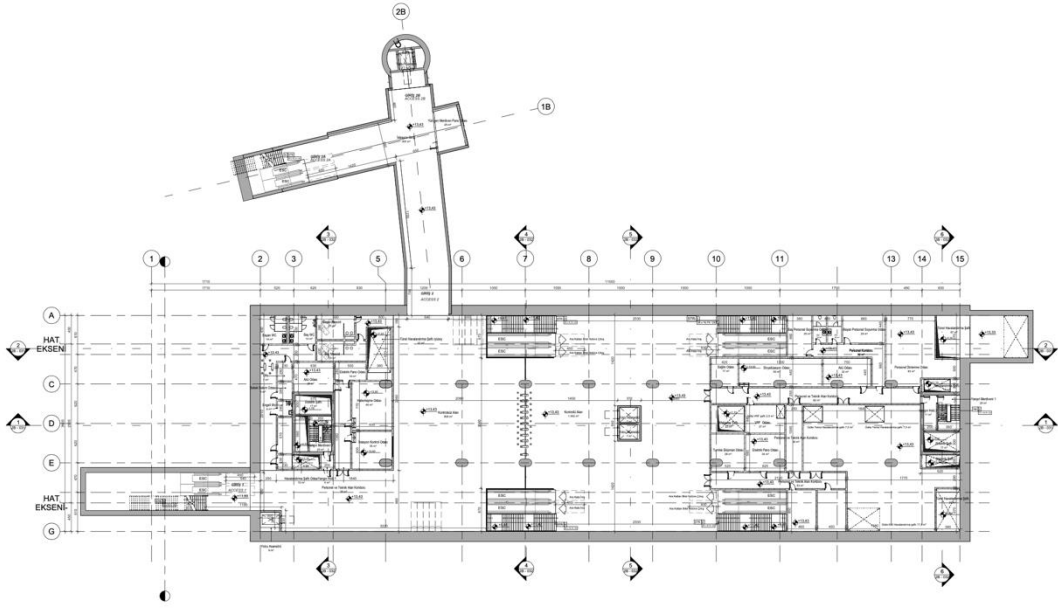
### 3.1.3. Konkors(Bilet Holü)

Konkors özellikle bilet holü işlevini gören fakat bunun yanında servis hacimleri gibi diğer birimleri de barındıran yapıdır (Yeraltı Metro İstasyonlarda Algısal Faktörlerin İrdelenmesi: Taksim Metro İstasyonu sayfa:13 2007). Konkors yani bilet holü, metro istasyonlarında yolcunun bilgi aldığı, beklediği, bilet ver me ma ki nesi ve telefonları kullandığı, turnikeleri kullanarak kontrolsüz(ücretsiz) alandan kontrollü (ücretli) alana geçiş yaptığı ve perona yöneldiği mekandır

Konkors, istasyon girişi ve perona erişim alanlarına ek olarak,

- İşletme personeli alanları ve teknik alanları,
- Yolcu hizmet alanlarını içerir.

İstasyonlarda konkors katı, istasyon tipine, istasyonun planlandığı bölgenin nüfusuna, ve istasyonun kullanım yoğunluğuna göre tasarlanmalıdır.



**Şekil 23: Konkors Katı Planı**

**Kaynak:** 2019. «İstanbul Büyükşehir Belediyesi.» *Kazlıçeşme-Söğütlüçeşme Metro Hattı İstasyon Mimari Ön Projeleri Aç-Kapa İstasyon Tipi Konkors Katı.* İBB.

Şekil-23, bir istasyonun YBM programında projelendirilmiş konkors katı planı verilen görselde,

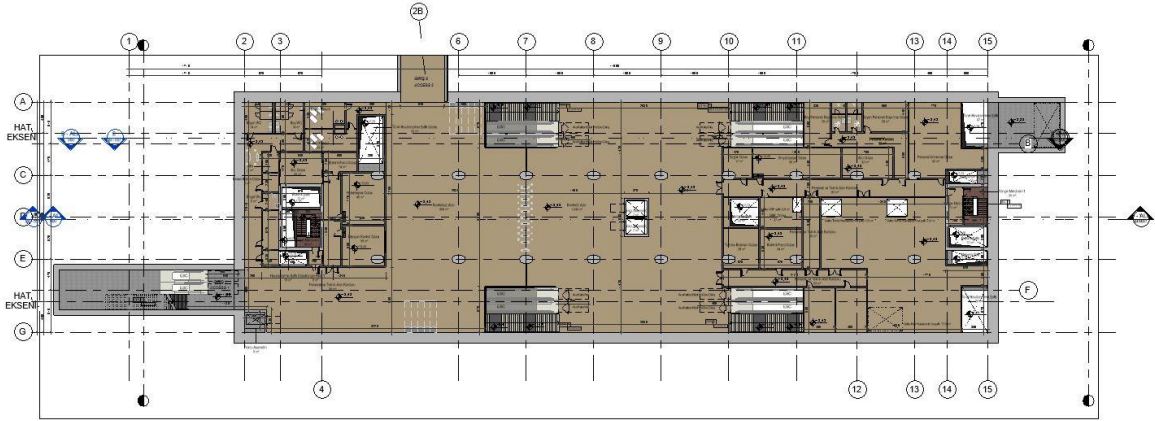
- Uzantılar istasyon giriş-çıkışı,

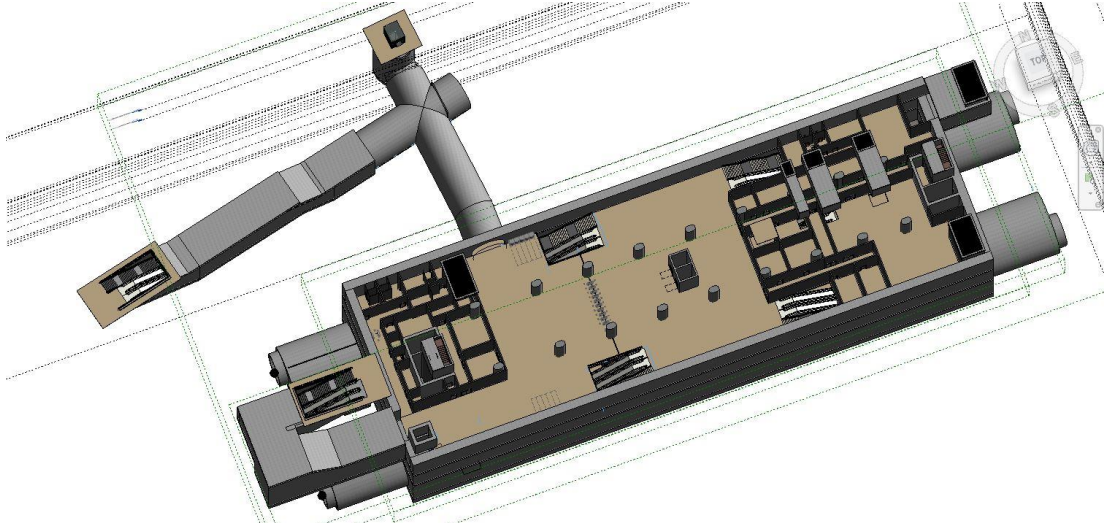
- 1. Ve 10. aks aralığında, yolcu hizmet alanları,
- 7. Ve 15. aks aralığında ise, işletme personeli alanları ve teknik alanlar,

kurulduğu görülmektedir.

### 3.1.4. Kontrollü ve Kontrolsüz Alanlar

Konkors yapısında, biletleme alanına kadar olan bölüm kontrolsüz(ücretsiz), biletleme işlemi sonrasında geçilen alan ise kontrollü(ücretli) alan olarak adlandırılır. Kontrolsüz alan tasarımı, yolcuya, istediği yere gitmesini kolay kavrayacak sadelikte planlanarak, yüzeye çıkışını veya aktarma aracına ulaşımını sağlamalıdır. Yolcu tuvaletleri, mescitler, bebek bakım odaları ve ilk yardım odaları kontrolsüz alanda yer almakta olup, kontrollü alana geçiş yapıldıktan sonra, hızlı bir şekilde yürüyen merdivenler yardımıyla, trene ulaşımı sağlanacak planlama yapılır. Teknik hacimler ise çoğunlukla, kontrollü alanın arka planında, yani yolcuların erişim sağlayamayacağı kısımda çözülür.





**Şekil 24: İstasyonda Kontrollü ve Kontrolsüz Alanlar**

**Kaynak:** 2020. «İstanbul Büyükşehir Belediyesi.» *Kazlıçeşme-Söğütlüçeşme Metro Hattı Aç-Kapa Tipi İstasyon Bilet Holü Katı*. İBB.

Yukarıda ki görsellerde (Şekil-24) Revit programında modellenmiş, istasyon bilet holü katı yer almaktadır. İstasyonun giriş çıkış merdivenler sol tarafta yer almakta olup, merdivenler ile istasyon katına inen yolcu tüneller yardımıyla bilet holü katına ulaşmaktadır. İstasyonun planlanmasında merkezde (7. Aksta) bulunan turnikeler den geçtikten sonra yolcu kontrollü alana geçmiş olur. İstasyona girişten turnike bölgesine kadar olan bölüm ise kontrolsüz alan olarak adlandırılmaktadır.

### **3.1.5. Turnikeler**

Turnikeler, bilet holünü kontrollü ve kontrolsüz alan olarak ikiye ayırmaktadır. Turnikelerin adedi, bir turnikeden girişte dakikada 30 yolcu, çıkışta dakikada 40 yolcu geçebileceği düşünülerek belirlenmelidir (Aktop Maden ve Avlar, Yer Altı Metro İstasyonlarında Mekan Tasarımı Üzerine Bir Araştırma sayfa:9 2017). Turnikeler, konkors katında öngörülen dolaşım hareketleri doğrultusunda yolcuların geçişine uygun olacak şekilde konumlanmalıdır. İstasyona giriş ve çıkış turnikeleri, yolcu sirkülasyonunu yönlendirmek için ayrı olarak gruplanarak yerleştirilmelidir.



**Şekil 25: Turnikelere Bakan Render**

**Kaynak:** 2019. «İstanbul Büyükşehir Belediyesi.» *Sarıgazi-Türkîş Blokları Metro Hattı Aç-Kapa Tipi İstasyon Render(Bilet Holü).* İBB.

Şekil-25, istasyonun turnike bölgesini gösteren bir modellemedir. Modellemeler YBM programlarının gelişmiş teknolojileri ile daha kaliteli sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Böylece, istasyonun istasyonun gerçeğe yakın görüntüsüne daha proje aşamasında iken ulaşılabilir. Şekil-25'te görüldüğü üzere, turnikeler ortadaki merdivene giden yolcuu iki ayrı koldan alarak ortaya yani merdivene yönlendirmektedir. İstasyondan çıkışta ise, yine ortada konumlanmış merdivenlerden çıkan yolcu, sağ veya sol sezgisel olarak hangi tarafı seçerse seçsin iki koldan da turnikelere ulaşarak rahatlıkla istasyondan çıkış sağlayabilir.

