



YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (YBM) UYGULAMA PLANI ÜZERİNE İNCELEME

Şenay ATABAY*, Mehmet Baki ÖZTÜRK

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Yapı bilgi modellemesi,
YBM,
Uygulama planı,
Proje yönetimi.

Öz

Yapım firmaları ayakta kalabilmek için proje yönetimi ve planlamasını çok iyi yapmalıdır. Bu yönetim süreci içerisinde disiplinler arası iletişim ve koordinasyon eksikliğinden kaynaklanacak her türlü aksamanın, firma, devlet kurumları ve dolayısıyla milli ekonomi üzerinde olumsuz etki oluşturması kaçınılmazdır. Bu sorunların aşılması için disiplinler arası koordinasyonu kolaylaştıracak teknikler kullanılmalıdır. Bu kapsamda, ülkemizde de kullanımı yaygınlaşmakta olan Yapı Bilgi Modellemesi- YBM (Building Information Modeling- BIM) sistemi oldukça verimli bir araç olarak uygulanmaktadır. Uluslararası projelerde iş yapan Türk firmalar projelerinde YBM tecrübesi kazanmış olsalar da bu tecrübeye sahip firma oranı düşüktür. Son yıllarda yerli sözleşmelerde YBM yer almaya başlamıştır. Sözleşmeler ile oluşan YBM talebi, firmaların YBM tecrübelerini artırmaya başlamıştır, ancak, YBM sisteminin uygulanmasında bazı problemler ortaya çıkabilmektedir. Bu çalışmada, örnek bir proje üzerinde, YBM uygulama planının Türkiye şartlarına uygun olabilecek süreçleri ortaya konmaya çalışılmış ve süreçlerin detay seviyeleri, koordinasyon şekli, alt yapı için gerekli öncüller ve model planlamaları oluşturulmuştur.

INVESTIGATION ON THE APPLICATION PLAN FOR BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

Keywords

Building information
Modelling,
BIM,
Implementation plan,
Project management.

Abstract

Construction companies should make project management and planning very well in order to survive. It is inevitable that any obstacles that arise from the lack of communication and coordination among the disciplines in this management process will have a negative effect on the companies, the state institutions and therefore the national economy. Techniques to facilitate interdisciplinary coordination should be used to overcome these problems. In this context, the Building Information Modeling (BIM) system, which is becoming widely used in our country, is implemented as a very efficient tool. Even though Turkish companies that work in international projects have gained BIM experience in their projects, the rate of companies with this experience is low. In recent years, BIM has started to take place in domestic contracts. BIM requests formed by contracts have started to increase the BIM experience of companies, but problems sometimes arise in the implementation of the BIM system. In this study, on a sample project, it was tried to reveal the processes of BIM implementation that may be suitable to conditions in Turkey and detail levels of the process, the type of coordination, necessary premises and model planning for infrastructure were created.

Alıntı / Cite

Atabay, Ş., Öztürk, M.B., (2019). Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) Uygulama Planı Üzerine İnceleme, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(2), 418-430.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

Ş. Atabay, 0000-0003-0151-5498
M.B. Öztürk, 0000-0002-2414-9649

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	06.06.2018
Revizyon Tarihi / Revision Date	13.02.2019
Kabul Tarihi / Accepted Date	14.02.2019
Yayın Tarihi / Published Date	26.06.2019

* İlgili yazar / Corresponding author: satabay@yildiz.edu.tr, +90-212-383-5259

1. Giriş

Günümüzde inşaat sektörü çok önemli değişim ve gelişimler yaşamaktadır. Bunun en önemli nedeni, inşaat projelerinin giderek daha zor yönetilen ve çok daha karmaşık hale gelen sistemleri barındırmasıdır (Alshawi ve Ingirige, 2003; Chan ve diğ., 2004; Williams, 2002). İkincisi ise proje boyutlarının eskiye oranla çok büyümesidir. Bu değişimden inşaat yönetimi de nasibini almaktadır.

İnşaat projeleri hazırlanırken, enerji analizleri, ışık/gölge simülasyonları, yeşil bina üretim metotları, sanal şantiye (visual site) teknikleri, yalıtım projeleri, akustik detaylar, otopark simülasyonları, çevresel etki değerlendirmeleri gibi pek çok parametreye ihtiyaç duyulabilmektedir. Bu bağlamda, ihtiyaçları karşılayabilmek amacıyla, teknolojiye paralel olarak enformasyon teknolojisi de gün geçtikçe gelişmektedir. YBM, proje yönetimi açısından, her yıl dikkate değer biçimde artan bir araştırma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır.

YBM, bir akıllı üç boyutlu (3B) tasarım modeli oluşturmakla başlayan ve sonra bu modeli koordinasyonu, simülasyonu ve görselleştirmeyi kolaylaştırmak için kullanılan ve aynı zamanda iş sahipleri ve hizmet sağlayıcılara bina ve altyapı planlama, tasarlama, inşa etme ve yönetmeyi geliştirmelerinde yardımcı olan bir süreçtir (Autodesk. net., 2014, E. Tarihi: 05.06.2018).

YBM, bir yapım projesinin tek bir model üzerinde pek çok parametre ile projelendirilebildiği, 3 boyutlu modelin istenilen her yerinden plan, kesit görünüş ve perspektiflerinin çıktı olarak alınabildiği, modelde yapılan değişikliklerin anında tüm çıktılara aktarabildiği bir teknolojidir.

Yapı Bilgi Modellemesini, günümüzde sadece işi kolaylaştıran bir sistem olarak görmek yeterli değildir. YBM süreci büyük çaplı projelerde artık bir ihtiyaç haline gelmiştir. Hatta İngiltere’de, ABD’de ve bazı kuzey Avrupa ülkelerinde kamu binalarında zorunlu hale getirilmiştir (Tekin, 2017). Yapı Bilgi Modelleme sistemi kurallarına uygun yönetilmesi gereken bir süreçtir.

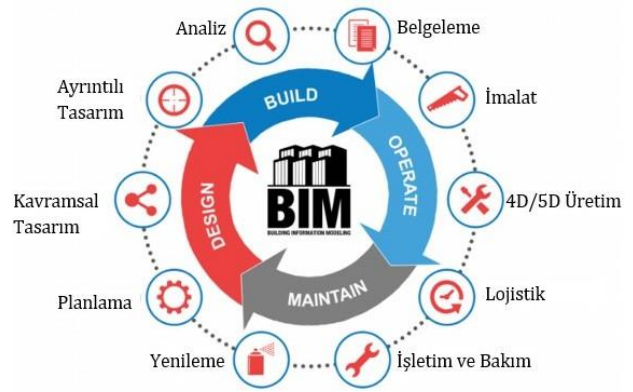
Yapı bilgi modellemesini hayata geçirebilmek için en önemli unsurlardan birisi de kuşkusuz standartların oluşturulması işlemidir. Başta Kuzey Avrupa ülkeleri olmak üzere, pek çok ülke YBM konusunda kendi standartlarının ve YBM kılavuzlarını geliştirmiştir.

Standartlar oluşturulurken, ülkenin ve uluslararası sektörün bir ihtiyacı olarak global kurumlar ve veri tabanları da ortaya çıkmıştır. Bunlardan en önemlisi; eski adıyla IAI (International Alliance for Interoperability) olan BuildingSMART, YBM bilgi değişimleri konusunda standart ve ortak veri tabanı oluşturulmasına katkı veren uluslararası bir kurum

olup amacı; yazılımlardan bağımsız olarak, geometrik verilerin yanı sıra geometrik olmayan verileri de tek bir veri tabanında tutmaktır (Türkyılmaz, 2013). Bu veri tabanı da proje yaşam döngüsünün tüm aşamalarında kullanılır.

Bu çalışmada, BuildingSMART kurumu tarafından oluşturulan standartlar esas alınarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından oluşturulan şartname ve uygulama planları öneri olarak sunulan model planlamasında kullanılmış ve bu modelin bir istasyon projesine nasıl uygulanacağı konusunda örnek bir çalışma hazırlanmıştır. Çalışma, yazarlardan birinin de uygulamasında yer aldığı gerçek bir projeden alınmıştır.

