T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARİ TASARIM SÜRECİNDE YAPI BİLGİ MODELLEME TABANLI RİSK YÖNETİMİ

Fahriye Dilara DABAKOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Konut Üretimi ve Yapım Yönetimi Programı

Danışman

Dr. Öğretim Üyesi Tuğçe Ercan

Kasım, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARİ TASARIM SÜRECİNDE YAPI BİLGİ MODELLEME TABANLI RİSK YÖNETİMİ

Fahriye Dilara DABAKOĞLU tarafından hazırlanan tez çalışması 20.11.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Konut Üretimi ve Yapım Yönetimi Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğretim Üyesi Tuğçe ERCAN

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışman

Jüri Üyeleri

Dr. Öğretim Üyesi Tuğçe ERCAN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Almula KÖKSAL IŞIKKAYA, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Ali Devrim IŞIKKAYA, Üye
Bahçeşehir Üniversitesi _____

Danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Tuğçe ERCAN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Mimari Tasarım Sürecinde Yapı Bilgi Modellemesi Tabanlı Risk Yönetimi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Fahriye Dilara DABAKOĞLU

İmza

Aileme,

ve

gelecekteki aileme,

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada bana hep destek olan ve yol gösteren değerli hocam Dr. Tuğçe Ercan'a, sevgi dolu, anlayışlı ve sabırlı yaklaşımından ötürü çok teşekkür ederim. İlk jürimde vermiş oldukları ufuk açıcı değerli önerilerden ötürü Doç. Dr. Almula Köksal Işıkkaya ve Doç. Dr. Ali Devrim Işıkkaya'ya; tezim için benimle görüşmeyi ve değerli vakitlerinden bana ayırmayı kabul eden, İnşaat Mühendisi ve Mimar Barış Özgürcan Pozantı ve Yüksek Mimar Can Özsavaşçı'ya desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca beni hep destekleyen, tüm düzenini tezim için bozup yanıma yerleşen, yeri geldiğinde tezimi okuyup düzeltme yapan en büyük öğretmenim canım anneme, hayatını bize adamış bir tanecik babama ve İtalya'dan bana destek olan canım kardeşime ayrıca teşekkür ederim. Bu süreçte en çok kaprisimi çekmiş insan ise hala yanımda ve hala destekçim; iyi ki var, teşekkür ederim Emre.

Fahriye Dilara DABAKOĞLU

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ **VII**

ŞEKİL LİSTESİ **VIII**

TABLO LİSTESİ **IX**

ÖZET **X**

ABSTRACT **XII**

1 Giriş **1**

1.1 Literatür Özeti 1

1.2 Tezin Amacı 4

1.3 Hipotez 5

2 Mimari Tasarım Süreci ve Bozulmalar **7**

2.1 Yapı Üretim Süreçleri 7

2.2 Mimari Tasarım Süreci 7

2.3 Mimari Tasarım Endüstri 4.0 İlişkisi ve Bozulmalar 9

3 Mimari Tasarım Sürecinde Risk Yönetimi **13**

3.1 Risk Kavramı 13

3.2 Mimari Tasarım Süreci Riskleri 13

3.3 Mimari Tasarım ve Risk Yönetimi Süreci 15

3.4 Risk Yönetim Çeşitleri 18

3.4.1 Geleneksel Yaklaşımda Risk Yönetimi 18

3.4.2 Çağdaş Yaklaşımda BIM Tabanlı Risk Yönetimi 20

4 Mimari Tasarımda Teknoloji: Yapı Bilgi Modelleme **23**

4.1 Yapı Bilgi Modelleme (BIM) 23

4.2 Yapı Bilgi Modelleme (BIM) Uygulamaları 24
4.2.1 BIM Uygulama Seviyeleri 24
4.2.2 BIM Olgunluk Seviyeleri 26
4.2.3 BIM Gelişim Seviyeleri 27
5 Metodoloji **29**
5.1 Araştırmanın Amacı ve Yöntemi 29
5.2 Literatür Tarama 31
5.3 İçerik Analizi 35
5.4 Araştırmanın Ölçütleri 42
5.5 Çoklu Vaka Analizi 44
5.6 Bulgular 51
6 Sonuç ve Öneriler **73**
A Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Proje Risk Yönetimine Sağladığı Avantajlar **79**
B Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Proje Risk Yönetiminde Neden Olduğu Zorluklar **80**
C Mimari Tasarım Sürecinde BIM Tabanlı Risk Yönetimi Literatür Tarama **81**
Kaynakça **83**
Tezden Üretilmiş Yayınlar **89**

KISALTMA LİSTESİ

AEC	Architectural Engineering and Construction (Mimarlık, Mühendislik ve Yapım)
BIM	Building Information Modeling (Yapı Bilgi Modelleme)
KMM	Kabataş – Mecidiyeköy - Mahmutbey
KY	Konferans Yayını
LOD	Level of Development (Gelişim Seviyesi)
L0	Level 0 (Seviye 0)
L1	Level 1 (Seviye 1)
L2	Level 2 (Seviye 2)
L3	Level 3 (Seviye 3)
SY	Süreli Yayın
TDK	Türk Dil Kurumu

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Yapı Üretim Süreçleri 7
Şekil 2.2 Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a 11
Şekil 3.1 Risk Yönetimi 17
Şekil 5.1 Araştırmanın Yöntemi 30
Şekil 5.2 Prota Mühendislik Paydaşlar Arası İlişki Ağı (KMM Metro Hattı projesi üzerinden) 48
Şekil 5.3 Etüd Mimarlık Paydaşlar Arası İlişki Ağı (Kansai Altan Yönetim Binası projesi üzerinden) 49
Şekil 5.4 Kabataş – Mahmutbey Metro Hattı 49
Şekil 5.5 Kansai Altan Yönetim Binası 50
Şekil 5.6 Kansai Altan Yönetim Binası Toplantı Odası 53
Şekil 5.7 Kansai Altan Yönetim Binası Mimari – Mekanik Koordinasyon 58
Şekil 5.8 Kansai Altan Yönetim Binası Toplantı Odası Dışarıdan Görünüş 61
Şekil 5.9 Toplantı Odasının BIM Tabanlı Yazılımlar ile Oluşturulmuş Plan ve Kesitleri 62

TABLO LİSTESİ

Tablo 5.1 Literatür Tarama Sonucu Değerlendirilen Çalışmalar 32

Tablo 5.2 Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetimine Sağladığı Avantajlar 35

Tablo 5.3 Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetiminde Yol Açtığı Zorluklar 39

Tablo 5.4 Katılımcıların ve Firmaların Özellikleri 47

Tablo 5.5 İncelenen Proje Özellikleri 51

Tablo 5.6 Yarı Yapılandırılmış Görüşme Sonucu Elde Edilen Çıktılar 1 67

Tablo 5.7 Yarı Yapılandırılmış Görüşme Sonucu Elde Edilen Çıktılar 2 70

ÖZET

Mimari Tasarım Sürecinde
Yapı Bilgi Modelleme Tabanlı Risk Yönetimi

Fahriye Dilara DABAKOĞLU

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Tuğçe ERCAN

Yapı üretim sürecinin ilk aşaması olan mimari tasarım evresi, kendi bünyesinde barındırdığı riskler ile hem devamı olan diğer yapı üretim basamaklarına ait süreçleri, hem de kendi sürekliliğini olumsuz etkileyebilmektedir. Söz konusu risklerin gerçekleşmemesi veya gerçekleşme ihtimalinin en aza düşürülmesi için denetim ve kontrol sistemleri gerekmektedir. Geçmişten günümüze kullanılmakta olan geleneksel tasarım ve projelendirme süreçleri, hem yapı üretimi konusunda hem de yapım projelerinde risk yönetimi konusunda yetersiz kalmaktadır. Bilgi tabanlı projelendirme altyapısı olarak tanımlanabilen ve risk yönetiminde kullanılmak için oldukça uygun olan BIM (*Building Information Modeling*) yani Yapı Bilgi Modelleme platformu, mimari proje üretim sürecinde sağladığı pek çok avantajla git gide yaygınlaşmakta olan teknolojik bir yeniliktir.

Diğer bir taraftan da; insan işi olan mimarlık, tasarlama ve tasarımı üretme etkinliği; zihin, hayal gücü ve deneyim gibi pek çok beşeri özellik gerektirmektedir. Endüstri 4.0 ile hayatımızın her alanına dahil olan akıllı teknolojik altyapılarla,

mimarlık mesleğinin de vazgeçilmez bir parçası halini alan yazılımlar, bir bakıma bu insani yetenekleri üstlenmekte ve tasarımların kendi çizdiği sınırlar içerisinde yapılmasına sebep olmaktadır. Bu bağlamda, yapı üretim aşamalarının ilk basamağı olan mimari tasarım evresi ile sınırlandırılmış olan bu araştırma; BIM kullanımının bu aşamada risk yönetimi üzerine sağladığı avantajlar ve yarattığı zorlukları araştırırken, bu yeniliğin tasarım standardizasyonu adı verilebilecek başka bir risk başlığı yaratıp yaratmadığını da sorgulamıştır. Araştırma sürecinde; yürütülen literatür taramasında içerik analizi yöntemi kullanılmış ve BIM uygulamalarının mimari tasarım sürecindeki risk yönetimine sağladığı avantaj ve yarattığı zorluklar farklı kaynaklar üzerinden irdelenmiştir. Literatür araştırması sonuçları doğrultusunda gerçekleştirilen çoklu vaka analizi aşamasında, temelde avantajlar ve zorluklar olmak üzere iki ana başlığa ayrılan analiz verilerine göre oluşturulan sorularla BIM kullanan iki mimari tasarım firması ile görüşülmüştür. Elde edilen sonuçlar kendi içlerinde çapraz durum karşılaştırması yöntemi ile grafiksel olarak ortaya konmuştur. Aynı zamanda görüşme yapılan kişilerle gerçekleştirilen tartışmalar üzerinden BIM'in bir tasarım standardizasyonu yaratıp yaratmadığı sorgulanmıştır. Yapılan vaka analizi sonuçlarına göre BIM'in sağladığı en önemli avantajlardan olduğu düşünülen disiplinler arası eş zamanlı çalışabilme yeteneği firmalar tarafından kullanılamamaktadır. Görüşülen firmalar tarafından belirtilen en büyük avantaj BIM'in sadece zaman, maliyet ve üretim fazlalıklarının önüne geçebilme yeteneği göz önüne alındığında bile yeşil bir uygulama olmasıdır. BIM uygulamalarının yarattığı en büyük zorluk ise, görüşülen firmalara göre "*human testing system*" olarak adlandırılan faktördür ki; bu da çalışmanın yan araştırması olan insana dair üretme etkinliklerinin makineleşmesi konusunun altyapısını oluşturmuştur. Bu çalışma, BIM tabanlı risk yönetim sistemlerinin kullanıldığı mimari tasarım süreçlerindeki avantaj ve zorlukları bütüncül bir yaklaşımla değerlendirerek, ilgili süreçlerin daha verimli olarak yürütülmesine katkı sağlamayı amaçlar.

Anahtar Kelimeler: BIM, mimari tasarım süreci, risk yönetimi, vaka analizi, yapı bilgi modelleme

ABSTRACT

BIM – Based Risk Management in Architectural Design Phase

Fahriye Dilara DABAKOĞLU

Department of Architecture

Master Thesis

Advisor: Asst. Prof. Dr. Tuğçe ERCAN

The architectural design phase, which is the first stage of the building production process, can adversely affect both the processes of the other building production stages and its own continuity with the risks it contains. Detailed control systems are required to prevent or minimize the risks. Traditional design processes, which have been used from past to present, are insufficient both in building production and risk management in construction projects. BIM (Building Information Modeling) as an information basis design platform; is quite suitable for risk management in terms of its structure. BIM is a technological innovation which is becoming more and more widespread with its many advantages in architectural project production process.

On the other hand; architecture is an activity of designing and producing design, totally is a human work; requires mind, imagination and experience. As a bringing of Industry 4.0; smart technological structure is an indispensable part in every aspect of live; also in architecture profession with somehow undertakes these human talents and causes the designs to be made within the limits drawn by itself.

In this context, the scope of the research limited to the architectural design phase, which is the first step of the building production stages; while investigating the advantages and challenges posed by the use of BIM on risk management at this stage, it explored whether this innovation creates another risk title that can be called design standardization. During the research process; content analysis method was used in literature review and the advantages and challenges of BIM applications on risk management in the architectural design process were examined through different sources. In case of multiple case analysis conducted in line with the results of the literature survey, two architectural design firms, which are using BIM, were interviewed based on the analysis data divided into two main topics, mainly advantages and difficulties. The obtained results are presented graphically bu using cross-case comparison method. At the same time, it was questioned whether BIM created a design standardization through discussions with the interviewees. According to the results of the case analysis, interoperability which is considered as the most important advantages provided by BIM, cannot be used by companies. The most significant advantage, mentioned by interviewees is that; BIM is a green practice with its ability to avoid time, costs and surpluses. The biggest challenge of BIM applications is called as “human testing system” factor as stated in interviews; and this determination formed the infrastructure for the mechanism of production activities related to human, which is a side research of the study. The aim of this study is to evaluate the advantages and challenges of architectural design processes using BIM based risk management systems with a holistic approach and to contribute to more efficient execution of related processes.

Keywords: Architectural design phase, BIM, building information modeling, case study, risk management

1
Giriş

1.1 Literatür Özeti

Tasarım, yapım ve bakım olmak üzere üç ana evreden oluşan yapı üretim süreci; her aşamasında farklı riskler barındıran karmaşık ve çok aktörlü bir süreçtir. Yapım projelerinin; belirlenen maliyet, süre ve kalite çerçevesi sınırlarında ilerlemesini ve tamamlanmasını sağlayabilmek için, bu riskleri yönetebilmek gerekmektedir. Söz konusu riskleri kontrol edebilmek ve en az zararla altından kalkabilmek için geleneksel veya çağdaş yapım teknolojileri temelli risk yönetim sistemlerinden yararlanılmaktadır. Günümüzde, Yapı Bilgi Modelleme (BIM - Building Information Modeling) teknolojisi kullanılarak tasarlanan yapı üretim süreçlerinde bu yenilikçi uygulamanın risk yönetimi açısından pek çok avantaj sağladığı görülmüştür. Bunun yanı sıra sürecin geleneksel yönteme göre yeni olması sebebi ile gerektirdiği yeni uzmanlıklar ve aktörler ortaya çıkmıştır. Yeni ilişkileri yönetmek ve aktörlerin entegrasyonu da beraberinde sürece bazı zorluklar getirmiştir.

Bu çalışma kapsamında yapılan literatür taramasında; yapı üretim sürecinin son evresi olan *bakım aşaması*nda henüz çok yaygın olmayan BIM kullanımının,

- Detaylı yapı analizleri oluşturabilmesi (Boon, 2009; Raouf ve Al-Ghamdi, 2019),
- Tesis yönetimi (Azhar, 2011; Ghaffarianhoseini vd., 2017; Terreno, Anumba ve Dubler, 2016; Zou, Kiviniemi ve Jones, 2015),
- Zaman ve maliyet organizasyonlarında sağladığı kolaylıklar (Azhar, 2011; Sabol, 2008b; Wu, Sun ve Li, 2014),
- Süreç içinde her an ulaşılabilen bir veri tabanı oluşturabilmesi (Azhar, 2011; Ghaffarianhoseini vd., 2017; Ozorhon ve Karahan, 2016; Terreno vd., 2016; Wu vd., 2014)

gibi konularla risk yönetimini oldukça kolaylaştırdığı gözlenmiştir. Yine *bakım* aşamasındaki risk yönetimi uygulamalarında, aynı konunun yarattığı zorluklarla ilgili çalışmaların kısıtlı olduğu görülmüştür. Literatürde bakım aşamasında BIM temelli risk yönetiminde karşılaşılan zorluklar;

• Nitelikli personel eksikliği (Terreno vd., 2016),

• Analiz sistemlerinin otomatik olmaması (Raouf ve Al-Ghamdi, 2019) olmak üzere iki ana başlıkta ele alınmıştır.

İkinci evre olan *yapım* aşamasında ise BIM kullanımı oldukça yaygınlaşmış olup;

• Maliyet (Azhar, 2011; Chien, Wu ve Huang, 2014; Ghaffarianhoseini vd., 2017; Monterio ve Martins, 2013; Raouf ve Al-Ghamdi, 2019; Smits, Buiten ve Hartmann, 2017; Zou vd., 2015),

• Saha iş programları ile uygulama süreçleri (Azhar, 2011; Boon, 2009; Chien vd., 2014; Ghaffarianhoseini vd., 2017; Monterio ve Martins, 2013; Raouf ve Al-Ghamdi, 2019; Wu vd., 2014; Zou vd., 2015),

• Disiplinler arası koordinasyon (Ademci ve Gundes, 2018; Boon, 2009; Chien vd., 2014; Ghaffarianhoseini vd., 2017; Ozorhon ve Karahan, 2016; Raouf ve Al-Ghamdi, 2019),

• Yerel normlara uygunluk (Azhar, 2011; Ozorhon ve Karahan, 2016),

• Doğru ve kaliteli uygulamalar (Azhar, 2011; Boon, 2009; Smits vd., 2017),

• İş güvenliği (Boon, 2009; Zou vd., 2015) ve doğru karar verme kolaylığı (Sabol, 2008b; Raouf ve Al-Ghamdi, 2019),

• Proje ve şantiye arasında sağladığı eş zamanlı kontroller (Li vd., 2017)

gibi konularda risk yönetiminde avantaj sağlamaktadır. Yapım aşamasında BIM kullanımının risk yönetiminde neden olduğu zorluklar ise; en genel kapsamı ile,

• Deneyimsiz personel, veya

• Deneyimli personelin BIM uygulamaları konusunda yetersiz olması sebeplerine dayandırılabilir (Ademci ve Gundes, 2018; Chien vd., 2014; Sabol, 2008b; Li vd., 2017; Ozorhon ve Karahan, 2016; Raouf ve Al-Ghamdi, 2019).

Bu ana faktör; proje modeline işlenen gereksiz verilere, saha ile ofis arasında bilgi aktarım kayıplarına sebep olmaktadır (Boon, 2009; Ozorhon ve Karahan, 2016; Sabol, 2008b). Bunun haricinde; BIM uygulamalarında; taraflar arası sözleşmelerin programa adapte edilememesi saha sürecine dair bir sigorta sistemi yazılım entegrasyonu bulunmaması , değişen yerel normların projeye BIM üzerinden uygulama zorluğu ile birlikte bulanıklaşan sorumluluk seviyeleri, risklerin yönetilmesinde kontrolsüzlük yaratabilmektedir (Ademci ve Gundes, 2018; Azhar, 2011; Ghaffarianhoseini vd., 2017; Ozorhon ve Karahan, 2016).

Yapı üretim sürecinin projelendirme basamağı olan *tasarım* evresinde ise; Birinci Sanayi Devrimi ile başlayıp, Dördüncü Sanayi Devrimine kadar gelen seri üretim, makineleşme ve yapay zeka sürecinin dayatması olan 'hızlı' ve 'doğru' üretim baskısının; tamamen insan akıl ve tecrübesine dayanması gereken tasarım sürecini sınırlandırarak, bir bakıma hayal gücü standardizasyonuna yol açması durumu sorgulanmıştır. İlk kez 2011 yılında Hannover Fuarı'nda bahsedilmiş olan Dördüncü Endüstri Devrimi, bir diğer adı ile Endüstri 4.0; akıllı makine olgusunun ortaya çıktığı dönemi işaret etmektedir (Öztuna, 2017). İnsanoğlu icat ettiği ve kontrol ettiği makineye artık zekayı bahşetmiş ve makinenin kendisini kontrol etmesini bekler hale gelmiştir.

Öyle ki; tasarım aşaması için BIM uygulamalarının yarattığı zorluklar araştırılırken karşılaşılan bir dezavantaj, *"lack of human testing"* yani ''insanı kontrol edebilme yeteneğine sahip olamama'' olarak isimlendirilmiştir (Zou, Kiviniemi ve Jones, 2015). Friedrich Engels'in Ütopyadan Bilime Sosyalizm (2013) isimli kitabında bahsetmiş olduğu her şeyin üstünde, geçerli tek ölçüt olan *akıl*; şimdi kendi ürettiğini, kendisini kontrol edememesinden ötürü yetersiz görmekte ve eleştirmektedir. Öyle ki, akıl artık kendi insani yeteneklerini bile bu yapay üretimden beklemekte, sistemin dayattığı hıza erişebilmek adına kendine bahşedilmiş yetenekleri köreltmeyi tercih etmektedir. Bu durumda, tamamen insan hayal gücüne dayalı sanat ve Le Corbusier'in deyişi ile ''… Her şeyden önce bir sanat olan mimarlık …'' artık bir mühendislik pratiğine dönüşme eğilimindedir. Oysaki Le Corbusier dönüşmekte olan topluma uyması gereken mimarlıktan bahsederken kurduğu ''konut, içinde yaşamak için bir makinedir'' cümlesiyle,

gelişen somut gerçekler üzerinde yine insan aklına dayanan bir denetim gerçekleştirme tutkusundan söz etmekteydi (Merzi, 1999). Artık ne yazık ki mimarlık, standartları etkilemesi şöyle dursun, standartlar çevresinde şekillenen bir pratik haline dönüşmektedir.

Yapı üretim sürecinin ilk evresi olan *tasarım,* birçok farklı projelendirme hatasının yarattığı ve çoğunlukla uygulama sürecinde tespit edilebilen risklerin yanında finansal ve aktörler arası ilişkilerden doğan riskler de barındıran bir süreçtir. Bu risklerin doğru yönetilememesine bağlı olarak yapı üretim süreçlerimde tamir edilemez maliyet ve süre kayıpları yaşanmaktadır, bu durum sektörde yaşanan bir çok iflas ve başarısızlıklarla sonuçlanmaktadır. Tasarım evresi risklerinin kontrolü bir yandan sürecin sürekliliği ve proje başarısı için önem kazanırken, "mimar"ın tasarladığı biricik tasarımı da eş zamanlı kontrol ederek mimari ürünün standartlaşmasına sebep olmaktadır.

Bu bağlamda bu tez çalışması, bina üretim sürecinin ilk evresi olan tasarım aşamasında risk yönetim sistemlerinin kullanılmasına olanak yaratan BIM uygulamalarının sağladığı avantaj ve zorlukları karşılaştırmalı olarak araştırarak, mimari tasarım sürecinin inovatif teknolojilerle olan ilişkisinin daha iyi anlaşılmasına fayda sağlayacak, süreç içindeki risklerin BIM tabanlı yönetiminin kavramsal çerçevesinin çizilmesini sağlayacaktır.

1.2 Tezin Amacı

Seri üretim kavramını yaratan sanayileşme, teknoloji devrimine ortam hazırlayan seri üretim ve gelinen son nokta ile dijital devrim; insanın insani özelliklerini kullanarak gerçekleştirdiği üretim faaliyetlerinin önüne geçmiş, bir bakıma artık araç, amacı aşmıştır. Tamamen insan aklı, hayal gücü ve deneyimine dayanan; Le Corbusier tarafından bir ''sabır işi'' olarak tanımlanan yaratma, yani tasarım artık tasarruf hedefleyen bir mekanizmaya; bir mühendislik uygulamasına dönüşmüştür. Çağımız gereksinimlerine doğru verilerle doğru risk yönetimi sağlayarak hız ve ekonomi anlamında oldukça fazla fayda yaratan BIM uygulamaları, tasarım evresinde yaratıcılıktan mahrum bırakılmış projelere de yol açabilmektedir. Bu bağlamda bu çalışmanın amacı, BIM uygulamasının yapı

üretiminin tasarım evresinde risk yönetiminde sağladığı fayda ve zorlukları karşılaştırmalı olarak araştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda elde edilen bulgular, gerçekleştirilmiş iki örnek proje üzerinden incelenmiş ve tasarım evresinde BIM tabanlı risk yönetim uygulamalarının yol açtığı problemler ve sağladığı avantajlar ortaya koyulmuştur.

Yapılan gözlemler ışığında, bu tez kapsamında önce risk yönetimi yaklaşımları ele alınmıştır. Daha sonra BIM tabanlı risk yönetim sistemi 45'ten fazla hakemli makale üzerinden sistematik olarak irdelenmiştir. Daha güncel sonuçlar üzerinden konuşabilmek için, bu çalışmalardan 2008-2019 yılları arasında yazılmış olanlar seçilerek, yapım projelerinde kullanılan BIM tabanlı risk yönetim uygulamalarının yapı üretiminin tüm fazları için sonuçları araştırılmıştır. Yapım aşamasının dijital bir simülasyonunu sağlayan BIM'in, ilgili aşamadaki faydalarından söz eden pek çok kaynak bulunmakta iken, yine BIM kullanımının mimari tasarım evresi ile ilişkisinin literatürde çok az yer aldığı tespit edilmiştir. Tezin çıkış noktası olan, tasarımın ancak insan zekâsı ile yapılabileceği fikrini irdeleyebilmek adına; BIM tabanlı risk yönetiminin yalnızca yapı üretim sürecinin ilk evresi olan tasarım aşaması için sağladığı avantaj ve zorluklar incelenmiştir. Tezin ilk aşamasında içerik analizi yönetimi kullanılarak sınıflandırılan bu veriler; tezin ikinci aşamasında, BIM kullanarak mimari tasarım projeleri yapan farklı ölçekli iki ofis arasında BIM kullanımının risk yönetiminde sağladığı avantajlar ile yarattığı zorluklar tartışılmıştır. Söz konusu bu iki proje, çalışma boyunca arka planda sorgulanan tasarım ve teknoloji birlikteliğinin bir *dilemma* yaratıp yaratmadığı konusuna ışık tutabilmek amacıyla; yaratıcılık açısından da değerlendirilmiştir.

Tez, şu zamana kadar çoğunlukla mimarlık ve mühendislik sektörüne faydalarından bahsedilen BIM tabanlı uygulamaların tasarım evresine verdiği öngörülen zararı, risk yönetimi üzerinden araştırarak; konu ile ilgili kullanıcılara farkındalık yaratmayı amaçlamaktadır.

1.3 Hipotez

BIM tabanlı risk yönetimi uygulamaları; tüm diğer teknolojik gelişmelerle insani yetenekleri edinmeye başlayan cihazlar ve bu cihazlara akıl veren yazılımlar gibi;

duygusallık, sabır, hayat görüşü, hayal gücü gerektiren proje tasarım evresini olumsuz etkilemektedir. Bir diğer yandan BIM tabanlı risk yönetim tekniklerinin bina üretim sürecinin en başından ele alınması, tüm sürecin sürekliliği açısından birçok fayda sağlamaktadır. Yapım sürecinde neredeyse tam anlamıyla fayda sağlayan BIM tabanlı risk yönetimi uygulamaları, tasarım evresinde tasarımcıyı kısıtlamakta ve hayal gücü standardizasyonuna sebep olmaktadır. BIM tabanlı risk yönetimi, mimari tasarımın özgürlüğünü ve özgünlüğünü de etkilemektedir. Bu bağlamda, bu çalışmada mimari tasarım evresindeki BIM tabanlı proje risk yönetimi uygulamalarının avantaj ve zorlukları araştırılmış, yapı üretiminin tasarım aşamasında BIM kullanılmasının risk yönetimi pratikleri ve tasarımın özgünlüğü açısından ne gibi durumlara yol açabileceği tartışılmıştır.

2
Mimari Tasarım Süreci ve Bozulmalar

2.1 Yapı Üretim Süreçleri

İnsanın en temel ihtiyaçlarından biri olan barınma gereksinimi ile ortaya çıkan yapı üretimi; tarih boyunca konut yapılarından eğitim, sağlık, askeri, dini, sosyal ve kültürel pek çok alanda nitelik kazanarak çeşitlenmiştir.

Yapı üretim sürecine; projelendirme aşaması olan *tasarım* evresi ve projenin gerçeğe dönüştürülme aşaması olan *yapım* evresi yanında, yapının kullanıma başlanmasıyla başlayan yapı yaşam süreci olarak da tanımlanan *bakım* evresinin de dahil edilme sebebi; bu üretim ve yaşam kısımlarının birbirileri ile bağlantılı bir ara kesit oluşturarak, kesin çizgilerle ayırt edilemeyen ve aralarında girdi-çıktı ilişkisi barındıran süreçler olmasıdır (Gültekin, 2007).