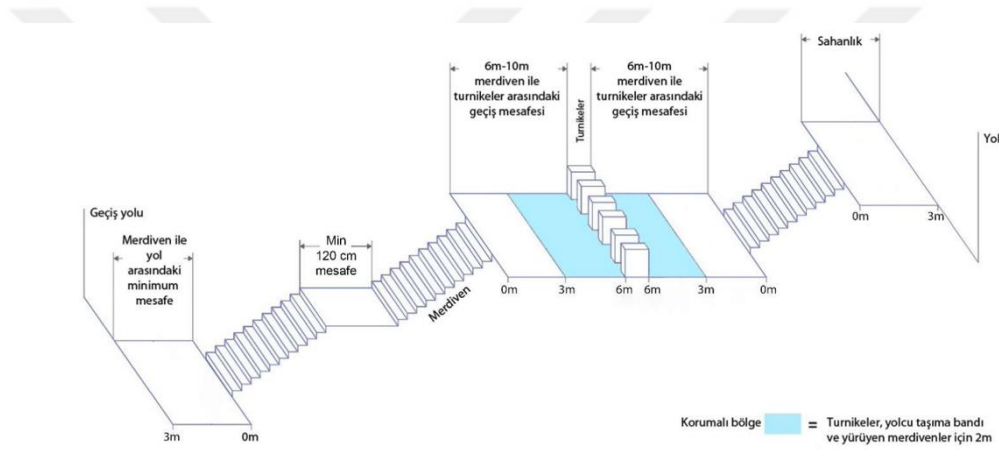
### **3.1.6. Kuyruk Alanları**

Tüm dolaşım ve yolcu hizmet alanlarında bekleme sırası (kuyruk) için gerekli alanlar sağlanmalıdır. Bu alanlar; yolcuların hizmet alanları ve karar verme noktaları gibi birçok dolaşım alanında diğer yolcuların akışlarına engel olmadan bekleyebilmeleri için yeterli büyüklükte olmalıdır. Kuyruk alanları aşağıda sıralanan yolcu ihtiyaçlarından dolayı önem taşımaktadır.

- Yönlendirme Süresi: Asansör, yürüyen merdiven, turnike veya merdivenden inen yolcu, oluşturulmuş kuyruk alanı içerisinde, serbest

hareket edebilir ve bir sonraki hareketini belirleyebileceği zamana sahip olur.

- Karar Verme/ Eylem Süresi: Kuyruk alanları, yolcuların hangi yürüyen merdiven veya turnikeyi kullanacağına karar vermek üzere ihtiyaç duyduğu mesafeyi, bekleme kuyrukları oluşturmasını, geçiş biletlerini hazırlayacak veya yerleştirecek zamanı sağlayacaktır.
- Kuyruk Oluşturma Zamanı: İşletmede bir aksaklık olduğunda, planlanan kuyruk alanı yolcuların güvenli şekilde birikmelerini sağlayacak bir yedek alan olacaktır. (İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistem Daire Başkanlığı sayfa:78-79 2019)



**Şekil 26: Kuyruk Alanları Minimum Uzunlukları**

**Kaynak:** İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistem Daire Başkanlığı. 2019. «Metro tasarım Kriterleri ve Genel Esaslar.» *Metro tasarım Kriterleri ve Genel Esaslar* içinde, sayfa:78-79. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Daire Başkanlığı.

Şekil-26'da kuyruk alanlarının konumlandıkları yere göre, minimum ölçülerini görmek mümkündür.

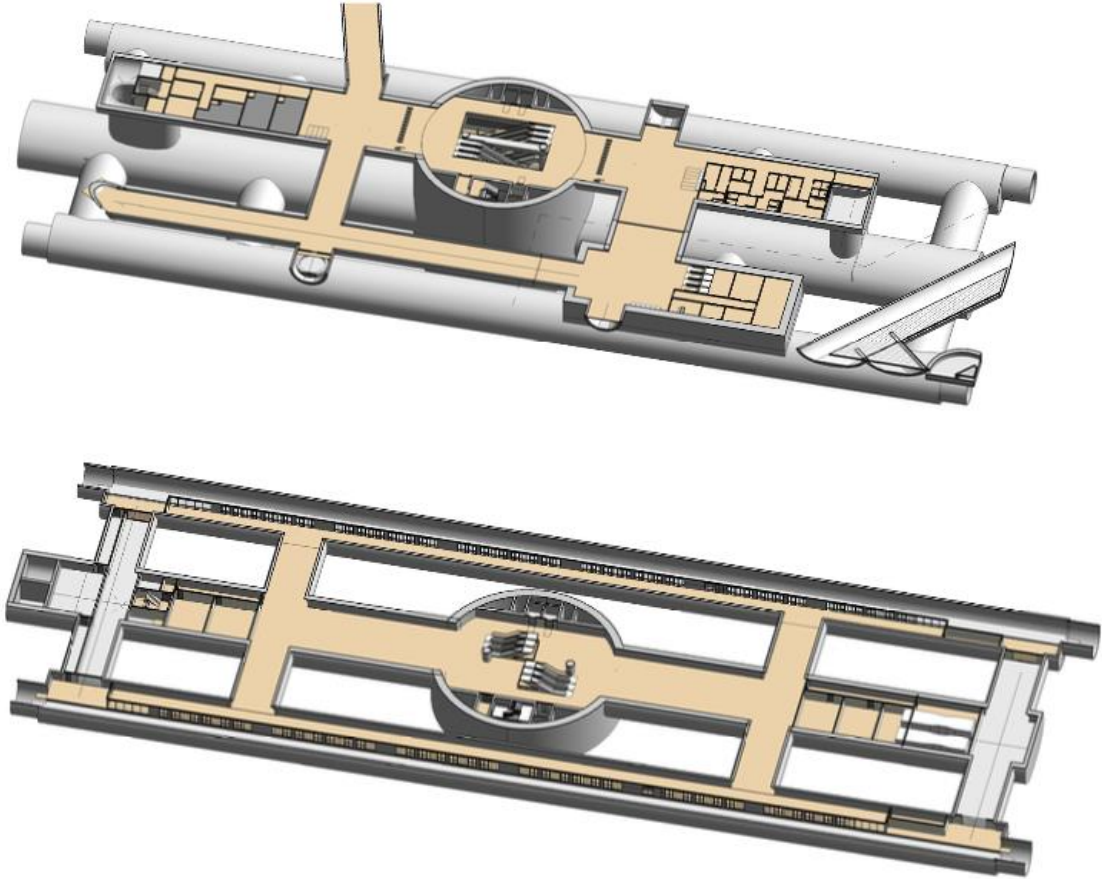
### 3.1.7. Baş Kurtarma Mesafeleri

Tasarımda uygun yüksekliklerin sağlanması, istasyon içerisinde ferahlık duygusu vermesi açısından önemli olup yönlendirme elemanları ve dolayısıyla yön bulma unsurunu doğrudan etkileyen bir kriterdir. Yolculu alanlarda, eğer istasyon aç-kapa tipindeyse net yükseklik 3,5 metre, tünel tipinde ise 3 metreden az olmamalıdır. Yolculu alanlarda tavandan sarkan elemanların (yönlendirme levhaları v.b.) altında

minimum 2,5 metre yükseklik kalmalıdır. Merdivenlerde ve yürüyen merdivenlerde asma tavan altına mesafe minimum 2,5 metre olmalıdır.

### 3.1.8. Aktarmalar ve Erişim

İstasyona giriş yapılan merdivenler sayesinde ulaşılan konkors katında, gerekli biletlendirme işlemlerinden hallettikten sonra, turnikelerden geçilip, trene doğru yönelim başlamaktadır. Turnikelerden geçtikten sonra trene kadar erişim, yürüyen merdivenler, asansörler ve geçiş yolları yardımıyla sağlanmaktadır. İstasyon yapılarında aktarma ve erişimi kolaylaştırmak için tabelalar ile yönlendirme algısı güçlendirilmelidir. (Kentsel TDönüşüm-Transfer Merkezi İlişkisinin Yenikapı Örneğinde incelenmesi sayfa:37 2013)



**Şekil 27:İstasyon Aktarma ve Erişimi**

**Kaynak:** 2020. «İstanbul Büyükşehir Belediyesi.» *Kazlıçeşme-Söğütliceşme Metro Hattı İstasyon Mimari Ön Projeleri.* İBB.

Yukarıda yapı bilgi modellemesi programında modellenmiş istasyon görselleri sıralanmaktadır. (Şekil-27) İlk görselde, merkezde bulunan yuvarlak şaft yapısında konumlanan yürüyen merdivenler, yolcuların konkors katından alt katlara erişimini sağlar, merdivenler yardımı ile peron katına ulaşabilmektedir. Peron katından alınan ikinci görsel, merdivenlerden çıkışı ve ara geçiş yolları yardımı ile trene erişimi göstermektedir.

### **3.1.9. İşletme Personeli Alanı ve Teknik Alanlar**

Yer altı metro istasyonlarında istasyon girişleri, yatay dolaşım alanları, düşey dolaşım elemanları, bilet holü ve peron dışında kalan bütün alanlar yardımcı mekanlardır. Yardımcı mekanlar; İşletme personeli alanları ve teknik alanlar olarak ikiye ayrılır. (Aktop Maden ve Avlar, Yer Altı Metro İstasyonlarında Mekan Tasarımı Üzerine bir Araştırma sayfa:12-13 2017)

İşletme personeli alanları, işletme personelinin kullanımındaki mekanlardır. Metro işletmesinde çalışan işletme personeli, yolcuya hizmet vermek, yolculuğunu kolaylaştırmak ve daha güvenli hale getirmek için görevlendirilmiştirler. İşletme işletme personelinin de hem yolcuya daha iyi hizmet verebilmesi hem de kendi gereksinimlerini karşılayabilmesi için bazı alanlara ihtiyaçları vardır.

#### **-İşletme Personeli Alanları**

- İstasyon Kontrol Odası
- Personel Dinlenme Odası
- Personel Tuvaletleri ve Soyunma Odası
- Temizlik Odası
- Sürücü Odası

Olarak sıralanabilir.

İstasyon personeli alanları planlanırken aşağıdaki durumlar göz önünde bulundurularak, gerekli tasarım kararları alınmalıdır.

- Personel alanlarının istasyon yapısı içindeki konumu,

- Personel alanlarının kendi içinde ve istasyonun diğer bölümleri ile etkileşimi,
- Personel alanlarının noktasal sıklıklara etkisi,
- İstasyon konumunun özellikleri (örneğin: futbol sahaları veya hastane yakınında olması) doğrultusunda, sayısında değişiklik yapılması gereken bir işletme personeli odası olması durumu,
- Yolcu ve personel gözetim hatları,

Durumları göz önünde bulundurulmalıdır.

Teknik mekanlar, yer altı metro istasyonlarında bakım ve işletme ile ilgili olan ve sadece işletme personeli tarafından kullanılan alanlardır. Teknik mekanlara istasyon içerisinde yer alan genel mekanlardan veya emniyetli ve kontrollü olarak dışarıdan erişilebilmelidir (Aktop Maden ve Avlar, Yer Altı Metro İstasyonlarında Mekan Tasarımı Üzerine bir Araştırma sayfa:12-13 2017).

-Teknik Alanlar:

- TVF Odası
- İstasyon Genel ve Teknik Alanlar Havalandırma Odası
- Su Deposu ve Yangın Pompa Odası
- Drenaj Pompa Odaları
- Pis Su Pompa Odaları
- Elektronik Haberleşme ve Elektrik Odaları
- Akü Odası
- Sinyalizasyon Odası
- GSM Odası
- Fiber Optik Odası

Olarak sıralanabilir.

Metro sistemleri birçok disiplinin iş birliği içerisinde çalışması ile hizmet verebilir. Metro sistemleri için büyük önem taşıyan mekanik, elektrik ve elektronik disiplinlerin ihtiyacı olan mekanlar veya disiplinlere ait cihazların konumlandığı

mekanlar oluşturma da mimari tasarımın bir parçasıdır. Bu mekanların tasarımında gereken büyüklükte ve doğru konumda olmalarına özen gösterilmelidir.