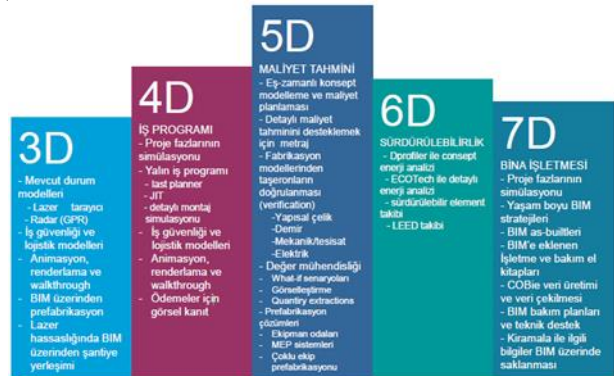
2. Yapı Bilgi Modellemesi



Şekil 1. YBM Süreçleri (Dortek, 2018)

Yapı bilgi modellemesi, bilgi teknolojilerinin yapı sektörüne uyarlanarak 3B parametrik ve nesne tabanlı model oluşturulmasına, modellere zaman verisi girilmesine, nesnelere maliyet verisi yüklenmesine verilen addır.

Şekil 1’de YBM’nin proje süreçlerindeki kullanım alanları verilmiştir. Şekil 2’de görüldüğü üzere YBM birçok disiplini içinde barındırabilir, aynı anda yönetilebilir.



Şekil 2. YBM boyutları (Pehlevan, E.E., Kazado, D., 2018)

YBM, kısa bir süre öncesine kadar az sayıda firma tarafından bilinen ve uygulanan bir sistem iken, günümüzde, rapido ve "T" cetvelleriyle yapılan proje çizimlerinden, bilgisayar destekli tasarıma geçişten sonra, en yaygın ve hızlı gelişen; mühendislik, inşaat yönetimi, planlama ve koordinasyon aracı olmuştur (Azhar ve diğ., 2012).

YBM, ihtiyaç halinde, yapının yaşamı boyunca gerek duyduğu sayısal bilgiyi içeren proje verisini ve tasarımını yönetebilen bir metottur. Üç boyutlu nesne tabanlı veri sistemi olan; oluşturarak, depolayarak, yöneterek ve değiştirerek yapı enformasyonunu paylaşabilen bir süreçtir (Vanlande ve diğ., 2008, Mihindu ve Arayıcı, 2008). Geleneksel 2 boyutlu (2B) proje teslim yöntemiyle karşılaştırıldığında YBM, süratle ve etkin bir şekilde aktarılabilen, tümü ya da istenilen kısmı kolaylıkla çıkarılabilen sayısız sayısal bilgi dağarcığıdır (Porwal ve Hewage, 2013).

2.1. Yapı Bilgi Modellemesi'nin kullanım alanları

Yapı Bilgi Modeli aşağıdaki amaçlar için kullanılabilir (Forbes ve Ahmed, 2011):

- *Görselleştirme*: 3B kaplamalar kolayca oluşturulabilir.
- *Üretim / İşyeri Çizimleri*: Çeşitli yapı sistemleri için iş yeri çizimlerini oluşturmak kolaydır. Örneğin, model tamamladıktan sonra metal levha boru tesisatı çizimleri kolayca oluşturulabilir.
- *Otomatik Üretim*: Teknolojik açıdan gelişmiş tedarikçileri içeren projelerde, YBM dosyalarından elde edilen veriler sayısal kontrollü imalat malzemesine girdi olarak kullanılabilir.
- *Yönetmeliğe İlişkin Değerlendirmeler*: İtfaiye ve diğer yetkililer bu modeli yapı projelerinin kendileri ile ilgili kısımlarını gözden geçirmeleri için kullanabilirler.
- *Adli Analiz*: YBM, potansiyel arızaları, sızıntıları, tahliye planlarını gibi unsurları grafiksel olarak göstermeye kolayca adapte edilebilir.
- *Tesis Yönetimi*: Tesis yönetimi bölümleri YBM'i tadilat, mekan planlama ve bakım onarım işlemleri için kullanabilir.
- *Maliyet Hesabı*: YBM yazılımları maliyet hesabı özelliği ile oluşturulmuştur. Modelde herhangi bir değişiklik yapıldığında malzeme miktarları otomatik olarak algılanır ve değiştirilir.
- *Yapı Dizisi*: YBM modeli malzeme siparişi, imalat ve bütün bina ürünleri için teslimat programları oluşturmada etkin olarak kullanılabilir.
- *Uyuşmazlık, Müdahale ve Çakışma Araştırması*: YBM modelleri 3B mekânda ölçekli olarak üretilmektedir. Bütün büyük sistemler etkileşim için görsel olarak kontrol edilebilmelidir. Bu süreçte çelik kirişler,

kanallar ve duvarlar ile boru sisteminin keşişmesi kontrol edilebilir.

Yapı Bilgi Modelleme tasarım sürecinden bina işletimine kadar çok geniş bir çerçevede binanın tüm varlık döngüsü içinde kullanılabilir. Bu kullanımı başlıca dört başlıkta toplamak mümkündür:

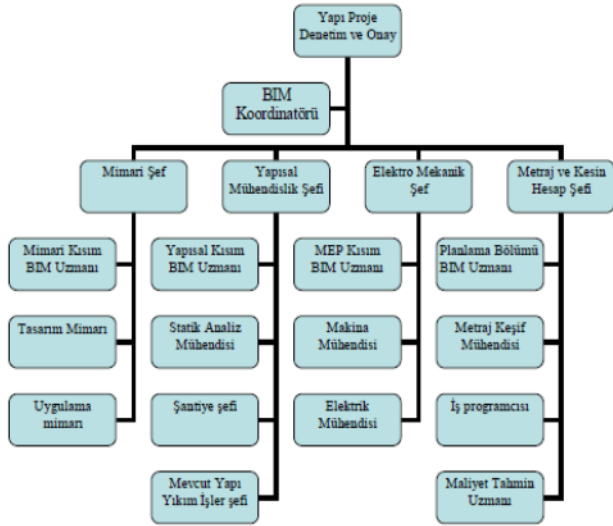
- *Tasarım Sürecinde kullanım*: Fizibilite sonrası sisteme eklenecek belediye evrakları, ihtiyaç listesi, avan proje tasarımı, kesin proje tasarımı, statik-elektrik-mekanik projeleri vb...
- *Çevresel Analizlerde kullanım*: Işık analizi, ısı yalıtım analizi vb...
- *Bina Yapım Sürecinde kullanım*: Malzeme tedariki, revizyon kontrolü, depolama kontrolü vb...
- *Bina İşletiminde kullanım*: Arıza tespiti, revizyon kontrolü, yıkım vb... (Ofloğlu, 2009).

3. YBM Sistemi Model Planlaması

3.1. YBM Proje Ekibi ve Sorumlulukları

YBM yönergesinde olması gereken önemli bir başlık da YBM modelin analizlerinin ve kontrollerinin nasıl yönetileceğidir. Dünya'nın pek çok yerinde olduğu gibi Türkiye'de de klasik yapım yöntemi anlayışında, küçük inşaatlar için 'şantiye şefi' daha büyük inşaatlar için ise 'proje müdürlüğü', 'teknik ofis şefliği', 'tasarım şefliği' gibi yönetici kavramları türetilmiştir.

YBM yeni bir proje yönetim modelini ortaya koyduğu için, süreci yönetecek, teknolojiye hakim yeni bir yönetici tanımlamasına ihtiyaç duymaktadır. Batı'daki YBM mevzuatlarından "YBM manager veya YBM coordinator" (YBM müdürü/ koordinatörü) olarak tanımlanan kavramın YBM modeli üretilerek yapılacak bir yapım projesinde olması gerekmektedir. Bu unvanı alacak kişinin YBM tabanlı bir programı çok iyi seviyede bilmesi, YBM ile koordinasyonu tam anlamıyla uygulayabilmesi ve YBM'e bağlı analizleri yorumlayabilecek kabiliyette olması beklenmektedir. "YBM koordinatörü" yanında "YBM mühendisi", "YBM tasarımcısı" ya da "YBM uzmanı" gibi unvanlar da YBM koordinatörü altındaki organizasyon şemasında olabilir (Şekil 3).



