

YAPI BİLGİ MODELLEMESİ (YBM) KAPSAMINDA GELENEKSEL METRAJ İLE YAZILIMIN KARŞILAŞTIRILMASI

Savaş BAYRAM (ORCID: 0000-0002-0153-6750)
Erciyes Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
e-posta: sbayram@erciyes.edu.tr

ÖZET

Modern inşaat projelerinde maliyet, süre ve kalite optimizasyonu en temel gereklilik olarak kabul edilmektedir. Özellikle planlama aşamasında alınan kararlar, yapım sürecindeki problemlerin minimize edilebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Gerçekçi metraj verilerinin elde edilebilmesi de özellikle yapım maliyeti ve proje süresinin doğru olarak planlanabilmesi açısından temel koşuldur. Zira metrajın hatalı yapılması, ön keşfin ve iş programının da hatalı hazırlanmasına sebep olur. Sıkça hata yapılabilen geleneksel metraj yöntemleri, proje detayına bağlı olarak uzun süreler alabilmektedir. Gelişmekte olan teknoloji ile birlikte, tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'deki inşaat firmaları da projeleri için daha etkin planlama yapabilmek adına bilgisayar destekli tasarım (BDT) sistemlerinden Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) temelli çalışma yöntemlerine geçiş yapmaktadırlar. Ancak Türkiye'de inşaat sektörünün gelenekçi ve içe kapanık yapısı, bu geçiş sürecini yavaşlatmaktadır. Bu çalışmada, B+Z+3N katlı bir konut projesi, YBM temelinde yaygın olarak kullanılmakta olan iki yazılım ile modellenerek, elde edilen kaba ve ince imalat metraj verileri, geleneksel yöntemle hesaplanan metraj verileri ile kıyaslanmıştır. Böylece bu yazılımların geçerliliklerinin yanında avantaj ve dezavantajları da belirlenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yapı tasarımı; Planlama; Metraj; Yapı Bilgi Modellemesi; YBM.

ABSTRACT

Optimization of cost, duration, and quality are accepted as the basic requirements in modern construction projects. Especially the decisions taken during the planning phase are of great importance in order to minimize the problems in the construction process. Obtaining realistic quantity take-off (QTO) data is also a basic requirement in terms of planning the cost and duration accurately; since incorrect QTO

causes incorrect cost estimation and scheduling. Error-prone traditional QTO methods can take a long time depending on the project details. The developing technology directs Turkish construction companies to switch to Building Information Modeling (BIM) from computer-aided design (CAD) for more effective planning. However, the traditionalist and introverted nature of the construction sector in Turkey slows down the process of transition. In this study, a (Basement+Ground+3 Normal floor) housing project was modeled with two software, which are widely used on the basis of BIM. The obtained QTOs were compared with the QTOs calculated by the traditional method. Thus, besides the validity of these software, their advantages and disadvantages were determined.

Keywords: Construction design; Planning; Quantity take-off; Building Information Modeling; BIM.

1.GİRİŞ

Türkiye'de büyük ölçüde ulusal sermayeye dayanan inşaat sektörü, yüzlerce meslek dalını ilgilendirmesi nedeniyle istihdam ve üretim sürecini önemli ölçüde etkilemektedir. Ulusal ve uluslararası alanda büyük bir deneyime ve potansiyele sahip olan sektör, kendisine bağlı 200'den fazla alt sektörü harekete geçirme özelliğiyle 'lokomotif sektör' ve önemli istihdam kaynağı olması özelliğiyle de 'sünger sektör' olarak tanımlanmaktadır. Türkiye'de 2010 ile 2018 yılları arasında ortalama %9,4 büyüme oranıyla %6,3'lük genel ortalamanın oldukça üzerinde bir performans gösteren inşaat sektörünün, 2019 yılı itibarıyla kur ve faiz oranlarındaki artışlar ile mali disiplin politikaları nedeniyle, geçmiş yıllara göre büyüme hızı azalmıştır (INTES, 2019). Örneğin 2019 yılının ilk ve ikinci çeyreklerinde, Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla (GSYH)'daki %2,6 ve %1,5 oranlarında daralmaya karşılık inşaat sektörü %10,9 ve %12,7 oranında daralmıştır. Buna rağmen, Türkiye gibi gelişmekte olan ekonomilerde nüfusun artmasına bağlı olarak konut ve ulaşım ihtiyaçlarının yanında sosyal, kültürel ve çevresel ihtiyaçların da artmasıyla birlikte, kalkınmayı sağlamak ve sürdürebilmek