A	B	C
MAHAL KODU CODE	İSİM	NAME
201	Istasyon Kontrol Odası	Station Control Room
204	Personel Odası	Staff Room
206	Bay Personel Islak Hacim	Gents Staff Toilet
207	Temizlik Odası	Cleaners Room
208	Personel ve Teknik Alan Koridoru	Staff and Technical Area Corridor
209		Staff Stairs
211		Available Room
213	Ofis	Office
216	Personel Bay Soyunma	Dressing room - Gents
217	BAYAN MESCİT ODASI	Store room
232	Bayan Personel Islak Hacim	Ladies Staff Toilet
233	Personel Bayan Soyunma	Dressing room - Ladies

**Şekil 28: İşletme Personeli Alanları**

**Kaynak:** 2020. «İstanbul Büyükşehir Belediyesi.» *Kazlıçeşme Söğütluçeşme Metro Hattı Revit Modeli.*  
İBB.

A	B	C
MAHAL KODU CODE	İSİM	NAME
301	Tünel Havalandırma Fan Odası	Tunnel Ventilation Fan Room
304	Drenaj Pompa Odası	Drainage Pump room
306	Yangın Pompa Odası	Fire Fighting Pump Room
307	Yürüyen Merdiven Pano odası	Escalator Panel room
309	Pis Su Pompa Odası	Sewage water pump room
323	Akü Odası	Battery Room
326	Elektrik Pano Odası	Electrical Panel Room
332		Ventilation Shaft / Chanel
333	Elektrik Şaft Odası	Electrical Shaft Room
342	Elektrik Pano Odası	Escalator Panel room
347	Elektrik Şaftı	Electrical Shaft
349	Fiberoptik Kablo Odası	Fiber Optic Room
350	Haberleşme Odası	Communication Room
356	PAKS Pano Odası	PAKS Panel Room
359	Sinyalizasyon Odası	GSM room
360	Yedek Oda	Catenary room
374	Istasyon Tünel Havalandırma Odası	Station Ventilation Fan Panel Room
375	Istasyon Havalandırma Şaftı	Station Fresh air shaft
376	Istasyon (EXF) Havalandırma Şaftı	Station Exhaust air Shaft
378	VRV dış ünite odası	VRV outdoor unit room
379	Malzeme Şaft Odası	Material Shaft Room

**Şekil 29: Teknik Alanlar**

**Kaynak:** 2020. «İstanbul Büyükşehir Belediyesi.» *Kazlıçeşme Söğütluçeşme Metro Hattı Revit Modeli.*  
İBB.

YBM programı olan Revit'te modellenen bir istasyonun, programda çizimi yapılırken oluşturulan mekanlara, isimlendirme ve o mekanın kullanıcısı ve işlevi bilgileri girilmektedir.(Şekil-28 ve Şekil-29) Revit'te modellemesi yapılmış istasyon yapısına ait tüm mekanlar hizmet ettikleri alanlara göre gruplandırılmış bir şekilde

schedule(liste) sekmesinde yer almaktadır. Böylece kolaylıkla istasyon mahal listesini oluşturmaya olanak sağlamaktadır.

### **3.1.10. Acil Durum Planlama**

İstasyonlarda, acil durumlardan korunmak ve durum kontrol altına alınana kadar, alınan tüm önlemler, yolcular için yeterli ve uygun kaçış yolları ile desteklenmelidir. Bu sebeple, istasyon tasarımları, kaçış senaryoları da düşünülerek yapılmalıdır.

Acil durumlarda amaç, yolcuların 6 dakika içinde güvenli alana tahliye edilmesinin sağlanmasıdır. Eğer mümkünse acil durum tahliye yolları, normal işletme koşullarında kullanılan yollarla aynı olmalıdır. Böylelikle, ayrı bir acil durum tahliye yolu oluşturmak için gerekli altyapı yatırımına gerek kalmayacak ve daha da önemlisi, yolcuların aşına oldukları ve bildikleri bir güzergahtan tahliyesi daha hızlı ve kolay olacaktır. (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Daire Başkanlığı sayfa:97 2019)

### **3.1.11. Yolcu Hizmet Alanları**

İstasyonun konors(bilet holü) bölgesinde, yolcuya hizmet amacı ile planlanan yolcu hizmet alanları, yolcunun istasyon içerisinde ihtiyaçlarını gidermesi adına planlanan bölgelerdirler. Bu bölgeler istasyonun planlandığı yerlere göre değişiklik göstermektedir. Yolcu tuvaletleri, bebek bakım odaları, ilk yardım odası ve mescitler kural gözetmeksizin her istasyonda olması gereken mekanlardır. Ancak, ticari alanlar, reklam ve sanat alanları genellikle aktarmaların olduğu istasyonlarda tasarlanmaktadır.



**Şekil 30: Örnek Ticari Alan, İstanbul Metro**

**Kaynak:** Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü. 2017. «İstanbul Metro Tasarım kriterleri ve Standartlar.» *İstanbul Metro Tasarım kriterleri ve Standartlar sayfa:45-46.* İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Kasım.



**Şekil 31: Örnek Reklam Panosu Londra Metro**

**Kaynak:** Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü. 2017. «İstanbul Metro Tasarım kriterleri ve Standartlar.» *İstanbul Metro Tasarım kriterleri ve Standartlar sayfa:45-46.* İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Kasım.

### 3.1.12. İstasyon Mobilyaları

Mobilya ve demirbaş eşyalar, yolcuların konforu, güvenliği ve rahatlığını sağlamayı kolaylaştıran elemanlardır. İstasyon mobilyaları, yolcu akışını kesmeyecek şekilde yerleştirilmeli, dayanıklı ve fazla bakım-onarım masrafı gerektirmeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Tüm oturma elemanları ve benzeri objeler istasyon zeminine, duvara veya kolonlara kalıcı olarak güvenli bir şekilde sabitlenmiş olmalıdır. İstasyon içerisindeki tüm mobilyalar, yolcuların ticari reklamları ve bilgilendirme elemanlarını okumasına engel oluşturmayacak şekilde yerleştirilmeli, arka planlarıyla kontrast renkte uyumlu olmalıdır. (Raylı Sistem Daire Başkanlığı sayfa:112 2019)

İstasyon yapıları, yolcunun trene ulaşımını ve trenden ayrılışına olanak sağlayan yapılar olduğundan, kullanıcılar istasyon yapıları içerisinde genellikle hareket halinde olup, istasyonda çok fazla vakit geçirmezler. Bu durumdan ötürü, istasyon içerisinde mobilya kullanımı minimum düzeydedir. Yolcuların kullandığı mobilyalar ise, tren beklerken kullanılacak olan oturma grupları, çöp kutuları ve bilet makinaları olarak sıralanabilir.



**Şekil 32:İstasyon Oturma Grupları Render**

**Kaynak:** 2019. «İstanbul Büyükşehir Belediyesi.» *Sarıgazi-Türkîş Blokları Metro Hattı Aç-kapa Tipi İstasyon Render(Peron Katı).* İBB.

Yukarıda ki görselde (Şekil-32) YBM programında modellenmiş olan istasyon peron katı yer almaktadır. Bu görselde istasyon mobilyası olarak konumlanmış oturma grupları, istasyon ile uyumlu renklerde seçilerek tasarıma önem verilmiştir. YBM programları ile daha proje aşamasında, kullanım aşamasını kontrol etme olanağı sağlanır.

### **3.1.13. Yönlendirme Elemanları**

İstasyon içerisindeki iyi tasarlanmış bir yönlendirme ve bilgilendirme elemanları sistemi, yolcuların işletme personeline danışma ihtiyacını azaltacaktır. Böylelikle, işletme verimliliği ve yolcu memnuniyetinin artması sağlanacaktır.

Yönlendirme sistemleri metro istasyonu tasarımında çok önemli bir faktördür. Kullanıcılar, mantıksal açıdan doğru düzenlenmiş, yalın ve yerel dil bilgisi gerektirmeyen bir sistem içinde gide ekleri yönü kolayca bulabilirler. İyi yönlendirme elemanlarına sahip bir metro istasyonu, kullanıcı üzerinde iyi bir organizasyon etkisi yaratarak, istasyonda kişinin kendini güvende hissetmesine katkıda bulunur (Metro İstasyonlarının Kentsel Mekan Olarak Düzenlenmesinde Tasarım Kriterleri sayfa:163 2001).

Yüzey girişinden perona, trenden trene veya yüzey çıkışına kadar olan yolculuk, çoğu zaman oldukça karmaşık olmaktadır. Metronun kapalı, sınırlanmış ve yoğun içeriği, eksik yönlendirmelerle birleştiğinde yolcular üzerinde önemli endişe veya stres etkisi yaratabilir. Yönlendirme sisteminin amacı her zaman için yolcuların bilgi ihtiyacını karşılamak olmalıdır. Tüm geçiş yolları üzerinde yönlendirmeler, işaretler ve semboller bulunmalıdır. Tabelalarda verilen bilgi basit olmalı, detay içermemelidir. Böylelikle kavrama gücü bulunan yolcular için daha anlaşılır olacaktır.



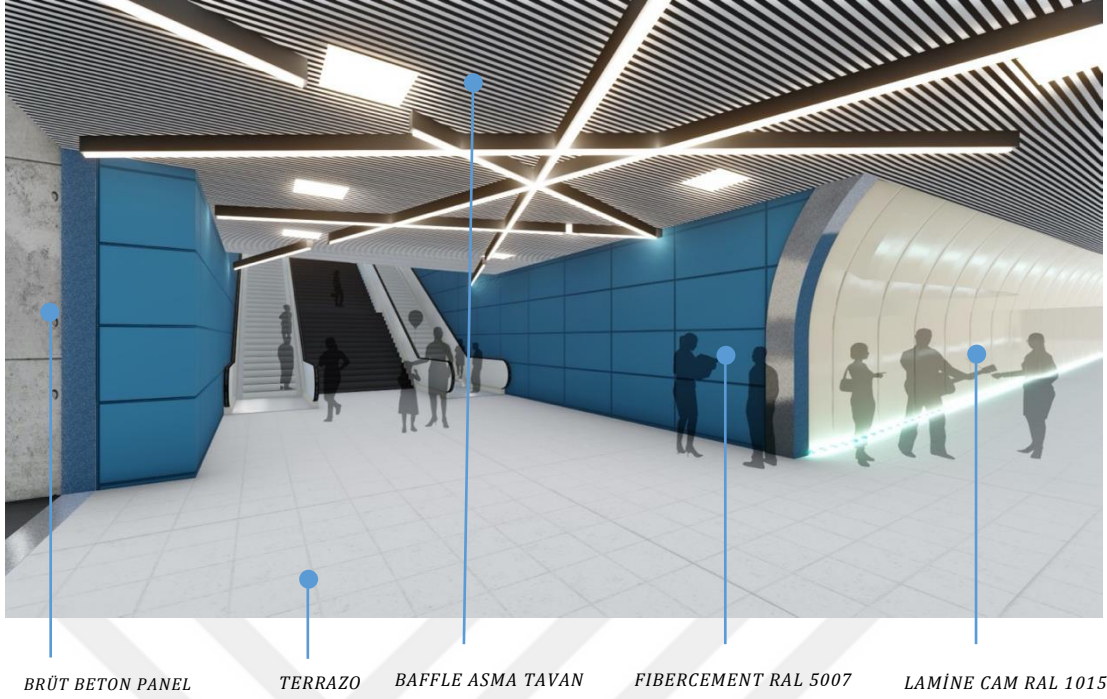
**Şekil 33: Yönlendirme Elemanları Render**

**Kaynak:** 2019. «İstanbul Büyükşehir Belediyesi.» *Sarıgazi-Türkîş Blokları Metro Hattı Aç-Kapa Tipi İstasyon Render.* İBB.