Şekil 3. BIM Uygulama Planı Örnek Organizasyon Şeması (Akkoyunlu, 2015)

YBM ekibi aşağıdaki konulardan sorumlu olmalıdır:

- Talep edilen tüm pafta, rapor ve dokümanlarını hazırlanması,
- Talep edilen dosya isimlendirmesi, pafta isimlendirmesi ve CAD-YBM teslim yöntemlerindeki tüm gereksinimleri yerine getirme,
- Projelerde yapılan tüm revizyonların YBM modeline aktarılmasını sağlama,
- Çakışma analizlerini yapmak, üretilen çözümleri YBM model ortamında takip etme,
- YBM ekibi tarafından iletilen proje revizyonlarının CAD paftalarına aktarılmasını sağlama,
- Nihai projelerde YBM modellerinden üretilen CAD paftalarının birbiri ile tam uyumlu olması.

YBM sürecinde, örnek bir görev dağılımı Tablo 1'de gösterilmiştir. Ancak ihtiyaç halinde tasarım ekibi, firmanın stratejik ve yönetsel konularında da söz sahibi olabilir. Projede çalışan farklı disiplinler tarafından hazırlanan modeller ile bilgilerin tek bir ortak sayısal modelde toplanması ve her disiplinin yetkisi dâhilinde güncel bilgiye erişiminin sağlanması YBM sisteminin işleyebilmesi için en önemli gereksinim ve projelerde YBM Sisteminin kullanılmasının en önemli amacıdır. Bu bağlamda kullanılacak Proje Yönetim Sistemi yazılımları da büyük önem kazanmaktadır. Proje Yönetim Sistemi yazılımı aracılığı ile belge, model, pafta, saha raporları vs. arasında bilgi alışverişinin veri ve zaman kaybı olmadan yapılması sağlanacaktır.

Tablo 1. YBM Sürecinde Görev Dağılımı (İUAŞ, 2016)

Görev	STRATEJİK					YÖNETİM			ÜRETİM			
	Kurumsal Hedefler	Araştırma	Süreç+İş Akışları	Standartlar	Uygulama	Eğitim	Uygulama Planı	Model Denetimi	Model Koordinasyonu	İçerik Oluşturma	Modelleme	Çizimlerin Üretimi
BIM Yöneticisi	E	E	E	E	E	E	E	E	E	H	H	H
Tasarım Ekibi	H	H	H	H	H	H	H	H	H	E	E	E

Aksi belirtilmediği sürece proje kapsamında yer alacak bütün sistemlerin YBM süreçleri dahilinde çalışması gerekeceğinden, Yüklenici tarafından görevlendirilen Alt Yüklenicilerin de YBM sistemine dahil olmaları gerekmektedir (İBB, 2017).

3.2. Ortak Veri Ortamı

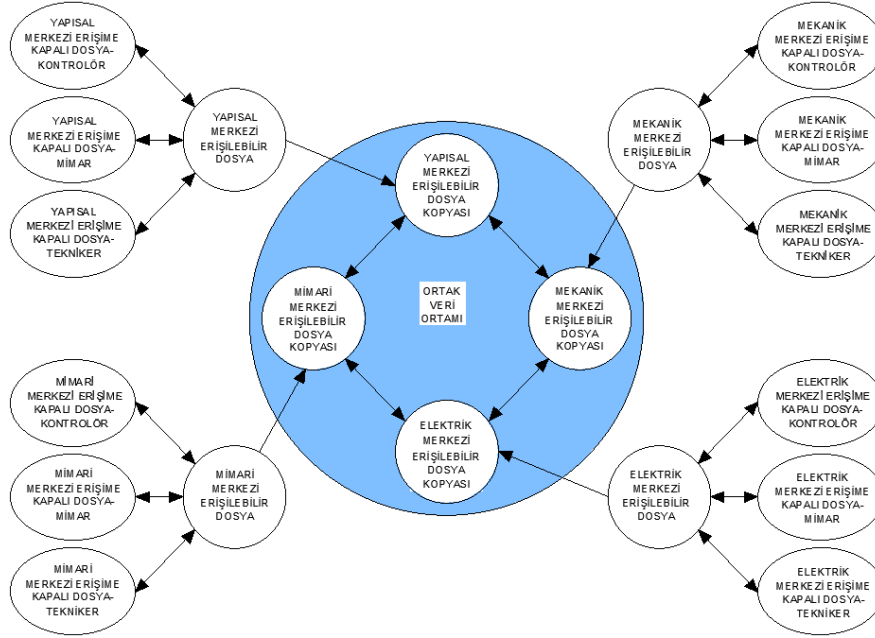
İnşaat sektöründe kullanılan sistemler, disiplinler arası bir çalışmayı gerektirir. YBM bütün paydaşların ortak olarak anlayabileceği bir dil oluşturmayı hedeflediği için bu paydaşların aynı ve güncel bilgiye ulaşmasını sağlamalıdır (Akkaya, 2012). Şekil 4'de ortak veri ortamı şematik olarak gösterilmiştir. Projenin durumuna göre, IT, elektromekanik, üstyapı, altyapı, peyzaj gibi uzmanlık alanları da eklenebilir.

Eşgüdümlü ve verimli çalışmayı kolaylaştırmak için, her bir taraf, tasarım verilerini ortak bir depo ya da değişim protokolü aracılığıyla proje çapında resmi erişim için hazır hale getirmelidir. Bu dosyalara herkes tarafından merkezi bir konumdan erişilebilir veya her bir tarafın proje klasör yapısının paylaşılan alanında çoğaltılabilir. Paylaşımdan önce, veriler iş akışına uygun şekilde "koordinasyon için uygun" olarak kontrol edilmeli, onaylanmalı ve doğrulanmalıdır. "Eşgüdüm için uygun" olarak onaylanan YBM dosyaları Ortak Alan'a aktarılmalıdır.

3.3. LOD Matrisleri

LOD, yapı sektöründeki proje paydaşlarının inşaat sürecinde ve tasarımın çeşitli aşamalarında YBM'nin güvenilirliğini ve kapsamını yüksek seviyede duru bir bilgiyle belirtmesine imkân veren bir referanstır.

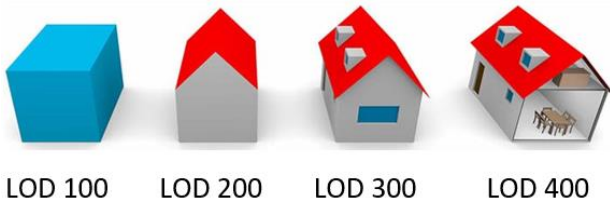
LOD spesifikasyonu Amerikan Mimarlar Enstitüsü (AIA) tarafından "G202-2013 Building Information Modeling Protocol Form" için geliştirilen temel LOD tanımlamalarından yararlanır. LOD, YBM kullanılarak geliştirilen projelerde ortaya çıkan temel birkaç soruna çözüm üretebilmek amacıyla geliştirilmiş tanımlamalardır. Genel olarak bu sorunların çıkış noktası projeyi üreten kişi dışında projeye bakıp ondan bilgi almak isteyen diğer paydaşların o proje ile ilgili yanlış çıkarımlar yapması ve çoğu zaman da işine yaramayacak detay bilgilerle boğuşmak zorunda kalmasıdır. Bu durum projelerin YBM süreçlerine zarar vermektedir (Akkoyunlu, 2015).



Şekil 4. Ortak Veri Ortamı Şematik Gösterimi (İUAS, 2016)

Bu amaçla tasarım sürecine başlamadan önce, YBM Uygulama Planının doğru ve uygulanabilir yapılması ileriki zamanlarda telafisi zor ve yüksek maliyetli geri dönüşlerin meydana gelmemesi için büyük önem taşımaktadır. YBM Uygulama Planı içerisinde Yüklenicinin hazırlayacağı modelleri ve model içinde kullanılan elemanların idare ve yapı denetim görevlisi tarafından anlaşılması için LOD matrislerinin tanımlanması her iki taraf için de yararlı olacaktır. Bu sayede istenilen detayda eleman seviyesinde modeller hazırlanmış olacaktır.