Şekil 2.1 Yapı Üretim Süreçleri

2.2 Mimari Tasarım Süreci

Mimari tasarım, mimarlık ile mühendislik dalları bağlamında disiplinler arası bir ekip çalışmasıdır (İnan ve Yıldırım, 2009). Mimari tasarım süreci ise: proje yapılabilirliğinin denetlendiği, boyut ve maliyet hesaplarının kabaca tespit edilmeye çalışıldığı *ön hazırlık* evresini*;* proje ihtiyaç programının hazırlandığı, faaliyet önceliklerinin sıralandığı, iş planının oluşturulduğu ve bütçenin hesaplandığı *planlama* evresini; hayal gücü, tecrübe ve insan aklına dayanarak mekânsal biçimlerin oluşturulduğu ve uygulama projeleri ile sistem detaylarının çözüldüğü *tasarım* evresini kapsayan yapı üretimi evresidir.

Mimarlığın temel problemi olan tasarım, yıllar boyunca farklı mimarlar tarafından farklı nedenlerle ilişkilendirilerek tanımlanmaya çalışılmıştır. Her biri, tasarımın

farklı özelliklerinin altını çizerek, kendi bakış açıları üzerinden bu kavramı anlamlandırmıştır. Örneğin Louis I. Kahn'a (1901-1974) göre mimarlığın başlangıcı İngiltere'de bulunan Stonehenge anıtıdır; kendisi bu yapı için, el kitabı olmaksızın yapılmış, pratik kaygılar gütmeden oluşturulmuş, gerçek mimarlık yakıştırmasını yapmıştır (Togay, 2002). Kahn'ın cümlesi ile mimarlık, ''düşünülerek yapılan mekanlardır''(Togay, 2002). Le Corbusier (1887-1965) ise, yaratma adı ile bahsettiği üretmenin sabırlı bir arayış olduğuna; mimarlığın her şeyden önce soylu bir sanat ve ruhun saf yaratısı olduğuna inanmaktadır ve mimarı, zamanın aynası olarak görerek, insanlığın güzelliği duyumsamasını sağlayan kişi olarak tanımlamaktadır. Ona göre ruh, sanatçıyı, mühendisten ayırır ve mimarlık, standartları etkiler. (Corbusier ve Merzi, 1999). Türk Dil Kurumu Türkçe Sözlüğü'ne (2019) göre ise, ''tasarım'' kelimesi ''Zihinde canlandırılan biçim, tasavvur'' anlamındadır.

Tüm bu tanımlarda görüldüğü gibi, mimarın asıl kaygısı olan tasarım ya da yaratma; sabır, ruh, hayal gücü ve zihin gerektiren; beşeri bir eylemdir. Tasarlamak, insan aklı gerektirir. Tasarımların standartlara uymasından ziyade, standartlar oluşturması da ancak, deneyimlenmiş insan tecrübeleri ile mümkündür. Yani mimarın en önemli işi olan tasarım, mutlaka insan elinden çıkması gereken manuel bir olgudur.

Mimari tasarım, 17. yüzyıldan önce zanaatkâr adı altında mimarın tekelinde şekillenen bir süreç iken; sanayi devrimi ile Fransa'da Colbertin Evrensel Fabrika gibi eğitim kurumları ile ayrı ayrı şekillenerek mimarlık ve mühendislik olmak üzere iki meslek dalına ayrılmıştır (İnan ve Yıldırım, 2009). Aslında inşaat mühendisliğinin bağımsız bir disiplin olarak ortaya çıkışı endüstri devriminden öncedir fakat, endüstrileşmenin getirdiği sosyal durum ve yeniden tanımlanan üretim şartları mimar – inşaat mühendisi arasındaki ayrışmayı daha belirgin hale getirmiştir (Akın, 2017). En kaba tabiri ile mimar mekân kurucu, mühendis inşa edici ise, bu disiplinlerin bir arada çalışabilmesi ve bu iş birliğinin organize edilebilmesi mimari tasarım süreci açısından büyük önem taşımaktadır.

Mimari tasarım sürecinde mimar, inşaat mühendisi, elektrik mühendisi, makine mühendisi ve projenin içeriğine göre daha pek çok disiplin bir arada çalışmakta

olup, her birinin tasarımı birbirini etkilemekte ve nihai ürün bu bağlamda şekillenmektedir. Disiplinler arası koordinasyonun sağlanması ve doğru bir iletişim modelinin uygulanması, aktörler arttıkça zorlaşmaktadır ancak, nihayetinde uygulama pratiklerinde doğru mimari proje için doğru iş birliğini mümkün kılan yönetim şekilleri uygulanmaya çalışılmaktadır.

Mimar ile inşaat mühendisinin birlikte çalışmalarına örnek ilk projelerden biri, Japonya'nın Miyagi Bölgesi'nin Sendai şehrinde bulunan bir kütüphane olan Sendai Mediatheque binasıdır. 1994 senesinde duyurusu yapılan kütüphane binası yarışmasına; mimar Toyo Ito ile inşaat mühendisi Mutsuro Sasaki birlikte katılmıştır (Akın, 2017). İnşaat mühendisi ile mimarın aynı kelimelerden farklı şeyler anlayarak ve birbirlerine hiç benzemeyen tasarım anlayışları altında üretimlerinin nasıl olduğunu resimlemiş olan bu yapının üretimi aşamasında, hem dijital hem geleneksel tasarım araçları birlikte kullanılmıştır.

Mimari tasarım, yapı üretim sürecinin ilk evresi olarak; diğer evrelerde de karşılaşılabilecek pek çok riskin temelinin oluştuğu bir aşamadır. Yapının doğduğu evre olarak adlandırılması pek de yanlış olmayacak olan bu basamak, ciddi bir bilgi toplama sürecini gerektirir. İşverenin projede ne istediğinden, yüklenicinin projeyi doğru uygulayabilmesi için gereken detay bilgileri ve notlara; arazi ile ilgili yapılması gereken doğru analizlerden, yerel yönetimlerin koymuş olduğu kurallara kadar her türlü verinin toplanması ve bir araya getirilmesi bu sürecin en önemli aşamalarından biridir. Eş zamanlı yürüyecek olan tasarlama ve devamında gelen projelendirme süreci de, bu ve benzeri bilgilerin doğru aktarılması, doğru uyarlanması ve doğru uygulanmasını gerektirir. Her şey kontrol altında ilerlerken bile asla sıfıra indirilemeyen risklerin; gözden kaçan veya dikkate alınmayan herhangi bir veri ile gerçekleşme olasılığı oldukça artar. İlgili durumlardan ötürü yaşanabilecek riskler; en özet hali ile teknik riskler, yönetim riskleri, finansal riskler ve sosyo-politik riskler şeklinde özetlenebilir.

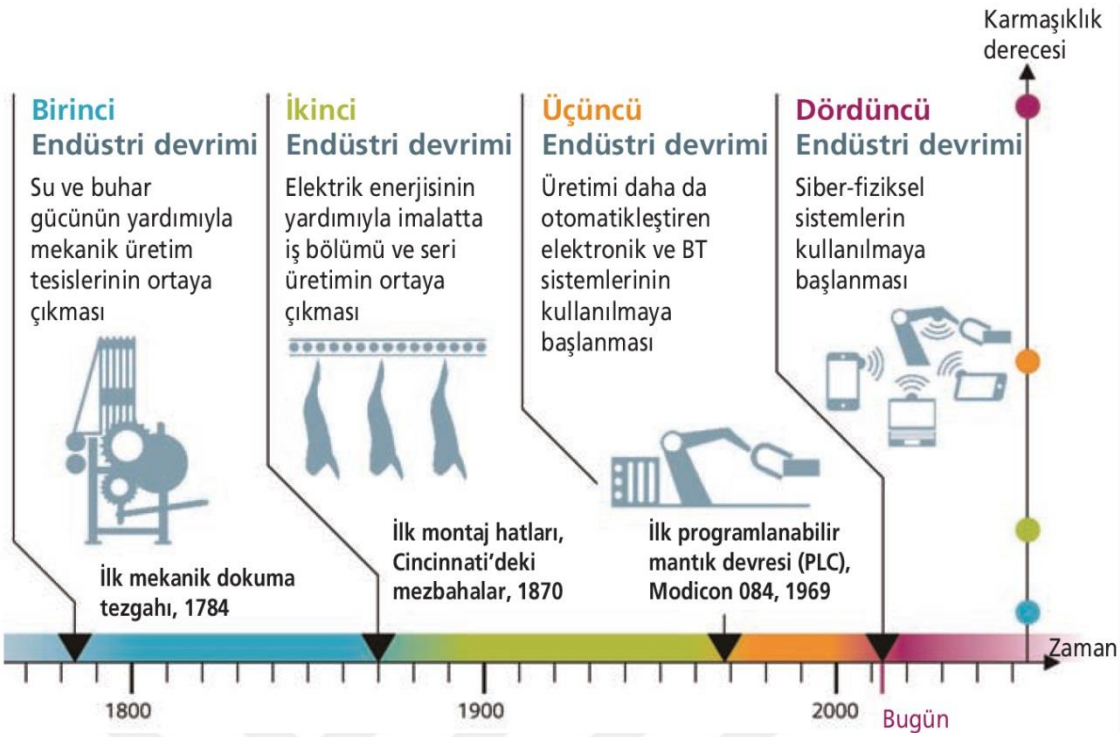
2.3 Mimari Tasarım Endüstri 4.0 İlişkisi ve Bozulmalar

Literatürde adı ilk olarak 06.07.1799 tarihinde bir mektupta geçmiş olan Birinci Endüstri Devrimi; İngiltere başta olmak üzere gerçekleştiği ülkelerde üretim kapasitesi ve hızını arttırmakla kalmayıp, insan gücünün makinelere

yönlenmesine sebep vermiştir (Özdoğan, 2017). Bu gelişmelerle birlikte, seri üretim kavramı ortaya çıkmıştır. 1800'lerin sonundan Birinci Dünya Savaşı sonuna kadar devam etmiş olan İkinci Endüstri Devrimi, Henry Ford'un hareketli akış bantlarını icadı ile seri üretimde kapasite artışını sağlamış ve Teknolojik Devrim olarak adlandırılmıştır. Üçüncü Endüstri Devrimi, bir diğer deyişle Dijital Devrim'in başlangıcı ise 1900'lerin ikinci yarısını bulmuş ve bu devrim 2010 yılına kadar sürmüştür (Pamur ve Soysal, 2018). Bu devrimde teknolojik cihazlar artık dijitalleşmeye, yazılımlarla birbirini tanımaya ve anlamaya başlamışlardır.

2011 yılında Almanya Hannover fuarında ise, Dördüncü Sanayi Devrimi ilk kez isimlendirilmiştir. Endüstri 4.0 olarak da bahsedilen bu dönemin, insan gücüne ihtiyacı olmayan, özerk davranabilecek makineler ve üretim sistemlerine ev sahipliği yapacak olması en büyük özelliklerinden biridir (Öztuna, 2017) . Endüstri 1.0 ile makineleşen, Endüstri 2.0 ile seri hale geçen ve Endüstri 3.0 ile otomasyon sistemlerine bağlanan üretim; Endüstri 4.0 ile akıllı ve bağlantılı sistemler tarafından gerçekleştirilir hale gelecektir. Bu yönde evrimleşen dünyada, tüm sanayi devrimlerindeki gibi başta insan refahı yükseliyor gibi görünse de; emek ticareti her zaman varlıklı olanın daha çok kazanmasına yol açmakta ve sosyal statü farkları arasındaki uçurumu büyütmektedir. Endüstri 4.0 ile, insan işgücüne güvenmeyi bırakacak olan büyük şirket sahipleri yapay zekaya yatırım yapacaktır. Böylece firma sahiplerinin hiçbir gideri olmayacak, toplumdaki gelir düzeyi makası iyice açılacaktır (Bossmann, 2016).

Haziran 2019'da İstanbul'da gerçekleşen Yapı Fuarı'nın katılımcılarından Gjis Van Der Velden'in ''Robotik Tasarım – Dijital Tasarım Döngüsünün Bitişi'' başlıklı konuşması, inşaat sektörüne dâhil edilmesini savunduğu robotlar için, her zaman işlerini bir insana nazaran daha iyi yerine getirebileceklerini savunur niteliktedir (Yılmaz, 2019).



Şekil 2.2 Endüstri 1.0'dan Endüstri 4.0'a
(kaynak: DFKI, 2011; aktaran Nikolaus, K., 2013)

Tüm bu süreçler göstermektedir ki, insan, kendi özelliklerini bahşetmeye çalıştığı yapay zekâdan, kendi görevlerini yerine getirmesini beklerken abartmış ve karşısındakinin gerçekten beşeri üretim yapabileceğine inanmıştır. Pek çok artısı olduğu yadsınamaz bilgisayar yazılımları ile yapılmaya çalışılan tasarımlar, hayal gücü ve yaratıcılığı standardize etmekte ve ''seri üretim'' halinde tasarımlar oluşturulmasına neden olmaktadır.

Kalabalıklaşan dünyanın getirisi olarak artan kitlelere cevap vermeye çalışan inşaat sektöründe; seri üretilen, çoğunlukla tek tip haline gelmiş hem iş yeri, hem konut, hem alışveriş merkezi, hem eğlence tesisi olma özelliğine sahip dev *kompleks* projeler ortaya çıkmaya başlamıştır. Bahsedilen tüm tasarım ve projelendirme risklerinin ortaya çıkma ihtimali; bu karmaşık projelerin yol açtığı kontrol zorluğundan kaynaklı olarak artmıştır. Bu karmaşanın altından kalkabilmek için insanoğlu yine teknolojiye başvurmak durumunda kalmış; kendini bir konuda daha, akıllı yazılımlardan yardım alırken bulmuştur.

Aslında insan, varoluş olarak, makinedense insandan bilgi almayı daha güvenilir bulmaktadır. Pek çok yönetici, iş yeri ile ilgili kararlar alırken, bilgisayar

yazılımlarının kendisine sağladığı bilgiden değil, kişilerden aldığı bilgiden faydalanır (Davenport, 1994). İlgili durum göstermektedir ki, insanın, üstün özellikler yüklemeye çalıştığı ve git gide daha iyiye evirdiği teknoloji, hiçbir zaman kendisi kadar güvenilir olmayacaktır. Bu noktada sorgulanması gereken, teknolojinin nereye kadar ve ne ölçüde kullanılması gerektiğidir ki bu da akla; 1770'li yıllarda İngiltere'de, Sanayi Devrimi ile hızla işçiler yerine ikame ettirilen makinelere karşı yıkma ve makine kırma hareketleri ile gerçekleşen akım Ludizm'i getirir (Öztuna, 2017). Çalışmada savunulan görüş daha çok Neo-Ludizm olarak düşünülmelidir. Yani teknoloji, insan kaynaklıdır; insan kültürünü ve yaratıcılığını içerir, kökten insan yaşamını yok eden teknoloji ise zararlıdır (Glendinning, 1990).

3
Mimari Tasarım Sürecinde Risk Yönetimi

3.1 Risk Kavramı

Risk, Fransızca kökenli bir kelime olup, zarara uğrama tehlikesi anlamına gelmektedir (TDK). Ekonomi tarihi boyunca sosyologların araştırmalarına konu olan risk kavramı, Bernard Shaw tarafından Çince'de iki sembolle ifade edilen ve bunlardan biri tehlike, diğeri fırsat anlamına gelen bu sözcük için; hayatta fırsatlarla beraber mutlaka riskle karşılaşılacağının altını çizmiştir (Uralcan, 2006). Risk, kayıp olasılığı anlamına gelmektedir (Cavlı, 2010). Bir diğer deyişle, gelecekte gerçekleşme ihtimali bulunan, istenmeyen durumdur (Elbeyli, 2001).

Risk olgusu, kısaca belirsizlik içeren ve karar mekanizması gereken durumlar olarak özetlenebilir. Kişiler genellikle risk almaktan kaçınırlar çünkü bir miktar maddi kayıp, aynı miktarda maddi kazançtan daha fazla rahatsızlık hissettirir. Yapı üretimi, karmaşık projeler, farklı disiplinler arası koordinasyon gerekliliği ve her projenin kendi içinde tek olması durumları sebebiyle yüksek risk içeren bir endüstridir. Çeşitli disiplinlere ait profesyonellerin rol aldığı inşaat projelerinde, maksimum kontrol ve minimum risk sağlanabilmesi için, bir projenin tüm yaşam döngüsünü (tasarım, yapım, bakım) kapsayacak şekilde risk yönetimi planlanmalı ve uygulanmalıdır.

3.2 Mimari Tasarım Süreci Riskleri

Mimarlık, Mühendislik ve Yapım (AEC- *Architectural, Engineering and Construction*) endüstrisinin; planlama ve tasarım aşaması ne kadar kontrollü yürütülürse yürütülsün, uygulamaya geçildiğinde pek çok öngörülebilen veya öngörülemeyen dış faktörlerden direkt olarak etkileniyor olması ile alakalı olarak projeye zarar veren bir risk faktörünün oluşma olasılığı her zaman yüksektir.

Mimari tasarım sürecinde karşılaşılan riskler teknik riskler, yönetim riskleri, finansal riskler, sosyo-politik riskler olarak sınıflandırılabilir (Ehsan, Alam, Mirza ve Ishaque, 2010). Özetlenecek olursa;

Teknik riskler,

- Yetersiz saha araştırmaları
- Detaylandırılmamış tasarımlar
- Şartnamelere uygun olmayan tasarımlar
- Projede kullanılması öngörülen malzemelerin kaynak ve bulunabilirliği konusundaki belirsizlikler
- Tasarım hataları ve ihmal edilen veriler

Yönetim riskleri,

- Paydaşlar arası iletişim sorunları
- Bilgi eksikliği
- Endüstri ilişkileri sorunları
- Yanlış alınan kararlar
- Yetersiz tanımlanmış rol ve sorumluluklar
- Yeterince kalifiye olmayan / tecrübesiz personeller
- Yeni teknolojiler

Finansal riskler,

- Yanlış hesaplamalar
- Döviz dalgalanmaları
- Ödemelerde yaşanan gecikmeler
- Enflasyon
- Yerel vergiler

Sosyo-politik riskler,

- Yetersiz şartnameler
- Değişen kanunlar ve yerel normlardan oluşur.

Bu gibi risklerle projenin göreceği zararları engellemek veya oluşacak zararın en az seviyede tutulmasını sağlamak ancak iyi bir risk yönetim uygulaması ile mümkündür (Karabay, 1997).

3.3 Mimari Tasarım ve Risk Yönetim Süreci

Mimarlık, mühendislik ve yapım endüstrisinde üretimin kalbi, projedeki tüm kalemlerin doğru bir şekilde ve doğru zamanda gerçekleştirilmesini sağlayan proje yönetimidir. Proje yönetimi, yapımın tasarıma uygun olmasını, doğru zaman planlamasını, doğru ürün kullanımını, doğru montaj yapımını, iş güvenliğini, projenin her türlü izin ve uygunluk sürecini ve maliyeti kontrol eder. Tüm bunları gerçekleştiren proje yönetiminin etmenleri Gültekin (2007)'e göre,

- Organizasyon
- Koordinasyon
- Verimlilik
- Standardizasyon
- Kısıtlar

olarak sıralanabilir. *Organizasyon*, uzmanlaşmış kişileri örgütleyerek verimliliği arttırmayı; *koordinasyon*, organizasyonu oluşturan her bir şahıs veya birimin birbiri ile işbirliği ve uyum içerisinde davranış göstermesini; *verimlilik*, kaliteli ürün elde etmek için harcanan zaman ve ekonomik kaynaklar ile ürün arasındaki ilişkiyi; *standardizasyon,* verimliliğin maksimumda olabilmesi için tanımlanmış, bir örnek hareket etme ile bir düzen oluşturmayı ifade eder (Gültekin, 2007). Proje yönetiminin kontrol ettiği bir diğer etmen olan *kısıtlar* ise, yapı üretiminin proje bazlı sınırlarını çizen maliyet, zaman, teknoloji ile kanun ve yönetmelikleri tarif eder.

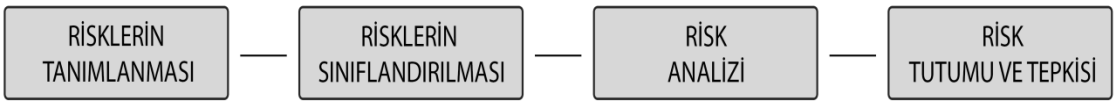
Yapı üretiminin kalbi olarak nitelendirilen proje yönetiminin temelini risk yönetimi oluşturur. Beklenmeyen ve gerçekleştiğinde zarar ve felakete yol açan durumlar olarak tanımlanan risk, bu olayların gerçekleşme olasılığı ile projelere olan etkileri ile de ilişkilendirilmiştir (Goral, 2007). Risk içeren hassas durumlar, durumla ilgili kararlar alınmadan önce; risk yönetimi kapsamında tanımlanabilir ve proje katılımcıları tarafından ele alınabilir.

Risk yönetimi aslında en genel tanımı ile proje yönetiminin etmenleri olarak adlandırılan başlıkların doğru şekilde gerçekleşme olasılıklarını kontrol ederek, potansiyel riskler oluşmadan önce yönetim eylemini planlamak ve uygulamak,; gerçekleşme ihtimali çok yüksek olan riskler içinse, risk meydana gelmeden önce gerekli finansal ve zamansal koşulları uygun hale getirmektir. Yapım projelerinde, farklı zamanlarda ve farklı yapım aşamalarında farklı riskler ortaya çıkar ve projenin yaşam döngüsü boyunca söz konusu riskler göz önünde bulundurulmadan yatırım veya üretim süreçleri hesaplanamaz.

Bir başka deyişle risk yönetiminin amacı, hassas vakaları ve onların sonuçlarını öngörerek; meydana gelme ihtimali olan riskleri azaltmak, bu risklerden kaçınmak veya onları transfer etmektir (Goral, 2007).

Her proje kendine özgü ve tek olduğundan, benzer olduğu düşünülen başka bir proje ile farklı risk yönetimi bakış açıları gerektirmesi olasıdır. Her proje, değerlendirilmesi gereken ve yol açacağı tehditlerin azaltılması gereken bir risk bileşeni içerir. Dolayısıyla risk yönetimi de, her projede uygulanması gereken bir sistemdir. Risk yönetimi, projenin her aşamasını kapsayacak şekilde planlanmalıdır; yani, projenin oluşturulması planlanan andan, projenin tamamlanması ve profesyonel olarak kullanılmaya başlanılmasına kadar olan tüm süreçler, risk yönetimi kapsamında değerlendirilmelidir (Burtonshaw-Gunn, 2009). Unutulmaması gereken nokta, risk yönetiminin, riskin ortadan kaldırılması değil, kontrol edilmesi olduğudur. Bu nedenle, liderlik ve organizasyon, risklerin tespit ve analiz edilmesi ile sınıflandırılmasında önemli bir rol oynar.

Risk yönetimi yapısı; risklerin tanımlanması, risklerin sınıflandırılması, risk analizi ile risk tutumu ve tepkisi aşamalarını içerir.



Şekil 3.1 Risk Yönetimi

Projeyi etkileyebilecek tüm belirsiz faktörlerin saptanması adımı olan *risklerin tanımlanması*, risk yönetim sisteminin en önemli aşamasıdır. Tanımlanmış bir risk, artık risk değil problemdir (Birgönül ve Dikmen, 1996).

Riskler, daha iyi bir tanımlama, ölçme, değerlendirme ve yönetim için *sınıflandırılır*. Papageorge (1988), riskleri tek, seri ve eşzamanlı riskler olmak üzere üç sınıfa ayırır. Tek riskler, ayrı ayrı analiz edilebilen ve başka bir riske bağlı olmayan riskleri; seri riskler, bir tek riskin başka bir riskin nedeni olduğu durumdaki riskleri; eş zamanlı risklerse, aynı anda ortaya çıkan çoklu riskleri tanımlar (Komurlu ve Dogru, 2018).

Riskler; incelenecek konuya uygun olarak pek çok farklı şekilde sınıflandırılabilir. Örnek olarak, riskleri etki alanlarına, risk yaratan faktörlere, gerçekleşme ihtimallerine ve daha pek çok ortak bileşene göre sınıflandırmak mümkündür.

Tanımlanmış ve sınıflandırılmış risklerin proje üzerindeki etkilerinin saptandığı *risk analizi*dir. Risk analizi hem nicel hem nitel değerlendirme yeteneği gerektiren bir aşamadır. Önemli olan, gerçekçi tahminlerin yapılması ve düşüncelerin somut bir şekilde ifade edilebilmesidir (Birgönül ve Dikmen, 1996).

Risk yönetiminin son basamağı *risk tutumu ve tepkisi*dir. Risk ile nasıl mücadele edileceği konusu, proje yöneticisinin risk alma toleransına bağlı olarak değişiklik gösterir. Risk yönetiminin son basamağı olan risk tepkisi için; risk yönetim planı, öncelikli risklerin listesi, önem düzeyine göre sıralanmış riskler, risklerin gerçekleşme olasılıkları, potansiyel tepkilerin listesi, proje paydaşlarının üstlenebileceği risklerin listesi ve risk analizinde keşfedilmiş eğilimleri bilmek gereklidir.

Devamında, literatürde 4T (*tolerate*, *treat*, *transfer*, *terminate*) olarak bilinen; riskin üstlenilmesi, riskin azaltılması, riskin transfer edilmesi ya da riskten kaçınma tepkileri sergilenir (Cavlı, 2010).

3.4 Risk Yönetim Çeşitleri

Yapı üretiminde risk yönetim çeşitleri; geleneksel (klasik) yaklaşım ve çağdaş yaklaşım olarak iki başlıkta ele alınmıştır. Çağdaş yaklaşım günümüzdeki en güncel ve trend yaklaşım olan Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) tabanlı risk yönetimi olarak incelenmiştir.

3.4.1 Geleneksel Yaklaşımda Risk Yönetimi

Geleneksel yöntemde risk yönetim sistemleri; olasılık analizi, monte-carlo yöntemi, delphi metodu, duyarlılık analizi ve karar ağacı yöntemi gibi manuel hesaplamalar içeren metotlar kullanılarak yürütülmektedir.

Geleneksel, bir diğer deyişle klasik yöntemde mimari *tasarım* aşaması ise şu şekilde gerçekleşmektedir: mimar tarafından proje çizilir ve elektrik, mekanik, statik ekiplerle paylaşılır. Tüm bu ekipler, proje ihtiyaçları ile ilgili ayrı ayrı bilgilendirildikten sonra her biri projeler üzerinde kendi set dosyalarını hazırlamaya başlarlar. Herhangi birinin yaptığı bir revizyon mimarla paylaşılır ve mimar dahil diğer tüm bu disiplinler, söz konusu değişikliğe göre projelerini revize etmek durumunda kalırlar. Yeni projenin, kendi disiplinine ait ihtiyaçları karşılamaya uygun olmadığını fark eden farklı bir ekip, yeni bir revizyon gönderir ve bu süreç tüm projelerin birbiri ile uygunluğu kontrol edilip, uygulanabilir koşullar sağlanana kadar devam eder. Bahsedilen durum, disiplinler arası aktarılan bilgide veri kayıplarına sebep olur ve proje sürecini uzatır. Tüm bu revizyon süreçleri bazen o kadar uzar ki, şantiyenin daha fazla geri kalmaması adına proje sonlanmadan saha uygulamasına başlanabilir. Bu durum, uygulama sırasında çözülmemiş detaylarla karşılaşılmasına sebep olmaktadır. Söz konusu detay genellikle sahada anlık müdahale ile çözülür, bu hem uygulama sürecini uzatır, hem de kullanılan malzeme ve işçilik önceden bilinmediğinden maliyeti yükseltir. Bu durum, yapım sürecinde ortaya çıkan fakat tasarım süreci kaynaklı bir risk faktörüdür.

Geleneksel yöntemde proje *tasarım* aşamasında; projeyi çizen, metrajı çıkaran, planlamayı yapan ve ilgili iş kalemlerini fiyatlandıran herkes birbirinden farklı kimselerdir. Bu kişiler, kendi dosyaları üzerinden, birbirlerinden interaktif olarak haber almadan çalışırlar. Dolayısıyla, projede yapılan değişikliklerden anlık haberdar olamaz ve yanlış veri oluşturabilirler, ilgili durum hem işgücü hem zaman kaybına neden olmaktadır.

Paydaşların her biri, kendi alanlarına hitap eden ve genellikle birbirlerine uygun olmayan farklı programlar üzerinden çalışmaktadırlar; bu durum dosyalar başka formatlara çevrilirken ortaya çıkan hatalara ve dolayısıyla kontrol kaybına neden olmaktadır.