Yukarıdaki görselde (Şekil-33) YBM programında modellenmiş olan istasyon konsors katı yer almaktadır. Modellemede turnikeden giriş yapan yolcu, trene gidiş tabelası ile rahatlıkla yolunu bularak merdivenler yardımı ile peron katına doğru yönlendirilmektedir. Diğer tarafta, turnikeden çıkış yapan yolcu, çıkış tabelasını takip ederek, istasyon çıkışına doğru yönlendirilmektedir.

#### **3.1.14. Malzemeler ve Yüzeyler**

İstasyon zemininde, duvarında ve tavanında kullanılan malzemeler, istasyonun güvenlik, konfor ve estetik gibi değerlerine katkı sağlamalıdır. Kaplama malzemeleri, renkleri, dokuları ve desenleri ile istasyonun tasarımı ile orantılı olarak, mimari kimliğin tanımlanmasına yardımcı olmalıdır. İstasyonlar az kaynak ve malzeme ile işletilebilir ve bakımı yapılabilir olmalıdır. Malzeme seçimleri dayanıklı, kolay bakım yapılabilir, çevre dostu, yangına karşı dayanıklı(A1 yanmazlık sınıfına dahil), düşük maliyetli ve görsel açıdan estetik niteliğe sahip olmalıdır.



BRÜT BETON PANEL

TERRAZO

BAFFLE ASMA TAVAN

FIBERCEMENT RAL 5007

LAMİNE CAM RAL 1015

### Şekil 34: İstasyon Malzeme Görseli

**Kaynak:** 2019. «İstanbul Büyükşehir Belediyesi.» *Sabiha Gökçen-Kurtköy Metro Hattı İstasyon Render.* İBB.

Yukarıda YBM programında modellenmiş istasyon modelinin, duvar, döşeme ve tavan malzemeleri belirtilmektedir. (Şekil-34) Yukarıda belirtilen malzemeler:

- Baffle Asma Tavan: Tavanda farklı ölçülerde dikey olarak asılan metal panellerdir. Paneller arası boşluklar bulunduran tasarım, istasyon içinde hava sirkülasyonuna da olanak tanımaktadır. Paneller arası boşluk aynı zamanda metrolarda hayati önem taşıyan elektrik ve mekanik tesisatı gizleme imkanı da sağlar.
- Fibercement: Çimento yonga levha olan, fibercement sudan etkilenmez, bu durum istasyon temizliğinde kullanılan sudan ve yağmur suyundan etkilenmemesi açısından önem taşımaktadır. A1 sınıfı yanmazlık özelliğine sahip olan malzeme, metrolarda yangın sınıfı gerekliliğinden de geçmektedir. Ağır bir malzeme olan fibercement, iyi bir akustik özelliğine sahiptir. Metrolarda yapılan anons ve uğultular dikkate alındığında akustik malzeme kullanımı da büyük önem taşımaktadır.

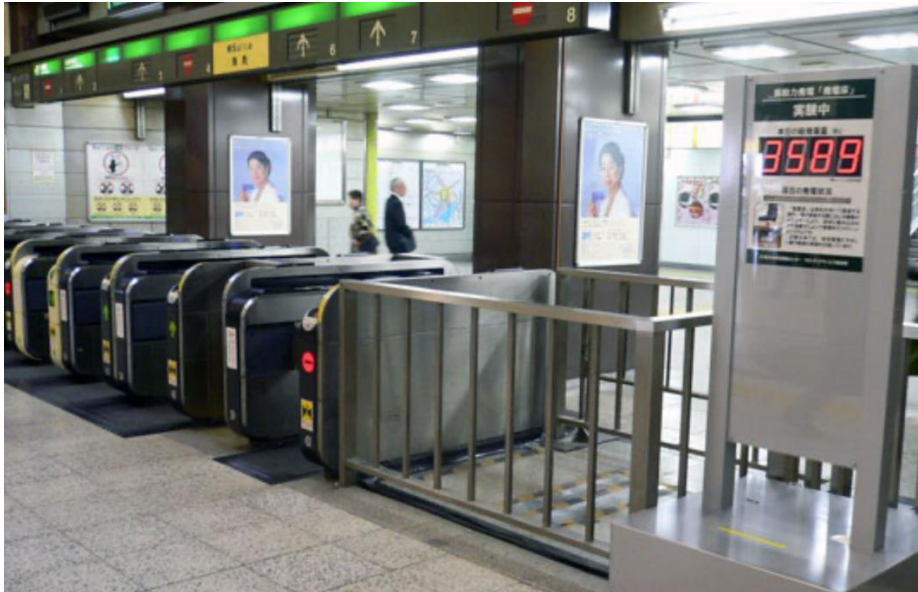
- Lamine Cam: Ses geçirgenliği az olan lamine cam, halka açık kullanımından dolayı zarar görse bile, kırılmazlar. Cam parçaları birbirlerini tutarak dağılmayı engeller. Estetik açıdan güzel sonuçlar ortaya çıkaran lamine cam, istasyon tasarımında duvarlarda kullanılarak temiz bir görüntü elde edilmektedir.
- Brüt Beton Panel: Suyu emmeyen ve sudan etkilenmeyen beton paneller, istasyon yapılarında kullanımına uygundur. A1 sınıfı yanmaz cephe kaplama malzemesidirler. Dayanıklılıklarından dolayı, uzun yıllar bakım gerektirmeden kullanıma elverişli olmaları halka açık alanlarda kullanılmasını desteklemektedir.
- Terrazo: Çimento harcının içine mermer ve granit taş parçaları atılarak dekoratif bir görüntü sağlayan zemin kaplama malzemesidir. Düşük yüzey kayganlığına sahip olan bu malzeme, halka açık alanlarda kayıp düşerek yaralanma olasılığını azalttığından dolayı kullanımı tercih edilmektedir. Bakım, onarımı kolay ve ucuz olan terrazo su geçirmez ve toz tutmazlık özelliklerine sahiptir. A1 sınıfı yanmazlık dayanımına sahip olarak, sürtünmeye darbeye, aşınmaya ve çatlama risklerine karşı da dayanıklıdır. Tüm bu özellikleri sonucunda, istasyonda zemin kaplaması olarak kullanımı önerilen bir malzemedir.

### **3.1.15. Sürdürülebilirlik**

Sürdürülebilir mimari tasarım kavramının hedefi, macro ölçekten micro ölçğe kadar tasarım sürecinin tamamında, yerel malzeme, altyapı, iklim, teknoloji, doğal kaynaklar gibi içinde bulunduğu bağlamsal verileri kullanarak, uzun süreçte ve gelecek yıllarda kendi kendine yetebilmesini esas alır. Sürdürülebilir mimari tasarım, bir döneme veya bir zamana hizmet etmeyerek, gelecek nesiller için kullanılabilir olması gerekmektedir. Sürdürülebilirlik yaklaşımı, her ölçekte ve her tasarımda ele alınarak doğal verileri korumak amacı ile çok fazla öne çıkmaktadır. Son yıllarda iyice öne çıkan sürdürülebilirlik kavramı metro sistemleri projelendirilirken de dikkat çekmektedir bu durum, metrolar projelendirilirken, sürdürülebilirlik kavramının da projenin içine katılmasını sağlamaktadır.

Dünyada metro sistemleri gibi altyapı projelerinin ekonomik, çevresel ve sosyal sürdürülebilirliğini derecelendiren Envision yeşil altyapı sertifikasyon sisteminin ortaya çıkması ile altyapı projelerinde sürdürülebilirlik kavramı hızla gelişmeye başlamıştır. Gönüllü bir sertifikasyon sistemi olan Envision, binalara verilen LEED sertifikası gibi, yapının çevreye duyarlı, ekonomik ve yenilikçi olmasını hedeflemektedir.

Türkiye’de metro projelerinde sürdürülebilirlik görüşü, yapım aşamasında olan, “Sabiha Gökçen Havalimanı-Kurtköy” hattının Teknopark istasyonunda piezoelektrik malzeme ile hareket enerjisinin elektrik enerjisine çevrilmesi ile gerçekleştirilecektir. Piezoelektrik özellik, malzemelere uygulanan basınç ile, malzemenin potansiyel değiştirme yeteneğidir. Gün içerisinde fazla dolaşımın yaşandığı istasyon yapılarında, yolcuların istasyon içerisindeki dolaşmaları esnasında yer döşemesinde oluşturdukları basınç mevcuttur. Piezoelektrik özellikli yer döşemesi bu hareket enerjisini, yolcuların döşemede oluşturacakları basınç ile elektrik enerjisine çevirerek, istasyonda tüketilen enerjinin bir kısmının istasyonun kendi ürettiği enerjiden kullanması amaçlanmaktadır. Piezoelektrik döşeme malzemesi yolcu sirkülasyonunun fazla olduğu turnike bölümünün zeminine döşenmektedir (Çalışır, Akçay ve Sürmeli 2020).



**Şekil 35: Turnike Bölgesinde Piezoelektrik Malzeme Kullanımı**

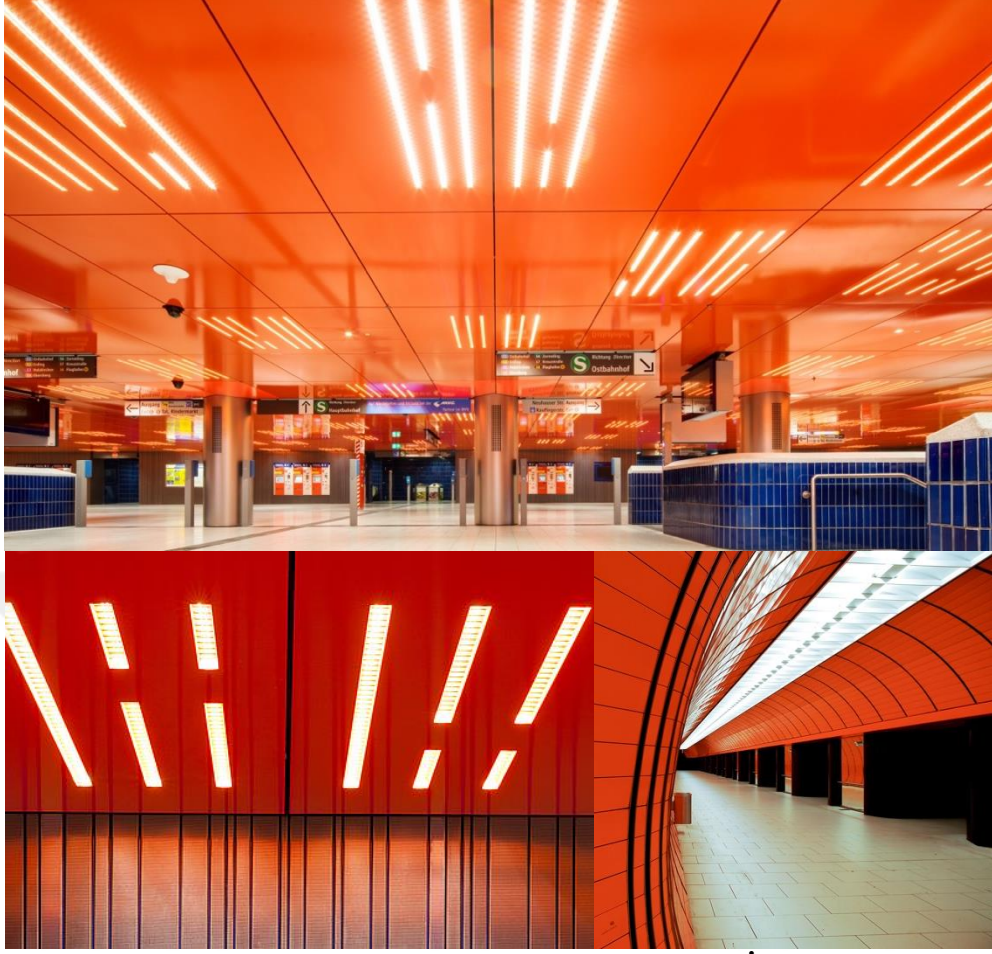
**Kaynak:** 2020. *Energy Generating Floors to Power Tokyo Subway*. 14 05. <https://inhabitat.com/tokyo-subway-stations-get-piezoelectric-floors/>.