adına en fazla önem verilen sektör, inşaat sektörü olmaktadır.

İnşaat sektörünün Türkiye açısından bu denli önem arz etmesi ve maalesef beklenen Müteahhitlik Kanunu konusunda henüz gelişim kaydedilmemesi, bazı dezavantajları da beraberinde getirmektedir. Türkiye'de inşaat sektörünün gelenekçi ve içe kapanık yapısı, teknolojik imkânlarla geçiş sürecini yavaşlatmaktadır. Bu nedenle inşaat sektörü, teknolojik gelişmelere imalat, hizmet vb. sektörler kadar kolay adapte olamamaktadır. Örneğin 1990'lı yılların ortasından itibaren imalat sektöründe verimlilik neredeyse iki katına çıkarken, inşaat sektöründe ise sabit seyretmektedir (BIMgenius, 2018). Ülkemizde de özellikle 2019 yılında kamu harcamalarında, öncelik tasarruf politikalarıyla bütçe harcamalarını dengede tutma yönünde politikalar benimsenmesi nedeniyle, inşaat sektöründe maksimum verimlilik, temel hedef olmalıdır. Bu hedefe de ancak güncel teknolojiler kullanılarak erişilebilir.

Teknolojik olarak inşaat sektörünün dönüm noktaları dikkate alındığında, inşaat projelerinde geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilen çizim süreçlerinin; sürecin uzaması, maliyetin ve iş yükünün artması vb. nedenlerle zamanla yerini bilgisayar destekli tasarım (BDT) sistemlerine bırakması, önemli bir değişim olarak görülmektedir (Zontul, 2019). Proje çizim süreçlerinin hızlanmasıyla birlikte, projeye dair ifade teknikleri de gelişerek detaylı teknik çizimler oluşturulmaya başlanmıştır. Ancak teknolojinin sürekli gelişimi neticesinde BDT sistemlerinin de çizim sürecinde yetersiz ve eksik kaldığı görülmüş ve bu sistemlere alternatif olarak Building Information Modeling (BIM) sistemleri oluşturulmaya başlanmıştır. İki boyutlu çizim olarak başlayan BDT, böylece üç boyutlu modelleme seçenekleriyle daha da geliştirilmiştir. Özellikle son yıllarda gelişmiş ülkelerin başını çektiği BIM kavramı, dilimizde Yapı Bilgi Modellemesi (YBM) olarak kabul görmüş olup, Türkiye'deki mimarlık ve mühendislik firmaları da YBM ile çalışma yöntemlerine geçiş yapmaya başlamışlardır. Fakat akademik olarak, özellikle de inşaat mühendisliği alanında bu geçişin içeriği, yönü ve yöntemi konusunda boşluklar bulunmaktadır (Pekeriçli vd., 2017). Hâlbuki yeni yöntem ve yazılımların kullanımı, günümüzde inşaat sektörü paydaşlarının rekabetçi kalabilmeleri adına dikkate alınması gereken en önemli araçlardan birisidir (Lkhagva-Erdene, 2018). Bu çalışma kapsamında da, B+Z+3N katlı bir konut projesinin YBM temelinde yaygın olarak kullanılmakta olan Autodesk Revit (AR) ve Nemetschek Allplan (NA) yazılımları ile modellenerek, elde edilen kaba ve ince imalat metraj verilerinin, geleneksel olarak hesaplanan metraj verileri ile kıyaslanması amaçlanmıştır.