Yüklenici YBM sürecinde hazırladığı modelin işletme aşamasında da kullanılacağını düşünerek modeldeki her bir elemanın tarif edildiği LOD matrislerini hazırlayacak ve YBM uygulama planı içerisinde Danışman/İdare'nin onayına sunulmalıdır. LOD matrisleri, modellerde yeni elemanların ortaya çıkması durumunda bunlar da YBM uygulama planına eklenecek ve geliştirilmeye devam edecektir. LOD matrisleri elemanlara ait resim, açıklama, bilgi kategorisi, bilgi nesnesi, akıllı eleman tipleri vb. bilgileri içermelidir (İBB, 2017).



Şekil 5. LOD Tanımları (Biblus, 2018)

Temel LOD sınıfları şu şekildedir (Şekil 5):

LOD 100: Eleman grafiksel olarak modelin içerisinde gösterilebilir. Ancak LOD 200 tanımında olan detayları barındırmaz. Model elemanla ilgili bilgiler (maliyet, metraj, tonaj, ısıtma- havalandırma ve iklimlendirme (HVAC) vs) diğer model elemanlarından türetilir. LOD 200: Eleman, model içerisinde bir genel sistem, nesne veya yaklaşık metraj, boyut, şekil, lokasyon ve konumlamayla montajlama gibi grafiksel şekilde gösterilir (ifade edilir). Şekli çizimi olmayan bilgiler de modele konulabilir.

LOD 300: Eleman detaylı bir sistem, nesne veya metraj, boyut, şekil, lokasyon ve konumlama bilgisiyle montajlanan eleman olarak modelde çizilir. Şekli çizimi olmayan bilgiler de modele konulabilir.

LOD 400: Eleman detaylı bir sistem, nesne veya metraj, boyut, şekil, lokasyon ve konumlama bilgisine ek olarak detaylı üretim, montajlama ve kurulum bilgileriyle Modelde çizilir. Şekli çizimi olmayan bilgiler de modele konulabilir.

Tablo 2'de mimari, Tablo 3'de statik, Tablo 4'de mekanik model seviye teslim detayları gösterilmiştir.

Tablo 2. Mimari Model Seviye Teslim Tablosu (İUAŞ, 2016)

Model Seviye Teslim Tablosu	LOD 100 (Konsept Tasarım)		LOD 200 (Ön Proje)		LOD 300 (Kesin Proje)	
	2B CAD	3B MODEL	2B CAD	3B MODEL	2B CAD	3B MODEL
MİMARİ						
Duvarlar	E	E	E	E	E	E
Döşemeler	E	E	E	E	E	E
Çatılar	E	E	E	E	E	E
Kapılar	E	E	E	E	E	E
Pencereler	E	E	E	E	E	E
Asma Tavan					E	E
Kaplamalar					E	E
Cephe Elemanları					E	E
Vitrifiyeler					E	E
Sirkülasyon Elemanları	E	E	E	E	E	E
Mobilyalar					E	E
Betonarme Elemanlar	E	E	E	E	E	E

Tablo 3. Statik Model Seviye Teslim Tablosu (İUAŞ, 2016)

Model Seviye Teslim Tablosu	LOD 100 (Konsept Tasarım)		LOD 200 (Ön Proje)		LOD 300 (Kesin Proje)	
	2B CAD	3B MODEL	2B CAD	3B MODEL	2B CAD	3B MODEL
STATİK						
Temel					E	E
Kolon Kalıp					E	E
Perde Kalıp					E	E
Döşeme Kalıp					E	E
Kiriş Kalıp					E	E
Kolon Donatı					E	
Perde Donatı					E	
Döşeme Donatı					E	
Kiriş Donatı					E	
Tünel Donatı					E	

Tablo 4. Mekanik Model Seviye Teslim Tablosu (İUAŞ, 2016)


Model Seviye Teslim Tablosu	LOD 100 (Konsept Tasarım)		LOD 200 (Ön Proje)		LOD 300 (Kesin Proje)	
	2B CAD	3B MODEL	2B CAD	3B MODEL	2B CAD	3B MODEL
MEKANİK						
Kanallar						
Ekipmanlar (Fanlar, Klima, Menfez, Dampier, Susturucu vb.)					E	E
Yangından Korunma Sistemi						
Borulama					E	E
Ekipmanlar (Pompalar, Tüpler, Yangın Dolabı, Sprinkler, Vanalar vb.)					E	E
Su ve Sıhhi Tesisat Sistemi						
Borulama					E	E
Ekipmanlar (Hidrofor, Vanalar vb.)					E	E
Pis Su Sistemi						
Borulama					E	E
Ekipmanlar (Pompalar, İzgara, Süzgeç, Vanalar vb.)					E	E
Drenaj Sistemi						
Borulama					E	E

Tablo 5’de, bir model oluşturulurken projenin genel aşamaları açısından alınabilecek LOD değerleri, Tablo 6’da ise, herhangi bir obje modellenirken hangi parametrelerin modelde olabileceğine dair bilgiler görülebilir (E: Evet).

Tablo 5. Proje Genel Aşamaları Model Seviye Teslim Tablosu (İUAŞ, 2016)

Model Seviye Teslim Tablosu	LOD 100 (Konsept Tasarım)		LOD 200 (Ön Proje)		LOD 300 (Kesin Proje)	
	2B CAD	3B MODEL	2B CAD	3B MODEL	2B CAD	3B MODEL
GENEL						
Arazi		E	E	E	E	E
Akslar	E	E	E	E	E	E
Kotlar	E	E	E	E	E	E
Ana Şaftlar	E	E	E	E	E	E
Mahal Adları	E	E	E	E	E	E
Ölçülendirme			E	E	E	E
Bilgi Notları	E	E	E	E	E	E
Pozlar-Etiketler					E	E
2B Detaylar					E	E
Bölüm Renk Lejantı	E	E				
Mahal Listesi			E	E	E	E
Kaplama Listesi					E	E
Kapı Pencere Listesi					E	E
Kesitler	E	E	E	E	E	E
Pafta Listeleri			E	E	E	E
Birleştirilmiş Model					E	E
Çakışma Kontrolü						E
3B Koordinasyon						E

Tablo 6. Obje LOD Matrisleri (İUAŞ, 2016)

Kolon	YBM Elemanı
	Eleman Kategorisi - Kolon
	Açıklama: 2B ve 3B Eleman
Model Açıklama	Parametre Kategorisi
A - Tam Geometri	
Doğru boyutu ve konumu, malzeme ve nesne parametrelerini içerir.	Fiziksel Özellikleri
	Yer ve Konum Bilgileri
	Kimlik Bilgileri (Eleman Adı)
	Kimlik Bilgileri
	Metraj / Keşif Bilgileri
	4B Bilgileri

4. Bir İstasyon Projesi için Örnek Model Geliştirme Metodolojisi

Bu çalışmada, hızlı model geliştirmeyi mümkün kılmak ve düşük donanım gereksinimleriyle çok büyük modellerin oluşturulmasına olanak tanımak amacıyla, projelerin erken aşamalarında kullanılacak bir Model Geliştirme Metodolojisi için standart şablonlar oluşturulmuştur.

Bu şablonlar, gerçek bir istasyon projesinin modellenmesinde uygulanmıştır. YBM kullanımları tanımlandıktan sonra, YBM uygulamasını planlamak için bir süreç haritalama prosedürü gerçekleştirilmelidir. Tasarım Ekibi bu amaçla, başlangıçta, projedeki birincil YBM kullanımları arasındaki sıralamayı ve etkileşimi gösteren bir harita geliştirmiştir. Bu bölümde oluşturulacak proje modelinin aşamalara ayrılması ve her aşamada hangi altlıkların oluşturulması gerektiğine değinilmiştir.

YBM modelinin ana hatlarının projeye başlamadan önce belirlenmesi, işin daha hızlı ve daha planlı yapılması için çok önem arz eden bir evredir.