Şekil-35 de Tokyo metrosundan verilen görselde, istasyonun turnike bölgesine döşenmiş piezoelektrik malzeme ile, istasyonda ki hareketten doğan kinetik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesine örnek olarak verilebilir.

### **3.1.16. Aydınlatma**

Yer altı metro istasyonları, genelde doğal ışık almayan kapalı hacimler olduğundan aydınlatmanın hacim üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Bu tür mekânlarda görsel algı için mutlaka aydınlatma gerekmektedir. Aydınlatma, görsel konfor koşullarını sağlayarak mekândaki üç boyutluluğun algılanmasına yardımcı olan ve kullanılan tasarım donatılarının özelliklerini açığa çıkaran bir etkidir. Bunun yanında, iç mekâna işlevsellikle birlikte estetik değer de kazandıran bir tasarım değişkeni olarak da tanımlanabilir. Yer altı metro istasyonlarında; güvenli dolaşıma olanak veren, kullanıcı konforunu sağlayan, engelli güvenliğini dikkate alan, aydınlık alanlardan daha loş ve karanlık alanlara yumuşak geçiş sağlayan aydınlatma yapılmalıdır. (Aktop Maden ve Avlar, Yer Altı Metro İstasyonlarındaki Yolculu Alanların Görsel Konfor Açısından Değerlendirilmesi: Kadıköy ve Kartal İstasyonları Örneği sayfa:18 2017)

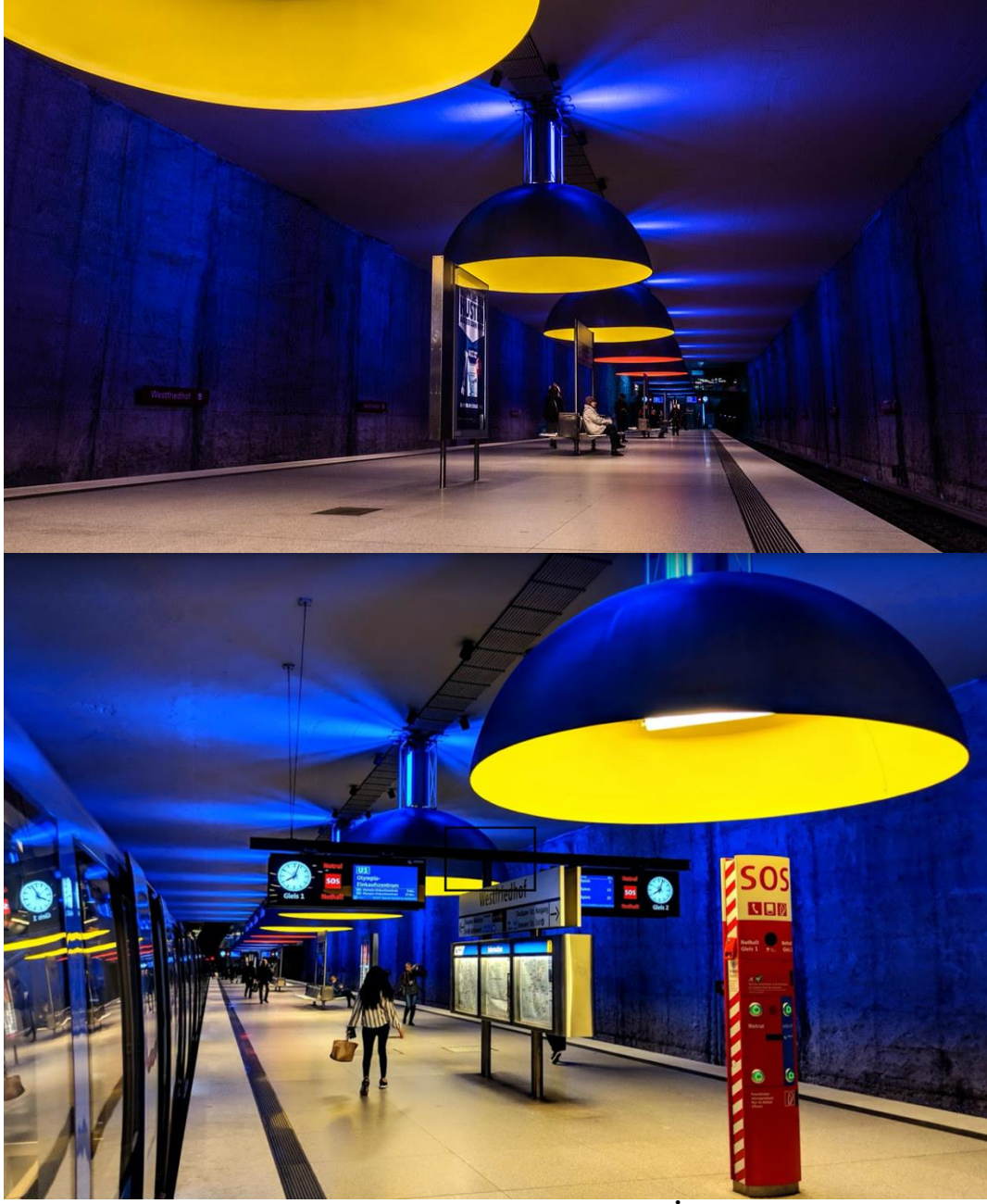
Dünyada metrolarda aydınlatma konusunda en başarılı kullanımlarından biri olarak Münih metrosu örneği olarak verilebilir. 1971 yılında açılan Münih metrosu 2010 yılından itibaren yapılan renovasyonlar ile aydınlatma bağlamında daha vurgulu ve değişik istasyonlar oluşmasına olanak vermiştir.



**Şekil 36: Münih Metrosu Marienplatz İstasyonu**

**Kaynak:** Innovative LED lighting from OSRAM for the Subway Station Marienplatz in Munich. 2020. 21 05. <https://www.osram.com/ds/knowledge/munich-germany-europe-2015/index.jsp>.

Günde 200.000'den fazla yolcunun kullandığı Münih metrosunun Marienplatz istasyonu, şehir merkezinde yer aldığından dolayı, bir çok hattın da kesiştiği ve aktarma imkanı sağlayan bir istasyondur. Uzun yıllardır kullanımda olan Marienplatz istasyonu renovasyonundan önce, eskimiş erişim seviyelerine sahipti. ‘‘Allman Sattler Wappner Architekten’’ tasarım grubu ve aydınlatma tasarımcısı Ingo Maurer’ın tasarımları ile üç buçuk yıl süren renovasyon sürecine girmiştir. Renovasyon sürecinden sonra ekim 2015’te yeni tasarımı ile yolcu kullanımına sunulmuştur. (Innovative LED lighting from OSRAM for the Subway Station Marienplatz in Munich) Şekil 36’da Münih metrosunun Marienplatz istasyonunun renovasyon sonrası günümüzdeki hali yer almaktadır. LED aydınlatmaların hakim olduğu istasyon yolculara açık parlak zeminler sunmaktadır, son derece yansıtıcı turuncu paneller istasyonun çarpıcı görünmesini sağlamıştır.



**Şekil 37: Münih Westfriedhof İstasyonu**

**Kaynak:** url-11. 2020. *Münih Metro*. 21 05. <https://xehay.vn/bom-tan-mitsubishi-xpander-facelift-trinh-lang-tai-indonesia-ban-nang-cap-nhe-voi-gia-tu-365-trieu-vnd.html/choang-ngop-voi-nhung-ga-tau-dien-ngam-sang-xin-hang-dau-the-gioi.html>.

Şekil 37’de Münih metrosunun diğer bir istasyonu olan Westfriedhof istasyonu yer almaktadır. Westfriedhof istasyonu aydınlatma seçiminin tasarımda büyük rol aldığı istasyonlardandır.

İşlenmiş kayadan yapılan duvarlar istasyonun karanlığı ile birleşince ortama mağaradaymış havası vermektedir. İstasyon aydınlatması olarak tasarlanmış yarım küre lambalar 3.80 metre çapa sahip olup toplamda 11 adet bulunmaktadır. Bu aydınlatma fikri Marienplatz istasyonunun aydınlatma tasarımcısı olan Ingo Maurer'e aittir. (url-12) Bu güçlü aydınlatmaya ek olarak tavandan duvara yansıtılan mavi renk istasyona farklı bir hava katmaktadır.

Metrolarda görsel tasarım adına kullanılan aydınlatma, İstanbul metrosunda henüz pek bir gelişme kaydedememiştir. İstanbul metrosunda aydınlatmanın, sadece bir gereklilik olarak değil de tasarımın bir parçası olarak kullanılmasına örnek olarak M6(Levent Boğaziçi Üniversitesi-Hisarüstü) metro hattı verilebilir. (Şekil-38) Tünel geçişini gökkuşağı renkleriyle aydınlatılan hat, diğer metrolardan daha renkli bir görüntüye sahiptir. Bu durum İstanbul metrosunda aydınlatmanın kullanımı ile alakalı önemli bir girişim olup, yolcular tarafından sevilmesi durumunda yeni projelendirilen metrolarda da kullanılabileceği hakkında bize bilgi vermektedir.



**Şekil 38: M6 (Boğaziçi Üniversitesi-Hisarüstü) Metro Hattı**

**Kaynak:** url-6. 2020. *İstanbul Metrosu*. 18 04. <https://www.tazeyorum.com/place/bogazici-uni-hisaronu-metro-istasyonu/36207>.

### **3.1.17. Akustik**

Metro sistemlerinde kullanıcılar sürekli hareket halinde olduklarından dolayı fark edilmeden oluşan bir arka plan gürültüsü oluşur ve bu ses uzun mesafeler kat ederek istasyonun tümüne yayılır. Bu durumdan ötürü istasyonlar dağılmamış,

karışmamış ses alanları ile akustik açıdan sorunlu mekanlardır. Metro istasyonlarının henüz mimari projelendirme aşamasında iken akustik tasarımlarının eş zamanlı olarak yürütülebilmesi, istasyonun kullanıma açıldıktan sonra doğması olası akustik kaynaklı sorunların en aza indirgenmesi açısından oldukça önemlidir (Varşova Metro Sistemi(FazII) İstasyonları Akustik Tasarımı sayfa:3 2011).