Böylece bu yazılımların geçerliklerinin yanında, avantaj ve dezavantajları da belirlenmeye çalışılmıştır. Bunun yanında, çalışmanın metraj, maliyet ve iş programı kapsamında pratiğe yönelik kullanıma yol göstermesi beklenmektedir.

2. YÖNTEM

İnşaat sektöründe başarılı proje yönetimi; etkin bütçe yönetimi ve iş programlaması gerektirmektedir. Ana karar verici unsurlardan olan bu bileşenler, proje verileri doğrultusunda hesaplanmaktadır. Birçok firma, metraj hesabında geleneksel yöntemleri kullanmaktadır (Karagöz, 2019). Ancak geleneksel hesaplamalarda oluşabilecek eksiklikler ve yapılabilecek yanlışlıklar, projenin yapılabilişliğini olumsuz yönde etkileyerek riski artırmaktadır (Zontul, 2019). Bütün metrajların gerçekçi ve ayrıntılı olarak hesaplanması; firmaların gerçekçi bir iş programı hazırlaması ve buna bağlı olarak da teorik hakedişlerin öngörülebilmesi açısından da büyük önem taşımaktadır (Altınay, 2014). Bu nedenlerle gerçekçi metraj verilerinin elde edilebilmesi, özellikle yapım maliyeti ve proje süresinin doğru olarak planlanabilmesi açısından temel koşuldur. Zira metrajın hatalı yapılması, ön keşfin ve iş programının da hatalı hazırlanmasına sebep olur.

Birçok sektör açısından devrim niteliğinde olan bilgisayar destekli tasarımın (BDT) gelişim süreci, üç farklı evrede tanımlanmaktadır (Karimi ve Akıncı, 2009; Kumar ve Mukherjee, 2009). Birinci evre, 1960-1979 yılları arasındaki başlangıç ve uyum evresidir. İkinci evre, 1980-1994 yılları arasındaki, tasarım sürecinde el çiziminden bilgisayara geçilen ve yazılımların ortaya çıktığı dönemdir. Bilgisayarın tasarım sürecine adapte olması ile proje üretim süreçleri hızlanmış olup, iki boyutlu çizimler ve raporların BDT ile hazırlanması sonucu veri alışverişinde kolaylık sağlanmıştır (Elmalı ve Bayram, 2018). Üçüncü evre ise 1995-2004 yılları arasındaki, mevcut yapıyı büyük ölçüde geliştiren evredir. Bu nedenle, yapı bilgi modellemesi (YBM) teknolojisinin kavramsal düzeyde ortaya çıkışının temellerinin 1980'li yıllar öncesinde atılmış olduğu kabul edilse de, dönüşümün 1990'lı yıllarda başladığı ifade edilebilir (BIMgenius, 2018). Amerikan Ulusal YBM Standardı (NBIMS-US), YBM'yi "*bir tesisin fiziksel ve fonksiyonel özelliklerinin dijital bir temsili*" olarak tanımlamaktadır (NIBS, 2014). YBM, birlikte çalışabilirlik için açık standartlar üzerine kurulu ortak bir dijital temsildir (Lkhagva-Erdene, 2018). YBM, aynı zamanda tasarım ekibinin farklı bölümlerinin farklı bina sistemlerinin imalatını daha iyi koordine etmesine olanak tanır (Nawari, 2012). YBM sadece projenin görselleştirmesi (3D) anlamına gelmemektedir. Aynı zamanda iş programlama (4D), gerçek