Her bir YBM kullanımı tanımlandıktan sonra, her YBM kullanımı için ve projenin bir bütün olarak uygulama sürecinin nasıl olacağı konusunda çalışmalar yapılmalıdır. Bu adımda geliştirilen süreç haritası, ekibin genel YBM sürecini anlamasına, birden fazla taraf arasında paylaşılacak bilgi değişimlerini tanımasına ve tanımlanan YBM kullanımları için gerçekleştirilecek çeşitli işlemleri açıkça tanımlamasına olanak tanır (AEC (UK) BIM Standart for Autodesk Revit, 2010).

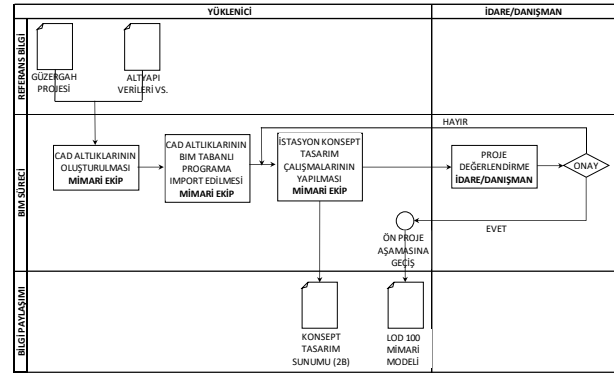
4.1. Ön Proje Şematik Tasarım Aşaması

Güzergâh projesi Mimari Ekip tarafından YBM tabanlı bir programa aktarılmadan önce 2B altlıkları (Hali

hazır, güzergâh planı, ortofotolar, mülkiyet bilgileri, imar planları, altyapı verileri vb.) hazırlanmıştır.

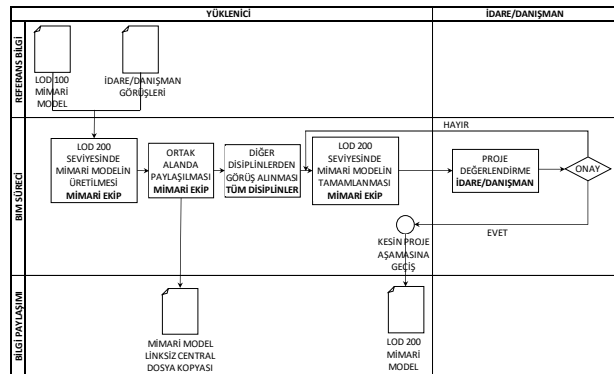
Hazırlanan 2B altlıklar Mimari ekip tarafından orijinal koordinatı ile YBM tabanlı programa aktarılmış ve sonrasında bu programda arazi modeli oluşturulmuştur.

Gelen verilerine göre, mimari şematik tasarıma başlanmıştır. Şematik tasarım belli bir aşamaya geldiğinde İdare/Danışman'ın onayına sunulmuştur. İdare/Danışmanın görüşlerinden sonra alınan ana kararlar doğrultusunda ön proje aşamasına geçilerek süreç devam ettirmiştir (Şekil 6).

**Şekil 6.** Şematik Tasarım Aşaması (İUAS, 2016)

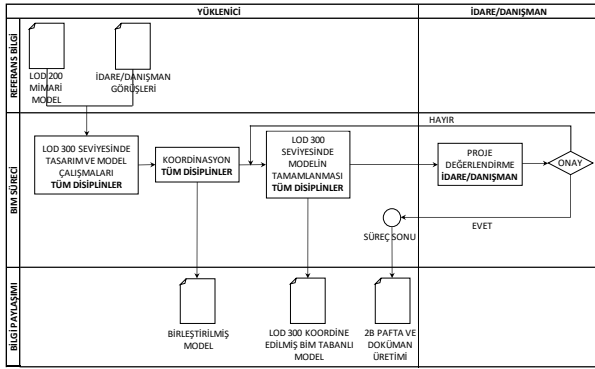
4.2. Ön Proje Aşaması

Ana kararlar ve tasarım kriterleri doğrultusunda Mimari ekip tarafından tasarım ve modelleme (LOD 200) çalışmalarına devam edilmiş ve mimari ekip modeli diğer disiplinlere iletilmiştir. Diğer disiplinlerden alınan görüşler doğrultusunda gerekli revizyonlar yapılarak İdare/Danışman 'ın kontrol ve onayına sunulmuştur. İdare/Danışman'ın görüşleri doğrultusunda gerekli revizyonlar yapılarak ön proje onayı alınmıştır. Onaylanmış mimari projenin merkezi erişime açık dosyasının bağlantıları koparılarak bir kopyası ortak paylaşım klasöründe oluşturulmuştur. Bu sayede diğer birimler ortak paylaşım klasöründen gerekli verileri almış ve böylece kesin proje aşamasına geçiş yapılmıştır (Şekil 7).

**Şekil 7.** Ön Proje Aşaması (İUAŞ, 2016)

4.3. Kesin Proje Aşaması

Mimari Model, tüm disiplinler tarafından kendi modellerine bağlanarak LOD300 seviyesinde kesin proje tasarım faaliyetlerine başlanmıştır. Tüm disiplinler, kendi içlerinde oluşturdukları merkezi erişime açık dosyaların bağlantılarını kopararak bir kopyasını ortak paylaşım klasöründe periyodik olarak her haftanın belirli bir günü paylaşmıştır. Birleştirilmiş model üzerinden çakışma kontrolleri yapılarak rapor hazırlanmış, takip eden diğer belirlenmiş günde ise tüm disiplin sorumluları ile çakışma raporu üzerinden çözümler tartışılarak o haftanın çalışma programı oluşturulmuştur.



Şekil 8. Kesin Proje Aşaması (İUAŞ, 2016)

2 haftada bir olmak üzere birleştirilmiş model doküman yönetim programı aracılığı ile İdare/Danışman'a iletilmiştir. İdare/Danışman'ın hazırlayacağı çakışma raporu doğrultusunda düzeltmeler yapılmış, çakışmaların en aza indirildiği koordine edilmiş modeller İdare/Danışman'ın onayına sunulmuştur. Onaylanmış modellerden 2 boyutlu projeler ile pafta ve doküman üretimi yapılmıştır (İBB, 2017) (Şekil 8).

4.4 Model Kalite Kontrolü

Bu aşamada, modellerin hangi esaslara göre kontrol edileceği tarif edilmiştir. Ayrıca, modellerin bütün link bilgilerine ulaşımın sağlanması gibi kalite kontrol konuları açıklanmıştır. Projede uygulanan kalite kontrol aşamaları Tablo 7'de gösterilmiştir.

Bu aşamada genel olarak yapılması gerekenler aşağıda açıklanmıştır:

- Yüklenici, tüm modellerini onaya sunmadan önce kendi disiplinleri içinde model kontrollerini proje değerlendirme kontrol listelerine göre yapar. Bu kontroller; görsel ve sayısal ortamda yapılır.
- YBM modellerinde tanımlanmamış, yanlış tanımlanmış ya da üst üste çakışan (clash detection) veriler olmamalıdır. YBM ve CAD (fontlar, ölçüler, çizgi kalınlıkları, renkleri vb.) standartları minimum gereksinimleri karşılamak zorundadır. Talep edilen bilgiler doğrultusunda Yüklenici daha verimli olacak önerilerde

bulunabilir. Bu önerilerin kullanılması İdare'nin onayına bağlıdır. YBM modellerinde tanımlanmamış, yanlış tanımlanmış ya da üst üste çakışan veriler olmamalıdır.

- YBM Modellerinden üretilen paftalarda tanımlanamayan çizim varsa, bunlara dair bilgi verici rapor hazırlanmalıdır.
- YBM Modellerinden üretilen paftalarda fontlar, ölçüler, çizgi kalınlıkları, renkleri vb. standartlar belirtilen minimum gereksinimleri karşılamak zorundadır.

Tablo 7. Kalite Kontrol Aşamaları (İBB, 2017).