İstasyonların akustik tasarımları, insanların kolayca iletişim kurabileceği ve aşırı gürültü oluşumunun engellenebileceği şekilde iyi bir işitsel ortam sağlamalıdır. Anons sistemi duyuruları kolayca işitilebilir ve anlaşılır olmalıdır. Ayrıca yolcuya açık olmayan alanlarda, işletme personeli için konforlu bir akustik ortam oluşturulmalıdır. Gürültü kontrolünde amaç, gereken tedbirlerin alınması ile, istasyondaki gürültü seviyelerinin kullanıcıyı rahatsız etmeyecek sınırlar içerisinde tutulması ile, akustik açıdan konforlu bir ortam oluşturmaktır.

Bu amaçlar dahilinde, peron ve bilet holü katlarında ki duvar ve tavanlarda ses emici özellikte malzemeler kullanılmalıdır. Ses emici özellikte malzeme kullanılarak, tren kaynaklı gürültü ile bu gürültünün istasyondaki yankılarının kontrol altına alınması mümkün olacaktır.

İstasyonlarda alınan akustik önlemlerin amaçları aşağıdaki gibi sıralanmaktadır:

- Taşıtların sebep olduğu gürültünün azaltılması,
- Yolcuların kendilerine yönelik yapılan duyuru anonslarını kolaylıkla işitmelerinin sağlanması,
- Havalandırma tesisatı, yürüyen merdiven, asansör ve diğer mekanik sistemlerin ortaya çıkardığı gürültünün kontrolü.

### **3.2. Mimari Tasarım Bileşenlerinin Diğer Disiplinlerle Etkileşimi**

Yukarıda açıklanan mimari tasarım bileşenlerinin sonucunda metro tasarımında mimari disiplinin uygulaması gereken bazı gereklilikler olduğu net bir şekilde gözükmemektedir. Bu gerekliliklerin YBM teknolojisi ile daha rahat uygulandığı da örneklerle açıklanmıştır. Ancak açıklanan bileşenlerin bazılarında mimari disiplinin dışında diğer disiplinlerinde söz hakkı olduğu, iki disiplinin ortak alanı olan bileşenler

bulunmaktadır. İki disiplinin kesiştiği bileşenlerde disiplinler arası beraber çalışma ortamı sağlanmalıdır. YBM teknolojisinde, disiplinler arası çalışma ortamı geleneksel sistemlere kıyasla daha kolay ve iş gücünü azaltma odaklıdır. Mimarın diğer disiplinlerle çakıştığı karar aşamaları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- İstasyon Tipleri: İstasyon tipinin seçilmesi sırasında mimarların düşündüğü yolcu sayısını karşılayacak bir istasyon seçmek olmaktadır. Örneğin yolcu sayısı fazla olacak ve aktarma yapılacak bir istasyon ise aç-kapa istasyon tipi tercih edilir bunun sebebi aç-kapa istasyon tipinde daha fazla hacim ortaya çıkmasıdır. Ancak yolcu sayısının daha az olduğu istasyonlarda fazla alana ihtiyaç olmadığından tüneller yeterli olacaktır bundan dolayı tercih, tünel tipi istasyon olacaktır. Ancak istasyon tipine karar vermek için bu durumlar yetersiz kalmaktadır. İstasyona karar vermek için inşaat mühendisleri ve jeoloji mühendisleri ile birlikte çalışmak gerekmektedir. Jeoloji mühendisleri istasyon yapılacak zemin tipinin hangi istasyon tipine daha uygun olduğuna karar verip, inşaat mühendislerinin taşıyıcı sistem kararları sonucunda, hangi tipin bölge için daha uygulanabilir olacağına karar verilir. Seçilen istasyon tipi mimarlar tarafından tasarlanır.
- Yolcu Sayıları: İstasyondaki yolcu sayıları, tasarımında önemli bir etkidir. Bu bağlamda mimarların yanı sıra şehir bölge planlamacılar yardımı ile istasyonun konumlandığı bölgeye göre yolcu sayıları ve kullanım oranları hesaplanarak bu doğrultuda istasyon planlaması yapılmaktadır.
- Aktarmalar ve Erişim: Aktarmalar ve erişim faktörleri de yolcu sayıları ile bağlantılı olduğundan bu konuda da mimarların ve şehir bölge planlamacıların ortak çalışması sonucunda kararlar verilmelidir.
- İşletme Personeli Alanı ve Teknik Alanlar: İstasyon yapılarında işletme personeli ve teknik açıdan gerekli birçok alan bulunmaktadır. Mekanik bir sistem olan metro sistemleri çeşitli makinalara bağlı olarak çalıştığından teknik alanların ve işletme personelinin ihtiyacı olan alanlar makine mühendisleri ile ortak çalışmalar sonucunda karara bağlanmalıdır. Metro sisteminde gerekli olan bazı makinaların

boyutları konusunda makine mühendislerinin yardımını alarak mekan boyutlarına dair kararlar verilir.

- Acil Durum Planlama: Halkın kullanımına açık olan metro sistemleri gün içerisinde birçok acil durumla karşı karşıya kalabilme olasılığı söz konusudur. Böyle durumlarda istasyonun boşaltılması veya kullanıcıların güvenli alana ulaşabilmesi için gereken çalışmaları yapan mimarlar, iş güvenlikçilerin yardımını alarak, yolcuların daha güvende olması sağlamaktadır.
- Yolcu Hizmet Alanları: İstasyon kullanıma geçtikten kullanıma açılacak olan yolcu hizmet alanlarında, istasyon işletmecilerinin söz hakkı bulunmaktadır. İstanbul metrosunda işletmeci olan Metro İstanbul yolcu hizmet alanlarından sorumludur.
- İstasyon Mobilyaları: İstasyonlar halka açık alanlar olduğundan mobilya seçimlerinde bazı gereklilikler bulundurmaktadır. İstasyon mobilyaları seçiminde iç mimarların desteği ile hangi mobilyanın daha uygun olacağına daha kolay karar verilir.
- Malzemeler ve Yüzeyler: İstasyon mobilyaları gibi malzeme ve yüzey seçiminde de bazı kısıtlamalar olduğundan, iç mimari ekibinin yardımı ile uyulması gereken kurallara en uygun malzeme belirlenir.
- Sürdürülebilirlik: Metro sisteminde yapılması planlanan sürdürülebilirlik projesi hangi alanda ise, o alana ait uzman mühendisler ve çevre mühendisleri ile ortak çalışmalar yapan mimarlar istasyon planlamalarını beraber verdikleri kararlar sonucunda yapmalıdırlar.
- Aydınlatma: Elektrik mühendislerinin görevi olan aydınlatma mimari tasarım ögesi olarak da kullanıldığından mimarlar ve elektrik mühendislerinin ortak çalışması ile karar verilir. Mimarların aydınlatma tasarımları elektrik mühendislerinin projelendirmesi sonucunda uygulanabilir.
- Akustik: İstasyonlarda, tren geçişlerinden kaynaklanan titreşim nedeni ile oluşan gürültüyü ve dolaşım, anons nedeni ile havaya yayılan gürültüyü kontrol altına almak için duvar ve döşemeler titreşimi

azaltacak ve emecek şekilde tasarlanması iç mimari ekibin yardımı ile yapılmalıdır. İstasyonda kullanılan malzemelerin akustik açıdan uygun olup olmadığına karar vermemizi sağlayan akustik hesaplar ise, elektro-mekanikçiler yardımı ile yapılmalıdır.

**Tablo 7: Mimari Tasarım Bileşenlerinin Diğer Disiplinler ile İlişkisi**

Mimari Tasarım Bileşenleri	Disiplinler Arası Çalışma Gerektiren Uzmanlık Alanları
İstasyon Tipleri	İnşaat ve Jeoloji Mühendisliği
İstasyon Planlama	
Yolcu Sayıları	Şehir Bölge Planlaması
Konkors	
Kontrollü ve Kontrolsüz Alanlar	
Turnikeler	
Kuyruk Alanları	
Baş Kurtarma Mesafeleri	
Aktarmalar ve Erişim	Şehir Bölge Planlaması
İşletme Personeli Alanı ve Teknik Alanlar	Makine Mühendisliği ve İşletme
Acil Durum Planlama	İş Güvenliği Uzmanlığı
Yolcu Hizmet Alanları	İstasyon İşletmesi
İstasyon Mobilyaları	İç Mimarlık
Yönlendirme Elemanları	
Malzemeler ve Yüzeyler	İç Mimarlık
Sürdürülebilirlik	Çevre Mühendisliği
Aydınlatma	Elektrik Mühendisliği
Akustik	Akustik Uzmanlığı ve İç Mimarlık

**Kaynak:** C. Sena BALABAN

Tablo-9’da verilen bilgilerden karşısı boş olanlar, mimarların sonuca ulaştırabilecekleri başlıklar olup, diğerleri ortak çalışma gerektiren kararlardır. Tabloda görüldüğü gibi, metro projelerinde disiplinler arası çalışma önemli ve kaçınılmazdır. Disiplinler arası çalışmayı en verimli şekilde yürütmek, YBM teknolojisi sayesinde daha kolay olduğu ve kesin sonuçlar verildiğinden, YBM teknolojisinin metro projelerinde kullanımı her aşmada daha verimli sonuçlar verir.

YBM teknolojisinin disiplinler arası çalışma kolaylığı sağlamasına ek olarak tez içerisinde sıralanmış olan mimari tasarım bileşenlerinin uygulanmasında da etkileri oldukça fazladır.

**Tablo 8:Mimari Tasarım Bileşenlerinin YBM Teknolojisi Kullanımına Uygunluğu**

Mimari Tasarım Bileşenleri	YBM Teknolojisi Kullanım Uygunluğu
İstasyon Tipleri	Karar verilen istasyon tipinin YBM programları ile modellenmesi
İstasyon Planlama	YBM programında modellenmiş bir istasyon, gerektiğinde 2 boyutlu bir plandan 3 boyutlu bir modele geçme olanağı sağlar.
Yolcu Sayıları	YBM programları planı çizilen bir istasyonda yolcu akış şemasını kendi yazılımında oluşturur.
Konkors	YBM programında modellenmiş bir konkors yapısı kolaylıkla kontrol edilebilme yeteneğine sahip olup, yapılacak düzeltmeler kısa sürede halledilebilir.
Kontrollü ve Kontrolsüz Alanlar	YBM programı sayesinde bu alanlarda, yapılması gereken mekanların kontrolleri kolaylıkla sağlanabilir
Turnikeler	YBM programı turnike bölgesinde oluşabilecek herhangi bir problemin daha tasarım aşamasında iken önüne geçilebilme olanağı sağlar.

Kuyruk Alanları	
Baş Kurtarma Mesafeleri	Minimum baş kurtarma değerine göre yapılan tasarım sonucunda modellenen tünellerin, kesit ve detay görünüşlerine YBM programları ile kolaylıkla elde edilebilir.
Aktarmalar ve Erişim	YBM programında modellenmiş bir istasyonun kendi içindeki erişimi ve diğer istasyonlar ile aktarması, 3. Boyutun sağladığı kavrama kolaylığı ile daha rahat kontrol edilebilir.
İşletme Personeli Alanı ve Teknik Alanlar	Modellenmesi tamamlanmış bir istasyonda YBM programları isim verilmiş kapalı alanları listelemektedir. Kat özelinde veya belitilen başka bir parametre özelinde tüm kapalı alanların listelerine YBM programları sayesinde kolayca ulaşabilmektedirler.
Acil Durum Planlama	
Yolcu Hizmet Alanları	
İstasyon Mobilyaları	YBM programının bize sağladığı kamera komutu ile, 2 boyutlu plan üzerinde konumlandırılması yapılan mobilyaların 3 boyutlu görünümüne geçilebilir.
Yönlendirme Elemanları	YBM programının 3D boyutu, yönlendirme elemanına model içinde bakma olanağı sağladığından daha sağlıklı noktalara yönlendirme elemanı konumlanması yapılabilir.