Geleneksel yöntemde kullanılan yazılım programlarında, tasarımlar iki boyutlu çizgilerle ifade edilir, nesne tabanlı olmayan proje dosyalarında, müşteri tarafı gibi, farklı sektörden bir kimsenin detayları okuması ve bilgi edinmesi oldukça zordur (Özorhon, 2018). Örneğin, yalnızca duvar hizalarının ortalama 0.6 cm önünde çizilmiş bir çizgi ile ifade edilen süpürgelik iş kalemini, genellikle marangoz dahil kimse fark edemez ve ilgili üretim gözden kaçırılabilir.

Geleneksel yöntemde, mimari projelendirme sürecinde; proje maliyetlerinin hesaplanmasından sonra, maliyete daha önceden belirlenmiş bir risk toleransı eklenerek risk yönetimi sağlanmaya çalışılır. Bu durum, her proje için farklı olan risk büyüklüğü ve değişkenliği göz önünde bulundurulmaksızın aynı yüzdenin kullanılması dolayısıyla uygun ve gerçekçi bir yöntem değildir (Birgönül ve Dikmen, 1996). İlgili yöntem, nesnel bir yaklaşım sunamamaktadır ve maliyete risk payının eklenmiş olması, riskin gerçekleşmeyeceği durumlar için yanlış bir hesaplama yöntemi yaratmış olmaktadır. Eklenen risk tolerans maliyeti ile kurumlar gerçekleşecek riskleri ortadan kaldırdıkları yanılgısına düşmektedir. Detaylı bir risk taraması gerçekleştirilmemiş olduğundan gözden kaçmış daha pek çok tehdidin ortaya çıkma olasılığı oldukça yüksektir.

Geleneksel yöntemde karşılaşılan tüm bu yetersizlikler sonucunda, daha iyi bir projelendirme ve risk yönetimi sistemi oluşturulabilmesi için, BIM bu süreçlere entegre edilmiştir.

3.4.2 Çağdaş Yaklaşımda BIM Tabanlı Risk Yönetimi

Mimarlık, mühendislik ve yapım endüstrisinde proje risklerini yönetmenin iki temel amacı bulunmaktadır; bunlardan ilki potansiyel riskler meydana gelmeden önce doğru aksiyon planları yapmak ve bu planların gerçekleştirilmesi için gerekli yönetimi sağlamak; ikincisi ise olası risklerin gerçekleşmesi durumunu da göz önünde bulundurarak finansal ve zamansal süreci doğru yönetmektir. Son yıllarda, yapım projelerinde risk yönetim süreçleri için BIM sistemleri o kadar gelişmiştir ki, özellikle zaman ve maliyet risklerinde yerinde önlemler alınarak çok ciddi kayıpların önüne geçilmiştir.

BIM'in daha önce bahsedilmiş olan özelliklerinin tümü, yapı davranışının henüz tasarım aşamasında iken simülasyonunun izlenmesini sağlar, böylece projenin yönetimi daha etkili hale gelir (Miettinen ve Paavola, 2014). Başka bir deyişle BIM, projenin yapımından önce sanal ortamda inşaatının gerçekleşmesine olanak verir.

BIM'in risk yönetiminde kullanılmasının arkasında pek çok geçerli sebep bulunmaktadır.

BIM tabanlı risk yönetim uygulamalarına geçiş için itici güç oluşturmuş ilk sebep, BIM teknolojisinin mimarlık, mühendislik ve yapım endüstrisinde sağladığı teknik avantajlardır. İdealize edilecek olursa, öngörülebilir risklerin çoğu tasarım basamağında göz önünde bulundurulmalı ve yapım aşamasından önce söz konusu riskler için gerekli önlemler alınmalıdır. Herhangi bir risk oluşmadan önce tespit edilmelidir, aksi takdirde uygulanması planlanan yönetim yöntemleri etkisiz hale gelir (Carter ve Smith, 2006). BIM'in, yapım sırasında karşılaşılabilecek pek çok riskin erkenden yani henüz tasarım / planlama aşamasında tanımlanmasında önemli ölçüde destek sağlayabileceği görülmüştür.

BIM, geleneksel sistemde iki boyutlu çizimlerle yapılan tasarım yöntemlerini bilgi destekli ve parametrik hale getirmiş ve üç boyutlu akıllı mekânsal tasarımları oluşturulabilir kılmıştır (Zou vd., 2015). Yapı elemanlarına ait bilgilerin saklandığı üç boyutlu bir proje ortamında; tasarım hatalarını tespit etmek ve parametrik bilgilerin nesnelere bağlandığı bu ortamda tasarım rasyonelliğini kontrol etmek çok daha kolaydır (Eastman, Teicholz, Sacks ve Liston, 2011). Ayrıca BIM uygulamalarında fiziksel çakışmaları algılayan sistem alt yapısı bulunmaktadır

(Leite, Akcamete, Akinci, Atasoy ve Kiziltas, 2011). BIM, 3D proje nesne tabanlı modelleme (Grilo ve Jardim-Goncalves, 2010), 4D zaman planlama (Zhang ve Hu, 2011), 5D maliyet planlama (Mitchell, 2012), 6D sürdürülebilirlik denetimi (Özorhon, 2018) ve 7D tesis yönetimi ve işletme (Duru ve Ergül, 2017) gibi bünyesine kolayca adapte edilebilen yetenekleri ile; zaman planlama ve bütçe yönetimi başta olmak üzere, pek çok riskin erken tanımlanmasına ve değerlendirilmesine yardımcı olur. Böylece paydaşların her biri, yapım sürecinden önce karşılaşacakları neredeyse tüm sorunları görüp anında müdahale etme olanağı bulurlar.

BIM tabanlı risk yönetimi uygulamalarına geçişe öncülük eden ikinci sebep ise, BIM'in paydaşlar arası iletişim ve işbirliğini kolaylaştırmasıdır (Zou vd., 2015). Bir dizi faaliyet ve işlemin yapıldığı büyük boyutlu yapım projelerinde farklı disiplinlerden pek çok insan bulunmaktadır. Tüm bu katılımcıları başarılı bir şekilde yönetmek oldukça karmaşık ve zorlu bir süreçtir. Farklı görüşler ve iletişim eksiklerinden kaynaklanan yanlış anlaşılmalar ve bilgi aktarım hataları pek çok riske yol açmaktadır (Zou vd., 2015). Başarılı bir risk yönetimi için her zaman etkili iletişim ve işbirliği gerekmektedir (Renn, 1998). Bu konu, BIM'in kolayca çözüm sağlayabileceği bir başlıktır.

BIM, yapı üretim süreçlerinin (tasarım, yapım ve bakım) tümünde aktif olarak kullanıldığında mimari ve yapısal tüm basamaklarda hatalar azalır ve böylece proje sürecindeki işlerlik ve verimlilik artar. BIM, yapım projelerinde bulunan paydaşların her birine; hem temelini oluşturduğu, hem de kendi yapısı için en büyük gereksinimi olan birlikte çalışabilirlik ve doğru bilgi aktarımı için potansiyel bir yetenek oluşturmaktadır.

Geleneksel yapım yönetimi yaklaşımındaki mevcut risklerin üstesinden gelmek amacıyla, tüm dünyada BIM ve BIM ile ilgili sistemler için sayısız girişimde bulunulmuştur. BIM ile, geleneksel yapım yönetimi yaklaşımındaki elektronik postalar yoluyla iletişim, bilgi aktarımlarındaki eksiklikler, detaylandırılmamış uygulama çizimleri, proje sabunlamaları ve benzeri tüm proje engelleri ortadan kalkmaktadır. Tüm paydaşlar projedeki her bir değişikliği anlık olarak görebilmekte, sebebini anlayabilmekte, uygulamasını takip edebilmekte dolayısıyla

genel olarak tüm projelerde bulunan maliyet aşımı, süreç yetersizliği gibi konuları önceden fark ederek gerekli önemleri alabilmektedirler. Aynı zamanda BIM, ilgili yapının enerji hesaplarını da kontrol ederek, gereksiz maliyet risklerinin önüne geçebilirken, gerekli olan ancak fark edilmeyen yatırımların da yapılmasını sağlamaktadır. Mimarlık, mühendislik ve yapım endüstrisinde BIM'in yaygınlaşması ile birlikte, BIM'i risk yönetimi ile adapte edebilecek pek çok girişimde bulunulmuştur.

Örneğin, otomatik kural kontrolü (Eastman, Lee Jae-min, Jeong ve Lee Jin-kook., 2009; Zhang, Teizer, Lee ve Eastman, 2013) ve proaktif bilgi teknolojisi tabanlı güvenlik sistemleri (Forsythe, 2014) bu adaptasyonlardan bazılarıdır.

Yapım projelerinin yönetiminde BIM kullanımı, son yıllarda artan bir orana sahiptir. Azhar'ın (2011) araştırmasında paylaştığı verilere göre, dünya genelinde mimarların %43'ü projelerinin %60'ından fazlasında BIM kullanarak en büyük kullanıcı kitlesini oluştururken, yüklenicilerinse sadece %45'i projelerinin %15'ten azında BIM kullanarak en düşük kullanıcı kitlesini oluşturmaktadırlar.

Tasarım, projelendirme ve sistem kesitlerine kadar tüm ölçeklerde elde edilen proje çıktılarının BIM üzerinden oluşturulabilmesi ile mimari tasarım süreçleri çok daha hızlı, çok daha kontrollü, çok daha gerçekçi, çok daha uygulanabilir bir hal almaya başlamıştır.

4
Mimari Tasarımda Teknoloji: Yapı Bilgi Modelleme

4.1 Yapı Bilgi Modelleme (BIM)

BIM, İngilizce 'Building', 'Information' ve 'Modeling' kelimelerinin bir araya gelmesinden oluşturulmuş bir kısaltmadır. Türkçe düşünülecek olursa bu kelimeler 'Yapı', 'Bilgi' ve 'Modelleme' olarak karşılık bulur. Aslında bu kelimeler BIM'in özelliklerine dair ipucu vermektedir. Her bir kelimeyi ayrı ayrı açıklamak gerekirse; yapı, kendisini oluşturan her bir yapı elemanının (kolon, kiriş, temel, kapı, pencere, elektrik anahtarları, havalandırma sistemleri vb.) bir araya gelmesiyle oluşan bir bütünü; model ise tüm mimari ve mühendislik alanlarında oluşturulmuş dijital maketi tanımlar. Model denildiğinde ilk akla gelen dijital sunum şeklinden farklı olarak BIM, kullanıcısına sunumunu oluşturduğu yapıya dair 'Bilgi' de sağlamaktadır. BIM platformunu standart üç boyutlu modellemeden ayıran kısım tam olarak içerdiği 'Bilgi' kısmıdır. Söz konusu bu bilgi; yapıyı oluşturan tüm yapı elemanlarına dair; paydaşların (mühendisler, mimarlar, yatırımcılar, yükleniciler, tedarikçiler, taşeronlar, üreticiler gibi) ihtiyaç duyacağı tüm fiziksel ve kimyasal verileri içinde barındırır. Bu veriler her bir yapı elemanı için üretim süresi, montaj şekli ve süresi, içerik analizleri, maliyet bilgileri, süreç detayları ve nakliye dahil tüm bilgileri sağlayacak şekilde hazırlanmaktadır.

National Institute of Building Science'ın tanımına göre BIM, bir yapının tüm fiziksel ve karakteristik fonksiyonlarının dijital bir temsilidir. (Building Information Modeling, 2018). BIM, bir binanın nesne tabanlı üç boyutlu dijital bir maketi olmanın yanı sıra, proje bilgilerini içeren bir enformasyon havuzu ve ayrıca birbiri ile ilişkili uygulamalar arasında bilgi alışverişine olanak veren bir sunum modelidir (Miettinen ve Paavola, 2014). Başka bir deyişle BIM, 3D modelleme, zaman çizelgeleri, maliyetler gibi inşaat yönetimine ait farklı içeriklerin kendisine eklenme olanağı tanıyan 'akıllı veri' olarak da tanımlanmaktadır (Sabol, 2008a; Dabakoglu ve Ercan, 2018). BIM, yapıyı etraflı bir sistem içerisinde algılayabilmeyi

sağlayan, bu sistemin çok çeşitli bileşenlerinin birbirleri ile nasıl bir uyum içerisinde örüldüğü detayını okuma imkanını kullanıcısına tanıyan, tasarım sürecine entegre bir araçtır (Reed ve Gordon, 2000). BIM, geleneksel tasarım sürecinin, disiplinler arası sınırlar ve doğrusal planlamadan yaşanan engel ve zorluklar dolayısıyla geliştirilmiş halidir. Bu çıkış noktasından yaklaşacak olursak BIM'den proje sürecinin yaşam döngüsü boyunca tüm aşamalarında en iyi proje sonuçlarını alması, israfı azaltması, proje sahibinin değerini yükseltmesi ve verimliliği arttırması beklenir. Geleneksel sistemdekinden farklı olarak birbirleri ile ilişkili (entegre) tasarım ekipleri oluşturan BIM, bu ekipler arasındaki işbirliğini ve dolayısıyla eleştirel düşünen ve sorgulayan çevreyi oluşturur; ekip çalışmasını, iletişimi ve anlayışı besler. Geleneksel tasarım süreci ile BIM'in oluşturduğu entegre tasarım süreci arasındaki temel fark; maliyeti etkileme yeteneği altında daha fazla iş kapsamının değerlendiriliyor olmasıdır (Raouf ve Al-Ghamdi, 2019). BIM, barındırdığı tüm araçlarla kullanıcısına parametrik yani değişkenlerle modelleme yapma olanağı sağlar (Miettinen ve Paavola, 2014).

Özetlenecek olursa BIM; bir yapının yaşam döngüsü (yapımının planlanmaya başlandığı tarihten, yıkımının gerçekleştiği güne kadar) boyunca oluşan tüm bilgilerinin sanal ortamda oluşturulan bir model içerisinde toplanması, paylaşılması, kullanılması ve yönetilmesini sağlayan bir platformdur. BIM, bir çizim programı değil, bir veri tabanı programıdır ve bu veri tabanı programından alınan çıktı projedir (Duru ve Ergül, 2017).

Endüstri analisti Jerry Laiserin BIM'i 2002 yılında önerdiğinden itibaren BIM, mimarlık, mühendislik ve yapım endüstrisindeki en ilgi gören konu haline gelmiştir (Wu vd., 2014).

4.2 Yapı Bilgi Modelleme (BIM) Uygulamaları

4.2.1 BIM Uygulama Seviyeleri

BIM'in boyut yani 'D' olarak adlandırılan elemanları, modele yerleştirilmiş bilgiye bağlıdır. BIM modelinin 3 boyuttan 7 boyuta kadar uzanan uygulama seviyeleri bulunmaktadır. Bunlar; 3D yani görselleştirme, 4D yani zaman planlama, 5D yani

maliyet yönetimi, 6D yani sürdürülebilirlik, 7D tesis yönetimi/işletme ve yeni bir uygulama olan 8D yani iş güvenliği olarak sıralanabilir.

• 3D, yapının dijital maketinin oluşturulması ve görsel sunum aşamasını ifade eder. Bu aşamada binanın fiziksel yapısı dijital olarak temsil edilir.

• 4D, yapının zaman planlamasını ifade eder (Zhang ve Hu, 2011). Zaman verisi işlenmiş 3D olarak düşünülebilir. Bu çıktı ile, projelendirme veya uygulama aşamasında zaman açısından ne durumda olunduğuna dair değerlendirilme yapılması mümkün olur. Ayrıca, hangi yapı elemanının ne zaman uygulamasının yapılacağı bilgisi ile, ilgili yapı elemanı doğru zamanda üretime girer ve doğru zamanda inşaat alanına ulaşır; böylece depolama için gerekli alan küçülür; sırası gelen ürün sahaya ulaştırılır ve direkt aplikasyonuna başlanır.

• 5D, yapının maliyet planlamasını ifade eder (Mitchell, 2012). Yapı modelindeki her bir yapı elemanına birim fiyat bilgisi işlenerek detaylı bütçe analizleri yapılabilir. Hakedişler hazırlanırken; uygulanmayan kalemlere ait üretimler modelde revize edildiğinden, modelin vereceği tabloda ilgili materyaller ve dolayısıyla maliyetleri de otomatik olarak düşülür. Böylece direkt kesin hesap bilgisine ulaşılmış olur. Aynı durum, projeye sonradan uygulanan ek işler için de kullanılabilir.

• 6D, yapının sürdürülebilirlik hedeflerini ifade eder. Bu boyut, yapının kullanacağı enerjinin hesaplanarak yapı elemanlarını oluşturan materyallerin sürdürülebilirliğini araştırır. LEED gibi yeşil yapı sertifikasyon sistemleri ile uyumluluğu mümkün kılar (Özorhon, 2018).

• 7D, süreci tamamlanmış olan yapıya ait modeli ifade eder. Model artık yapıyı oluşturanlar tarafından değil, yapının sahibi tarafından kullanılacaktır. Yapının uygulanmasının planlanmaya başlandığı günden, yıkılacağı güne kadar her an yapının başına gelen her şeyin işlendiği, dolayısıyla ilgili her şeyin raporunu sağlayabilecek bir modeldir. Kullanıcılar, bu modeli kullanarak A mahalindeki L1 aydınlatması bozulduğunda; kime ulaşabileceklerini, garanti kapsamını, aydınlatma elemanına ait marka, model, fiyat, tedarik süresi bilgilerini 7D modeli kullanarak öğrenebilirler.

Tüm bu uygulama seviyeleri için, birbirinden farklı dijital programlar kullanılır; BIM, tüm bu programların kullanıldığı ortak bir platformdur (Duru ve Ergül, 2017).

4.2.2 BIM Olgunluk Seviyeleri

Çoklu disiplinlerden oluşan organizasyonlarda, özellikle de geleneksel yöntemle yürütülmeye çalışılanlarda; karmaşıklıklar, belirsizlikler ve bunlardan kaynaklanan anlaşmazlıklar gözlemlenmektedir. Bu problemler bilgi paylaşımını engelleyerek bazı iş kalemlerin tekrar edilmesine, dolayısıyla zaman kaybına yol açmaktadır (Khosrowshahi ve Arayıcı, 2012). Bu bağlamdaki engellerin önüne geçebilmek için teknoloji tek başına yeterli olmayıp; iyi tanımlanmış iş süreç modellerine, ilgili endüstrinin yararlanabileceği pratik bilgi entegrasyon stratejilerine ve hesaplanabilir model-tabanlı dijital tasarım verilerine ihtiyaç vardır (Bernstein ve Pittman, 2004). BIM, yapı üretim sürecini son kullanıcı ihtiyaçlarına daha duyarlı hale getirerek devrim yapmayı hedefleyen yeni bir bakış açısı geliştirir (Linderoth, 2010; Arayici ve Coates, 2012; Ganah ve John, 2013; Succar, Sher ve Williams, 2013).

Succar'ın 2009'da yapmış olduğu çalışmaya göre, BIM ile yapı üretimi projesi entegrasyonu 3 ana aşamadan oluşur; literatürde bu aşamalardan 'BIM olgunluk aşamaları' diye de bahsedilmektedir.

BIM olgunluk seviyelerini dört seviyede tanımlamak mümkündür. Bunlar; BIM öncesi durum, nesne-tabanlı modelleme, model tabanlı işbirliği ve ağ-tabanlı entegrasyon olarak gözlemlenmiştir (Özorhon, 2018).

L0, L1, L2 ve L3 aşamalarından oluşan seviyelerde; L3, işbirliğinden entegrasyona geçilmiş olan aşamadır (Özorhon, 2018). Bu süreç sanal eşzamanlı iş birliği esasına uygun olarak çalışır. Bu aşamada BIM projeye; zaman planlama ve maliyet verileri yanı sıra yaşam döngü yönetimi imkanı da sağlamaktadır (BIS, 2011). BIM'in asıl felsefesini yansıtan aşama L3 aşamasıdır.

4.2.3 BIM Gelişim Seviyeleri

BIM'in boyut, hacim, şekil, yükseklik ve yön gibi geometrik özelliklerinin yanı sıra; performans verisi, yasalara uygunluk, teknik özellikler, maliyet, imalat süreçleri gibi geometrik olmayan özellikleri de bulunmaktadır (BCA, 2013).

BIM modelindeki bir nesnenin detay içeriği, LOD (*Level of Development* yani gelişim seviyesi) olarak adlandırılır ve beş kategoriden meydana gelir (Khataei, Akcamete ve Sonmez, 2018). LOD çerçevesi BIM modeli içinde bulunan sistemlerin gelişim seviyeleri ile ilgili bir standart sağlar. Gelişim seviyesi, her bir yapı elemanının tasarımsal geometrisinin ve ilgili elemanın kendisine eklenen bilginin ne kadar güvenilir olduğunu ifade eder. Henüz sadece kavramsal bir veri ifade eden gelişim seviyesi LOD100, tamamen uygulaması gerçekleştirilebilecek kadar detaylandırılmış gelişim seviyesi ise LOD500 olarak adlandırılır. Özorhon'un (2018) çalışmasına göre gelişim seviyelerine ait tanımlar aşağıdaki şekilde özetlenmiştir;

LOD100: BIM modelini oluşturan kavramsal durumdadır, henüz net bir bilgi yoktur. Bilgiler özet halinde ve iki boyutlu olarak sembolize edilmiştir.

LOD200: BIM modelini oluşturan yapı elemanlarının her biri boyut, konum, adet bilgisi bakımından yaklaşık olarak belirlenmiştir.

LOD300: BIM modelini oluşturan yapı elemanlarının her biri özel sistemler, miktarlar, şekiller, yönler üzerinden belirlenmiştir.

LOD400: LOD300 seviyesindeki modelin yapı elemanlarına üretim ve montaj bilgilerinin de eklenmesiyle elde edilir.

LOD500: Yapı elemanlarının uygulama şartlarına ait veriler de modele işlenmiştir ve bu aşamadaki model 7D tesis yönetimi ve işletme seviyesinde BIM uygulamasına olanak sağlar.

Mimarlık, hem estetik, hem teknik bir meseledir. Teknik taraf, akılcılık eğilimlidir ancak; mimari tasarım temelde karmaşıklığa, belirsizliğe, değişkenliğe, özgünlüğe, yaratıcılığa dayanmaktadır (Lökçe, 2002).

Mimarlıkta teknoloji etkisi denilince, yapım süreçlerinde kullanılan son teknolojiler ve daha dayanıklı, daha ekolojik, daha kolay uygulanabilir malzeme seçenekleri de akla gelmektedir ancak; 'mimari tasarım'da teknoloji etkisi konuşulacak olursa asıl devrim niteliğinde olan bilgisayar sistemlerinin tasarım süreçlerine entegrasyonudur.

Bu bağlamda tez çalışmasında; teknolojinin mimari tasarım sürecinde yol açtığı avantaj ve zorluklar, risk yönetimi çerçevesinde ve BIM sistemi üzerinden ele alınmış; eş zamanlı olarak tasarlama noktasında kısıtlama yaratıp yaratmayacağı sorgulanmıştır. Bu şekilde, teknoloji ile mimarlık arasında bir simbiosis yaratılıp yaratılmadığı tespit edilebilecektir.

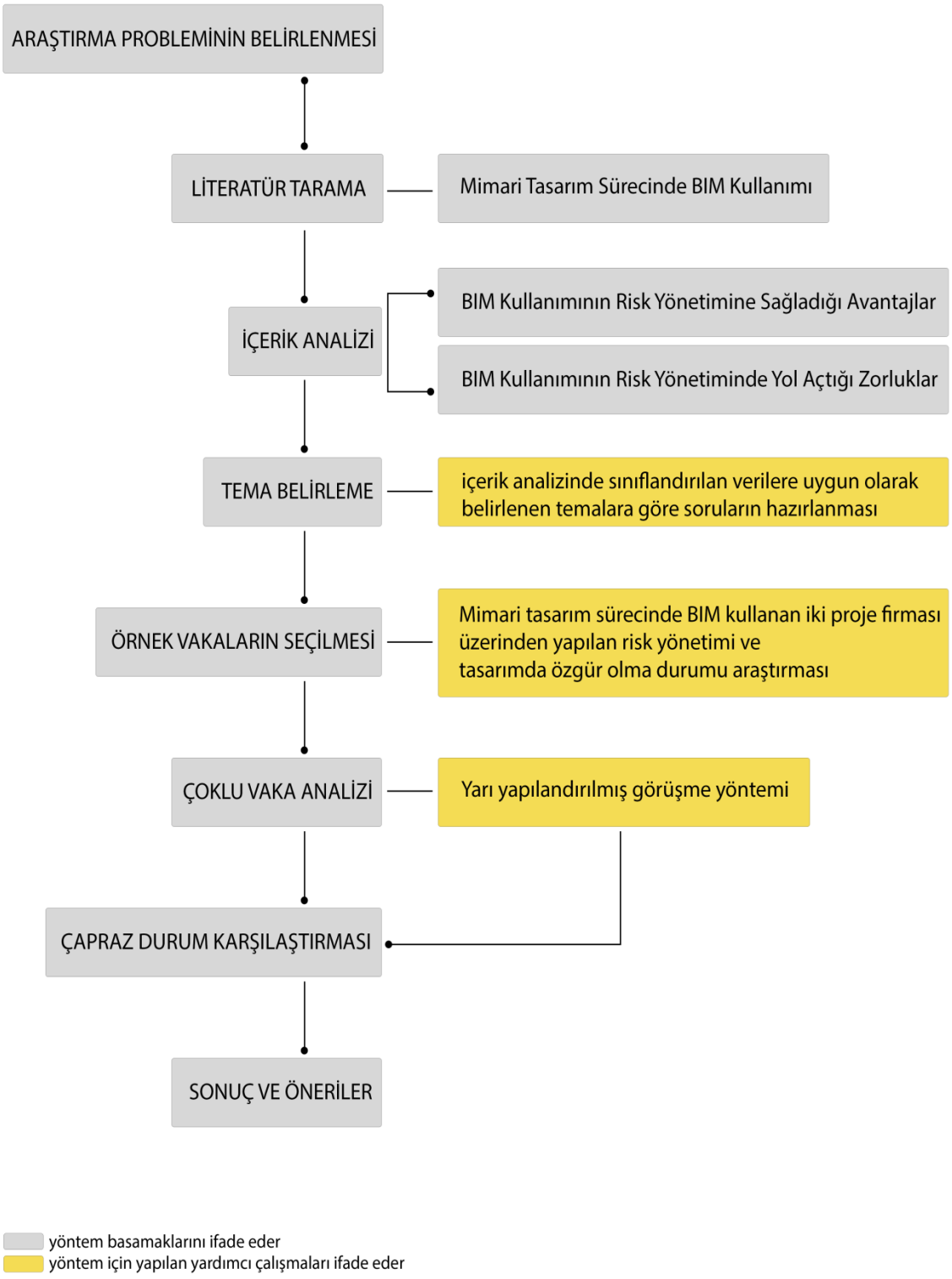
5
Metodoloji

5.1 Araştırmanın Amacı ve Yöntemi

Bu tez çalışması kapsamında keşfetmeye yönelik bir araştırma süreci tasarlanmıştır. Keşfetmeye yönelik araştırmalar, tanımlayıcı ve nedensel araştırmalardan farklı olarak araştırma konusunun yeni olduğu durumlarda yapılan araştırmalardır. Bu noktada araştırmada BIM tabanlı risk yönetimin tasarım evresinde sağladığı kolaylık ve zorlukları karşılaştırmalı olarak ele alarak ileriki araştırmalara yön verecektir. Lin (1976) tarafından belirtildiği gibi keşfetmeye yönelik araştırmalarda sıklıkla literatür taraması, uzman görüşü ve örnek vaka çalışmaları yürütmek uygundur.

Bu bağlamda tez çalışmasında, sırasıyla literatür taraması, içerik analizi ve çoklu örnek olay incelemesi yöntemlerinden faydalanılmıştır (Şekil 5.1).

Yapılan literatür araştırmaları sonucu; yapı üretim basamaklarından ilki olan mimari tasarımda, BIM uygulamalarının yapısı gereği risk yönetimi için çok uygun bir altyapı oluşturduğu tespit edilmiştir. Risk yönetimi için oldukça elverişli olan bu sistemin adaptasyon ve kullanım aşamalarında ise bazı zorluklarla karşılaşılmakta olduğu fark edilmiştir. Kaynak araştırmaları tamamlandıktan sonra, söz konusu uygulama için listelenen avantaj ve zorluklar içerik analizi yöntemi ile gruplanmış, devamında araştırmanın ölçütleri tanımlanmıştır. Bu ölçütlere bağlı kalınarak oluşturulan sorular; farklı ölçekli iki ayrı mimari tasarım ofisinin BIM altyapısı ile oluşturmuş olduğu iki farklı proje üzerinden tartışılmıştır.