zamanlı maliyet tahmini (5D), yaşam döngüsü yönetimi (6D) ve tesis yönetimi (7D) gibi farklı boyutları da kapsamaktadır (Sahil, 2016; Kim vd., 2016). İnşaat sektörü özelinde BDT teknolojilerinden YBM teknolojisine geçişin başlangıcı olarak kabul edilebilecek 1990'lı yıllardan bugüne kadar olumlu gelişmeler kaydedilmesine rağmen, gerek Türkiye'de gerekse küresel ölçekte inşaat sektörü halen teknolojik yenilikleri uygulama ve dijitalleşme konusunda oldukça geridedir (BIMgenius, 2018). Bir başka ifadeyle YBM yeni bir yaklaşım olmamakla birlikte, büyümekte olan küresel bir eğilim olarak da tanımlanabilir. Dönüşüm hızla devam etmekte olup, sektörün paydaşları için YBM'nin tanınması adına rehberlik eden ve eylem önerileri sunan el kitapları, rehberler vb. geliştirilerek bu yeni sürece daha hızlı adapte olunması amaçlanmaktadır (EUBIM Taskgroup, 2019).

Dünya ülkelerindeki YBM uyum çalışmaları büyük bir hızla devam etmektedir. 2017 yılı verilerine göre (McAuley vd., 2017); Norveç ve Avusturya'da YBM zorunluluk haline getirilmiş olup; Amerika Birleşik Devletleri, Birleşik Krallık, Singapur, Avustralya, Rusya gibi ülkelerde kısmi zorunluluk söz konusudur. Fransa, Katar, Meksika gibi ülkelerde geçiş süreci başlamıştır. Almanya, Hollanda, Çin, Japonya, Kanada gibi ülkelerde planlama süreci tamamlanmıştır. Brezilya, İtalya, Yeni Zelanda gibi ülkelerde ise planlama süreci devam etmektedir. 2025 yılına gelindiğinde, tam ölçekli dijitalleşmenin; tasarım, mühendislik ve inşaat aşamalarında %13 ila %21 arasında, işletme aşamasında ise %10 ila %17 arasında yıllık küresel maliyet tasarrufu sağlanması beklenmektedir (EUBIM Taskgroup, 2019). Maalesef Türkiye'de YBM zorunluluğu konusunda yol haritası oluşturulması için net bir planlama süreci bulunmamaktadır. Buna rağmen; Total Oil Genel Müdürlük (İstanbul, 2007), Gaziantep Planetarium (Gaziantep, 2007), Kadiri Belediyesi Hizmet Binası (Osmaniye, 2009), Akofis Park (İstanbul, 2009), İlko İlaç (Konya, 2011), İstanbul Havalimanı (İstanbul, 2018) vb. projeler YBM kullanılarak modellenmiş ve geliştirilmiştir (Çuhadar, 2017).

Disiplinler arası bilgi paylaşımında en hızlı gelişen konseptlerden birisi olan YBM tabanlı yazılımların (Allplan, ArchiCAD, Bentley, Navisworks, Revit, Vico vb.) kullanımı da dünyadaki kullanıma paralel olarak hızla artmakta olup, YBM'nin beşinci boyutu (5D) olarak kabul edilen maliyet çalışmaları kapsamında, oluşturulan modellerden projelerin metraj bilgileri elde edilebilmektedir (Bayram, 2019). YBM tabanlı temel yazılımlar olan Allplan, ArchiCAD ve Revit yazılımlarının proje süreçlerine

katkıları, mukayeseli olarak Tablo 1'de sunulmuştur (Zontul, 2019).

| | | Allplan | ArchiCAD | Revit |
|---------|------------------|---------|----------|-------|
| Tasarım | Tasarım | + | + | + |
| | Maliyet Tahmini | + | + | + |
| | Teknik Şartname | | | |
| | İş Programı | | + | + |
| | Koord.& İletişim | | + | |
| Yapım | Tasarım | + | + | + |
| | Maliyet Tahmini | + | | + |
| | İş Programı | | | + |
| | Yapım Kontrolü | | + | + |
| | Koord. | | | |
| İşletme | - | | + | |

Tablo 1. YBM tabanlı temel yazılımların proje süreçlerine katkıları (Zontul, 2019)