Malzemeler ve Yüzeyler	YBM programlarında modelleme yapılırken, gereken malzeme ve yüzey seçimi kısıtlamaları da göz önüne alınarak malzeme seçimi yapılır. Elemanlara malzeme atanması yapıldıktan sonra, daha proje tasarım aşamasındayken program metraj ve maliyet hesaplarının yapılmasına olanak tanır.
Sürdürülebilirlik	
Aydınlatma	
Akustik	

**Kaynak:** C. Sena BALABAN

Tablo 10 metro sistemlerinde mimari tasarım bileşenlerinin YBM teknolojisi ile kullanımının incelenmesi neticesinde çıkan sonuçlardır. YBM programlarının mimari tasarım bileşenlerinin üzerinde ki etkisi oldukça fazladır. Ancak YBM teknolojisinin de yetersiz kaldığı bazı bileşenlerin de mevcut olduğu gözükmemektedir, bu durum geliştirilmesi gereken konular olduğu gerçeğini ortaya koymaktadır.

## SONUÇ

Türkiye’de ve Dünya’da günden güne gelişen inşaat sektörü ekonomide büyük bir öneme sahiptir. Günümüzde teknolojinin hızla gelişmesi, ekonomide büyük bir paya sahip olan inşaat sektörünü de etkilemiştir. Gelişen teknoloji ile ortaya çıkan “Yapı Bilgi Modellemesi” teknolojisi, proje üretiminde ve yönetiminde kullanılan yenilikçi bir teknolojidir.

Dünyadaki gelişmiş ülkeler yüksek oran ile YBM teknolojisini benimseyerek projelerini bu yeni teknoloji ile devam ettirmektedirler. Türkiye’de daha yeni bir kavram olan YBM çok yaygın kullanılmamaktadır. Uzun yıllardır kullanılan geleneksel proje yöntemlerinin oluşturduğu alışkanlık her ne kadar YBM’ye geçiş sürecinde zorlukları beraberinde getirirse de, yeni teknolojinin getirdiği avantajlar yadsınamaz. Her ne kadar YBM teknolojisinin kullanımı yaygınlaşsa da, geleneksel sistemlerden YBM teknolojisine geçişin uzun bir zamanı kapsayacağı gerçektir.

Altyapı inşaat projeleri olarak sınıflandırılan metro projelerinde de gelişen Yapı Bilgi Modellemesi teknolojisi kullanımı giderek armaya başlamaktadır. YBM’nin kullanılmaya başlanması ile farklı disiplinlerden çok sayıda katılımcı barındıran metro sistemlerinde oluşturduğu kolaylık hemen fark edilmiş olup, kullanımı daha da yaygınlaşmaya başlamıştır.

Metro projelerinde YBM kullanımı ile oluşan kolaylıklar sonucunda metro ve istasyon tasarımına harcanan vakitte azalma yaşanmaktadır. Bu tez kapsamında, metro projelerinde uyulması gereken mimari tasarım bileşenlerinin, YBM teknolojisi ile nasıl kullanıldığı örneklerle detaylıca incelenmiştir. YBM teknolojisi ile ilgili gerekli altlık ve literatür araştırması ışığında, metro sistemlerinde YBM kullanımı araştırılmıştır. Dünyada ve Türkiye’de metro projelerinin gelişimi de ele alınarak, metro projelerinde YBM teknolojisinin kullanım aşamaları açıklanmıştır.

Çalışmanın özü olan, metro projelerinde YBM kullanımı mimari tasarım bileşenlerini nasıl etkilediği sorusu, mimari tasarım bileşenleri açıklanarak ve bu açıklamalar sonucunda YBM kullanımının bileşenlere ne şekilde etkilediği araştırmasını içermektedir.

Bu tez çalışması, metrolar proje aşamasında iken, mimari açıdan uyulması gereken tüm gereklilikleri kapsayan, mimari tasarım bileşenlerinin YBM teknolojisi ile açıklanarak, örneklendirilmesi üzerine hazırlanmıştır. Mimari tasarım bileşenleri bazında yapılan açıklamalar sonucunda, YBM ile olan bağı ile verilen örneklerin hepsi İstanbul'da projesi yapılan metro hatlarından alınmıştır. Uyulması gereken mimari tasarım bileşenleri YBM kullanımı ile, daha kolay test edilebilir hale gelmiş olduğu verilen örnekler ile ortaya konmuştur.

Sonuç olarak, Metro hatlarının ve istasyonlarının sadece ulaşım araçlarına taşıyan kapalı kutular olmaktan dışarı çıkartılmasını sağlayan mimari tasarımlar ve bu mimari tasarımlar bileşenlerinde gelişen YBM teknolojisinin getirdiği avantajlar yadsınamaz, ancak Türkiye henüz bu yolun başında olduğundan, geliştirilmesi gereken alanlarda, gerekli yeniliklerin yapılması amaçlanmalıdır.

## KAYNAKÇA

- A Better Built Enviroment.* (2018, Mayıs). 11 3, 2019 tarihinde Hong Kong General Chamber of Commerce: [https://www.chamber.org.hk/en/information/the-bulletin\\_detail.aspx?id=118](https://www.chamber.org.hk/en/information/the-bulletin_detail.aspx?id=118) adresinden alındı
- A. Volkov, P. C. (2016). Information Manangement in The Application of BIM in Construction Stages of Construction sayfa:834. Rusya: Elsevier syf:834.
- AKKOYUNLU, T. (2015, Ekim). Kentsel Dönüşüm Projeleri İçin BIM Uygulama Planı Önerisi sayfa:21. *Doktora Tezi.* İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı.
- Aktop Maden, D., & Avlar, E. (2017). Yer Altı Metro İstasyonlarında Mekan Tasarımı Üzerine bir Araştırma sayfa:12-13. *Traky university Journal of Engineering Sciences*, s. 12-13.
- Aktop Maden, D., & Avlar, E. (2017). Yer Altı Metro İstasyonlarında Mekan Tasarımı Üzerine Bir Araştırma sayfa:2. *Trakya Üniversitesi Journal of Engineering Sciences*, s. 2.
- Aktop Maden, D., & Avlar, E. (2017). Yer Altı Metro İstasyonlarında Mekan Tasarımı Üzerine Bir Araştırma sayfa:9. *Trakya University Journal of Engineering Sciences*, s. 9.
- Aktop Maden, D., & Avlar, E. (2017). Yer Altı Metro İstasyonlarındaki Yolculu Alanların Görsel Konfor Açısından Değerlendirilmesi: Kadıköy ve Kartal İstasyonları Örneği sayfa:18. *Megaron Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi E-Dergi*, s. 18.
- Anadolu Yakası Raylı Raylı Sistem Müdürlüğü sayfa:14. (tarih yok). İBB Raylı Sistem Projelerinde BIM Uygulamaları . İstanbul.
- Araç, E. (2018 sayfa:41-41, Haziran). Türkiye'de Raylı Sistem Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesine Geçiş Süreçleri Üzerinde Bir Örnek Olay İncelenmesi ve

Yönetimsel Öneriler. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi.

Araç, E. (2018). Türkiye'de Raylı Sistem Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesine Geçiş Süreçleri Üzerine Bir Örnek İncelemesi Ve Yönetimsel Öneriler sayfa:38. *Yüksek Lisans Tezi* . İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Araç, E. (2018, Haziran). Türkiye'de Raylı Sistem Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesine Geçiş Süreçleri Üzerine Örnek Bir Olay İncelemesi Ve Yönetimsel Öneriler sayfa:16-20. *Yüksek Lisans Tezi* . İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Atabay, Ş., & Öztürk, M. (tarih yok). Yapı Bilgi Modellemesi Uygulama Planı Üzerine İnceleme sayfa: 424. *Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü*, s. 424.

Azhar, S., Khalfan, M., & Maqsood, T. (sayfa:21 2012 ). Building Information Modeling Now and Beyond. *Australasian Journal of Construction Economics and Building*.

Bew&Richards. (2008). *The UK Maturity Model*. 11 10, 2019 tarihinde ResearchGate: [https://www.researchgate.net/figure/The-UK-maturity-Model-Bew-Richards-2008\\_fig3\\_279293516](https://www.researchgate.net/figure/The-UK-maturity-Model-Bew-Richards-2008_fig3_279293516) adresinden alındı

BIM and LOD. (Kasım,2013). NATSPEC Construction Information .

*BIM(Yapı Bilgi Modellemesi)*. (2019, Haziran 17). Ocak 2020 tarihinde insapedia: <https://insapedia.com/bim-yapi-bilgi-modellemesi-nedir/> adresinden alındı

Çalışır, A., Akçay, M., & Sürmeli, B. (2020). Metro İstasyonlarında Piezoelektrik Malzeme Kullanılarak Elektrik Üretilmesi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). BIM Handbook sayfa:1. C. Eastman, P. Teicholz, R. Sacks, & K. Liston. içinde John Wiley&Sons, Inc.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). BIM Handbook sayfa:XI. New Jersey: John Wiley&Sons.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). sayfa: 155 BIM Handbook. New Jersey: John Wiley&Sons.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). sayfa:158-188 BIM Handbook. New Jersey: John Wiley.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2008). sayfa:16-21 BIM Handbook. New Jersey: John Wiley&Sons.

*Energy Generating Floors to Power Tokyo Subway*. (2020, 05 14). <https://inhabitat.com/tokyo-subway-stations-get-piezoelectric-floors/> adresinden alındı

Erdik, M. (2018). Yapı Bilgi Modellemesinin Adaptasyonu sayfa:14-15-16. *Yüksek Lisans Tezi* . Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Erdoğan, G. (2015, Aralık 9). *Dünyanın En Uzun 30 Metro su*. Aralık 28, 2019 tarihinde <https://www.uzakrota.com/dunyanin-en-uzun-30-metrosu/> adresinden alındı

Graham Brewer, T. G. (2012, 07). *Building Information Modelling an Introduction and International Perspectives*. 02 20, 2020 tarihinde Centre For Interdisciplinary Built Environment Research (CIBER) syf:13: [https://www.researchgate.net/publication/316375059\\_Building\\_Information\\_Modelling\\_BIM\\_an\\_Introduction\\_and\\_International\\_Perspectives](https://www.researchgate.net/publication/316375059_Building_Information_Modelling_BIM_an_Introduction_and_International_Perspectives) adresinden alındı

Horoz, M. (2001). Metro İstasyonlarının Kentsel Mekan Olarak Düzenlenmesinde Tasarım Kriterleri sayfa:163. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

İnanlı, F. (2013). Kentsel TDönüşüm-Transfer Merkezi İlişkisinin Yenikapı Örneğinde incelenmesi sayfa:37. *Yüksek Lisans Tezi* . İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Innovative LED lighting from OSRAM for the Subway Station Marienplatz in Munich. (2020, 05 21). <https://www.osram.com/ds/knowledge/munich-germany-europe-2015/index.jsp> adresinden alındı

İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2019). *Kazlıçeşme-Söğütlüçeşme Metro Hattı İstasyon Mimari Ön Projeleri Aç-Kapa İstasyon Tipi Konkors Katı*. İBB.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2019). *Sarıgazi-Türkış Blokları Metro Hattı Aç-Kapa Tipi İstasyon Render(Bilet Holü)*. İBB.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2019). *Sarıgazi-Türkış Blokları Metro Hattı Aç-kapa Tipi İstasyon Render(Peron Katı)*. İBB.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2019). *Sarıgazi-Türkış Blokları Metro Hattı Aç-Kapa Tipi İstasyon Render*. İBB.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2019). *Sabiha Gökçen-Kurtköy Metro Hattı İstasyon Render*. İBB.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2020). *Kazlıçeşme Söğütlüçeşme Metro Hattı Revit Modeli*. İBB.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2020). *Kazlıçeşme-Söğütlüçeşme Metro Hattı Aç-Kapa Tipi İstasyon Peron Katı Modeli*. İBB.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2020). *Kazlıçeşme-Söğütlüçeşme Metro Hattı Aç-Kapa Tipi İstasyon Bilet Holü Katı*. İBB.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2020). *Kazlıçeşme-Söğütlüçeşme Metro Hattı İstasyon Mimari Ön Projeleri*. İBB.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistem Daire Başkanlığı sayfa:78-79. (2019). *Metro tasarım Kriterleri ve Genel Esaslar. Metro tasarım Kriterleri ve Genel*

*Esaslar* (s. 78-79). içinde İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Daire Başkanlığı.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Daire Başkanlığı. (2019). Metro Tasarım Kriterleri ve Genel Esaslar. *Metro Tasarım Kriterleri ve Genel Esaslar* (s. 67). içinde İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Daire Başkanlığı.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Daire Başkanlığı. (2019). Metro Tasarım Kriterleri ve Genel Esaslar. *Metro Tasarım Kriterleri ve Genel Esaslar* (s. 72). içinde İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Daire Başkanlığı.

İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Raylı Sistem Daire Başkanlığı sayfa:97. (2019). Metro Tasarım ve Genel Esaslar. *Metro Tasarım ve Genel Esaslar* (s. 97). içinde İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistem Müdürlüğü.

İstasyon Mimari Ön Projeleri. (2020, Şubat). *Kazlıçeşme-Söğütlüçeşme Metro Hattı Uygulamaya Esas Kesin Proje Hizmetleri İşi syf:9-10*. İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi.

*Kabataş-Mahmutbey Metrosu Türkiyenin Gururu Oldu*. (2020, 09 13). 2020 tarihinde <https://www.ibb.istanbul/News/Detail/34214> adresinden alındı

LOD Specification sayfa:12-13. (2019).

LOD Specification sayfa:8. (2018). The American Institute of Architects.

McGraw Hill Construction. (2014). The Bussiness Value of BIM for Construction in Major Global Markets.

Nam-Hyuk Ham, K.-M. M.-H.-S.-J. (2008). A Study on Application of BIM to Pre-design in Construction Project. *Third 2008 International Conferance on Convergence and Hybrid Information Technology*, (s. Abstract). Seoul.

Network Rail. (2016, Kasım). Station Capacity Planning Guidance. *Station Capacity Planning Guidance* syf:5.

Ofluoğlu, S. (2016). *Yapı Bilgi Modelleme ve Kullanım Alanları sayfa:1*. İstanbul.

Özorhon, B. (2018). *Yapı Bilgi Modellemesi*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi syf:7.

Özorhon, B. (2018). *Yapı Bilgi Modellemesi*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi syf:56-57-58.

Özorhon, B. (2018). *Yapı Bilgi Modellemesi*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi syf:72.

Özorhon, B. (2018). *Yapı Bilgi Modellemesi*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi syf:73.

Özorhon, B. (2018). *Yapı Bilgi Modellemesi*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi syf:74.

Özorhon, B. (2018). Yapı Bilgi Modellemesi. *Yapı Bilgi Modellemesi* (s. 83). içinde İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi .

Özorhon, B. (2018). Yapı Bilgi Modellemesi. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi .

Özorhon, B. (2018). Yapı Bilgi Modellemesi. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.

Özorhon, B. (2018). Yapı Bilgi Modellemesi sayfa:101. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.

Özorhon, B. (2018). *Yapı Bilgi Modellemesi sayfa:71*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi .

Özorhon, B. (2018). *Yapı Bilgi Modellemesi*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi syf:28.

- Özorhon, B. (İstanbul). *Yapı Bilgi Modellemesi*. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi syf:73.
- Quirk, V. (2012, 12 07). *A Brief Story of BIM 2012*. 12 22, 2019 tarihinde archdaily.com: <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim> adresinden alındı
- Raylı Sistem Daire Başkanlığı sayfa:112. (2019). Mimari Tasarım Kriterleri. *Metro Tasarım Kriterleri ve Genel Esaslar* (s. 112). içinde İstanbul: İstanbul Büyükşehir Belediyesi.
- Raylı Sistem Projeler Müdürlüğü. (2017, Kasım). İstanbul Metrosu Tasarım kriterleri ve Standartlar. *İstanbul Metrosu Tasarım kriterleri ve Standartlar syf:45-46*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi.
- Revit BIM Profesyonelleri İçin Neden Bu Kadar Önemlidir*. (2019, 12 25). 12 25, 2019 tarihinde Bimteknoloji: <https://www.bimteknoloji.com/fikir/revit-bim-profesyonelleri-icin-neden-bu-kadar-onemlidir/> adresinden alındı
- RICS School of Built Enviroment. (2014 sayfa:8, Mayıs). State of BIM Adoption and Outlook in India. North Carolina State University.
- S. Azhar, M. K. (2012). Building Information Modeling Now and Beyond sayfa:20. *Australasian Jpurnal of Construction Economics and Building* .
- Saygılı, G. (2019). Metro Projelerinin Yapım Aşamasında Karşılaşılan Risklerin Yapı Bilgi Modellemesi Destekli Yönetimi sayfa:31. *Yüksek Lisans Tezi* . İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Saygılı, G. (2019). Metro Projelerinin Yapım Aşamasında Karşılaşılan Risklerin Yapı Bilgi Modellemesi Destekli Yönetimi sayfa:51. *Yüksek Lisansa Tezi* . Yıldız Teknik üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Saygılı, G. (2019 sayfa:64-65). Metro Projelerinin Yapım Aşamasında Karşılaşılan Risklerin Yapı Bilgi Modellemesi Destekli Yönerimi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.

- Scott Glick, A. A. (2009). IPD and BIM Benefits and Opportunities for Regulatory Agencies sayfa:1. (s. 1). Colorado: Colorado State University.
- Silva, V. (2012, Şubat). *The Summary of a Long Story*. 01 03, 2020 tarihinde scribd.com syf:1: <https://www.scribd.com/doc/76835106/BIM-The-Summary-of-a-Long-History> adresinden alındı
- Söylemez, M. T. (tarih yok). Raylı Sistemlerde Sinyalizasyon: Neden?Nasıl? sayfa:29-34. *Elektronik Mühendisliği*, 29-34.
- Sü Gül, Z., & Çalışkan , M. (2011, Mayıs 26-27). Varşova Metro Sistemi(FazII) İstasyonları Akustik Tasarımı sayfa:3. *9. Ulusal Akustik Kongresi* . Ankara.
- Tarihte HVAC-BIM(Building Information Modelling)*. (2019, 01 19). 01 8, 2020 tarihinde mechanic.com: <https://www.mechanic.com.tr/tarihte-hvac-bim-building-information-modelling/> adresinden alındı
- Tetik, B. (tarih yok). 02 06, 2020 tarihinde <http://trdergisi.com/dunyanin-en-yasli-uc-metrosu/> adresinden alındı
- The New Zealand BIM Handbook sayfa:4. (2019). Mayıs: BIM Acceleration Committee.
- TRANSİST 2018 Bildiri Kitabı sayfa:54-62. (2018). Uluslararası Çerçevde Kentleşme ve Ulaştırma Örnekleri . İstanbul.
- Tunç, H. (2007, Eylül). Yeraltı Metro İstasyonlarda Algısal Faktörlerin İrdelenmesi: Taksim Metro İstasyonu sayfa:13. *Yüksek Lisans Tezi* . İstanbul: İstanbul teknik Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü.
- Türkyılmaz, E. (2010). IFC Veri Modeline Dayalı Kavramsal Bir İşbirliği Ortamı sayfa:58. *Doktora Tezi* . Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- url-1*. (2020, 04 03). Nisan 3, 2020 tarihinde <https://www.etimolojiturkce.com/kelime/metro> adresinden alındı

- url-10. (2020, 05 03). <https://docplayer.biz.tr/160846513-Rayli-sistem-projeleri-planlama-ve-tasarim-teknolojileri-rayli-sistem-daire-baskanligi-rayli-sistem-projeler-mudurlugu.html> adresinden alındı
- url-11. (2020, 05 21). *Münih Metro*. <https://xehay.vn/bom-tan-mitsubishi-xpander-facelift-trinh-lang-tai-indonesia-ban-nang-cap-nhe-voi-gia-tu-365-trieu-vnd.html/choang-ngop-voi-nhung-ga-tau-dien-ngam-sang-xin-hang-dau-the-gioi.html> adresinden alındı
- url-12. (2020, 05 14). *Westfriedhof U-Bahn Station*. <https://www.munich.travel/en/topics/arts-culture/munich-the-city-of-light> adresinden alındı
- url-2. (2020, 04 06). <https://www.memurlar.net/haber/873687/istanbul-da-gunluk-yolcu-sayisi-31-milyon-700-bin.html> adresinden alındı
- url-3. (2020, 04 04). Nisan 4, 2020 tarihinde <https://www.metro.istanbul/YolcuHizmetleri/AgHaritalari> adresinden alındı
- url-4. (2020, 04 18). <https://www.universodosnegocios.com/inovacao/25-estacoes-de-metro-mais-bonitas-do-mundo>.
- url-5. (2020, 04 18). *Moskova Metrosu*. <https://realty.rbc.ru/news/5f65adfd9a79475816912590> adresinden alındı
- url-6. (2020, 04 18). *İstanbul Metrosu*. <https://www.tazeyorum.com/place/bogazici-uni-hisaronu-metro-istasyonu/36207> adresinden alındı
- url-7. (2020, 04 18). *Paris Metrosu*. <http://brasiliaconcreta.com.br/desenho-urbano/> adresinden alındı
- url-8. (2020, 04 18). *Londra Metrosu*. <https://www.telegraph.co.uk/news/0/10-amazing-works-of-art-you-need-to-see-on-the-london-undergroun/> adresinden alındı

url-9. (2020, 04 18). *Stockholm Metrosu*. <https://www.kircicekleri.com/siradisi-bir-sanat-yolculugu-sunan-stockholm-metrosu/> adresinden alındı

*What are BIM Dimentions-3D,4D,5D,6D and 7D BIM Explained*. (tarih yok). 11 2019 tarihinde United BIM: <https://www.united-bim.com/what-are-bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-7d-bim-explained-definition-benefits/> adresinden alındı

*Yapı Bilgi Modellemesi(BIM)*. (tarih yok). 12 5, 2019 tarihinde <https://www.bsigroup.com/tr-TR/Yapi-Bilgi-Modellemesi-BIM/> adresinden alındı

Zikic, N. (2020, 02 04). *Building Information Modeling Uses in Design*. slideshare.net: [https://www.slideshare.net/nevena\\_psu/BIM-Uses-in-Design2](https://www.slideshare.net/nevena_psu/BIM-Uses-in-Design2) adresinden alındı