Şekil 5.1 Araştırmanın Yöntemi

5.2 Literatür Taraması

Tez çalışmasında, ilk olarak problemin ve araştırmanın kapsam ve sınırlılıklarının belirlenmesi amacıyla sistematik literatür taraması yöntemi kullanılmıştır. Literatür taraması yapılırken; "yapı bilgi modelleme" ve "tasarım sürecinde risk yönetimi" konusunda yazılmış ulusal ve uluslararası hakemli yayınlar (süreli yayın makaleleri veya konferans bildirgeleri) üzerinden araştırma yapılmıştır. İlgili araştırma metinlerine ulaşabilmek için; BIM*, yapı bilgi modelleme, yapı üretim süreçleri, mimari tasarım süreci* ve *tasarımda risk yönetimi* sanal kütüphanelerin arama motorlarında kullanılmış anahtar kelimelerdir.

Konu ile ilgili BIM ve/veya yapı üretim süreçlerinde risk yönetimi üzerine yazılmış 45'ten fazla hakemli yayın incelenmiştir.

Tezin ana hedefi olan mimari tasarım sürecinde yapı bilgi modelleme tabanlı risk yönetimi konusunda veri elde edebilmek için; BIM kullanımının ilgili süreçte sağladığı avantajlar ve sebep olduğu zorluklar söz konusu çalışmalar üzerinden araştırılmıştır. Literatür taraması bu bağlamda daraltılmış olup, anahtar kelimelerin arasına avantaj/ fırsat ve zorluk kelimeleri de eklenerek sürece devam edilmiştir. Bulunan kaynaklar arasında daha güncel konular üzerinden konuşabilmek amacıyla 2008-2019 seneleri arasında yayınlanan çalışmalar ele alınmıştır. Bu çalışmalar,

- ASCE Library,
- Research Gate,
- Science Direct,
- Scopus,
- Scribd,
- Taylor & Francis Group,

veri tabanlarından elde edilmiştir. Leadership and Management in Engineering, Automation in Construction, Journal of Management in Engineering, Journal of Cleaner Production, Building Research & Information, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Architectural Engineering and Design Management ve Procedia

Engineering isimli süreli yayınlardan araştırma konusu ile uygun bulunan 8 adet makale kullanılmıştır. Ek olarak IFMA World Workplace, 13th Pasific Association of Quantity Surveyors Congress, CIB W078 29th International Conference on Applications of it in the AEC Industry, ICCREM 2014: Smart Construction and Management in the Context of New Technology, 32nd CIM W78 Conference, Construction Research Congress ve 5th International Project and Construction Management Conference konferanslarından alınan 7 adet yayın değerlendirmeye alınmıştır. Yapılan detaylı inceleme ve eliminasyon sonucu, bu çalışmanın dayandığı 15 adet çalışma, detayları ile Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1 Literatür Tarama Sonucu Değerlendirilen Çalışmalar

NO	Veri Tabanı	Yazar(-lar) /Yıl	Yazı Başlığı	Yayın Adı	SY	KY
01	Scribd	Sabol, L. (2008b)	Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling	*IFMA World Workplace*		x
02	Research Gate	Boon, J. (2009).	Preparing for The BIM Revolution	*13th Pacific Association of Quantity Surveyors Congress*		x
03	ASCE Library	Azhar, S. (2011).	Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry	*Leadership and Management in Engineering*	x	
04	Research Gate	Monterio, A. ve Martins, J. P. (2012).	BIM modeling For contractors – improving model takeoffs	*CIB W078 29th International Conference on Applications of it in the AEC Industry*		x

Tablo 5.1 Literatür Tarama Sonucu Değerlendirilen Çalışmalar (devamı)

NO	Veri Tabanı	Yazar(-lar) /Yıl	Yazı Başlığı	Yayın Adı	SY	KY
05	Science Direct	Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., Ustinovichius, L. (2013).	The Benefits Obstacles and Problems of Practical BIM Implementation	*Procedia Engineering*	x	
06	Science Direct	Chien, K.-F., Wu, Z.-H. and Huang, S.-C. (2014).	Identifying and Assessing Critical Risk Factors for BIM Projects: Empirical Study	*ICCREM 2014: Smart Construction and Management in the Context of New Technology*		x
07	Research Gate	Dantas Filho, J. B. P., Guedes, J. P., ve Cândido, L. F. (2014).	BIM Platform with Coworking Design Process Benefits	*40th IAHS World Congress on Housing Sustainable Housing Construction*		x
08	ASCE Library	Wu, H., Sun, C. ve Li, T. (2014).	Study on the Structure of Risk Management Framework Based on BIM	*Automation in Construction*	x	
09	Research Gate	Zou, Y., Kiviniemi, A. ve Jones, S. W. (2015).	BIM - Based Risk Management: Challenges and Opportunities	*32nd CIB W78 Conference*		x
10	Scopus	Ozorhon, B. ve Karahan, U. (2016).	Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation	*Journal of Management in Engineering*	x	

Tablo 5.1 Literatür Tarama Sonucu Değerlendirilen Çalışmalar (devamı)

NO	Veri Tabanı	Yazar(-lar) /Yıl	Yazı Başlığı	Yayın Adı	SY	KY
11	Scopus	Li, C. Z., vd. (2017).	Integrating RFID and BIM technologies for mitigating risks and improving schedule performance of prefabricated house construction	*Journal of Cleaner Production*	x	
12	Taylor & Francis Group	Smits, W., Buiten, M. ve Hartmann, T. (2017).	Yield-to-BIM: impacts of BIM maturity on project performance	*Building Research & Information*	x	
13	Science Direct	Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Azhar, S., Efimova, O., ve Raahemifar, K. (2017).	Building Information Modeling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges	*Renewable and Sustainable Energy Reviews*	x	
14		Ademci, E. ve Gundes, S. (2018).	Review of Studies on BIM Adoption in AEC Industry	*5. International Project and Construction Management Conference*		x
15	Taylor & Francis Group	Raouf, A. M. I. ve Al-Ghamdi, Sami G. (2019).	Building information modeling and green buildings: challenges and opportunities	*Architectural Engineering and Design Management*	x	

*SY: Süreli yayın ve KY: Konferans yayını.

5.3 İçerik Analizi

Tez çalışmasında kullanılan metodolojinin ikinci aşaması içerik analizidir. İçerik analizi, görünür kodlama kurallarına dayanan, bilgi kategorileri oluşturmak için kullanılan sistematik, tekrarlanabilir bir tekniktir (Berelson, 1952; GAO, 1996; Krippendorff, 1980; Weber, 1990). Tamamen nitel yaklaşımların aksine; içerik analizi sonuç olarak nesnel geçerliliğe sahiptir (Downe-Wamboldt, 1992) ve tüm etkili verilerin kolayca tanımlanması için kullanılır. Krippendorrf'a (1980) göre bu teknikte; hangi verilerin analiz edildiğini, bu verilerin nasıl tanımlandığını, içeriğin ne olduğunu, analiz sınırlarının ve sonuçların hedefinin ne olduğunu belirlemek çok kritik bir noktadır.

Çalışmada, seçilen makalelerden; yapı üretim sürecinin mimari proje aşamasında BIM tabanlı risk yönetiminin avantaj ve zorlukları gruplanmış (Tablo 5.2 ve Tablo 5.3); devamında ilgili sonuçlardan yararlanılarak araştırma ölçütleri belirlenmiştir.

Tablo 5.2 Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetimine Sağladığı Avantajlar

NO	Yazı Başlığı	Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetimine Sağladığı Avantajlar
01	Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling	- Görselleştirme yanında veri modeli oluşturma yeteneği - Farklı disiplinlerin eş zamanlı çalışabilmesi - Yapıya ait tüm analizlerinin projelendirme aşamasında yapılabilmesi - Paydaşların tarafından daha kolay anlaşılan projeler - Eksik veya yanlış projelendirme risklerinin önceden tespit edilebilmesi - Daha verimli projelendirme süreçleri
02	Preparing for The BIM Revolution	- Gelişmiş tasarımlar - Görselleştirme ve projelerde tutarlılık - Farklı çizimler (planlar, görünüşler, nokta detaylar) arasında tutarlılık - Parametrik nesneler dolayısıyla daha kolay kontrol edilebilen tasarım değişiklileri - Önceden tespit edilebilen proje çakışmaları - Detaylı yapı analizleri (karbon emisyonu, su kullanımı, gölgelendirme, akustik vb.) - Doğru maliyet tahminleri

Tablo 5.2 Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetimine Sağladığı Avantajlar (devamı)

NO	Yazı Başlığı	Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetimine Sağladığı Avantajlar
03	Building Information Modeling (BIM) : Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry	- Görselleştirme ve üretim/uygulama projesi uyumluluğu - Kod kontrolleri (farklı disiplinler arası koordinasyonlar için) - Daha gerçekçi maliyet tahminleri - Farklı disiplinlere ait çakışmaların tespiti (mekanik borular ve kirişler gibi) - Daha iyi tasarımlar
04	BIM modeling For contractors – improving model takeoffs	- Modele işlenen bilgilerle daha kolay ilerleyen süreçler - Yapı elemanlarına ait metraj ve adetlerin model üzerinden belirlenebilmesi - Doğru maliyet tahminleri
05	The Benefits Obstacles and Problems of Practical BIM Implementation	- Tüm disiplinlerin tek bir modelle çalışabiliyor olmasının sağladığı koordinasyon kolaylığı - Anında müdahale edilebilen projeler sayesinde %20 zaman tasarrufu - Projede çözülmemiş detaylardan kaynaklanan uygulama gecikmelerinin önüne geçilmesi
06	Identifying and Assessing Critical Risk Factors for BIM Projects: Empirical Study	- Risklerin daha iyi sınıflandırılabilmesi - Maliyetlerin azalması - Daha iyi planlanan süreçler - Disiplinler arası daha verimli iletişim
07	BIM Platform with Coworking Design Process Benefits	- Daha etkili koordinasyon - Daha etkili iletişim - Görselleştirme desteği - Daha doğru maliyet hesapları - Daha doğru hazırlanan zaman çizelgeleri - Daha kaliteli projeler - Daha anlaşılır projeler dolayısıyla azalan anlaşmazlıklar - Neredeyse tamamen ortadan kalkan iş tekrarları
08	Study on the Structure of Risk Management Framework Based on BIM	- Zaman organizasyonundaki kolaylıklar - Mantıksal risk organizasyonu (risk tanımlama, değerlendirme, izleme ve müdahale) kolaylığı - Yapı modeli için gerekli bilgi birikimi konusunda örgütlenme kolaylığı - Daha kaliteli tasarımlar

Tablo 5.2 Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetimine Sağladığı Avantajlar (devamı)

NO	Yazı Başlığı	Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetimine Sağladığı Avantajlar
09	BIM - Based Risk Management: Challenges and Opportunities	- Hem mekânsal görselleştirme hem de dinamik modelleme yetisi - Otomatik kural kontrolü sistemi erişilebilirliği
10	Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation	- Müşteri gereksinimi veri girişleri ile ihtiyaca yönelik tasarımların yapılabilmesi - Etkili liderlik sağlanması
11	Integrating RFID and BIM technologies for mitigating risks and improving schedule performance of prefabricated house construction	**Kaynakta yalnızca BIM kullanımının yol açtığı zorluklara yer verilmiştir.*
12	Yield-to-BIM: impacts of BIM maturity on project performance	- Doğru oluşturulan maliyet planlama - Doğru oluşturulan zaman çizelgeleri - İyileştirilmiş maliyet performansı
13	Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges	- Disiplinler arası birlikte çalışabilirlik - Aktörler arası kolaylaşan bilgi alışverişi - Artan üretkenlik - Tasarım değişikliklerinin daha kolay uygulanabilirliği - Yapıya ait tüm teknik analizlerin tek bir model üzerinden yapılabilmesi - Yapı malzemeleri ve bileşenleri için doğru miktarların hesaplanmasına bağlı olarak doğru hazırlanan keşifler - İnşaat süreci simülasyonu ve satın alma süreci çakışmaları ile daha doğru oluşturulmuş zaman çizelgeleri - Karmaşık yapıları modelleme ve detaylandırma kabiliyeti - Azalan dokümantasyon hataları - Planlama ve fizibilite çalışmalarına uygunluk - Daha gerçekçi tasarımlar - Sürekli değerlendirme ve bilgi kontrolü - Daha verimli, daha uygun maliyetli ve sürdürülebilir projeler

Tablo 5.2 Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetimine Sağladığı Avantajlar (devamı)

NO	Yazı Başlığı	Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetimine Sağladığı Avantajlar
14	Review of Studies on BIM Adoption in AEC Industry	- Gelişmiş bilgi paylaşımı - Proje koordinasyon ve işbirliği kolaylığı
15	Building information modeling and green buildings: challenges and opportunities	- 3D görselleştirme ile uygulama çizimlerinin tutarlılığı - Dinamik modelleme yeteneği - Disiplinler arası oluşturulan daha verimli iletişim ortamı - Daha verimli planlanan süreçler - Daha gerçekçi bütçe tahminleri - Daha doğru maliyet hesapları ile daha az israf - Farkı tasarım seçenekleri arasında daha doğru karar verme - Tasarım hatalarının erken tespiti - Revizyonların tüm disiplinlere ait çıktılara eş zamanlı işlenebilme yeteneği - Yapıya ait teknik analizlerin yapılabilmesi - Tasarımda disiplinler arası çakışmaların engellenmesi - Daha tutarlı keşif, metraj ve teklifler oluşturulması - Yeşil teknoloji uygulamalarının bina içi değerlendirmelerinin mümkün kılınması - Sürdürülebilirliği ölçmek amaçlı kullanılan analizlere imkân sağlanması

BIM uygulamalarının, yapı üretim süreçlerinden *mimari tasarım* aşamasında risk yönetimi için en fazla avantaj sağladığı başlıklar:

- Görsel model yanında veri modeli oluşturma yeteneği,
- Eksik ve/veya yanlış projelendirme risklerinin önceden tespit edilebilmesi,
- Farkı disiplinlerin aynı model üzerinden eş zamanlı çalışabilmesi,
- Disiplinler arası daha etkili ve iyi iletişim ve koordinasyon,
- Tüm yapı analizlerinin projelendirme sürecinde gerçekleştirilebilmesi,
- Doğru maliyet tahminleri,
- Daha iyi maliyet performansı,

- Daha verimli projelendirme süreçleri

olarak sıralanabilir.

Tüm bu sayılan avantajlar, projenin zaman ve maliyet risklerini azaltarak kontrol altında ilerlemeyi kolaylaştırmaktadır.

Tablo 5.3 Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetiminde Yol Açtığı Zorluklar

NO	Yazı Başlığı	Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetiminde Yol Açtığı Zorluklar
01	Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling	- Modele işlenen fazla bilgi dolayısıyla ortaya çıkan bilgi karmaşası - BIM ve maliyet uygulamaları arasındaki veri akışının çift yönlü olmaması (Maliyet için kullanılan eklentilerin BIM modelinde revizyon ve güncelleme yapamaması) - BIM'in sağladığı tüm avantajlar için farklı ve kompleks yeni yazılımlara ihtiyaç duyulması - Kullanıcıların yeni teknolojilere adaptasyonda çektiği zorluklar
02	Preparing for The BIM Revolution	- Modele işlenen fazla bilgiye engel olamama - 4D ve 5D model özelliklerinin zaman zaman doğru veri sağlayamaması
03	Building Information Modeling (BIM) : Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry	- Tasarımlara ait teknik veri girişi eksikliği - Maliyet ve zamanlamaya yönelik veri girişi eksiklikleri
04	BIM modeling For contractors – improving model takeoffs	- Standartlara ait kılavuz eksikliği - Tam bir maliyet tahmini yapamama - Proje girdi ve çıktılarının hatasız kontrolü için uzmana ihtiyaç duyulması
05	The Benefits Obstacles and Problems of Practical BIM Implementation	- Tecrübe eksikliği - Üst düzey liderlikten destek alınamaması - BIM standartları ve kuralları hakkında bilgi eksikliği - Belirli ülke ve bölgelerde bulunan kanunlara dayalı kısıtlamalar

Tablo 5.3 Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetiminde Yol Açtığı Zorluklar (devamı)

NO	Yazı Başlığı	Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetiminde Yol Açtığı Zorluklar
06	Identifying and Assessing Critical Risk Factors for BIM Projects: Empirical Study	- Teknik şartnamelerin sisteme yüklenememesi - İşbirliği aksaklıkları - Sürekli değişen sistem gereksinimleri - Yeni teknolojiye ayak uydurmada yaşanan zorluklar - Teknik karmaşıklıklar - Yapı elemanlarına ait bilgilerin veri tabanında bulunmaması - Vasıflı personel eksikliği - BIM standartları eksiklikleri
07	BIM Platform with Coworking Design Process Benefits	- Nitelikli personel eksikliği - BIM standartlarının eksikliği - Yetersiz veri işlenmiş model - Değişim yönetimi zorlukları
08	Study on the Structure of Risk Management Framework Based on BIM	- BIM işlevlerinin sistematik olmayan şekilde bölümlenmesi
09	BIM - Based Risk Management: Challenges and Opportunities	- İnsan faktörünün test edilememesi (beşeri hata kontrol eksikliği)
10	Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation	- BIM için kullanılacak olan nitelikli veri tabanı eksikliği - Bilgi ve teknoloji eksikliği
11	Integrating RFID and BIM technologies for mitigating risks and improving schedule performance of prefabricated house construction	- Paydaşlar, teknolojiler ve süreçler arasındaki bilgi boşlukları - Tasarım revizyonlarının projeye doğru adapte edilememesi - Farklı kurumsal kaynak birimleri arasındaki düşük seviyeli bilgi aktarımları
12	Yield-to-BIM: impacts of BIM maturity on project performance	- Doğru çıktı için doğru teknolojiyi kullanmada yaşanan zorluklar - Yeni teknolojiye adaptasyon süreçleri - Süreç ve bilgi olgunluğunda yetersizlik

Tablo 5.3 Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetiminde Yol Açtığı Zorluklar (devamı)

NO	Yazı Başlığı	Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetiminde Yol Açtığı Zorluklar
13	Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges	- Proje verileri ekip üyeleri için erişilebilir olduğundan, çevrimiçi yetkisiz erişim ve telif hakkı ihlali olasılığı - Veri tabanı üzerinden çalışma sistemine adaptasyon zorluğu - Bulanıklaşan sorumluluk seviyeleri - Dışarıdan sağlanan model verileri dolayısıyla yaşanma ihtimali olan lisans sorunları
14	Review of Studies on BIM Adoption in AEC Industry	- Eğitimli profesyonellere duyulan ihtiyaç - BIM'e entegre edilebilen yazılımlar arasında zayıf koordinasyon - Endüstri standartları eksiklikleri - Endüstri stratejileri eksikliği - Modele işlenen bilgilerin güvenilirlik sorunu - Modele işlenen verilerin telif hakkı sorunu
15	Building information modeling and green buildings: challenges and opportunities	- Modele işlenen verilerin güvenilirlik olması - Teknik analiz sistemlerinin otomatik olmaması - İşbirliği içinde olan farklı disiplinler arası güvensizlik - Farklı disiplinlerdeki yetkililerin yapı modeline yeterli müdahalede bulunamıyor olması

BIM uygulamalarının, yapı üretim süreçlerinden *mimari tasarım* aşamasında risk yönetimi için yol açtığı zorluklardan en çok altı çizilen başlıklar:

- BIM'in sağladığı tüm avantajlar için farklı yazılım altyapıları gerektirmesi ve bu yazılımların birbirleri ile olan uyumsuzluğu,
- BIM tabanlı sistemlerde standartlara ait kullanım kılavuzu eksikliği,
- Pek çok ayrı zorlukmuş gibi görülen, ancak temelinde *'lack of human testing'* yani insanı test edebilme eksikliği

olarak özetlenebilir.

5.4 Araştırmanın Ölçütleri

BIM kullanılarak oluşturulmuş mimari tasarım projelerinin proje risk yönetiminde sağladığı avantajlar ve yol açtığı zorlukları değerlendirebilmek için firma görüşmeleri yapılmadan önce algı ve anlayışları ölçmeye yönelik ölçütler belirlenmiştir. Söz konusu ölçütler literatür üzerinden yürütülen içerik analizi sonuçlarına dayanmaktadır.

Tasarım Sürecinin Etkinliği: BIM kullanılarak oluşturulmuş mimari projelerin; plan, kesit, görünüş, model, üç boyutlu görsel gibi proje çıktılarının ve bu çıktılar arası tutarlılığın, karmaşık yapıların hatasız projelendirilme yeteneğinin, proje hatalarının ve/veya disiplinler arası çakışmaların erken tespitinin, sürekli kontrol yeteneğinin, daha gelişmiş, daha kaliteli, daha gerçekçi tasarım olanaklarının, daha kolay koordine edilebilen revizyonların, ihtiyaçları modele işlenmiş proje ile daha doğru tasarımlara karar verme yeteneğinin sorgulandığı ölçüttür. İlgili tema, sorguladığı bu kıstaslar ile Yapı Bilgi Modelleme ile oluşturulmuş projelerin, projelendirme aşamasında oluşabilecek hatalardan kaynaklı riskleri engelleyebilme veya minimuma indirme kabiliyetini ölçer.

Söz konusu tema ile ilgili olarak BIM tabanlı oluşturulmuş projelerde yaşanan; bilgi karmaşaları, veri girişlerinde eksiklik, veri tabanı yetersizlikleri, yanlış revizyon adaptasyonları, modele işlenmiş bilgilerin kontrolünün efektif olmaması ile oluşan risk yönetimi zorlukları da ayrıca sorgulanmıştır.

Koordinasyon: Yapı Bilgi Modelleme kullanılarak oluşturulmuş mimari projelerin; farklı disiplinler arası organizasyon, iletişim, anlaşılabilirlik ve kontrol mekanizmalarının değerlendirildiği ölçüttür. BIM kullanımının bu konularda oluşturduğu imkânların risk yönetimine etkisi sorgulanmıştır.

Aynı zamanda; işbirliği aksaklıkları, paydaşlar arası bilgi boşlukları, düşük seviyeli bilgi aktarımları, BIM altyapılı yazılımlar arası zayıf koordinasyon, farklı disiplinler arası güvensizlik, modele ulaşım yetkileri gibi; BIM tabanlı projelendirme süreçlerinde birlikte çalışma zorunluluğundan kaynaklanan ve iletişim riski oluşturabilecek söz konusu durumların risk yönetimine olan olumsuz etkileri de tartışılmıştır.

Analizler: BIM kullanımının yapı analizlerine sağladığı olanaklar dolayısıyla, yapının uygulama aşamasında karşılaşılacak riskleri önleme yeteneğinin tartışıldığı temadır.

İlgili tema altında, BIM'in analiz yeteneğinin yol açtığı bilgi kayıpları ile oluşacak bilgi kaybının risk yönetimine etkisi üzerinde de durulmuştur.

Maliyet: BIM kullanılarak projelendirilmiş yapıların, BIM tabanlı eklentileri ile oluşturulmuş maliyet tahminleri ve keşiflerin güvenilirliğini sorgulayarak, bütçe risklerinin önüne geçebilme yeteneğinin sorgulandığı ölçüttür.

BIM tabanlı maliyet verisi sağlayan uygulamaların çift yönlü veri akışı sağlayamamasının risk yönetimi üzerine etkileri de yine bu ölçütte sorgulanmıştır.

Zaman: Yapı Bilgi Modelleme ile yürütülen projelendirme süreçlerini, verimlilik, kolay ve doğru zaman organizasyonu, kolay ve hızlı aksiyon alınabilen revizyonlar ve engellenen iş tekrarları açılarından değerlendirerek; zaman ölçütünden kaynaklanan proje gecikme risklerinin engellenebilmesine katkısını araştırır.

Risk Yönetimi: Mimari projelendirme aşamasında BIM kullanımının risk yönetimi aşamalarına katkısını sorgular.

Liderlik: Mimari projelendirme aşamasında BIM kullanımının etkili liderlik üzerine etkilerini sorgulayarak, yönetim riskleri ile ilişkisinin araştırıldığı ölçüttür.

Aynı zamanda literatüre göre BIM tabanlı yazılımların yaratmış olduğu; etkili liderlik eksikliği, değişim yönetimi zorlukları, sistematik olmayan iş bölümleri ve strateji eksiklerinin yapı risk yönetimine etkileri de sorgulanmıştır.

Sürdürülebilirlik: BIM kullanımının yeşil bina projelendirme aşamalarında ortaya çıkan zorlukları engelleme yeteneğinin ve dolayısıyla bu zorluklardan kaynaklanan riskleri azaltma kabiliyetinin sorgulandığı ölçüttür.

Kullanıcı Sorunları: BIM altyapılı yazılımların sağladığı her farklı çıktı için ayrı teknoloji gerektirmesi, kullanıcıların bu teknolojilere adaptasyon sürecinde çektikleri sıkıntılar, kullanıcı kaynaklı veri kayıpları, standardizasyon eksikliği, uzman ihtiyacı, tecrübesizlik, nitelikli personel ihtiyacı, bulanıklaşan sorumluluk seviyeleri gibi BIM kullanımından kaynaklanan engeller, risk yönetiminde bazı

zorluklar yaşanmasına neden olmaktadır. Bu tema, listelenen maddelerin risk yönetimine etkisini sorgulamakla beraber; *lack of human testing system* yani insanı test edebilme eksikliği olarak belirtilmiş olan yazılım özelliğini bir 'eksiklik' olarak belirtmenin doğruluğunu tartışır. Her şeyden önce tasarlamanın bir insan işi olduğu, insanın yarattığı bilgisayar zekâsının insan aklından üstün olabilecek, onu düzeltebilecek yetenekte tasarım yapabilmesinin mümkün olup olmayacağı ya da bunun ne kadar tasarım olacağı konusu bu başlık altında tartışılmaya başlanmıştır.

Kanun ve Düzenlemeler: Kanunlara dayalı kısıtlamaların, teknik şartnamelerin ve yerel düzenlemelerin Yapı Bilgi Modeli'ne işlenemiyor oluşu; dışarıdan sağlanan yapı elemanı modelleri dolayısıyla yaşanma ihtimali olan telif hakkı ve lisans sorunlarının yaratacağı açıkların risk yönetimine olan olumsuz etkisi bu tema altında sorgulanmıştır.

5.5 Çoklu Vaka Analizi

Bu tez çalışmasında incelenen makale ve yayınlar değerlendirilerek içerik analizi verileri oluşturulmuştur. Devamında bu verilerin sınıflandırılması ile hazırlanan ölçütlere (ya da temalara) dayalı nitel bir çalışma yöntemi izlenmiştir. Nitel çalışmalar, verileri sayısal değerlere indirgemeden; alternatif görüşlerin üretilmesine olanak sağlayan araştırma yöntemleridir. Bu çalışmada, seçilen iki farklı firmanın BIM tabanlı risk yönetimi konusundaki bakış açılarını anlamak ve literatür taramasının ilerisine gidebilecek noktalara da değinebilmek amacıyla karşılıklı görüşme metodu ile veri elde edilmesi amaçlanmıştır. Görüşme, görüşülen kişilerin bakış açılarını, deneyimlerini, duygu ve algılarını ortaya çıkarmaya yarayan güçlü bir metottur (Bogdan ve Biklen, 1992). Görüşmede kullanılan temel yöntem sözlü iletişimdir. Bu araştırmada, hem sabit seçenekli cevaplamayı, hem de ilgili alanda derinleşebilmeyi sağlayan yarı yapılandırılmış görüşme yöntemi kullanılmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşmede, sabit cevap alternatifleri olan soruların yanında, istenilen konuda daha geniş kapsamlı bilgi paylaşımını amaçlayan açık uçlu sorular da kullanılır. Bunun yanında bu yöntemde; gerektiği yerde görüşme gidişatına bağlı olarak katılımcıya daha önceden planlanmamış sorular yöneltilebilir. Bu tekniğin kullanılmasının amacı,

görüşülen kimselerin deneyimlerini keşfetmeye yönelik bir görüşme sürecinin hedeflenmesidir (Yıldırım ve Şimşek, 2005). İki firma ile yapılan ve biri 94 dakika, diğeri 111 dakika süren görüşmeler katılımcılardan izin alınarak ses kayıt cihazı ile kaydedilmiştir.