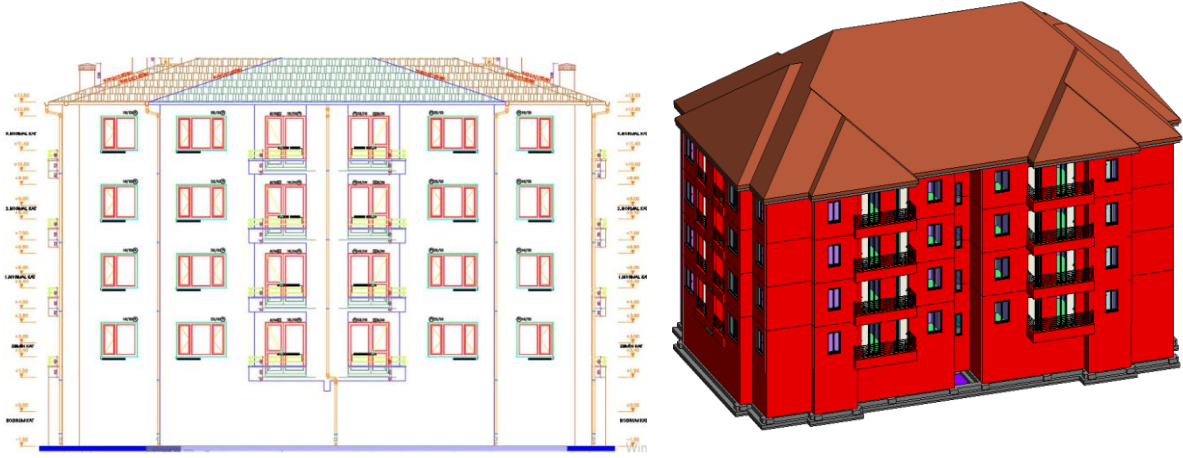
YBM tabanlı temel yazılımlar incelendiğinde, YBM sistemi içerisinde proje süreçleri birbirine benzer olmasına rağmen, yazılımcıların kullanıcıya sunduğu özelliklerin farklılaşmakta olduğu görülmektedir. Proje süreçleri açısından her ne kadar Revit ön plana çıksa da, diğerlerine göre daha kısıtlı katkı sunan Allplan'ın de Revit ile birlikte çalışmaya dâhil edilmesinin, bulguların kıyaslanması açısından daha uygun olabileceği öngörülmüştür. Bu kapsamda örnek bir proje için Autodesk Revit (AR) ve Nemetschek Allplan (NA) olmak üzere iki yazılımdan elde edilen metraj değerleri, geleneksel metraj yönteminden elde edilen değerlerle kıyaslanarak yazılımlardan elde edilen metrajların geçerlilikleri sorgulanmıştır.

3.UYGULAMA

Uygulamaya konu olan yapı projesi; Kayseri İli, Melikgazi İlçesi, Bahçelievler Mahallesi, 60 pafta, 1788 ada ve 13 parsel üzerine inşa edilmiş olup, B+Z+3N katlı apartman tipi konut şeklindedir. Yapı taban alanı 853,49 m² olup, yapı inşaat alanı 4.407,48 m²'dir. Yapının Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün (TKGM) parsel sorgulama uygulamasından elde edilen arazi görünümü ile Kayseri Büyükşehir Belediyesi Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulamasından elde edilen fotoğrafı, Şekil 1'de sunulmuştur. Uygulamaya konu olan konut projesinin Autodesk AutoCAD'de çizilmiş cephe görünüşü ile AR'de tamamlanmış model görünüşü Şekil 2'de sunulmuştur.