Kontrol	Açıklama	Sorumlu Taraf	Sıklık
YBM Modellerin elde edilen dokümanlar	YBM Modellerinden elde edilen pafta ve dokümanların kontrolü	Yüklenici	Model Paylaşımında
Model Tutarlılık Kontrolü	Model elemanlarının projeye uygun yerleşmiş olmaları. Parametre ve parametrelerde tutulan verilerin kontrolü	Yüklenici	Model Paylaşımında
Standart Kontrolü	Modellerin Standart, Metot ve Prosedürler dokümanına uygun ilerlemesi	Yüklenici	Model Paylaşımında
Çakışma Kontrolü	Modellenen objelerinin çakışma kontrolleri	Yüklenici	Model Paylaşımında

4.5 Çakışma Kontrolleri

Yapım endüstrisindeki zaman kullanımı problemleri ve 2 boyutlu çizimlerin neden olduğu düşük verimli süreçler, yüklenicilerin ve yapım projesindeki karar alma mekanizmalarının potansiyel tasarım koordinasyonu sorunlarını oluşturmaktadır. Bu sebeple yapım sektöründeki firmalar giderek artan bir hızla, koordinasyonu artırmak ve çakışma problemlerini azaltmak için YBM kullanmaktadırlar.

Tek bir model üzerinde yapılan üretim sayesinde, YBM uygulanan projelerde geleneksel yöntemlerle yapılan disiplinler arası çakışma kontrolleri otomatik olarak yapılabilmektedir. Böylece, tüm kolon ve kirişlerin sürekliliği kontrol edilebilir, döşeme yırtıkları saptanabilir, asma tavan detayları proje aşamasında çok sağlıklı bir şekilde değerlendirilip uygulama için hatasız çıktılar elde edilebilir. Bunun sonucunda, maliyetler ciddi miktarda azaltılıp, değişiklik talepleri

gibi, sözleşmeyi sekteye uğratabilecek hatalar 'sıfır' seviyelerine inebilir.

YBM ile modellemede en önemli hedeflerden birisi 'sıfır' çakışma hatası ile projenin gerçekleştirilmesidir. Bu sayede imalat ve montaj aşamalarında oluşabilecek tüm riskler de önceden belirlenmiş ve engellenmiş olur. 46 milyon dolar bütçeli Hilton Aquarium, 300 milyon \$ bütçeli Hong Kong'taki 'One Island East Project' gibi YBM ile projelendirilen ve YBM vaka analizlerinin yapıldığı projelerde en önemli YBM hedefleri, çakışma kontrollerinin yapılması ve 'sıfır' hata ile imalatların gerçekleştirilmesi idi. Bu iki büyük proje 'sıfır' çakışma hatası ile tamamlanmıştır (Azhar ve diğ., 2008).

Çakışma testlerinin yapılacağı yazılımlarda sistem çakışma test raporları verilmelidir. Çakışma testlerinin hangi disiplinler arasında olacağı ve önem sırası çakışma matrisleri YBM uygulama planında tarif edilmelidir (Şekil 9).

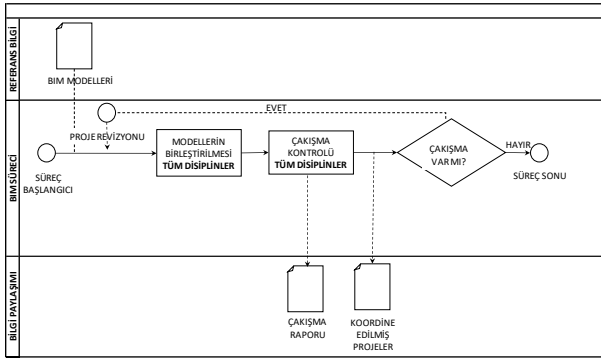
YBM sürecinde, farklı disiplinler tarafından hazırlanmış olan modeller arasında ilk aşamada görsel ve sonrasında ise sayısal çakışma testleri kullanılarak, çakışmaları olmayan bir projenin üretilmesi amaçlanmaktadır.

Sayısal ortamda yapılacak çakışma testlerinin periyodik olarak uygulanması, çakışmaların giderilmesi için gerekli revizyonların yapılması ve sonuç raporlarının sunulması gerekmektedir. Burada kullanılan standartlar ile sayısal çakışma testlerinin hangi disiplinler arasında ve hangi periyotlarda yapılacağı hazırlanacak YBM uygulama planında tarif edilmelidir. Çakışma testlerinin ilk aşamada disiplinlerin kendi içinde ve ardından disiplinler arasında yapılarak raporlanması gerekmektedir.

Şekil 10'da projede yapılan çakışma testleri ve bunların hangi sıra ile yapıldıkları görülmektedir.

ÇAKIŞMA KONTROL MATRİSİ		MİMARİ					YAPI					MEKANİK					TESİSAT			YANGIN	ELEKTRİK						
		Tavan	Dış	İç	Dikey Doluşım	Kapılar/Pencereler	TÜMÜ	Kolonlar	Duvarlar	Çerçeveler	Döşemeler	TÜMÜ	Isıtma-Havalandırma ve İklimlendirme Ekipmanları	Isıtma-Havalandırma ve İklimlendirme Kanalı	Isıtma-Havalandırma Boruları	TÜMÜ	Temiz Su Sistemi Boruları	Pis Su Sistemi Boruları	Drenaj Sistemi	TÜMÜ	Yangın Koruma	Ekipman	Kanallar	Kablo Kanalı	Aydınlatma	TÜMÜ	
MİMARİ	Tavan																										
	Dış						X																				
	İç							X	X	X																	
	Dikey Doluşım						X	X	X																		
	Kapılar/Pencereler						X	X	X																		
TÜMÜ										X				X				X	X							X	
YAPI	Kolonlar										X	X	X		X	X	X			X	X	X	X	X			
	Duvarlar										X	X	X		X	X	X			X	X	X	X	X			
	Çerçeveler										X	X	X		X	X	X			X	X	X	X	X			
	Döşemeler														X	X	X										
	TÜMÜ																										
MEKANİK	Isıtma-Havalandırma ve İklimlendirme Ekipmanları														X	X	X				X	X	X	X			
	Isıtma-Havalandırma ve İklimlendirme Kanalı														X	X	X				X	X	X	X			
	Isıtma-Havalandırma Boruları														X	X	X				X	X	X	X			
	TÜMÜ																										
TESİSAT	Temiz Su Sistemi Boruları																										
	Pis Su Sistemi Boruları																										
	Drenaj Sistemi																										
	TÜMÜ																										
YANGIN	Yangın Koruma																										
ELEKTRİK	Ekipman																										
	Kanallar																										
	Kablo Kanalı																										
	Aydınlatma																										
	TÜMÜ																										
ÖNCELİK LİSTESİ		ÇAKIŞMA KONTROLLERİ AŞAĞIDAKİ SIRA İLE YAPILACAKTIR:													NOTLAR:												
Öncelik Seviyesi 1		1- Bütün Mekanik, Elektrik Tesiat & Yapı													Çakışma testleri dosyanın içeriğine göre değişiklik gösterebilir. Tüm disiplinler kendi dosyalarında çakışma kontrollerini düzenli olarak yapacaktır. Tek ana dosyada çalışılması halinde çakışma kontrolleri çizim yapılırken anlık yapılacaktır ve çakışma olmadığını gösteren rapor yayınlanacaktır.												
Öncelik Seviyesi 2		2- Tesiat & Mekanik, Elektrik, Tesiat																									
Son Kontrol		3- Busbar (Enerji İletim ve Dağıtım Gövde Sistemi) & Bütün Mekanik, Elektrik, Tesiat																									
		4- Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Kanalları & Isıtma, Havalandırma Boruları																									
		5- Isıtma, Havalandırma Sistemi ve İklimlendirme & Elektrik																									
		6- Tümü & Tümü (Çakışma Serbest Modeli)																									

Şekil 9. Çakışma Matrisi (buildingSMART, 2010)



Şekil 10. Çakışma Kontrol Aşamaları (İUAŞ, 2016)