İçerik analizi ile edilen sonuçlar, görüşme sorularının hazırlanmasında girdi olarak kullanılmış olan görüşme sonuçları kendi aralarında çapraz durum karşılaştırması yapılarak değerlendirilmiştir.

Çoklu vaka analizi (*multiple case studies*), bilimsel sorulara yanıt bulmak için kullanılan ayırt edici bir nitel araştırma yöntemidir. McMilan (2000)'a göre vaka analizi, bir durumun mekân ve zamana bağlı tanımlandığı özelleşmiş araştırmaları belirtir. Tasarlanan vaka daha önce araştırılmış bir olayı tekrar edecek şekilde seçilebileceği gibi, gelişmekte olan bir teoriyi destekleyecek veya teorik bir boşluğu dolduracak şekilde de seçilebilir (Eisenhardt, 1989). Eisenhardt (1989)'ın belirttiği gibi, vaka analizi ile örtüşen veri çıktıları oluşturmak amaçlanır, bu çalışmada da; literatür taraması çıktıları içerik analizi yöntemi ile sınıflandırılmış ve iki ana gruba ayrıldıktan sonra, tekrarlanan bulgular dikkate alınarak sorular oluşturulmuştur. Elde edilen verilerin gerçekliği; tasarım projelerinde BIM kullanmakta olan, farklı ölçekte iki mimari tasarım ofisi üzerinden seçilen projeler yoluyla sorgulanmıştır.

Araştırma yönteminin devamı olan çapraz durum karşılaştırması, vaka çiftini seçerek bu vakalar arası benzerlik ve farklılıkları listelemek işini üstlenir. Genel olarak, çapraz durum çalışmasının amacı, araştırmacının çoktan yapılandırılmış bir bakış açısından değerlendirmesinin olası olduğu ilk izlenimlerinin ötesine gitmeye zorlanmasıdır (Eisenhardt, 1989). Görüşülen firmalardan elde edilen bulgular; BIM kullanımının mimari tasarım aşamasında risk yönetimine sağladığı avantajlar ile yarattığı zorluklar için, çapraz durum karşılaştırması yapılarak değerlendirilmiştir.

Bu kapsamda tezin amacına yönelik, mimari tasarım sürecinde BIM kullanarak çalışan biri kurumsal, diğeri daha butik işler yapan iki firma seçilmiştir. İki firmadan seçilen örnek projeler Türkiye'de uygulanan/ uygulanacak olan tasarımlar olup, genel kapsamda değerlendirmeler için yurtdışı temelli konular da

firmalarla tartışılmıştır. Firmalarla yapılan görüşmeler ve elde edilen bilgiler, literatürden sağlanan veriler ışığında değerlendirilmiştir.

Prota Mühendislik Proje ve Danışmanlık Hizmetleri A.Ş., 1985 senesinden beri hizmet vermekte olan, yüksek yapılar, endüstriyel tesisler, tarihsel yapılar, rezidanslar, idari binalar, hastaneler ve alışveriş merkezleri tasarımları gibi çok çeşitli projelendirme konularında uzmanlaşmış bir firmadır. Yaklaşık 200 kişilik çalışanı ile İstanbul, İzmir, Eskişehir, Mersin ve Polonya'da ofisleri bulunan firma bünyesinde mimarlık, inşaat mühendisliği, elektrik mühendisliği, makine mühendisliği ve ulaştırma mühendisliği alanında hizmet verilmektedir. Çoğunlukla işvereni devlet olan ve yer aldıkları projeler genellikle kamusal projeler olan firma; 2014 senesinden beri BIM kullanarak proje oluşturmakta olup; firma içerisinde ağırlıklı olarak Revit ve Tekla programları kullanılmaktadır. Firmadan görüşülen kişi, iki senedir BIM ve Teknoloji Grup Şefi olarak çalışmakta olan İnşaat Mühendisi ve Mimar Barış Özgürcan Pozantı'dır. Pozantı, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü mezunu olup, çift ana dal programı ile mimar unvanı elde etmiştir (Tablo 5.4).

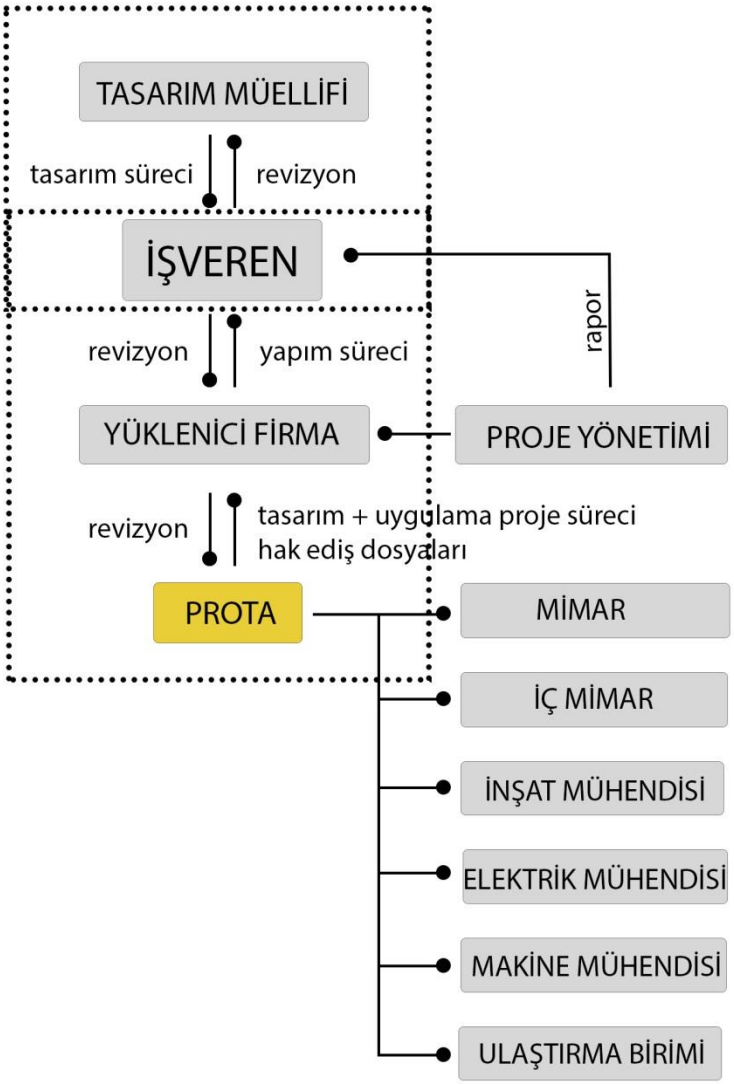
Etüd Mimarlık Müşavirlik İnş. San. ve Tic. Ltd. Şti., 2003 yılında Yüksek Mimar Can Özsavaşçı tarafından kurulmuş; Vectorworks, Autocad, Archicad ve SketchUp olmak üzere çeşitli teknik çizim, modelleme ve görsel tasarım programları kullanılan bir firmadır. Bünyesinde yaklaşık 10 kişi çalışmakta olan ofis dâhilinde, mimari ve iç mimari tasarım ve uygulama projeleri hazırlanmaktadır. Ofis genelinde değil ama kurucu Özsavaşçı tarafından kullanılan BIM uygulamalarının tezin konusu açısından değerlendirilmesi bizzat kendisi ile yapılmıştır. Özsavaşçı, 1986 yılında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi'nden yüksek mimar olarak mezun oluştur (Tablo 5.4).

Seçilen projelerin birinin uygulama süreci devam ederken, diğerinin uygulama süreci henüz başlamamıştır. Biri ihale yöntemi ile devlete iş yapan bir firmaya sağlanan kamusal bir proje iken, diğeri tercihen alınmış özel sektöre hazırlanan bir ofis binası projesidir. Bahsedilen projelerle ilgili detaylar Tablo 5.5'te verilmiş olup, Kabataş-Mahmutbey Metro Hattı, Prota Mühendislik firmasının, Kansai Altan Yönetim Binası ise Etüd Mimarlık'ın örnek olarak sunduğu projelerdir.

Tablo 5.4 Katılımcıların ve Firmaların Özellikleri

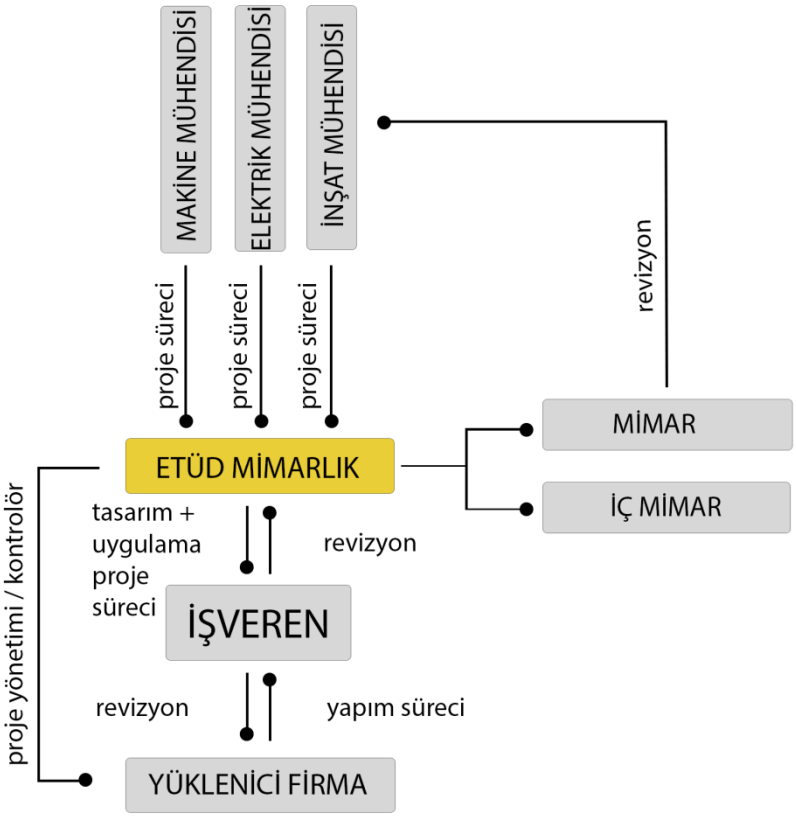
Görüşülen Kişi	Firma	Firma Kuruluş	Mesleği	Tecrübe (sene)	Pozisyon	Çalıştığı Süre (sene)
Barış Özgürcan Pozantı	Prota Mühendislik	1985	İnşaat Mühendisi -Mimar	5	BIM ve Teknoloji Grup Şefi	2
M. Can Özsavaşçı	Etüd Mimarlık	2003	Y. Mimar	33	Kurucu	16

Prota Mühendislik aslında uygulama çizimlerini aldığı projenin revizyonlarından kaynaklı olarak tasarım sürecine de dahil olmuştur. Firma bünyesinde mimari ve iç mimari tasarım, taşıyıcı sistem, mekanik, elektrik ve ulaştırma projeleri hazırlanmakta olup, proje yönetimi işveren adına farklı bir firma tarafından gerçekleştirilmektedir. Prota Mühendislik aynı zamanda kendi işverenleri olan yüklenici firmanın hakediş dosyalarını da BIM altyapılı yazılımlar aracılığıyla hazırlamaktadır (Şekil 5.2). Kansai Altan projesi ise hem tasarım hem uygulama projeleri olarak Etüd Mimarlık'ın sorumluluğu altında ilerlemektedir. Mimari ve iç tasarım projeleri ofis bünyesinde hazırlanmakta olup; taşıyıcı sistem, elektrik ve mekanik proje destekleri ise dışarıdan sağlanmaktadır. Etüd Mimarlık aynı zamanda proje uygulama sürecinde işveren adına proje yönetimi görevini üstelenerek yüklenici firmanın uygulamalarının proje ile uyumunu ve kalitesini kontrol edecektir (Şekil 5.3). Metro hattı uygulamaları başlamış olup, Yönetim Binası projesi henüz uygulanmaya başlamamıştır.



Şekil 5.2 Prota Mühendislik Paydaşlar Arası İlişki Ağı (KMM Metro Hattı projesi üzerinden)

Kabataş – Mahmutbey Metro Hattı projesi (Şekil 5.4), Prota Mühendislik'in BIM tabanlı projelendirme adaptasyon sürecinin başlangıcını oluşturmuştur. Ofis içerisinde, son 2 yıldır BIM tabanlı olmayan proje üretimi yapılmamaktadır. Firma hem tasarım hem de uygulama projeleri hazırlanmakta olup, mimari taraf *Autodesk Revit* programı üzerinden çalışmalarına devam etmektedir. Firma bünyesinde bulunan diğer ekiplerden; çelik yapı ekibi *Tekla*, güzergâh ekibi *Civil3D,* mekanik ve elektrik ekipleri ise yine *Autodesk Revit* üzerinden çalışmalarını sürdürmektedirler. Seçilen proje, daha önce Gülermak Kolin Kalyon firması tarafından uygulanmaya başlanmış olup; pek çok istasyonun da kaba yapımı tamamlanmıştır.



Şekil 5.3 Etüd Mimarlık Paydaşlar Arası İlişki Ağı (Kansai Altan Yönetim Binası projesi üzerinden)



Şekil 5.4 Kabataş – Mahmutbey Metro Hattı



Şekil 5.5 Kansai Altan Yönetim Binası

Tüm bu 19 istasyonun iç mimari, elektrik, mekanik tasarım ve uygulaması ve yalnızca Kabataş, Beşiktaş, Yıldız ve Fulya istasyonlarının kaba inşaatı ile ise Alsim Alarko firması tarafından uygulanmaktadır (Tablo 5.5). Daha sonra kaba inşaatı uygulanmış olan diğer istasyonlarda bazı genişleme ve güçlendirme işleri de ihale sonucuna dahil edilerek Alsim Alarko firması tarafından üstlenilmiştir. Prota Mühendislik; ilgili istasyonların iç mimari, elektrik, mekanik tasarım ve uygulama projelerini hazırlamak üzere Alsim Alarko tarafından projeye dahil edilmiştir. Proje, 4 yıldır devam etmekte olup; tasarımları ve detayları oluşturuldukça uygulanmaktadır. Projenin hakediş dosyaları da BIM tabanlı Revit programından sağlanmaktadır. Firmanın tasarlamış ve projelendirmiş olduğu metro hatlarından hiçbiri henüz işletmeye açılmamıştır.

Bir boya firması olan Kansai Altan şirketi yönetim binası (Şekil 5.5), 1300 m^2'den oluşan, İzmir Kemalpaşa'da konumlanmış ve tasarımı Etüd Mimarlık tarafından *Vectorworks* programı ile yapılmış bir projedir (Tablo 5.5). *Vectorworks,* BIM altyapılı bir programdır. Etüd Mimarlık'ta projenin BIM tabanlı tasarımını yapan, bizzat firma kurucusu Can Özsavaşçı olup, detayların daha ince bir biçimde

işlendiği düşüncesi ile, BIM altyapılı programdan çekilen planlar, Autodesk Autocad programında altlık olarak kullanılarak yeniden çizilmektedir. İnşaat sürecinin henüz başlayamaması sebebiyle projelendirme süreci uzamış olup projeyi tüm detayları ile tasarlayabilecek vakitleri olmuştur.

Projenin tüm sunum tekniklerinde BIM tabanlı *Vectorworks* programından alınan 3D görseller ve yine yapı bilgi modelinden oluşturulmuş sanal iç mekan dolaşım çıktıları kullanılmıştır. Projenin keşif ve metrajı da yine BIM tabanlı bu yazılımdan çekilmektedir.

Tablo 5.5 İncelenen Proje Özellikleri

Proje İsmi	Yapı Tipi	İşveren	Konum	Başlangıç	Bitiş	Yüz Ölçümü
Kabataş-Mahmutbey Metro Hattı	Metro	Alsim Alarko	İstanbul	2016	Haziran 2020	22,5 km metro hattı, 19 istasyon, 274.000 m^2
Kansai Altan	Yönetim Binası	Kansai Altan	İzmir Kemal-paşa	02.2019	Aralık 2019	1300m^2

5.6 Bulgular

Tasarım Sürecinin Etkinliği:

Her iki firmadan da görüşülen kişiler, ilgili tema kapsamındaki; görsel model yanında veri modeli oluşturma yeteneği, görsel model ile proje arasındaki tutarlılık, karmaşık yapıları modelleme ve detaylandırma yeteneği, projeler arası (plan – kesit – görünüş - sistem kesitleri - nokta detaylar) tutarlılık, eksik veya yanlış projelendirme risklerinin ve mekanik – elektrik – mimari –strüktürel proje çakışmalarının önüne geçilebilmesi, sürekli değerlendirme ve bilgi kontrolü imkanı, projenin hiçbir noktasında çözülmeyen detay kalmaması sorularına hem tartışılan projeler kapsamında, hem de BIM ile yürüttükleri diğer tüm projeler genelinde katılmakta olup, BIM'in bu faydalarından projelendirme riskleri

kapsamında yararlandıklarını ve sahadan geri dönüşleri azalttıklarını belirtmişlerdir.

> ***(Prota)*** *"Tasarımlarda kesinlikle özgürce hareket edilebiliyor, kısıtlandığımız bir nokta olursa Autodesk 3Ds Max'ten çıktı alarak programa veri girişi yapılabiliyor. Bunun haricinde BIM altyapılı programlar parametrik tasarımlara olanak sağlıyor, bir denklem yazıp, parametreleri değiştirerek hızlı varyasyonlar görmeye imkân sağlıyor. Biz bu işlerimiz için Revit ve Dynamo kullanıyoruz."*
>
> ***(Etüd)*** *"Bu özellik BIM altyapılı programı kullanabilme yetisine bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu programlar o kadar gelişmiş durumda ki, her türlü tasarımı oluşturmaya imkan sağladığını düşünüyorum. Ama kullanıcının bilgisi kısıtlı ise, o zaman tabii ki program tasarımı kısıtlamış olur.*
>
> *Burada önemli olan nokta, hiçbir zaman bir tasarımın bilgisayar tabanlı başlamaması gerektiğidir. Bizim eğitimimizde bilgisayar yoktu. Mimarlığın aslı, eskizle başlar, öyle başlamalıdır. Eskiz yaparken beyniniz bir şey düşünür ve siz hızlı bir şekilde beyninizin yakalamak üzere olduğu noktaya ulaşmayı hedeflersiniz. İşin temel tasarım kurgusunu bilgisayar üzerinden yürütmeye kalkmak insana hata yaptırır, program tasarım hatasını bulamaz; onu mimar ve/veya tasarımcı bulur. Program matematiğini verir işin. Bu konuda tamamen insana ihtiyaç var."*

Prota Mühendislik, BIM altyapılı programların tasarımda kısıtlama değil, aksine özgürleşmeye götürdüğünü iletirken; Etüd Mimarlık, bu programların tasarımda sağladığı özgürlüğün program bilgisine bağlı olacağını belirtmiş ve tasarımın bu tür programlar üzerinden başlamaması gereken, insan beyni ve insan elinden doğması gereken bir süreç olduğunun altını çizmiştir. Devamında işin matematiksel kısmının bu programlarla çok kolay çözülebileceğini de ayrıca vurgulamıştır.

> ***(Prota)*** *"BIM ile normalde tasarlamaya cesaret edilemeyecek yapılar tasarlıyoruz. Standartta, bir malzemenin detayını uygulama firmasına nasıl aktaracağınız, biçimsiz bir uygulama alanında bu malzemenin metrajını nasıl*

hesaplayacağınız gibi dertlerle uğraşırken, BIM bu konular için sınırsız bir olanak sağlıyor. Hem daha iyi, hem daha kaliteli, hem daha gelişmiş, hem de daha gerçekçi tasarımlar yapmanıza imkan veriyor. Bir tasarım yaparken, anında maliyet kontrolü yaparak bütçe dışına çıkıp çıkmadığınızı görebiliyorsunuz; dolayısıyla kontrol altında ilerlemenizi sağlıyor."

(Etüd) *"Karmaşık yapılar için Ümraniye Meydan projesini örnek vereceğim. Bu iş bize detayı çözülemeyen bir proje olarak geldi. BIM tabanlı olarak kullandığımız Vectorworks programı olmasaydı da o çatıların kırılmaları çözülemez, detaylandırılamazdı. Üç boyutlu çizmenin avantajı zaten bütün olayı rahatça görebiliyor olmak. BIM tabanlı yazılımlarda canlı objeler kullanıldığı için, küçük bir değişiklik yaptığınızda bunun kesite, plana, görünüşe, modele etkisini anında görebiliyorsunuz.*

Örnek aldığımız proje olan Kansai Altan Genel Müdürlük yapısı da böyle, projenin toplantı odasında (Şekil 5.6) bulunan tüm kırılmalar kesitte ve planda anında kullanıcıya detay sağlayabiliyor."



Şekil 5.6 Kansai Altan Yönetim Binası Toplantı Odası

İfade edilene göre BIM daha gelişmiş tasarım standartları sayesinde; hem uygulanabilir hem de daha kolay kontrol edilebilir gerçekçi tasarımlar oluşturulmasına imkân tanımaktadır. Ancak, bu kadar kontrollü gidebiliyor olmanın tasarım özgürlüğünü kısıtlayıp kısıtlamadığı konusu da ayrı bir konu başlığı yaratmaktadır.

> ***(Etüd)*** *"Yapım evresi açısından daha fonksiyonel yani uygulanabilirliği olan tasarımlara olanak verdiğini söyleyebiliriz BIM tabanlı programların."*

Nesne tabanlı bir altyapı ile çalışan BIM*;* parametrik nesneler sayesinde revizyonları daha kolay koordine etmeye yaramaktadır. Ancak konu ile ilgili olarak, BIM ile revizyonların azalmadığı aksine fazlalaştığına dair yorum yapılmıştır.

> ***(Prota)*** *"BIM uygulaması piyasaya ilk sürüldüğünde, proje firmalarına avantaj sağlamaktaydı çünkü BIM uygulamalarına adapte olmuş bir firma, daha hızlı tamamladığı proje çıktılarını, maliyetine yansıtabilmekteydi. Ancak şu an, işveren firmalar bu hızın farkına varmaya başladı. Artık bizlerden çok kısa sürelerde çok detaylı projeler bekleniyor. Dolayısıyla proje müellifleri için birim maliyetler ne yazık ki değişmedi. Şu anda bundan saha tarafı maliyet faydası sağlıyor, çünkü BIM henüz o taraf için standart haline gelmedi. Ama bizim sadece işimiz arttı. Daha kısa sürede proje çıktısı gören işveren, artık hiç düşünmeden revizyon veriyor."*

Proje ihtiyaçları modele işlenebiliyor olduğundan, eksik kalan çözümlerle ilgili bir projelendirme riskinin önüne geçildiği, iki firma tarafından da kabul edilmiş bir avantajdır. Ancak modelin tüm bu özelliklerini kullanabilmek için ciddi bir zaman gerektiği de vurgulanmıştır.

> ***(Etüd)*** *"LOD500'lük modele kadar her veriyi işleyebilmek mümkün, ancak bu kalitede model oluşturabilmek için ciddi anlamda zamana ihtiyaç var."*

BIM'in risk yönetimine sağladığı avantajlardan biri de, uygulamaya doğru veriler girildiğinde, bir optimizasyon imkanı sunarak sabitlenen parametreler ve değişkenlere göre tasarım alternatifleri sunabiliyor olmasıdır. İki firma da, bunu kendi projeleri için kullanmadıklarını belirtmiştir.

> ***(Prota)*** *"Autodesk'in Massachusetts, ABD'deki ana ofisi tamamen BIM kullanılarak tasarlanmış. BIM'in sunduğu binlerce olası tasarım senaryosu arasından belli parametreleri sabitleyip, diğer parametreleri değişken tutarak oluşan seçenekleri değerlendirip, birini seçerek uygulamasını yapmışlar. Her şey optimum çözümü sağlayacak şekilde, BIM üzerinden tasarım sağlanarak uygulanmış. Bugün sistemin bazı özellikleri yetersiz olabilir ancak sonuçta bu bir yapılandırma işi; günün birinde çok iyi entegrasyon sağlayabiliyor olacak. Tasarım gerçekten insanın elinden alınabilir yani aslında, en azından belli aşamaları."*

Bu çalışmanın alt araştırması olarak yürütülen; zaman içerisinde tasarımın insana ait olma durumunu kaybedebileceği konusuna kendiliğinden gelen konuşma, aslında üzerinde biraz durup düşünüldükten sonra bu gerçekle yüzleşmek gerektiğini bir kez daha vurgulamıştır. Ana araştırma soruları tamamlandıktan sonra ilgili konu ile alakalı tartışmaya devam edilmiştir. Açık uçlu sorular sorularak ilerlemek konuya kendiliğinden varılmasına yol açmış; dolayısıyla varılan noktanın doğruluğunu teyit etmiştir.

Her iki firma tarafından bu tema kapsamında; *BIM* tabanlı oluşturulan tasarım projelerinin, modele işlenen fazla bilgiden kaynaklı bilgi karmaşasına yol açabildiği belirtilmiştir.

> ***(Etüd)*** *"Fazla bilgileri katmanlaştırılarak model içinde görünmez hale getirilebiliyor ancak, tabii tüm bunlar modeli ağırlaştıran özellikler. Biz böyle bir durum yaşamıyoruz, zaten projelermizi BIM modeli tamamlandıktan sonra Autocad üzerinden terkar çiziyoruz, gereken detay bilgilerini oraya işliyor, BIM dosyasını bu bilgilerle şişirmiyoruz."*

Prota Mühendislik; yetersiz veri işlenmiş olan bilgi modeli konusunda ise, modeli hazırlayan olarak bunu fark etmelerinin çok zor olduğunu ancak bununla ilgili bir geri bildirim de almadıklarını ifade etmiştir. Yine de, bu konu ile ilgili olarak, CAD yazılımları ile karşılaştırılacak olur ise, BIM altyapılı nesne tabanlı hiçbir programın, CAD'e göre eksik olamayacağı belirtilmiştir.

(Prota) *"Benim gözümde, BIM'in CAD'e göre daha eksik olması çok düşük bir ihtimal, BIM'i CAD ile karşılaştırıyorsam, her anlamda yetersiz veri işlenmiş model sorusuna 'hayır karşılaşmadığımız bir durum' yanıtını veririm. Böyle bir karşılaştırma durumunda zaten bir tasarımcı olarak, BIM'in hiçbir dezavantajı olmadığını söylerim. Ancak, BIM'i kendi içinde değerlendirecek olursam, işte o zaman ben birinci elden bu verilerin ne kadar yeterli işlendiğini göremeyebilirim."*

Etüd Mimarlık yetersiz veri işlenmiş model ile ilgili baz alınan proje kapsamında bir sorun yaşamadığını, ancak genelde çok olası bir risk oluşturduğunu belirtmiştir.

Aynı zamanda, revizyonların yanlış adapte edilmesi ve modele işlenmiş verilerin kontrol zorluğu gibi konularda da BIM tabanlı projenin risk yönetimi zorluklarını kabul etmektedirler. Modele işlenen verilen kontrolünü sağlamanın çok mümkün olamadığı, bunun ancak bazı özelleşmiş yazılımlarla imkânlı kılınabileceği belirtilmiştir.

(Prota) *"Bildiğim kadarıyla bunun için SQL adı verilen bir eklenti var, bu eklenti ile model dosyasına ulaşım izinleri IT departmanının kontrolü ile yönetilebiliyor; yani herkes modele aynı müdahaleyi yapamaz hale geliyor. Ama tabii ki bu da, işi çok zor ilerler hale getiriyor; projeye bir model eklemek için, IT departmanı ile görüşüp, onların kontrolünden sonra hemfikir olunur ise, ona göre kişiye yetki tanımlanması gibi bir noktaya varıyor işin yapılma süreci. Ki bu da, işin ilerleyişini engelleyecek olan başlı başına bir problem."*

Görüleceği üzere, bu tip bir uygulamaya geçilmesi, tasarım evresinde zaman değişkeni için bir risk oluşturmakta olup, risk yönetimini olumsuz etkileyecek bir durum yaratmaktadır.

(Prota) *"İnsanları robot gibi davranır hale getirmek mümkün değil. Ben de dahil olmak üzere çok fazla hatalar yapılıyor, öyle veya böyle alışılmış çok fazla yoğurt yiyiş var ve çalışan sirkülasyonları ile kazanılmış olan know-how'lar kayboluyor. Bu nedenle bizim sistemimiz biraz daha meydana gelebilecek hataları öngörüp, bu hataları temel alan kontrol sistemleri*

oluşturma üzerine kurgulanmaya başladı. Kim gelirse gelsin, bize adapte olma sürecinde biz onun yapma ihtimali olan hataları zaten kolayca telafi edebileceğimiz bir sistem geliştirmiş olabilelim, fikriyle hareket etmeye çalışıyoruz."