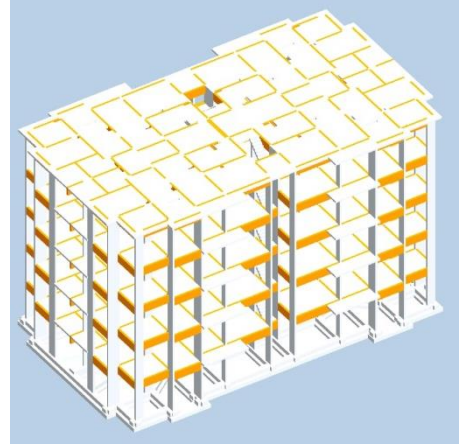
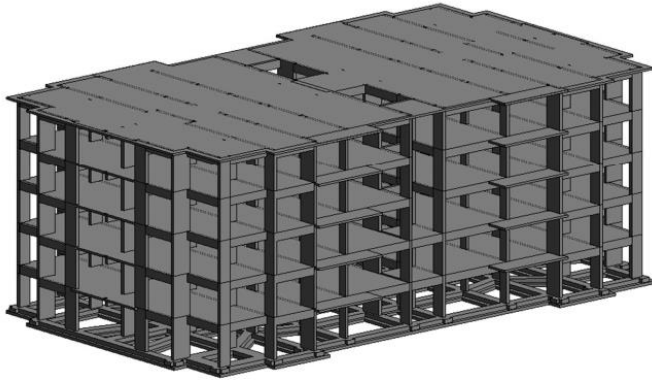
Şekil 1. Yapının arazi görünümü ve fotoğrafı



Şekil 2. AutoCAD ve AR cephe görünüşü

YBM kullanımı ile inşaat maliyetlerinde %23'e ve proje sürelerinde %19'a varan azalmalar meydana gelebilmektedir (Atak Argun, 2017). Ön keşfin ve iş programının doğruluğu da şüphesiz metraj verilerinin güvenilirliğine bağlıdır. Çalışma kapsamında kullanılan AR; üç boyutlu parametrik model özelliği ile çoklu çalışma ortamına olanak sağlamakta, ortak çalışma tabanı oluşturabilmek için tüm katılımcıların bulunduğu bir çalışma alanına ihtiyaç duymaktadır (Çuhadar, 2017; Timuroğlu, 2017). NA ile de üç boyutlu parametrik model oluşturabilmekte, gerekli veriler dijital bir örnek olarak girilebilmekte, birleştirilebilmekte ve ortak veri tabanında kullanılabilir. NA, yapı elemanlarının daha az çaba sarf edilerek daha kolay yöntemlerle elde edilmesinde ve planlanmasında kullanılmaktadır (Timuroğlu, 2017). AR'nin ve NA'nın temel fonksiyonları; mimari, yapısal, mekanik-elektrik-tesisat (MEP) modelleme ve parametrik tasarım olarak ifade edilebilir (Saleh,

2015). Modelleme kapsamında yazılımlara AutoCAD projesi 'Import CAD' aracılığı ile aktarılmış ve taşıyıcı elemanlar (temel, kolon, kiriş, döşeme beton ve kalıpları) ve duvar modellenmiştir. Uygulamaya konu olan konut projesinin AR ve NA yazılımları ile modellenmesinden elde edilen yapısal modeller Şekil 3'de sunulmuştur.



Şekil 3. AR ve NA yapısal modelleri

YBM araçlarının metraj ve maliyet hesabı süreçlerinde kullanımı yoğun yapı verisi kullanımı gerektirmesi nedeniyle zordur (Issa ve Svetlana, 2015). Diğer yandan, YBM tabanlı yazılımların farklı çalışma prensipleri, dolayısıyla metrajları modellemek ve elde etmek için kendine özgü yöntemleri vardır (Eroğlu, 2019). Örneğin AR kullanılarak; yapı elemanları ile ilgili çeşitli bilgi girişleri yapılabilmekte, bu bilgiler proje ekipleriyle dijital ortamda anlık olarak paylaşılabilir ve metraj bilgisi alınabilmektedir (Polat vd., 2019). Ancak 4D (iş programlama) ve 5D (gerçek zamanlı maliyet tahmini) uygulamaları için Vico Office (VO), DProfiler, Tocoman iLink vb. yazılımlara ihtiyaç duyulmaktadır (Gerçek vd., 2016). VO; maliyet ve iş programı bilgileriyle birden çok YBM modelinin yayınlanabileceği ve sentezlenebileceği, YBM'den bağımsız platform olarak tasarlanmıştır (Gerçek, 2016).