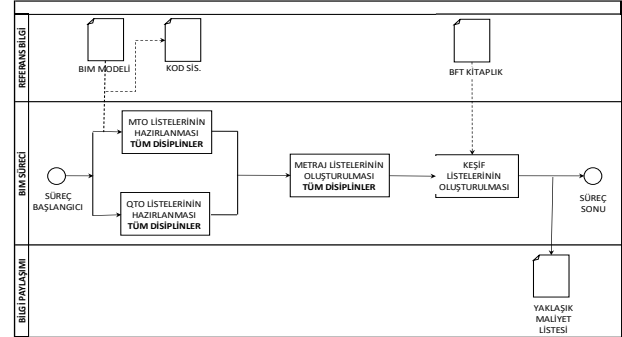
4.6 Canlı Metraj Listeleri

YBM modeli 3 boyutlu olduğu için kullanılan tüm malzemelerin metrajları model yapılırken arka planda yapılmış olur. Tek yapılması gereken bu bilgileri çağırma işlemidir. Ayrıca metraj hesaplanmaz. Otomatik metraj, tüm proje paydaşlarını oldukça rahatlatır. Yapılan her türlü değişiklik de anında metrajı yansıtır, dolayısıyla metrajla ilgili hesaplamaya ve düzeltme yapmak gibi işler YBM de geçerli değildir. Bu özellik çok önemli bir zaman tasarrufu anlamına gelmektedir. Bununla birlikte oluşan metraj listeleri %100 doğru ve kesindir. Örneğin beton içerisindeki donatılar beton metrajından düşülmüştür ya da duvardaki pencere minhaları duvar malzemesi ve sıva metrajından otomatik olarak düşülmüştür (Akkoyunlu, 2015).

Model üzerinden elektronik metraj çıkarılabilmesi için gerekli olan altyapı modellemenin ilk aşamasında planlanmalıdır. Modelleme, malzeme metraj listeleri ve icmal raporları alınmasını sağlayacak şekilde yapılmalı ve kurgusu YBM uygulama planında belirtilmelidir. İlgili kurum tarafından çeşitli şekillerde kullanılacak (konkors yapıları ve tünellerin metrajı, makas yapısı, giriş çıkış yapılarının ayrı ayrı metrajları vb. şekillerde) ve talep edilen detaylarda (sanal mock up, vb. durumlarda) metraj alınabilmesi için ilgili birimlerin yönlendirilmesinin yapılması, modelin tarif edilen metrajı her aşamada almaya uygun olması yüklenici sorumluluğunda olmalıdır. Metraj çalışması, en az keşif özetinde yer alan birim fiyat kırılımlarını kapsamlı ve bilgi vermelidir.

YBM sistemi kapsamında üretilen model üzerinden yapılacak metraj çalışmaları proje boyunca zorunlu olup, modelleme süresince güncellenecektir. Bu sayede modellemenin her aşamasında modele doğrudan bağlı olan metraj tabloları ortaya çıkacaktır. Bunun yanı sıra tasarımdaki değişiklikler veya alternatif çözümler ile ilgili metraj farklarının kontrol edilmesi, gerekli parametrelerin ilgili birimlerce model üzerinde tanımlanması yine yüklenicinin sorumluluğundadır (Şekil 11). Model üzerinden yapılacak metraj çalışmalarına modeldeki elemanlara

ait maliyet bilgileri, model elemanlarına keşif oluşturulması için gerekli seviyede yüklenebileceği gibi alternatif olarak da modelden alınan metraj verileri kullanarak kodlama sistemi ile üçüncü bir yazılım aracılığıyla girilebilir. Gerek metraj çalışmasının gerekse maliyet analizlerinin ayrıntıları ilgili parametreler, şablonlar ve benzeri bilgileri şeklinde yüklenici tarafından hazırlanarak YBM uygulama planında tarif edilmelidir (İBB, 2017).



Şekil 11. Metraj ve Maliyet Süreci (İUAŞ, 2016)

4.7 Görselleştirme ve Simülasyon

YBM Sistemi kapsamında, üretilen modeller kullanılarak render tekniği yardımıyla foto realistik 3B görseller, video kayıtları vb. sunum amaçlı elemanların oluşturulması amaçlanmaktadır. Projeye özel üretilecek bu görsellerin kapsamı YBM uygulama planında tarif edilmelidir.

Projenin uygulanabilirlik analizlerinin yapılması amacıyla modelin iş programı ile bütünleşmesi sağlanarak yapım simülasyonların üretilmesi amaçlanmaktadır. İş programı ile bütünleşmenin yapılabilmesi için kullanılacak ilişkilendirme kodlarının (WBS veya benzeri) modelde tanımlanması ve modelleme yapan birimlerin bu parametreleri (tünel boyları, vs.) kullanmalarının sağlanması gerekmektedir.

Ayrıca aktivite kırılımlarında 4B için nelere dikkat edilmesi, aylık raporlamaya imkân verecek şekilde elemanlara ayrılması (hiçbir aktivite süresi 30 günü geçmeyecek vs.) gerektiği açık bir şekilde uygulama planında tarif edilmelidir. Aylık raporlamaya imkân verecek şekilde elemanlar tanımlanmalıdır.

Projenin ilerleyen süreçlerinde, yapım aşamasında, iş programı aktiviteleri ile model elemanlarının ilişkilendirmesinin organize edilip ilgili birimlerin yönlendirilmesi yapım yüklenicisi tarafından yapılmalı ve bu sürecin işlenmesine uygun modellemenin nasıl yapılacağı ve benzeri bilgilerin ayrıntıları yüklenici tarafından hazırlanacak olan YBM uygulama planında tarif edilmelidir (İBB, 2017).

4.8 Proje Belgelerinin Üretilmesi

YBM sistemi kapsamında çalışacak tüm disiplinlerin üreteceği ve/veya onaya sunacağı 2B çizimler, metraj çalışmaları ve benzeri proje belgelerinin tamamı YBM modelinden üretilmelidir.

Model üzerinden üretilen proje belgelerinin oluşturulabilmesi, istenen standartlarda etiketlemelerin ve ölçülendirmelerin yapılabilmesi için tüm akıllı elemanların parametreleri üretim aşamasında tanımlanmış olmalıdır. Bu parametreler ilgili birimlerce tanımlanarak doğrudan modele bağlı olarak hazırlanacak ve bu sayede modelin güncellenmesi ile eşzamanlı güncellenecektir. Aynı şekilde, YBM sistemi sayesinde 3B model üzerinde yapılacak değişiklikler ile eşzamanlı olarak proje belgeleri de güncelleniyor olacaktır. Buna karşılık eski revizyonlar için de doğru bir şekilde yüklenici tarafından arşivlenme imkânı olacaktır. YBM dosya revizyonu ve pafta revizyonları birbirinden farklı olarak yapılmalıdır. Nasıl yapılacağı yüklenici tarafından YBM uygulama planında açıklanmalıdır. Proje belgelerinin ilgili birimlerce hazırlanması ve koordinasyonu yüklenici sorumluluğunda olmalıdır (İUAŞ, 2016).

YBM süreçleri kapsamında hazırlanacak bütün proje belgelerinin (2B çizimler, metraj çalışmaları vb.) aynı veri tabanında üretilmesi ve kullanılan güncel model ile tutarlı olması gerekmektedir. YBM süreçleri için ana gereksinim olan, model içinde herhangi bir görünüşte (kesit, görünüş, plan, metraj, vs.) yapılacak değişikliklerin ilgili tüm bölümlerde güncellenmesi şartından dolayı üretilen tüm proje belgelerinin birbiri ile tutarlı olmaları gerekmektedir.

Proje belgelerinin birbiri ile tutarlı olması için gerekli ön hazırlıkların yapılması, YBM süreçleri dâhilinde sistemin işler kılınarak belgelerin tutarlı üretilmesi gerekmektedir. YBM süreçleri dâhilinde üretilen modele farklı açılardan bakarak üretilen farklı proje belgelerinin en güncel verileri içermesi sağlanmalıdır.

Yüklenici, proje belgelerinin üretiminde, onaylı iş programına bağlı kalmak ve buna uygun olarak üretim yapmak, tasarım iş planına göre ilerlemeleri düzenli olarak raporlamak, tüm ilgili birimlerin yetkileri dâhilinde ulaşacağı dosya paylaşım altyapısını kurmak ve yönetmek ile sorumludur (İBB, 2017).