İki firma da veri tabanı üzerinden çalışamadıklarını, bu veri tabanını oluşturmanın ciddi bir emek ve zaman gerektirdiğini belirtmiştir.

***(Prota)** "Biz firma olarak veri tabanı oluşturamadık. Hiç kolay bir iş de değil bu veri tabanını oluşturmak. Genellikle bir modelin içinde kullanılacak bir yapı elemanı modelini, başka bir modelden alıp söz konusu yeni projeye ekliyor ekip arkadaşlarımız. Bunun sonucunda, zaten o model içinde bulunan bir yapı elemanı modelini tekrar içeri atmış olduğundan, dosyanın içerisinde iki farklı isimde aynı birim bulunmuş oluyor. Bu da proje devamında başka sorunlara yol açıyor."*

Koordinasyon:

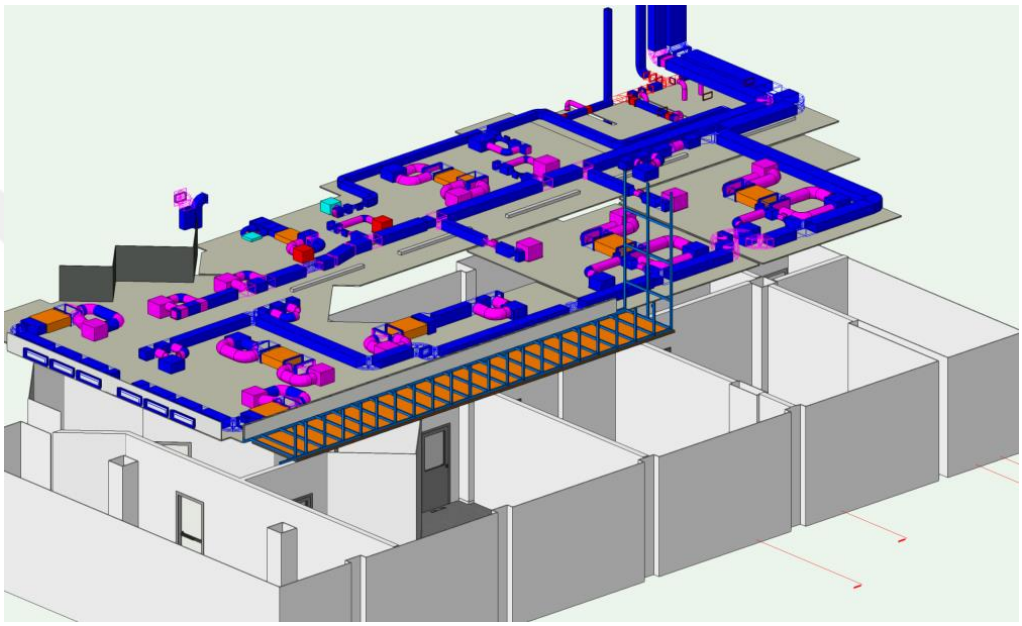
Koordinasyon konusunda iki firma da, farklı disiplinlerin eş zamanlı olarak aynı model üzerinden çalışması olanağını kullanamamaktadır. Elektrik, mekanik ve diğer tüm proje ekipleri, kendilerine uygun çalışma olanağı sağlayan BIM tabanlı programlar kullanmakta, bu programlardan çıktı alarak, projeler arası çakışma olup olmadığını kontrol etmektedirler.

***(Etüd)** "Mekanik ve elektrik müellifleri, projelerini BIM tabanlı programlarda tamamlayarak bize iletiyorlar ve biz bu projeleri üst üste koyarak çakışma kontrolü yapıyoruz. Bu proje üç katlı bir bina, bahsettiğimiz bu sistemler aslında karmaşık kompleks yapılarda çok işe yarıyor. Çakışmalar bu gibi projelerde göz ile de takip edilebilirken, karmaşık yapılarda manuel olarak böyle hataları fark etmek oldukça zor. Sistem üst üste koyulan projelerde çakışma olan noktayı kendi işaret ediyor. Kullanıcıyı hata yaptın diyerek uyarıyor."* (Şekil 5.7).

Disiplinler arası etkili iletişim sayesinde engellenmiş olan risklerdense her iki firma da faydalanmakta olup, isteklerini ve hataları çok daha kolay anlatabildiklerinin altını çizmektedirler.

Tüm katılımcıların projeyi çok daha iyi anlayabildiği konusunda hemfikir olup, Prota Mühendislik konu ile ilgili başka bir noktaya dikkat çekmiştir;

> ***(Prota)*** *"Artık projeler tüm paydaşlar tarafından çok iyi şekilde anlaşılabiliyor, bu bir bakıma artık mimarın işi mimara kalmıyor. Geleneksel süreçte, daha çok bizim kararımızda olan detaylar, artık herkesin net bir şekilde görebildiği, anlayabildiği ve kendi yorumunu ileterek, çözüme dâhil olduğu bir hal aldı."*



Şekil 5.7 Kansai Altan Yönetim Binası, Mimari – Mekanik Koordinasyon

Kod kontrollerinin sağladığı proje hatalarından kaynaklanan risklerin önüne geçme konusunda, her iki firma da BIM tabanlı yazılımlardan avantaj sağlamakta olduğunu bildirmiştir.

Prota Mühendislik şimdiye kadarki hiçbir projesinde işbirliği aksaklıkları, farklı disiplinler arası güvensizlik ve model ulaşım yetki dağılımlarından kaynaklanan bir risk yönetimi sorunu ile karşılaşmadığını belirtmiştir. Paydaşlar arası bilgi boşlukları, düşük seviyeli bilgi aktarımları ve özellikle *BIM* altyapılı yazılımlar arası zayıf koordinasyon ise yaşadıkları ve oldukça şikayetçi oldukları risk yönetim zorluklarını oluşturan etmenlerdir.

Etüd Mimarlık da, bu temadaki zorluklarla ilgili olarak yalnızca BIM'e entegre edilen programlar arası zayıf koordinasyon konusunda olumsuz deneyimleri olduğunu belirtmiştir.

Analizler:

Yapı analizleri konusunda Prota, günümüz BIM uygulamalarının buna efektif bir şekilde elvermediğini belirtmiş; çok uzun süren işlemler, farklı formatta çıktılar sağlayan farklı yazılımların birbirine uyumsuzluğundan kaynaklanan bilgi kayıpları gibi nedenlerle, modele tekrar tekrar işlenmek zorunda kalınan bilgiler kaynaklı bu avantajdan yararlanamadıklarını, hatta bunun bir risk yönetimi zorluğu yarattığını bildirmiştir.

Etüd Mimarlık da, aynı şekilde bu avantajdan bahsedilen karbon emisyonları, su kullanımları, akustik analizler detayında faydalanmamaktadır.

> ***(Prota)*** *" Günün birinde tamamen uygulanabiliyor olacaktır elbet ancak, şu an için ütopik bir hedef olduğunu düşünüyorum. Aydınlatma analizi, aydınlatmanın ısıya olan etkisi, yapısal analiz, zaman analizi, maliyet analizi farklı yazılımlardan sağlanıyor. Her bir farklı veri için farklı program kullanmak zorunda kalıyoruz ve bu uzantıların her birinin birbiri ile uyumluluk problemi bulunuyor, birinden aldığınız çıktı, diğer programın girdisi olamıyor, veri formatlarını değiştirirken pek çok veriyi ne yazık ki kaybediyoruz. Mesela ele aldığımız Kabataş – Mahmutbey Metro Hattı projesinde CFD (computational fluid design – hesaplamalı akışkanlar dinamiği) analizleri yapılıyor. Burada bahsedilen akışkanlar, ısı ve hava gibi etmenler. Yapılan test, yangın esnasında ısının ve gazların yayılması gibi; mekânın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yangın açısından elverişliliğini kontrol etmek üzerine. Bunu Revit'te, Archicad'de, Allplan'de yapmak mümkün değil. Bunu yapabilmek için, kütlenizi, yapınızı oluşturan malzemelerin bilgisini de içerecek şekilde çizim programınızdan çıktı olarak almak ve başka birkaç programa girdi olarak koymaya çalışmak gerekiyor. Tüm analizler için ayrı ayrı birçok uzantıda çıktı almak, birbiri ile senkronize olamayan bu programları farklı çıktılar ve devamında farklı girdiler alarak kullanmak ve verilerini birleştirmeye çalışmak gerçekten çok zorlayıcı ve*

zaman kaybettiren işlemler. Aslında pek çok kez aynı işi tekrarlamış oluyoruz. Tekrar tekrar uğraşmıyoruz dediğimiz tek şey, modellemeyi yaptıktan sonra bir de üç boyutlu görseller, kesitler ve planlar için çizim yapmıyor olmamız. Senkronizasyon çok zayıf ne yazık ki."

(Etüd) *"Enerji tasarrufu, gölgelendirme gibi veriler için bu analizleri kullanabiliyoruz en fazla. Duvar katmanlaşmaları ile ne kadar ısı yalıtımı sağlayabildiğimizi tespit edebiliyoruz. Ama karbon emisyonları, su kullanımları gibi bir detayda kullanmadık şimdiye kadar."*

Maliyet:

BIM tabanlı programlarla oluşturulmuş tasarım projelerinin, maliyet konusundaki riskleri azalttığı her iki firma tarafından da onaylanmıştır. Ancak BIM altyapısından bağımsız olarak, herhangi bir uygulamanın maliyet konusunda hiçbir oynama olmayacak tam tahmini vermesinin imkânsız olduğu özellikle vurgulanmıştır. Bu vurgulama yapılırken, bilgisayarın sağlıyor olduğu herhangi bir hesabın, insanın yapıyor olduğu bir uygulama sürecine birebir uygun olmasının mümkün olmayacağı açıklamasının altı çizilmiştir. Oysaki BIM, yapım süreci simülasyonunu tasarım aşamasından temin edebilmesi ile riskleri öngörmeyi, buna uygun aksiyon almayı sağlamaktadır. Belki, ilerleyen zamanda insan eliyle gerçekleştirilmeyecek yapım süreçlerinde bilgisayardaki uygulama ile sahadaki uygulama tamamen aynı olabilecektir. Buna yanıt olarak alınan cevap, aslında her zaman insana ihtiyaç duyulacağının, bir yapay zekânın hiçbir zaman tam anlamıyla güvenilir olamayacağının altını çizer niteliktedir.

(Prota) *"Yapıyı doğru modellemek, doğru maliyet tahminine ulaşmanızı sağlar ancak, riski asla sıfıra indiremezsiniz. Ancak gerçekçi maliyet mümkün olabilir, sapma payı mutlaka olacaktır. BIM'den bağımsız bir konu olduğunu düşünüyorum bunun, yani ne olursa olsun ,birini bilgisayar hesaplarken diğerini insan uyguluyor ve ikisinin aynı sonucu vermesi mümkün olamaz. Günümüzde yapım süreci insan eliyle gerçekleşiyor evet, ama piyasadaki 100 telefondan biri de hatalı çıkıyor; yapay zekâda da hata payı olacaktır."*

(Etüd) *"Program doğru keşif ve metraj çıkarabiliyor. Birim fiyatlar yapı elemanı modeline doğru işlenirse, %80-90'larda doğru maliyet tahmini yapılabilir.*

Burada önemli nokta hesaplanması çok güç tasarım ve malzemelerin BIM altyapılı bu programlar tarafından metrajlarının oluşturulabiliyor olması. Kansai Altan Yönetim Binası'nda konuştuğumuz toplantı odasında duvarın formu eliptik olup, içeriden ve dışarıdan ahşap kaplama olacak şekilde tasarlandı (Şekil 5.8 ve Şekil 5.9). Normalde bunu bir ustaya ne detay olarak, ne de ne kadar malzeme kullanacağı bilgisi olarak paylaşamazsınız imkânı yok. İşte bu programlarla bunu yapabiliyoruz."



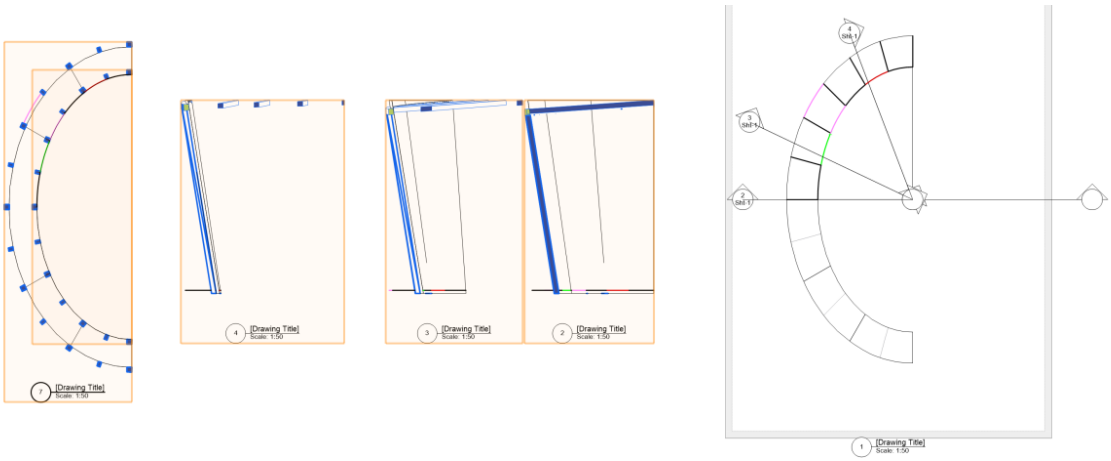
Şekil 5.8 Kansai Altan Yönetim Binası Toplantı Odası'nın Dışarıdan Görünümü

BIM ile daha iyi maliyet performansı sağlanabilir mi konusu, Prota Mühendislik tarafından, proje tasarlanırken anında hesaplanabilen maliyet ile bütçe kontrolünün oldukça kolaylaştığı şeklinde açıklanmıştır. Bu konuyu revizyonlar, mesailer, projelendirme hataları gibi durumların daha az yaşanmasına bağlı olarak mesailerin azalması üzerinden değerlendirdiklerinde ise; kesinlikle böyle bir fayda görmediklerini belirtmişlerdir.

(Prota) *"Aslında BIM yeni bir istihdam alanı yarattı. Benim ve içinde bulunduğum ekibin iş tanımını sağlayan biri yoktu daha önce burada. Bu nedenle proje ile ilgilenen kişi sayısı arttı. Ayrıca BIM' in eş zamanlı birlikte*

çalışabilirlik özelliği sayesinde, IT (information technologies – bilgi teknolojileri) ekiplerinin farklı görevleri oldu. IT ekibi olmayan firmaların bu ekibi kurma ihtiyacı doğmuş olmalı.

Daha önce de belirttiğim gibi, eskiden bizden beklentiler düşüktü, hızımız yavaştı. Şimdi biz BIM sayesinde hızlıyız ama işveren de bunun farkında olduğundan beklenti yüksek. Birim maliyet anlamında bir şey değişmedi yani. Daha hızlı ama daha çok iş yapıyoruz."



Şekil 5.9 Toplantı odasının BIM tabanlı yazılım ile oluşturulmuş plan ve kesitleri

Etüd Mimarlık'tan ise aynı konu ile ilgili olarak tamamen olumlu geribildirim alınmıştır.

(Etüd) *"Yapı, projelendirme sırasında buradan sanal olarak inşa edilmiş olduğundan uygulamada maliyetler kesinlikle düşmüş oluyor; tasarım kısmında ise kişilerin projelerde kaybettikleri vakit azalmış olduğundan birim maliyetlerin düştüğünü söyleyebiliriz."*

Bu tema kapsamında BIM kullanımının yol açtığı zorluklar için, Prota Mühendislik BIM ve maliyet verisi sağlayan uzantılar arası bilgi akışının çift yönlü olmaması; kullanılan eklentilerin Yapı Bilgi Modeli'nde güncelleme yapamaması durumundan kaynaklanan sıkıntıları yaşadıklarını belirtmiştir.

Ek olarak, BIM 'in zaman ve maliyet hakkında ayrı ayrı bilgi sağladığı ancak bu verileri çakıştıramadığı iletilmiştir. Yani BIM kullanılarak, uygulamanın hangi aşamasında bütçede ne durumda bulunulduğuna dair veri oluşturulamamaktadır. Bu da yine BIM tabanlı yazılımların birbirine adapte edilemeyen çıktı formatları oluşturmasından kaynaklanan; yapım aşamasını daha çok ilgilendiren ancak tasarım aşamasında oluşturulan şantiye simülasyonunun gidişatı hakkında doğru bilgiye ulaşılmasını engelleyen bir risk oluşturmaktadır.

> ***(Prota)*** "*5D maliyet hesaplarını BIM üzerinden yapabiliyoruz, 4D işin zaman boyutunu BIM üzerinden görebiliyoruz; ama, zamanla paranın bir finans akış tablosu olarak çıktısını almaya olanak sağlamıyor ne yazık ki. Yani aslında bilgileri üst üste koyamıyoruz; 'yapının bu aşamasında, maliyet olarak şu durumdayım, alacağım ödeme bu kadarken yapacağım ödeme şu kadar' kısmını kontrol edemiyoruz. Bu olmayan görüntü, aslında planlamacının asıl ihtiyacı olan şey. Belki işin ortasında iflas edeceğimiz bir durum var ama bu iki bilgiyi çakıştıramadığımızdan, bunun farkına varamıyoruz. Bunu biz uygulayamıyoruz en azından, sağlanabilen bir işlevse de eğer yine pek çok farklı formatın birbirine adapte olmasını gerektirdiğine ve kolay olmadığına eminim.*"

Etüd Mimarlık, ilgili tema kapsamında olumsuz geribildirim vermemiştir.

<u>Zaman:</u>

Prota Mühendislik, BIM tabanlı projelendirme süreçlerinin zamansal ölçüdeki risk yönetimi konusunda kendilerine herhangi bir avantaj sağlamadığını belirtmiştir. BIM kullanımının bu konuda yapım aşamasına oldukça katkısı olduğunu ve gecikme risklerinin önüne geçildiğini belirten görüşmeci; tasarım ve projelendirme aşamasında ilgili uygulamanın zamansal herhangi bir riske etkisi olmadığını iletmiştir.

> ***(Prota)*** "*Biz ne yazık ki bu konuda BIM'den bir verim alamıyoruz çünkü insan faktörünün önüne geçemiyoruz. Ne iş tekrarlarını engelleyebiliyoruz, ne zaman organizasyonunu daha doğru ve verimli gerçekleştirebiliyoruz.*"

Etüd Mimarlık ise, BIM tabanlı tasarım projelerindeki zaman organizasyonunda; verimlilik, kolay ve doğru zaman organizasyonu, kolay ve hızlı aksiyon alınabilen revizyonlar ve engellenen iş tekrarları açılarından Yapı Bilgi Modellemesini oldukça faydalı bulduklarını belirtmiş ve tüm bu özelliklerin zaman yönetimi ve süre ile ilgili risklerin önüne geçebilmek için avantaj yaratıyor olduğunu vurgulamıştır.

Ayrıca 4D zaman uygulamalarının genel olarak doğru veri sağlamıyor oluşu, Prota Mühendislik tarafından teyit edilmiş risk yönetimi zorlukları arasındadır.

Risk Yönetimi:

Prota Mühendislik, projeler daha kontrollü ilerlediğinden, riskleri yönetmenin çok daha kolay olduğu belirtmiştir. Duruma uygun tasarlanan projelerle, daha kontrol altında ilerleyen ihale süreçleri yaşanmaktadır diye de eklenmişlerdir.

Etüd Mimarlık ise, proje tasarımlarında BIM tabanlı programların risklerin tespiti konusunda oldukça fayda sağladığını dolayısıyla en başından kontrollü ilerleyebildiklerini bildirmiştir.

Liderlik:

BIM, paydaşlar arasında belirsizleşen sorumluluk dağılımları yarattığından, konu ile ilgili verimin ancak çok iyi iş akış organizasyonları oluşturularak ve herkesin modelin gerekli kısımlarına gerektiği kadar müdahale yapabilecek şekilde ulaşım yetkilerinin verildiği durumda mümkün olabileceği belirtilmiştir.

Prota Mühendislik kendi projelerinin hiçbirinde böyle bir durum deneyimleyemediklerinin altını çizmiştir.

Etüd Mimarlık, çalışma grupları oluşturularak aynı modelde birden fazla kişinin aynı anda çalışabilmesinin sağlandığı ve yöneticilerin işleyişi anlık olarak takip edebildiği yazılımlara elverişli olan BIM'in bu özelliğini hiç kullanmadıklarını belirtmiştir.

İki firma tarafından da liderlik konusunda yalnızca değişim yönetimi riskleri yaşandığına dikkat çekilmiştir.

Sürdürülebilirlik:

Prota Mühendislik de, Etüd Mimarlık da konu ile ilgili bir uygulama deneyimleri olmadığını belirtmişlerdir.

Kullanıcı Sorunları:

BIM tabanlı sistemlerin risk yönetimine yarattığı en büyük zorluk; insan faktörü nedeniyle kontrol edilemeyen başlıklardır. Bunlardan, bulanıklaşan sorumluluk seviyeleri başta olmak üzere hepsinde yaşanan sorunları bizzat deneyimledikleri bildirilmiştir.

> ***(Prota)*** "*Dosyayı senkronize bir ortama yerleştirdiğinizde, yani aynı modelde birden fazla kişi çalışabiliyor ise, herhangi bir nesneye kimin işlem yaptığı bilgisini Revit otomatik olarak kaybediyor. Sadece en son kimin ilgili dosyada bir değişiklik yaptığı bilgisini edinebiliyoruz. Konu ile ilgili asıl tereddüt edilen nokta, nesne tabanlı bir sistem olduğundan küçük müdahalelerin bile modelde pek çok şeyi değiştirebiliyor olması. Mesela bir şeyi sildiklerinde, bu keşfe ya da metraja nasıl yansıyacak konusunu düşünüyorlar. Kısaca, yapmaları gereken şeyin kendi kontrolleri dışında başka ne tür değişikliklere yol açacağını sorgulamaktan o işi yapamaz hale geliyorlar ve bunun sorumluluğunun altına girmek istemiyorlar. Bu sadece disiplinler arası değil, aynı disiplin içindeki insanların bile sorumluluk dağılımında hissedilen bir problem yaratıyor. Yapılan bir hatanın nelere yol açtığı fark edilince, insanlar çekinir hale geliyor. Herkes hatasız ilerleyebilmek adına ilerlememeyi tercih ediyor ve genel olarak en iyi bilen olduğu gözlemlenen kişinin üzerine bırakılıyor çoğu iş kalemi."*

> ***(Etüd)*** "*Bilinçsiz bir şekilde çok büyük hatalara sebep olmak BIM altyapılı programlar için çok olası bir durum. Ben elimden geldikçe kendimi kontrol ederek ilerliyorum projede."*

Aslında BIM tabanlı uygulamaların en büyük faydası olan plan, kesit, görünüş, sistem detayı, model gibi proje çıktılarının birbirleri ile uyumlu olması durumu, hata yapmanın bu kadar olası olduğu söz konusu yazılımlarda başka bir soruna yol açmaktadır. Yapılan bir hata tüm proje çıktılarına senkronik olarak aktarılıyor

olduğundan, yapım aşamasında proje uyumsuzluğu sebepli geribildirim alınamayacak ve hatalı uygulamalar yaşanabilecektir.

Kanun ve Düzenlemeler:

Kanunlara dayalı kısıtlamalar, teknik şartnameler ve yerel düzenlemeler yapı bilgi modeline işlenememektedir.

> ***(Prota)*** *"Globalde de proje yapıyoruz, Dubai, Papua Yeni Gine gibi. Yerel yönetmeliklerle ilgili bir kontrol sistemi bulunmuyor ve bu bir eksik. Bir arkadaşım bu konuyla ilgili tez yazmıştı doktorasında ve bununla ilgili bir yazılım yazması gerekti, onda da pek çok ara yüz kullanmak zorunda kaldı. Değişken yerel normlara göre değil, standart bir norma göre bile kontrol yapılamamakta BIM ile, örneğin hepimizin kullanabileceği ortak standartlara göre oluşturulmuş bir altyapısı da yok.*
>
> *Örneğin kat yüksekliği gibi bir normun yerel izinlere göre BIM tabanlı oluşturulmuş projede kontrolünün sağlanması isteniyorsa; bunun için Microsoft Office Excel programında bir tablo oluşturup, sonra da oluşturulan kod standardını geçiyorsa uyarı ver gibi bir emirle kontrol sağlanabilir. Yani formüle edip, iş akışı oluşturmak gerekir. Bunu ancak, en az mimar kadar bu konuda bilgi sahibi olması gereken bir yazılımcı yapabilir.*
>
> *Bu arada bu kontrol mekanizması yalnızca mimari anlamda eksik; ancak mekanik elektrik anlamda kullandığı bazı kodlar var, onu da altyapısında veriyor, hangi standartlara göre kontrol ettiği bilgisini de sağlıyor kullanıcıya. Bu standartlar çeşitlendirilebiliyor mu onu bilmiyorum."*

Yerel yönetmeliklerin ve teknik şartnamelerin Yapı Bilgi Modeli'ne işlenememesi, kanun ve yönetmeliklerinden doğabilecek bir riskin yönetimi için kontrol boşluğu yaratmaktadır.

Açık kaynaklardan kullanılan yapı elemanı modelleri ise, görüşmeciler için henüz üzerinde durulmamış bir duruma işaret etmiştir. İleride karşılaşabilecekleri ve nasıl kontrol edeceklerini bilmedikleri başka bir risk yönetimi açığı da bu madde ile açığa çıkmıştır.

(Prota) *"Bu aslında tanımı yapılmamış, sorgulanmamış bir durum. Dolayısıyla bir karşılığı olmadığından risk temsil etmektedir."*

(Etüd) *"Böyle bir problemle herhangi bir projemiz kapsamında karşı karşıya gelmedik ancak, dikkatli olunması gereken bir durum."*

Tüm bunların dışında Prota Mühendislik; sadece engellenen uygulama revizyonları göz önünde bulundurulduğunda bile azalan enerji tüketimi ve engellenen karbon salınımı gibi sebeplere dikkat çekerek BIM kullanımının 'yeşil' bir uygulama olduğuna; dolayısıyla daha iyi bir dünya için tercih edilmesi ve kullanılması gerektiğine özellikle vurgu yapmıştır.

Söz konusu değerlendirme ve yanıtlar ile, yapılan görüşmeleri Tablo 5.6 ve 5.7'de gösterildiği gibi özetlemek mümkündür.