AR'de akıllı nesnelere kullanılarak tasarlanan model VO'ya aktarıldığında, hemen hemen bütün yapı elemanları benzer kategori isimleriyle algılanabilmektedir. AR'de "family" adı altında aynı aileye ait farklı cinsteki elemanlar, tip (type) olarak oluşturulmaktadır. VO'da metraj alınırken otomatik oluşturulan metraj elemanı (takeoff item, TOI) isimleri, tip isimleri ile aynı olup, type=TOI

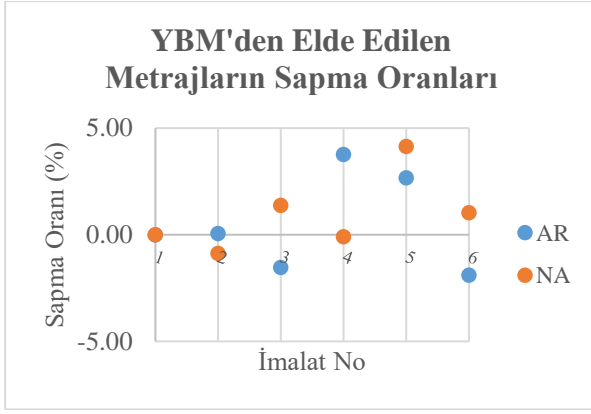
mantığı ile tek grupta metrajlar toplanabilmektedir. Bunun yanında, VO'da kategori olarak doğru tanımlanan fakat metraj bilgilerinde hesaplama sorunu yaşanan elemanlar için bir uyarı mekanizması bulunmaktadır. NA ise gerekli verilerin dijital bir örnek olarak tanımlanmasına imkan sağlamakta, verileri birleştirebilmekte ve ortak veritabanında kullanımını sağlayabilmektedir (Polat vd., 2019). NA kapsamında da her yapı bileşenine türünü gösteren isim verilmiş, hesaplama modu ile metraj hesaplamalarında kullanılacak ölçü birimi tanımlanmış, mimari malzeme özelliği ile yapı bileşenlerinin akslar üzerindeki yerleri tanımlanmış ve bilgi modellemesi yapılmıştır. Böylece metraj tabloları üretilebilmekte ve gerektiğinde MS Excel'e aktarılabilir.

AR ve NA yazılımları kullanılarak yapılan modellemeler sonucunda elde edilen metraj verileri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın 2019 yılı poz tarifleri göz önüne alınarak hesaplanan geleneksel (MS Excel) metraj yönteminden elde edilen veriler ile kıyaslanmıştır. Bu kapsamda üç ana imalat belirlenmiş olup, bu imatlardan toplam altı tarifin metraj sonuçları kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar, Tablo 2'de sunulmuştur.

| İmalatın Adı | İmalatın Cinsi ve Birimi | Poz No | No | Geleneksel | AR | NA |
|--------------|--------------------------------------|-------------|----|------------|-----------|-----------|
| Beton | C16/20 Grobeton (m ³) | 15.150.1003 | 1 | 94,529 | 94,529 | 94,529 |
| | C25/30 Beton (m ³) | 15.150.1005 | 2 | 1.333,410 | 1.334,230 | 1.321,770 |
| Kalıp | Betonarme Kalıbı (m ²) | 15.180.1003 | 3 | 8.569,63 | 8.437,36 | 8.687,13 |
| Duvar | 10'luk Tuğla Duvar (m ²) | 15.220.1002 | 4 | 2.390,65 | 2.480,48 | 2.388,22 |
| | 20'lik Tuğla Duvar (m ²) | 15.220.1006 | 5 | 396,91 | 407,50 | 413,33 |
| | 25'lik Tuğla Duvar (m ²) | 15.220.1008 | 6 | 1.812,84 | 1.778,52 | 1.831,59 |

Tablo 2. Metraj özeti kıyaslaması

AR ve NA yazılımlarında yapılan modellemeler sonucunda elde edilen metraj verilerinin, geleneksel yöntemden elde edilen metraj verilerine göre sapma oranları, Şekil 4'de sunulmuştur.