5. Sonuç ve Tartışma

İnşaat firmalarının rekabet yoğun ortamda hayatta kalabilmeleri etkin proje yönetimi yapmalarını, kaynaklarını etkin ve verimli kullanmalarını gerektirmektedir. Bu durum gelişen teknolojinin proje yönetimine adapte edilmesi ihtiyacını vurgulamaktadır.

Yapılan çalışma ile YBM sistemi geliştirilerek, proje planlama aşamasında gelişmiş ülkelerde özellikle son yıllarda kullanımı artmış olan bu sisteminin Türk inşaat sektöründe yaygınlığını artırmak için öneriler geliştirmek amaçlanmıştır.

YBM Sisteminin ana amacı departmanlar arasında iletişim ve iş birliğini arttırmaktır. Buna göre proje boyunca üretilen bilgilerin tek bir sayısal ortamda toplanması ve belgelerin aynı veri tabanından besleniyor olmasına azami özen gösterilmesi gerekmektedir. YBM sisteminin ana amacı olan disiplinler arasındaki iletişim ve iş birliğinin artırılması için, farklı disiplinler tarafından üretilen 3B modellerin tek bir birimde toplanması ve modelleme aşamasında aynı standartların kullanılması büyük önem taşımaktadır. YBM sistemi kapsamında üretilen modeller üzerinden projenin çeşitli aşamalarında alınacak metraj, koordinasyon, çakışma testleri, belge üretimi, ilerlemenin takibi, 4B iş programı ile 5B maliyet eşleşmesine hazır ve gerektiğinde işletme süreçlerine hizmet edecek bir modelin oluşturulması ancak modellemenin ilk aşamasındaki doğru ön hazırlıkların ve sürekli kontrollerin yapılması ile mümkün olacaktır.

YBM'nin tasarım aşamasından yıkıma kadar pek çok süreci içeriyor olması (Şekil 1), hazırlanan modellerden yapıların sadece tasarım aşamasında değil, yaşam döngüsü boyunca faydalanılabilir olmasını, böylece projelerin sürdürülebilirliğini de sağlamaktadır.

YBM sistemi kullanımı sadece üç boyutlu modelleme ile sınırlı kalmayarak aynı zamanda bilginin doğru olarak kullanılmasını da hedeflemektedir. Bu nedenle projelerin başından sonuna bu çalışmada tarif edilmiş başlıklar dâhilinde YBM sisteminin kullanılması talep edilmektedir. Tarif edilen amaçlara hizmet etmek için gerekli altyapının (sadece yazılımlar, bilgisayar donanımı, yetişmiş personel ve sürekli eğitim ile sınırlı kalmamak üzere) kurulması ve sürekli işler durumda olmasının sağlanması gerekmektedir.

Türkiye'de YBM'i tam anlamıyla kullanmaya azimli, geliştirmeye kararlı az sayıda firma bulunmaktadır. Bu az sayıdaki firma YBM'in Dünya'daki örneklerden de örülen faydalarının Türk inşaat sektörüne de uygulanmasına kararlı adımlarla ilerlemektedirler. Bunun yanında YBM sisteminin bütün yapım sürecine dâhil edilmesi sağlanmalıdır ki bu alanda kendini motive etmiş şirketlerin de bu azmi kırılmasın. YBM'in yaygın kullanımı için şunlar önerilebilir;

- YBM sisteminin yaygınlaşması için gerekli engeller (yazılım fiyatlarının pahalı olması, ilgili eğitmen eksikliği, yasal birtakım yaptırımlar vb.) minimuma indirilmelidir.
- Bu farkındalığa sahip firmaların sistemi kararlı bir şekilde kullanabilmesi için destek sağlanmalı ve ileri zamanlardaki uygulamalarda sistemi

geliştirerek az sayıdaki dezavantajların da ortadan kaldırılması hedeflenmelidir.

- İnşaat sektörü için önemli bir adım olan bu sistem ilgili analizleri yapan yazılımlar arasında ortak bir dil geliştirilmelidir, bu sayede sistem daha derli toplu ve anlaşılması-uygulanması kolay hale getirilebilir.

Bu çalışmada, BuildingSMART kurumu tarafından oluşturulan standartlar esas alınarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi tarafından oluşturulan şartname ve uygulama planları öneri olarak sunulan model planlamasında kullanılmış ve bu modelin bir istasyon projesine nasıl uygulanacağı konusunda örnek bir çalışma hazırlanmıştır.

Yapı Bilgi Modellemesi Sistemi'nin Türk İnşaat Sektörü'ne nasıl uygulanacağı konusunda oluşturulmuş bir standart ne yazık ki henüz bulunmamaktadır. Çalışmada öneri olarak sunulan bu model, YBM Sistemi ile proje hazırlamak isteyen projeciler için yardımcı bir yönlendirici olabilir ve farklı proje tipleri için proje ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde yeniden düzenlenebilir.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

Kaynaklar

AEC (UK) BIM Standart for Autodesk Revit, 2010. A Workable Implementation of the AEC (UK) BIM Standard for the Architectural, Engineering and Construction Industry in the UK.

Akkaya, D., 2012. İnşaat Sektöründe Yapı Bilgi Modellemesi Hakkında İnceleme. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Akkoyunlu, T., 2015. Kentsel Dönüşüm Projeleri için YBM Uygulama Planı Önerisi. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Alshawi, M. ve Ingirige, B., 2003. Web-Enabled Project Management: An Emerging Paradigm in Construction, *Automation in Construction*, 12, 349 – 364.

Autodesk. net., 2014. YBM Pilot Projesi Başlangıç Rehberi. <https://forums.autodesk.com>, (E. Tarihi: 05.06.2018)

Azhar, S., Khalfan, M., Maqsood, T., 2012. Building Information Modeling (YBM): Now and Beyond.

Australasian Journal of Construction Economics and Building, 12 (4) 15-28.

Biblus, 2018. Evolution of the YBM Methodology: LOD as Level of Development. <http://biblus.accasoftware.com> (E. Tarihi: 22.02.2018)

buildingSMART., 2010. International Home of OpenYBM. <https://www.buildingsmart.org/> (E. Tarihi: 30.05.2018)

Chan, A.P.C., Scott, D., Chan, A.P.L., 2004. Factors Affecting the Success of a Construction Project. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130, 153-155.

Dortek, 2018. The Top 10 Benefits of Using YBM. <http://www.dortek.com>. (E. Tarihi: 22.02.2018)

Forbes, L. H., Ahmed, S. M., 2011. Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices. CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC. 203-225.

İBB, 2017. Yapı Bilgi Modellemesi YBM Teknik Şartname Taslağı. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul.

İUAS, 2016. YBM Uygulama Planı, İstanbul Ulaşım A.Ş., İstanbul.

Mihindu, S., Arayıcı, Y., 2008. Digital Construction Through YBM Systems will Drive the Re-Engineering of Construction Business Practices. 12th International Conference of Information Visualisation, London, UK, July 8-11.

Ofluoğlu, S., 2012. Yapı Bilgi Modelleme: Yeni Nesil Mimari Yazılımlar, <http://www.sayisalmimar.com/yayin/ybm.pdf> (E. Tarihi:1 Haziran 2018)

Pehlevan, E. E., Kazado, D., 2018. YBM Uzmanı Sertifika Programı 1. Modül: YBM Süreçleri Eğitimi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Porwal, A., Hewage, K. N., 2013. Building Information Modeling (YBM) Partnering Framework for Public Construction Projects. *Automation in Construction*, 31, 204-214.

Tekin, H., 2017. Yapı Bilgi Modellemesi Sisteminin Türk İnşaat Sektörüne Uygulanması ve Adaptasyonunda Kritik Yol Haritasının Oluşturulması. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Türkyılmaz, E., 2013. BIM Yazılımları için IFC Veri Değişimi Standardını Kullanabilme Yeterlilikleri.

Akademik Bilişim Konferansı (AB2013), Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye, 23-25 Ocak.

Vanlande, R., Nicolle, C., Cruz, C. 2008. IFC and Building Lifecycle Management, Automation in Construction, 18 (1), 70-78.

Williams, T., 2002. Modelling Complex Projects. Wiley, London, UK.