Tablo 5.6 Yarı Yapılandırılmış Görüşme Sonucu Elde Edilen Çıktılar 1

Tema	**BIM Kullanımının Risk Yönetimi İçin İlgili Temada Sağladığı Avantajlar**	**Prota Mühendislik**	**Etüd Mimarlık**
Tasarım Sürecinin Etkinliği	Görsel model yanında veri modeli oluşturma yeteneği	✓	✓
	Görsel model ile projeler arasında tutarlılık	✓	✓
	Karmaşık yapıları modelleme ve detaylandırma yeteneği	✓	✓
	Projeler arası tutarlılık (plan - kesit - görünüş - sistem kesitleri - nokta detaylar)	✓	✓
	Eksik ve/veya yanlış projelendirme risklerinin önceden tespit edilebilmesi	✓	✓
	Proje çakışmalarının erken tespiti (mekanik - elektrik - mimari)	✓	✓
	Sürekli değerlendirme ve bilgi kontrolü	✓	✓

Tablo 5.6 Yarı Yapılandırılmış Görüşme Sonucu Elde Edilen Çıktılar 1 (devamı)

Tema	BIM Kullanımının Risk Yönetimi İçin İlgili Temada Sağladığı Avantajlar	Prota Mühendislik	Etüd Mimarlık
Tasarım Sürecinin Etkinliği	Projenin hiçbir noktasında çözülmemiş herhangi bir nokta detay kalmaması	✓	✓
	Daha gelişmiş tasarımlar	✓	✓
	Daha iyi tasarımlar	✓	✓
	Daha gerçekçi tasarımlar	✓	✓
	Daha kaliteli projeler	✓	✓
	Parametrik nesneler dolayısıyla daha kolay koordine edilebilen revizyonlar	✓	✓
	Proje ihtiyaçlarını modele işleyebilme	✓	✓
	Farklı tasarım seçenekleri arasında doğru karar verme	x	x
Koordinasyon	Farklı disiplinlerin aynı model üzerinden eş zamanlı çalışabilmesi	x	x
	Disiplinler arası daha iyi ve etkili iletişim / koordinasyon	✓	✓
	Paydaşlar tarafından daha kolay anlaşılan projeler	✓	✓
	Kod kontrolleri (farklı disiplinler arası koordinasyon için)	✓	✓
Analizler	Tüm yapı analizlerinin projelendirme sürecinde gerçekleştirilebilmesi (karbon emisyonu, su kullanımı, gölgelendirme, akustik)	x	x
Maliyet	Doğru maliyet tahminleri	x	x
	Gerçekçi maliyet tahminleri	✓	✓
	Doğru hazırlanan keşifler	✓	✓

Tablo 5.6 Yarı Yapılandırılmış Görüşme Sonucu Elde Edilen Çıktılar 1 (devamı)

Zaman	Proje üzerinden hemen fark edilerek müdahale edilen hata ve revizyonlar dolayısıyla daha hızlı tamamlanan proje süreçleri	x	✓
	Daha verimli projelendirme süreçleri	x	✓
	Daha kolay organize edilen zaman	x	✓
	Daha doğru organize edilen zaman	x	✓
	İş tekrarlarının önüne geçilmesi	x	✓
Risk Yönetimi	Daha iyi sınıflandırılmış riskler	✓	x
	Risk organizasyonu kolaylığı	✓	✓
Liderlik	Etkili liderlik sağlaması	x	x
Sürdürülebilirlik	Kolaylaşan yeşil bina uygulamaları	x	x
	Sürdürülebilirlik için gerekli analizlere yazılım içi uygulama imkanı	x	x

BIM tabanlı mimari tasarım süreci uygulamalarının risk yönetimine sağladığı katkılardan literatürde en çok altı çizilen; "görsel model yanında veri tabanı oluşturma yeteneği" ve "eksik veya yanlış projelendirmelerin önüne geçebiliyor olması"nın risk yönetimine olan katkısı her iki firma tarafından da doğrulanmıştır (Tablo 5.6). Dört ayrı kaynağın özellikle vurgulamakta olduğu disiplinler arası daha iyi ve etkili iletişimin risk yönetimine katkısı firmalar tarafından doğrulanırken; BIM sisteminin en önemli özelliklerinden olan farklı disiplinlerin aynı model üzerinden eş zamanlı çalışabilme yeteneği görüşme yapılan biri kurumsal, diğeri butik iki firma tarafından da yararlanamayan bir özelliktir. Bu nedenle ilgili faktörün risk yönetimine sağladığı avantajlarla ilgili bir geribildirim alınamamıştır. Araştırmaya dahil edilen dört farklı kaynağın belirttiği "detaylı yapı

analizleri yeteneği" de; pek çok farklı yazılımın sıralı kullanımını gerektirmesi, söz konusu yazılımların birbirleri ile uyumlu çıktılar sağlayamaması nedenli tekrarlanan iş yükü ve kaybolan bilgiler dolayısıyla firmalar tarafından kullanılamayan bir özellik olmuştur. Literatürde pek çok kez altı çizilmiş olan "doğru maliyet tahminlerinin finansal risk yönetimine katkısı" konusunda görüşülen firma yetkilileri, 'doğru' yerine 'gerçekçi' ifadesini kullanmayı özellikle tercih etmişler ve bu maddenin risk yönetiminde sağladığı faydayı doğrulamışlardır (Tablo 5.6). Söz konusu tanım tercihi BIM'den bağımsız olup; yapay zekâdan sağlanan bir verinin, insan üretimi ile birebir uyumlu olmasının mümkün olmayacağı şeklinde açıklanmıştır. Daha iyi maliyet performansı içinse, Prota Mühendislik, BIM kullanımının beklentileri yükseltmesi dolayısıyla iş gücünü hızlandırmasına rağmen iş yoğunluğunu arttırdığını vurgulayarak, konu ile ilgili olumsuz geribildirim vermiştir. Etüd Mimarlık ise bu avantaja katılmaktadır. Daha verimli projelendirme süreçleri de, yine bir firmanın olumsuz, diğer firmanın olumlu deneyimi ile neticelendirilmiştir. Olumsuz deneyimin sebebi olarak insan faktörü belirtilmiştir.

Tablo 5.7 Yarı Yapılandırılmış Görüşme Sonucu Elde Edilen Çıktılar 2

Tema	**BIM Kullanımının Risk Yönetimi İçin İlgili Temada Sağladığı Avantajlar**	**Prota Mühendislik**	**Etüd Mimarlık**
Tasarım Sürecinin Etkinliği	Modele işlenen fazla bilgi dolayısıyla ortaya çıkan bilgi karmaşası	✓	x
	Tasarımlara ait teknik veri girişi eksikliği	x	✓
	Yetersiz veri işlenmiş model	x	x
	Yapı elemanlarına ait nitelikli veri tabanı eksikliği	✓	x
	Revizyonların projeye yanlış adapte edilmesi	✓	✓
	Veri tabanı üzerinden çalışma zorluğu	✓	✓
	Modele işlenmiş bilgilerin güvenirliği/ kontrol edilememesi	✓	x

Tablo 5.7 Yarı Yapılandırılmış Görüşme Sonucu Elde Edilen Çıktılar 2 (devamı)

Tema	BIM Kullanımının Risk Yönetimi İçin İlgili Temada Sağladığı Avantajlar	Prota Mühendislik	Etüd Mimarlık
Koordinasyon	İşbirliği aksaklıkları	x	x
	Paydaşlar arası bilgi boşlukları	✓	x
	Düşük seviyeli bilgi aktarımları	✓	x
	BIM'e entegre edilen programlar arası zayıf koordinasyon	✓	✓
	Farklı disiplinler arası güvensizlik	x	x
	Farklı disiplinlerdeki yetkililerin yapı modeline ulaşım yetkilerinin farklı olması	x	x
Maliyet	BIM ve maliyet uygulamaları arasındaki veri akışının çift yönlü olmaması	✓	x
Liderlik	Üst düzey yönetimden liderlik desteği alınamaması	x	x
	Değişim yönetimi zorlukları	✓	✓
	Sistematik olmayan iş bölümleri	x	x
	Strateji eksikliği	x	x
Kullanıcı Sorunları	BIM'in sağladığı tüm avantajlar için farklı uygulama alt yapıları gerekmesi	✓	x
	Kullanıcıların yeni teknolojilere adaptasyonda çektiği sıkıntılar	✓	✓
	Modele kullanıcı kaynaklı eksik veri girilmesi	✓	✓
	Standartlara ait kullanım kılavuzu eksikliği	✓	x
	Hatasız proje girdi-çıktıları için uzmana ihtiyaç duyulması	✓	✓

Tablo 5.7 Yarı Yapılandırılmış Görüşme Sonucu Elde Edilen Çıktılar 2 (devamı)

Kullanıcı Sorunları	Tecrübe eksikliği	✓	✓
	Teknik karmaşıklıklar	✓	✓
	Nitelikli personel eksikliği	✓	✓
	İnsan faktörünün test edilememesi	✓	✓
	Bulanıklaşan sorumluluk seviyeleri	✓	✓
Kanun ve Düzenlemeler	Kanunlara dayalı kısıtlamaların BIM'e işlenemiyor oluşu	✓	✓
	Teknik şartnamelerin BIM'e yüklenemiyor olması	✓	x
	Çevrimiçi yetkisiz erişim ihtimali ve devamında telif hakkı ihlali olasılığı	✓	✓
	Model verilerinin dışarıdan alınması sebepli lisans sorunları	✓	✓

Literatürde BIM kullanılarak hazırlanmış tasarım projelerinin risk yönetiminde oluşturduğu en büyük zorluklar için en çok bahsedilmiş olan "BIM'in sağladığı tüm avantajlar için farklı uygulama altyapıları gerektiriyor olması", yalnızca Prota Mühendislik'in karşılaştığı bir durumken; en çok öne çıkan ikinci zorluk olan "standartlara ait kullanım kılavuzu eksikliği" yine Etüd Mimarlık tarafından deneyimlenmemişken, Prota Mühendislik tarafından karşılaşılmış bir durumdur (Tablo 5.7).

6
Sonuç ve Öneriler

Endüstri devrimi evreleri ile önce makineleşen, sonra serileşen, daha sonra otomasyon sistemlerine bağlanan ve en sonunda akıllı sistemler tarafından yönetilir hale gelen üretim süreçleri; dünyaya hızlı olma olgusunu dayatmaktadır. Yapı üretim sürecinin ilk aşamasını oluşturan mimari tasarım evresi de, önceleri zanaatkar olarak değerlendirilen mimarın tek başına yürüttüğü bir süreç iken, daha sonra mühendislik biliminin de dahil olduğu çok paydaşlı, entegre, teknoloji ile bağlantılı bir süreç halini almıştır.

Mimari tasarım süreci, pek çok farklı sebepten kaynaklanan riskleri bünyesinde bulunduran; bu risklerin doğru yönetilememesi durumunda altından kalkmanın güç olduğu maliyet ve zaman kayıplarının yaşandığı bir aşamadır. Teknolojik gelişmeler, sağladığı faydalarla bu riskleri yönetmeyi kolaylaştırırken; mimarın tasarımı ve biricik olan mimari ürünün tek tip haline gelmesine ortam hazırlayabilmektedir.

Bu bağlamda tez kapsamında; bahsedilen üretim hızına yetişebilmek için kullanılan ve proje risklerinin yönetilmesinde büyük katkıları olan mimari tasarım evresinde kullanılan teknolojinin BIM altyapısı üzerinden risk yönetim sürecine sağladığı faydalar ve yarattığı zorluklar araştırılmıştır. Eş zamanlı olarak, hızlanan üretim süreçleri içerisinden mimari tasarımın da kendi payını alarak standartlaşmaya başlayıp başlamadığı sorgulanmıştır. Mimarlık mesleğinin, ilgili süreçte belli kalıplar tarafından denetlenen ve standartlar içine oturtulmaya çalışılan bir hal alarak; bir mühendislik pratiğine dönüşme durumu tezin yan araştırmalarından biri olmuştur.

Bu kapsamda, belirlenen araştırma problemine uygun olarak yapılan literatür taraması devamında; içerik analizi yönetimi ile mimari tasarım evresinde BIM kullanımının risk yönetimi üzerinde sağladığı avantajlar ve yarattığı zorluklar listelenmiştir. Araştırma yönteminin devamında, içerik analizi ile listelenmiş

veriler; tasarım sürecinin etkinliği, koordinasyon, analizler, maliyet, zaman, risk yönetimi, liderlik, sürdürülebilirlik, kullanıcı sorunları ile kamu ve düzenlemeler olmak üzere on farklı tema başlığı altında sınıflandırılmış ve BIM altyapılı projelendirme süreçleri kullanan iki firma vaka analizi için seçilmiştir. Bu temalara uygun olarak hazırlanan sorular, yarı yapılandırılmış görüşme yöntemi ile firmalara yöneltilmiş ve elde edilen sonuçlar literatür ile karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.

Yapılan görüşmelerde her ikisi de L3 (Düzey 3) seviyesinde BIM kullanmayan firmalardan; Prota Mühendislik'in, BIM tabanlı risk yönetimi konusunda sağladığı en büyük avantaj enerji tüketimini azaltıyor olması; yaşadığı en büyük zorluk ise birbirleri ile entegre olmayan programlar dolayısıyla kullanıcı dostu olmayan yazılımlardır. Etüd Mimarlık'a göre risk yönetiminde BIM kullanımının sağladığı en büyük avantaj tüm detayları program üzerinden en iyi şekilde çözebiliyor olmak ve en büyük zorluk da eğitim eksikliği sebepli kullanıcıların yeni yazılımlara adapte olurken çektiği zorluklardır**.**

BIM kullanımının risk yönetiminde yol açtığı zorluklardan çoğu, aslında sistemin *'lack of human testing'* diye adlandırılmış insanı test edememe eksikliğine dayandırılabilecek, kullanıcı kaynaklı zorluklardır. Modele işlenen fazla bilgi dolayısıyla ortaya çıkan bilgi karmaşası, tasarımlara ait teknik veri girişi eksikliği, yetersiz veri işlenmiş model, revizyonların projeye yanlış adapte edilmesi, veri tabanı üzerinden çalışma zorluğu, modele işlenmiş bilgilerin güvenirliğinin kontrol edilememesi, paydaşlar arası bilgi boşlukları, düşük seviyeli bilgi aktarımları, farklı disiplinler arası güvensizlik, modele kullanıcı kaynaklı eksik veri girilmesi, hatasız proje girdi-çıktıları için uzmana ihtiyaç duyulması, tecrübe eksikliği, nitelikli personel eksikliği gibi BIM'in risk yönetiminde yol açtığı zorlukların neredeyse yarısından fazlası insan kaynaklı olup, '*human testing system'* mümkün olsa ortadan kaldırılabilecek tehditlerdir.

Tam da bu noktada, "Tasarım konusunda teknoloji insanı nasıl kontrol eder?", "Etmeli midir?", "Etmeli ise bu ne anlam ifade eder?" soruları akla gelmektedir.

1959'da başlayıp, 1973'te yapımı tamamlanan Sydney Opera Binası, tasarımın bir bilgisayar programı tarafından test edildiği ilk yapılardan biridir; Ove Arup - Jørn

Utzo partnerliği ile yaptığı prekast beton kabukları tasarımı projesinde, mühendislik grubu Arup, taşıyıcı sistem hesaplarının yapılması için bilgisayar teknolojisi kullanmıştır ve 1982'de Fransa kökenli Dassault System tarafından Mirage savaş jetleri için geliştirilerek duyurulan CATIA mekanik tasarım sistemi sayesinde Frank Gehry Bilbao'daki Guggenheim Müzesi'ni tasarlamıştır (Vural-Cutts, 2018).

Teknoloji terim olarak tamamen ve sadece teknik olan içerikten bahsetmemekte, temel kapsamında bir başlığın bilimsel çalışması yatmaktadır (Schon, 1983).

Sözcük dar anlamı ile incelenecek olursa, *The Oxford English Dictionary*'deki anlamı ile teknolojik bilgi ve verileri içermekte olup; geniş anlamı bir kültürün teknolojiye adapte edilmesiyle meydana gelen sosyal nitelikleri barındırır (Lökçe, 2002). Teknolojinin bu farklı anlamları değerlendirilerek, doğru bir sonuç çıkarılabilmesi için LaVine'ın önerisi, ''Teknolojinin nesi mimarlıktır?'' sorusunu sormaktır.

Teknoloji, geleneksel tasarlama yöntemleri ile hem zihinsel, hem de fiziksel olarak üretimleri mümkün olamayan pek çok tasarımın hayata geçirilmesinde fayda sağlamıştır.

Sorgulanması gereken nokta; kâğıtlar, kalemler, boyalar, hayal gücü, hafıza, deneyim, öngörü, ufuk gerektiren tasarımın; aslında sadece tasarımın değil, insan işi olan her şeyin; gelişen teknoloji sebebiyle insan işi olmaktan çıkabileceği, hatta bu konuların insanla hiçbir alakasının kalmayabileceğidir. Teknoloji hayalleri gerçeğe çevirme imkânı sunmaktadır; işleri kolaylaştırmakta, maliyetleri düşürmekte, hızlı üretimi ile hızlı tüketen topluma oldukça verimli bir hizmet sunmaktadır; günümüz toplumu teknoloji sebebiyle insandan oluşan bir topluluk değil de, kendi kendine yetebilen bir sanal organizma yapısına dönüşürse, o zaman da teknolojinin verimli hizmetinden bahsedilip bahsedilemeyeceği tartışılmalıdır.

Daha önce belirtildiği üzere, BIM'i standart modelden ayıran özelliği, modelin içine işlenmiş 'bilgi' verisini barındırabiliyor olmasıdır. Bu kadar çok yeteneği olan bu yazılımın, temelde içinde bilgiyi barındırıyor olmasından kaynaklanan başarısı, mimarlığın sadece bir bilgi duyurusuna dönüşüp dönüşmediğini sorgulatmaktadır.

Tabiidir ki mimarlık, sadece bir bilgi açığa çıkarılması ile gerçekleşebilecek bir olgu değildir. Bir yapının, Yapı Bilgi Modeli'ne eklenen bilgi; tasarımcısı tarafından modele işlenmekte olup; zaten geleneksel yöntemlerle üretilen projelerde de söz konusu veriler paylaşılmakta ve kullanılmaktadır. Tek problem, tasarımların içine gömülmemiş; daha net bir tabir ile proje kalıcı verisine dönüşememiş bilginin, zaman içerisinde kaybolabilmesi ve insan zihnine kayıtlı olduğundan, kişilerin değişmesi ile projelerin *know-how* verilerinin kullanılamaz hale gelmesidir.

Vurgulanmak istenen nokta, BIM'in yine insanın oluşturduğu bilgi birikimini kaydediyor ve gelecek projeler için veri tabanı oluşturabiliyor olmasıdır. Yani mimarlık bir bilgi ifşası değildir; sadece bilgilerin saklanabilmesi bir yetenektir ve mimari tasarımı geliştirecek olan bir arka plan oluşturur; BIM de bu bilgi hafızası oluşturulmasına yardımcı olur. BIM kullanılmadan tasarlanan projelerde de, kişilerin zihninde bulunan *know-how* aynı tasarım gelişiminin gerçekleşmesini sağlayacaktır. Tek fark, bu veriden yararlanamayan kimselerin, kendi deneyimlerini yaşayarak öğreneceklerdir.

Yani BIM, aslında bilgi ifşası değil, tecrübe paylaşımı sağlamaktadır.

Çalışma boyunca sorgulanan, mimari tasarım sürecinde BIM kullanımının faydaları yanında standardizasyon riski oluşturup oluşturmadığı konusunda ise firmalardan alınan görüşler BIM lehine olmuştur. Prota Mühendislik'ten, BIM'in tasarımda standardizasyon yaratmadığı, uygulanabilir projeler tasarlamanın önünü açtığı yönünde bir açıklama yapılmıştır. Ayrıca keşif ve metraj kaygısı güdülmeden oluşturulabilen tasarımlar sayesinde, tasarımda kısıtlama aksine "…normalde tasarlamaya cesaret edilemeyecek yapılar dizayn ettiklerini…'' belirtmişlerdir. Konuyla ilgili olarak Etüd Mimarlık'tan alınan yanıt ise, tasarımların bilgisayar tabanlı değil geleneksel eskiz yöntemiyle başlatıldığı sürece, tasarım standartlaşması riskinin oluşmayacağı; BIM yaklaşımının tasarım yapma değil, işi matematiğe dökme aşamasında fayda sağlayarak süreç risklerini indirgediği yönünde olmuştur. Etüd Mimarlık, tasarım hatalarını yalnızca insan aklının görebileceğini ve bu konuda tamamen insana ihtiyaç olduğunu da ayrıca eklemiştir.

Simbiosis (Türkçe'de simbiyotik), iki canlının birlikte yaşama durumunu ifade eder, bu birlikte yaşama tanımındaki önemli nokta, bu canlıların ikisinin de bu birliktelikten fayda sağlıyor olmasıdır. İlgili terimi kısaca, ''varoluşunu ötekisiz sürdürememe hali'' olarak da tanımlamak mümkündür (Anonim, 2002). Biyolojide mutualizm olarak da adlandırılan bu yaşama biçimine, timsahların ağzındaki yemek artıklarını yiyerek karnını doyuran kuşlar ve ağız temizliği sağlanmış timsahlar örnek verilebilir.

Kisho Kurokawa'nın simbiosis felsefesi, herhangi bir ideolojik veya sistematik bir dünya görüşü olmayıp; sıra dışı veya özgün bir şey yaratmanın yolunun kişiler ve kültürler arası birlikteliklerden geçtiğini vurgulayan bir bakış açısıdır (2001). Kurokawa'ya göre modern düşünce ve metodolojinin tüm alanlarda *düalite* sorunu vardır; bu sorun Immanuel Kant'ın yorumlarına ve özgürlük ile gereklilik kavramları arasındaki ikililiğe de bakılacak olursa; evrenin temel ilkesidir (2011).

Kurokawa, makinelerin büyümeyeceğini, değişmeyeceğini, kendi adaptasyon süreçlerini gerçekleştiremeyeceklerini vurgular ama yine de Makine Çağı'nı ''Yaşam Çağı'' olarak isimlendirir. Ek olarak, bu çağı ''Metabolizma'' kelimesi ile ilan eder; bunun sebebi bu noktada da iki zıttı birbirine entegre etmek ve bir simbiosis oluşturmaktır. Ona göre toplumların değişim ve gelişimleri için heterojen kültürlerin simbiosisinde ısrarcı olunmalıdır. Bu yaklaşımını Hindistan'da bahsedilen yıllarda bile ateş yakmak için gereken enerjinin inek gübresinden sağlandığını vurgulayarak; Hintliler'in kendileri için kutsal olan bu hayvanın kendi kültür ve yaşamlarının ayrılmaz bir parçası olduğunu ama toplumları için daha da iyisinin, hidroelektrik güç ve inek gübresi kombini olacağını savunarak açıklamaya çalışmıştır. Bu öneri özetle bir eski – yeni simbiosisidir ve Yaşam Çağı'ndan beklenen budur (Kurokowa, 2001).

Başlangıçtan bu noktaya kadar savunulmuş olan mimari tasarım sürecinin insana dair ve insansı, hatta manuel bir süreç olduğu yaklaşımı; teknolojik gelişmelerin mimari tasarım süreçlerine dahil olması ile gerçekleşen kazanımlarla da birlikte ele alındığında; bu eski-yeni arasında bir simbiosis yaratmak sorgulanan konunun her bakımdan daha iyi bir noktaya varmasını sağlayacaktır.

BIM tabanlı oluşturulan mimari tasarımların, ilgili yapı üretimi evresinde risk yönetimine sağladığı avantajlar ve yarattığı zorluklar göz önüne alındığında, BIM; tüm süreçleri daha kontrol edilebilir kılmaktadır. Doğru şekilde kullanımı mümkün olduğunda, BIM'in en önemli özelliği olan eş zamanlı çalışabilirlik sayesinde süreçler çok daha kısa sürelerde tamamlanacak ve riskler indirgenmiş olacaktır.

Dikkate alınması gereken nokta, insanın yaratmış olduğu yapay zekanın insan aklının yerini alamayacağı; Yürekli'nin (2010) bir insan etkinliği olarak tanımladığı mimarlığın, bir insan etkinliği olarak kalması gerektiğidir. Aksi durumda, belki de teknolojik yeni yaklaşımlar tarafından tasarlanan yapılar, *drone* işçiler tarafından uygulanacak ve mimarlık artık *mimar* gerektirmeyen bir olgu haline gelecektir.

İlgili araştırma, BIM kullanımının mimari tasarım evresinde risk yönetimine olan etkileri hakkında kullanıcılara ışık tutmayı amaçlamış, söz konusu literatüre katkı sağlayarak mimari tasarım evresinde BIM kullanımı konusunda kavramsal altyapı çalışmalarına katkı sağlamıştır.

A

Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Proje Risk Yönetimine Sağladığı Avantajlar

Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Proje Risk Yönetimine Sağladığı Avantajlar

Literatür Tarama / Firma Deneyimi Karşılaştırma Tablosu

KAYNAK REF.	İLGİLİ TEMA *(literatür taramaya göre oluşturulan içerik analizi tablosuna uygun olacak şekilde hazırlanmıştır)*	GENEL DEĞERLENDİRME	SEÇİLEN PROJE İÇİN DEĞERLENDİRME
	MODEL - TASARIM -PROJE DETAY		
01-04-07-08-09	Görsel model yanında veri modeli oluşturma yeteneği	☐	☐
02-15	Görsel model ile projeler arasında tutarlılık	☐	☐
13	Karmaşık yapıları modelleme ve detaylandırma yeteneği	☐	☐
02	Projeler arası tutarlılık (plan - kesit - görünüş - sistem kesitleri - nokta detaylar)	☐	☐
01-03-13-15	Eksik ve/veya yanlış projelendirme risklerinin önceden tespit edilebilmesi	☐	☐
02-03-15	Proje çakışmalarının erken tespiti (mekanik - elektrik - mimari - strüktürel)	☐	☐
13	Sürekli değerlendirme ve bilgi kontrolü	☐	☐
05	Projenin hiçbir noktasında çözülmemiş herhangi bir nokta detay kalmaması	☐	☐
01	Daha gelişmiş tasarımlar	☐	☐
03-08	Daha iyi tasarımlar	☐	☐
13	Daha gerçekçi tasarımlar	☐	☐
07	Daha kaliteli projeler	☐	☐
02-13-15	Parametrik nesneler dolayısıyla daha kolay koordine edilebilen revizyonlar	☐	☐
10	Proje ihtiyaçlarını modele işleyebilme	☐	☐
15	Farklı tasarım seçenekleri arasında doğru karar verme	☐	☐
	DİSİPLİNLER ARASI KOORDİNASYON		
01-05-07-13	Farklı disiplinlerin aynı model üzerinden eş zamanlı çalışabilmesi	☐	☐
06-07-13-15	Disiplinler arası daha iyi ve etkili iletişim / koordinasyon	☐	☐
01-07	Paydaşlar tarafından daha kolay anlaşılan projeler	☐	☐
03-09	Kod kontrolleri (farklı disiplinler arası koordinasyon için)	☐	☐
	PROJE ANALİZLERİ		
01-02-13-15	Tüm yapı analizlerinin projelendirme sürecinde gerçekleştirilebilmesi (karbon emisyonu, su kullanımı, gölgelendirme, akustik)	☐	☐
	MALİYET		
02-04-07-12	Doğru maliyet tahminleri	☐	☐
03-15	Gerçekçi maliyet tahminleri	☐	☐
04-13-15	Model üzerinden doğru hazırlanan keşifler	☐	☐
06-12-13-15	Daha iyi maliyet performansı (azalan maliyetler)	☐	☐
	ZAMAN		
05	Proje üzerinden hemen fark edilerek müdahale edilen hata ve revizyonlar dolayısıyla daha hızlı tamamlanan proje süreçleri	☐	☐
01-06-07-12-13-15	Daha verimli projelendirme süreçleri	☐	☐
08	Daha kolay organize edilen zaman	☐	☐
13	Daha doğru organize edilen zaman	☐	☐
07	İş tekrarlarının önüne geçilmesi	☐	☐
	RİSK YÖNETİMİ		
06	Daha iyi sınıflandırılmış riskler	☐	☐
08	Risk organizasyonu kolaylığı	☐	☐
	LİDERLİK		
10	Etkili liderlik sağlaması	☐	☐
	SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK		
13-15	Kolaylaşan yeşil bina uygulamaları	☐	☐
15	Sürdürülebilirlik için gerekli analizlere yazılım içi uygulama imkanı	☐	☐

Turuncu ile işaretli olan tespitler, literatüre göre BIM ile oluşturulmuş projelerin Risk Yönetimi'ne en çok katkı sağladığı konulardır.

B

Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Proje Risk Yönetiminde Neden Olduğu Zorluklar

Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Proje Risk Yönetiminde Neden Olduğu Dezavantajlar

Literatür Tarama / Firma Deneyimi Karşılaştırma Tablosu

KAYNAK REF.	İLGİLİ TEMA *(literatür taramaya göre oluşturulan içerik analizi tablosuna uygun olacak şekilde hazırlanmıştır)*	GENEL DEĞERLENDİRME	SEÇİLEN PROJE İÇİN DEĞERLENDİRME
	MODEL - TASARIM -PROJE DETAY		
01-02	Modele işlenen fazla bilgi dolayısıyla ortaya çıkan bilgi karmaşası	☐	☐
03	Tasarımlara ait teknik veri girişi eksikliği	☐	☐
07	Yetersiz veri işlenmiş model	☐	☐
06-10	Yapı elemanlarına ait nitelikli veri tabanı eksikliği	☐	☐
11	Revizyonların projeye yanlış adapte edilmesi	☐	☐
13	Veri tabanı üzerinden çalışma zorluğu	☐	☐
14-15	Modele işlenmiş bilgilerin güvenirliği/ kontrol edilememesi	☐	☐
	DİSİPLİNLER ARASI KOORDİNASYON		
06	İşbirliği aksaklıkları	☐	☐
11	Paydaşlar arası bilgi boşlukları	☐	☐
11	Düşük seviyeli bilgi aktarımları	☐	☐
14	BIM'e entegre edilen programlar arası zayıf koordinasyon	☐	☐
15	Farklı disiplinler arası güvensizlik	☐	☐
15	Farklı disiplinlerdeki yetkililerin yapı modeline ulaşım yetkilerinin farklı olması	☐	☐
	PROJE ANALİZLERİ		
15	Analiz sistemlerinin otomatik olmaması	☐	☐
	MALİYET		
01	BIM ve maliyet uygulamaları arasındaki veri akışının çift yönlü olmaması	☐	☐
02-04	5D uygulamalarının zaman zaman doğru veri sağlayamaması	☐	☐
		☐	☐
		☐	☐
	ZAMAN		
02	4D uygulamalarının zaman zaman doğru veri sağlayamaması	☐	☐
	LİDERLİK		
05	Üst düzey yönetimden liderlik deteği alınamaması	☐	☐
07	Değişim yönetimi zorlukları	☐	☐
08	Sistematik olmayan iş bölümleri	☐	☐
14	Strateji eksikliği	☐	☐
	KULLANICI SORUNLARI		
01-06-10-12	BIM'in sağladığı tüm avantajlar için farklı uygulama alt yapıları gerekmesi	☐	☐
01-06-12	Kullanıcıların yeni teknolojilere adaptasyonda çektiği sıkıntılar	☐	☐
03	Modele kullanıcı kaynaklı eksik veri girilmesi	☐	☐
04-05-06-07-14	Standartlara ait kullanım kılavuzu eksikliği	☐	☐
04	Hatasız proje girdi-çıktıları için uzmana ihtiyaç duyulması	☐	☐
05-12	Tecrübe eksikliği	☐	☐
06	Teknik karmaşıklıklar	☐	☐
06-07-14	Nitelikli personel eksikliği	☐	☐
09	İnsan faktörünün test edilememesi	☐	☐
13	Bulanıklaşan sorumluluk seviyeleri	☐	☐
	KANUN VE DÜZENLEMELER		
05	Kanunlara dayalı kısıtlamaların BIM'e işlenemiyor oluşu	☐	☐
06	Teknik şartnamelerin BIM'e yüklenemiyor olması	☐	☐
13	Çevrimiçi yetkisiz erişim ihtimali ve devamında telif hakkı ihlali olasılığı	☐	☐
13-14	Model verilerinin dışarıdan alınması sebepli lisans sorunları	☐	☐

Turuncu ile işaretli olan tespitler, literatüre göre BIM ile oluşturulmuş projelerin Risk Yönetimi'ne en çok katkı sağladığı konulardır.
Yeşil ile işaretli olan tespitler, BIM'in yarattığı en büyük tehdit olarak görülen LACK OF HUMAN TESTING özelliğine bağlanmaktadır.

C

Mimari Tasarım Sürecinde BIM Tabanlı Risk Yönetimi Literatür Tarama

NO	Veri Tabanı	Yazar(-lar) /Yıl	Yazı Başlığı	Yayın Adı	SY	KY	Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetimine Sağladığı Avantajlar	Mimari Tasarım Sürecinde BIM Kullanımının Risk Yönetiminde Yol Açtığı Zorluklar
01	Scribd	Sabol, L. (2008b)	Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling	*IFMA World Workplace*		x	- Görselleştirme yanında veri modeli oluşturma yeteneği - Farklı disiplinlerin eş zamanlı çalışabilmesi - Yapıya ait tüm analizlerinin projelendirme aşamasında yapılabilmesi - Paydaşların tarafından daha kolay anlaşılan projeler - Eksik veya yanlış projelendirme risklerinin önceden tespit edilebilmesi - Daha verimli projelendirme süreçleri	- Modele işlenen fazla bilgi dolayısıyla ortaya çıkan bilgi karmaşası - BIM ve maliyet uygulamaları arasındaki veri akışının çift yönlü olmaması (Maliyet için kullanılan eklentilerin BIM modelinde revizyon ve güncelleme yapamaması) - BIM'in sağladığı tüm avantajlar için farklı ve kompleks yeni yazılımlara ihtiyaç duyulması - Kullanıcıların yeni teknolojilere adaptasyonda çektiği zorluklar
02	Research Gate	Boon, J. (2009).	Preparing for The BIM Revolution	*13th Pacific Association of Quantity Surveyors Congress*		x	- Gelişmiş tasarımlar - Görselleştirme ve projelerde tutarlılık - Farklı çizimler (planlar, görünüşler, nokta detaylar) arasında tutarlılık - Parametrik nesneler dolayısıyla daha kolay kontrol edilebilen tasarım değişiklileri - Önceden tespit edilebilen proje çakışmaları - Detaylı yapı analizleri (karbon emisyonu, su kullanımı, gölgelendirme, akustik vb.) - Doğru maliyet tahminleri	- Modele işlenen fazla bilgiye engel olamama - 4D ve 5D model özelliklerinin zaman zaman doğru veri sağlayamaması
03	ASCE Library	Azhar, S. (2011).	Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry	*Leadership and Management in Engineering*	x		- Görselleştirme ve üretim/uygulama projesi uyumluluğu - Kod kontrolleri (farklı disiplinler arası koordinasyonlar için) - Daha gerçekçi maliyet tahminleri - Farklı disiplinlere ait çakışmaların tespiti (mekanik borular ve kirişler gibi) - Daha iyi tasarımlar	- Tasarımlara ait teknik veri girişi eksikliği - Maliyet ve zamanlamaya yönelik veri girişi eksiklikleri
04	Research Gate	Monterio, A. ve Martins, J. P. (2012).	BIM modeling For contractors – improving model takeoffs	*CIB W078 29th International Conference on Applications of it in the AEC Industry*		x	- Modele işlenen bilgilerle daha kolay ilerleyen süreçler - Yapı elemanlarına ait metraj ve adetlerin model üzerinden belirlenebilmesi - Doğru maliyet tahminleri	- Standartlara ait kılavuz eksikliği - Tam bir maliyet tahmini yapamama - Proje girdi ve çıktılarının hatasız kontrolü için uzmana ihtiyaç duyulması
05	Science Direct	Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., Ustinovichius, L. (2013).	The Benefits Obstacles and Problems of Practical BIM Implementation	*Procedia Engineering*	x		- Tüm disiplinlerin tek bir modelle çalışabiliyor olmasının sağladığı koordinasyon kolaylığı - Anında müdahale edilebilen projeler sayesinde %20 zaman tasarrufu - Projede çözülmemiş detaylardan kaynaklanan uygulama gecikmelerinin önüne geçilmesi	- Tecrübe eksikliği - Üst düzey liderlikten destek alınamaması - BIM standartları ve kuralları hakkında bilgi eksikliği - Belirli ülke ve bölgelerde bulunan kanunlara dayalı kısıtlamalar
06	Science Direct	Chien, K.-F., Wu, Z.-H. and Huang, S.-C. (2014).	Identifying and Assessing Critical Risk Factors for BIM Projects: Empirical Study	*ICCREM 2014: Smart Construction and Management in the Context of New Technology*		x	- Risklerin daha iyi sınıflandırılabilmesi - Maliyetlerin azalması - Daha iyi planlanan süreçler - Disiplinler arası daha verimli iletişim	- Teknik şartnamelerin sisteme yüklenememesi - İşbirliği aksaklıkları - Sürekli değişen sistem gereksinimleri - Yeni teknolojiye ayak uydurmada yaşanan zorluklar - Teknik karmaşıklıklar - Yapı elemanlarına ait bilgilerin veri tabanında bulunmaması - Vasıflı personel eksikliği - BIM standartları eksiklikleri
07	Research Gate	Dantas Filho, J. B. P., Guedes, J. P., ve Cândido, L. F. (2014).	BIM Platform with Coworking Design Process Benefits	*40th IAHS World Congress on Housing Sustainable Housing Construction*		x	- Daha etkili koordinasyon - Daha etkili iletişim - Görselleştirme desteği - Daha doğru maliyet hesapları - Daha doğru hazırlanan zaman çizelgeleri - Daha kaliteli projeler - Daha anlaşılır projeler dolayısıyla azalan anlaşmazlıklar - Neredeyse tamamen ortadan kalkan iş tekrarları	- Nitelikli personel eksikliği - BIM standartlarının eksikliği - Yetersiz veri işlenmiş model - Değişim yönetimi zorlukları

08	ASCE Library	Wu, H., Sun, C. ve Li, T. (2014).	Study on the Structure of Risk Management Framework Based on BIM	*Automation in Construction*	x	- Zaman organizasyonundaki kolaylıklar - Mantıksal risk organizasyonu (risk tanımlama, değerlendirme, izleme ve müdahale) kolaylığı - Yapı modeli için gerekli bilgi birikimi konusunda örgütlenme kolaylığı - Daha kaliteli tasarımlar	- BIM işlevlerinin sistematik olmayan şekilde bölümlenmesi
09	Research Gate	Zou, Y., Kiviniemi, A. ve Jones, S. W. (2015).	BIM - Based Risk Management: Challenges and Opportunities	*32nd CIB W78 Conference*	x	- Hem mekânsal görselleştirme hem de dinamik modelleme yetisi - Otomatik kural kontrolü sistemi erişilebilirliği	- İnsan faktörünün test edilememesi (beşeri hata kontrol eksikliği)
10	Scopus	Ozorhon, B. ve Karahan, U. (2016).	Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation	*Journal of Management in Engineering*	x	- Müşteri gereksinimi veri girişleri ile ihtiyaca yönelik tasarımların yapılabilmesi - Etkili liderlik sağlanması	- BIM için kullanılacak olan nitelikli veri tabanı eksikliği - Bilgi ve teknoloji eksikliği
11	Scopus	Li, C. Z., vd. (2017).	Integrating RFID and BIM technologies for mitigating risks and improving schedule performance of prefabricated house construction	*Journal of Cleaner Production*	x	*Kaynakta yalnızca zorluklardan bahsedilmiştir.	- Paydaşlar, teknolojiler ve süreçler arasındaki bilgi boşlukları - Tasarım revizyonlarının projeye doğru adapte edilememesi - Farklı kurumsal kaynak birimleri arasındaki düşük seviyeli bilgi aktarımları
12	Taylor & Francis Group	Smits, W., Buiten, M. ve Hartmann, T. (2017).	Yield-to-BIM: impacts of BIM maturity on project performance	*Building Research & Information*	x	- Doğru oluşturulan maliyet planlama - Doğru oluşturulan zaman çizelgeleri - İyileştirilmiş maliyet performansı	- Doğru çıktı için doğru teknolojiyi kullanmada yaşanan zorluklar - Yeni teknolojiye adaptasyon süreçleri - Süreç ve bilgi olgunluğunda yetersizlik
13	Science Direct	Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Azhar, S., Efimova, O., ve Raahemifar, K. (2017).	Building Information Modeling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges	*Renewable and Sustainable Energy Reviews*	x	- Disiplinler arası birlikte çalışabilirlik - Aktörler arası kolaylaşan bilgi alışverişi - Artan üretkenlik - Tasarım değişikliklerinin daha kolay uygulanabilirliği - Yapıya ait tüm teknik analizlerin tek bir model üzerinden yapılabilmesi - Yapı malzemeleri ve bileşenleri için doğru miktarların hesaplanmasına bağlı olarak doğru hazırlanan keşifler - İnşaat süreci simülasyonu ve satın alma süreci çakışmaları ile daha doğru oluşturulmuş zaman çizelgeleri - Karmaşık yapıları modelleme ve detaylandırma kabiliyeti - Azalan dokümantasyon hataları - Planlama ve fizibilite çalışmalarına uygunluk - Daha gerçekçi tasarımlar - Sürekli değerlendirme ve bilgi kontrolü - Daha verimli, daha uygun maliyetli ve sürdürülebilir projeler	- Proje verileri ekip üyeleri için erişilebilir olduğundan, çevrimiçi yetkisiz erişim ve telif hakkı ihlali olasılığı - Veri tabanı üzerinden çalışma sistemine adaptasyon zorluğu - Bulanıklaşan sorumluluk seviyeleri - Dışarıdan sağlanan model verileri dolayısıyla yaşanma ihtimali olan lisans sorunları
14		Ademci, E. ve Gundes, S. (2018).	Review of Studies on BIM Adoption in AEC Industry	*5th International Project and Construction Management Conference (IPCMC 2018)*	x	- Gelişmiş bilgi paylaşımı - Proje koordinasyon ve işbirliği kolaylığı	- Eğitimli profesyonellere duyulan ihtiyaç - BIM'e entegre edilebilen yazılımlar arasında zayıf koordinasyon - Endüstri standartları eksiklikleri - Endüstri stratejileri eksikliği - Modele işlenen bilgilerin güvenilirlik sorunu - Modele işlenen verilerin telif hakkı sorunu
15	Taylor & Francis Group	Raouf, A. M. I. ve Al-Ghamdi, Sami G. (2019).	Building information modeling and green buildings: challenges and opportunities	*Architectural Engineering and Design Management*	x	- 3D görselleştirme ile uygulama çizimlerinin tutarlılığı - Dinamik modelleme yeteneği - Disiplinler arası oluşturulan daha verimli iletişim ortamı - Daha verimli planlanan süreçler - Daha gerçekçi bütçe tahminleri - Daha doğru maliyet hesapları ile daha az israf - Farkı tasarım seçenekleri arasında daha doğru karar verme - Tasarım hatalarının erken tespiti - Revizyonların tüm disiplinlere ait çıktılara eş zamanlı işlenebilme yeteneği - Yapıya ait teknik analizlerin yapılabilmesi - Tasarımda disiplinler arası çakışmaların engellenmesi - Daha tutarlı keşif, metraj ve teklifler oluşturulması - Yeşil teknoloji uygulamalarının bina içi değerlendirmelerinin mümkün kılınması - Sürdürülebilirliği ölçmek amaçlı kullanılan analizlere imkân sağlanması	- Modele işlenen verilerin güvenilirlik olması - Teknik analiz sistemlerinin otomatik olmaması - İşbirliği içinde olan farklı disiplinler arası güvensizlik - Farklı disiplinlerdeki yetkililerin yapı modeline yeterli müdahalede bulunamıyor olması

Kaynakça

Ademci, E. ve Gundes, S. (2018). "Review of Studies on BIM Adoption in AEC Industry", 5th International Project and Construction Management Conference (IPCMC2018) Proceedings (s. 1046-1055), Girne: Cyprus International University.

Akın, T. (2017). "Sendai Mediatheque Örneğinde Mimarlık, Strüktür, Tasarım Bağlamında Mimar-İnşaat Mühendisi İlişkisi", Mimarlık Dergisi, 394, s. 45-49.

Anonim, (2002). Erişim adresi: https://eksisozluk.com/entry/1538979.

Arayici, Y. ve Coates, P. (2012). "A System Engineering Perspective to Knowledge Transfer: A Case Study Approach of BIM Adoption", Virtual reality-Human computer interaction, X.-X. Tan, ed., InTech, Rijeka, Crotia, s. 179-206.

Azhar, S. (2011). "Building Information Modeling (BIM): Trends, Benefits, Risks, and Challenges for the AEC Industry", Leadership and Management in Engineering, 11(3), s.241-252.

BCA (Building and Construction Authority) (2013). Singapore BIM guide: version 2, Singapore, https://www.corenet.gov.sg/media/586132/Singapore-BIM-Guide_V2.pdf, Erişim: 02.06.2019.

Berelson, B. (1952). *Content analysis in communication research*, Glencoe, III: Free Press.

Birgönül, M. T., Dikmen, İ. (1996). "İnşaat Projelerinin Risk Yönetimi", IMO Teknik Dergi, s. 1305-1326.

BIS (Department of Business, Innovation and Skills) (2011). "A report of the Government Construction Client Group Building Information Modelling (BIM) Working Party Strategy Paper", https://www.cdbb.cam.ac.uk/Resources /ResoucePublications/BISBIMstrategyReport.pdf, Erişim: 02.06.2019.

Bogdan, R. C. ve Biklen, S. K. (1992). *Qualitative research for education: An introduction to theory and methods*. Boston: Allyn and Bacon.

Boon, J. (2009). "Preparing for The BIM Revolution", 13th Pacific Association of Quantity Surveyors Congress (PAQS 2009), s. 33-40.

Bossmann, J. (2016). ''Top 9 Ethical Issues In Artificial Intelligence'', https://www.weforum.org/agenda/2016/10/top-10-ethical-issues-in-artificial-intelligence, Erişim: 24.09.2019.

Building Information Modeling, (2018). 6.2.2019 tarihinde WBDG: https://www.wbdg.org/building-information-modeling-bim adresinden alındı.

Burtonshaw-Gunn, S. A. (2009). *Risk and financial management in construction.* Routledge.

Carter, G. ve Smith, S. D. (2006). "Safety Hazard Identification on Construction Projects", Journal of Construction Engineering and Management, 132, s. 197-205.

Cavlı, E. E. (2010), "İnşaat Sektörünün Risk Tutumu" (Yayımlanmamış Master Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Türkiye.

Chien, K. F., Wu, Z. H. ve Huang, S. C. (2014). "Identifying and assessing critical risk factors for BIM projects: Empirical study", Automation in Construction, 45, s. 1-15.

Corbusier, L., & Merzi, S. (2001). *Bir mimarlığa doğru*. Yapı Kredi Kültür Sanat Yayınları Ticaret ve Sanayi.

Dabakoglu, F. D. ve Ercan, T. (2018). "Opportunities and Challenges of BIM-Based Risk Management in Different Phases of Building Production", 5th International Project and Construction Management Conference (IPCMC2018) Proceedings (s. 850-858), Girne: Cyprus International University.

Dantas Filho, J. B. P., Guedes, J. P., & Cândido, L. F. (2014). "BIM PLATFORM WITH COWORKING DESIGN PROCESS BENEFITS", 40th IAHS World Congress on Housing Sustainable Housing Construction. doi: 10.13140/RG.2.1.3446.2882

Davenport, T. H. (1994). ''Saving IT's soul: Human-centered information management, Harvard business review'', 72(2), 119-31.

Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI), 2011; aktaran Nikolaus, K. (2013, Ekim). ''Kendi kendini organize edebilen fabrikaların temelini atmak'', Gelecek & Trendler, s. 7-10.

Downe-Wamboldt, B. (1992). "Content analysis: method, applications, and issues", Health care for women international, 13(3), s. 313-321.

Duru, M. ve Ergül, S. (2017, Şubat 2). "Tasarımdan Uygulamaya BIM Süreci (Yapı Bilgi Modellemesi)", https://www.youtube.com/watch?v=jq4ghXd1pDE, Erişim: 19.05.2019.

Eastman, C., Lee, J., Jeong, Y. ve Lee, J. (2009). "Automatic rule-based checking of building designs", Automation in Construction, 18, s. 1011-1033.

Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R. ve Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.

Ehsan, N., Mirza, E., Alam, M. ve Ishaque, A. (2010). "Risk management in construction industry", Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 2010 3rd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology—ICCSIT, 9, s. 16-21.

Eisenhardt, K. M. (1989), "Building Theories from Case Study Research", The Academy of Management Review, 14(4), s. 532-550.

Elbeyli, Ü. (2001). *Sigorta sektöründe risk yönetimi*. Beta Yayınevi.

Engels, F. (2013). *Ütopyadan bilime sosyalizm*. Evrensel Basım Yayın.

Forsythe, P. (2014). "Proactive construction safety systems and human factor", Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Management, Procurement and Law, 167, s. 242-252.

Ganah, A. ve John, G. (2013). "Suitability of BIM for Enhancing Value on PPP Projects for The Benefit of The Public Sector", Public Private Partnership Int. Conference 2013 Body of Knowledge, Univ. Of Central Lancashire, Preston, UK., s. 347-356.

GAO (United States General Accounting Office). (1996). *Content Analysis: A Methodology for Structuring and Analyzing Written Material*.

Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., Ghaffarianhoseini, A., Naismith, N., Azhar, S., Efimova, O., & Raahemifar, K. (2017). "Building Information Modelling (BIM) uptake: Clear benefits, understanding its implementation, risks and challenges", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 75, s. 1046-1053.

Glendinning, C. (1990), ''Notes toward a neo-Luddite manifesto'', Utne Reader, 38(1), 50-3.

Goral, J. (2007). *Risk Management in the Conceptual Design Phase of Building Projects* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Chalmers University of Technology, Göteborg, İsveç.

Grilo, A. ve Jardim-Goncalves, R. (2010). "Value proposition on interoperability of BIM and collaborative working environments", Automation in Construction, 19, s. 522-530.

Gültekin, A. T. (2007). *Proje yönetimi: yapım öncesi süreci.* Ankara: Palme Yayıncılık.

İnan, N., ve Yıldırım, T. (2009). "MİMARİ TASARIM SÜRECİNDE DİSİPLİNLERARASI İLİŞKİLER VE EŞZAMANLI-DİJİTAL ORTAM TASARIM OLANAKLARI", Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University, 24(4), s. 583-595.

Karabay, M. (1997). *Uluslararası inşaat sektöründe politik risk ve bulanık kümeler yardımıyla analizi için bir yöntem önerisi* (Doktora Tezi). DSpace veri tabanından ulaşılmıştır. (http://hdl.handle.net/11527/16399)

Khataei, S., Akcamete, A. ve Sonmez, R., (2018). "An Assesment of BIM Based Construction Quantity Take-Offs", 5th International Project and Construction Management Conference (IPCMC2018) Proceedings (s. 816-823), Girne: Cyprus International University.

Khosrowshahi, F. ve Arayıcı, Y. (2012). "Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry", Engineering, Construction and Architectural Management, 19(6), s. 610-635.

Komurlu, R., Dogru, M. (2018). "Risk Management in Construction Projects", 5th International Project and Construction Management Conference (IPCMC2018) Proceedings (s. 840-849), Girne: Cyprus International University.

Krippendorff, K. (1980). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Newbury Park, CA:Sage.

Kurokawa, K. (2001). *Çağdaş dünya mimarları dizisi: Kisho Kurokawa*. İstanbul: Boyut Yayın Grubu.

LaVine, L. (2001). *Mechanics and meaning in architecture*. London: University of Minnesota Press.

Leite, F., Akcamete, A., Akinci, B., Atasoy, G. ve Kiziltas, S. (2011), "Analysis of modeling effort and impact of different levels of detail in building information models", Automation in Construction, 20, s. 601-609.

Li, C.Z., Zhong, R. Y., Xue, F., Xu, G., Chen, K., Huang, G. G., Shen, G. Q. (2017). "Integrating RFID and BIM technologies for mitigating risks and improving schedule performance of prefabricated house construction", Journal of Cleaner Production, 165, s. 1048-1062.

Lin, N. (1976). *Foundations of social research.* USA: McGraw-Hill.

Linderoth, H. (2010). "Understanding Adoption and Use of BIM as The Creation of Actor Networks", Automation in Construciton, 19(1), s. 66-72.

Lökçe, S. (2002). "Mimarlık Eğitim Programları: Mimari Tasarım ve Teknoloji ile Bütünleşme", Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17(3), s. 1-16.

McMillan, J. H. (2000). *Educational research: Fundamentals for the consumer* (3th ed.). New York: Longman.

Miettinen, R. ve Paavola, S. (2014). "Beyond the BIM utopia: Approaches to development and implementation of building information modeling", Automation in Construction(43), s. 84-91.

Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., & Ustinovichius, L. (2013). "The benefits, obstacles and problems of practical BIM implementation", Procedia Engineering, 57, s. 767-774.

Mitchell, D. (2012). "5D BIM: Creating cost certainty and better buildings", RICS COBRA 2012-the annual RICS international research conference, (s. 1-9).

Monterio, A. ve Martins, J. P. (2013). "BIM modeling For contractors – improving model takeoffs", In Proceedings of the CIB W078 29th International Conference on Applications of it in the AEC Industry, s. 17-19, Beyrut, Lübnan.

Ozorhon, B., Karahan, U. (2017). "Critical Success Factors of Building Information Modeling Implementation", Journal of Management in Engineering, 33(3).

Özdoğan, O. (2017). *Endüstri 4.0: Dördüncü sanayi devrimi ve endüstriyel dönüşümün anahtarları*. İstanbul: Pusula.

Özorhon, B. (2018). *Yapı bilgi modellemesi building information modelling İBB anadolu yakası raylı sistem projeleri*. İstanbul: Abaküs.

Öztuna, B. (2017). *Endüstri 4.0 dördüncü sanayi devrimi ile çalışma yaşamının geleceği*. Ankara: Gece Kitaplığı.

Pamur, N. S., & Soysal, M. (2018). Yeni Sanayi Devrimi Endüstri 4.0 Üzerine Bir inceleme, Verimlilik Dergisi, (1), s. 41-66.

Papageorge, T.E. (1988). *Risk management for building professionals*. Kingston: R. S. Means Company, Inc.

Raouf, A. M. ve Al-Ghamdi, S. G. (2019). "Building information modelling and green buildings: challenges and opportunities", Architectural Engineering and Design Management, 15(1), s. 1-28.

Reed, W. G. ve Gordon, E. B. (2000). "Integrated design and building process: what research and methodologies are needed?", Building Research & Information, 28(5-6), s. 325-337.

Renn, O. (1998). "The role of risk communication and public dialogue for improving risk management", Risk Decision and Policy, 3, s. 5-30.

Sabol, L. (2008a). "Building Information Modeling & Facility Management", Design + Construction Strategies, Dallas, Tex., USA.

*Sabol, L. (2008b). "Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling", IFMA World Workplace, s. 1-16.

Schon, D. (1983). ''The Reflective Practitioner Basic Books'', Inc. NY., s.21.

Smits, W., Buiten, M. ve Hartmann, T. (2017). "Yield-to-BIM: impacts of BIM maturity on project performance", Building Research & Information, 45(3), s. 336-346.

Succar, B., Sher, W. ve Williams, A. (2013). "An Integrated Approach to BIM Competency Assesment, Acquisiton and Application", Automation in Construction, 35(1), s. 174-189.

Türk Dil Kurumu (TDK). 06.07.2019 tarihinde http://sozluk.gov.tr/ adresinden alındı.

Terreno, S., Anumba, C. J. ve Dubler, C. (2016). "BIM-Based Risk Management of Building Operations", Construction Research Congress (ASCE), s. 1855-1865.

Togay, N. (2002). Louis I. Kahn ve Tarih, İstanbul: Boyut Yayın Grubu.

Uralcan, G. Ş. (2011). Temel sigorta bilgileri ve sigorta sektörünün yapısal analizi (Vol. 20). Hiperlink eğit. ilet. yay. san. tic. ve ltd. sti.

Vural-Cutts, A. (2018). ‘‘Teknoloji Etkisi’’, XXI, Mayıs 2018.

Weber, R. P. (1990). “Basic Content Analysis”, 2nd ed, Newbury Park, CA.

Wu, H., Sun, C. ve Li, T. (2014). “Study on the Structure of Risk Management Framework Based on BIM”, ICCREM 2014: Smart Construction and Management in the Context of New Technology.

Yıldırım, A., ve Şimşek, H. (2005). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Yılmaz, E. M. (2019). Gijs van der Velden (MX3D) Konferansı: ‘‘Robotik Tasarım-Dijital Tasarım Döngüsünün Bitişi’’, http://www.arkitera.com/etkinlik/gijs-van-der-velden-mx3d-konferansi-robotik-tasarim-dijital-tasarim-dongusunun-bitisi/, Erişim: 24.09.2019.

Yürekli, F. (2010). *Mimarlık Mimarlığımız.* İstanbul: YEM.

Zhang, J. P., ve Hu, Z. Z. (2011). “BIM- and 4D-based integrated solution of analysis and maangement for conflicts and structural safety problems during construction: 1. Principles and methodoligies”, Automation in Construction(20), s. 155-166.

Zhang, S. J., Teizer, J., Lee, J. K., Eastman, C. M. ve Venugopal, M. (2013). “Building Information Modeling (BIM) and Safety: Automatic Safety Checking and Construction Models and Schedules”, Automation in Construction, 29, s. 183-195.

Zou, Y., Kiviniemi, A. ve Jones, S. W. (2015). “BIM-Based Risk Management: Challenges and Opportunities”, 32nd CIB W78 Conference (s. 847-855), Eindhoven, Hollanda.

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: pcmc2018@ciu.edu.tr

Konferans Bildirileri

1. Dabakoglu, F. D. ve Ercan, T. (2018). "Opportunities and Challenges of BIM-Based Risk Management in Different Phases of Building Production", 5th International Project and Construction Management Conference (IPCMC2018) Proceedings. s. 850-858, Girne: Cyprus International University.