Şekil 4. Yazılımlardan elde edilen metraj değerlerinin sapma düzeyleri

Şekil 4’de tamamı $\pm\%5$ aralığında elde edilen sapma oranları dikkate alındığında, sadece C16/20 grobeton (1 no’lu imalat) için her iki yazılımdan sıfır sapma elde edilmiştir. Bunun dışında, sapma oranı açısından AR ve NA arasında farklılıklar göze çarpmaktadır. AR kapsamında maksimum negatif sapma oranı 25’lik tuğla duvar (6 no’lu imalat) kapsamında $\%-1,89$ olarak elde edilirken, maksimum pozitif sapma ise 10’luk tuğla duvar (4 no’lu imalat) kapsamında $\%3,76$ olarak elde edilmiştir. NA kapsamında maksimum negatif sapma oranı C25/30 beton (2 no’lu imalat) kapsamında $\%-0,87$ olarak elde edilirken, maksimum pozitif sapma ise 20’lik tuğla duvar (5 no’lu imalat) kapsamında $\%4,14$ olarak elde edilmiştir.

4.TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, B+Z+3N katlı bir apartman tipi konut projesi üzerinden ilk aşamada MS Excel kullanılarak altı kalem imalatın metrajı tamamlanmıştır. Sonraki aşamada da YBM temelli yazılımlardan olan Autodesk Revit (AR) ve Nemetschek Allplan (NA) ile projenin kaba inşaat modellemesi ayrı ayrı gerçekleştirilerek, yazılımlardan elde edilen metraj değerleri, geleneksel yöntemden elde edilen metraj değerleri ile kıyaslanmıştır. Her ne kadar kusursuz 3D model oluşturma zorunluluğu, geometrik olmayan verilerin dinamik yapıya dâhil edilememesi gibi dezavantajları söz konusu olsa da, YBM modellemelerinden elde edilen metrajların, geleneksel yöntemle göre çok daha hızlı ve pratik şekilde elde edilebileceği ve doğruluk oranlarının da oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Malzeme tedariki açısından şantiyelerde $\pm\%2$ zayıf aralığı sınır değer olarak göz önüne alındığında, her iki yazılımın da tuğla duvar metrajında pozitif olarak sınır değerini üzerine çıktıkları ifade edilebilir. Bu da, yazılımlardan olması gerekenden daha yüksek metraj elde edildiği anlamına gelmektedir. Diğer metrajlarda ise yazılımlardan elde edilen değerler, sınır değer içerisinde kalmıştır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürde sınırlı sayıdaki benzer çalışma ile kıyaslanmaya çalışılmıştır. Örneğin, Gerçek vd. (2016); YBM yazılımı ile kalıp metrajında kat başına $0,4 \text{ m}^2$ sapma tespit etmişlerdir. Çalışmada kat alanı ile ilgili bilgi bulunmamasıyla birlikte, mevcut çalışmada dikkate alınan yapının 5 katlı olması, kalıp imalatının (3 no’lu imalat) kat başına ortalama olarak; gerçekte $1.713,93 \text{ m}^2$, AR ile $1.687,47 \text{ m}^2$ ve NA ile $1.737,43 \text{ m}^2$ olması anlamına gelmektedir. Bu durumda, mevcut çalışmada kat başına AR için $-26,46 \text{ m}^2$, NA için $+23,50 \text{ m}^2$ sapma söz konusudur. Diğer bir çalışma olarak, Eroğlu (2019); kalıp ve beton açısından da metraj kıyaslaması yaptığı tez çalışmasında; kalıp imalatı (temel, kolon, perde, kiriş, döşeme) için AR sonuçlarının NA’ya göre $((AR-NA)/NA)$ ortalama $\%0,55$ daha düşük olduğunu, beton imalatı (temel, kolon, perde, kiriş, döşeme) içinse ortalama $\%0,07$ yüksek olduğunu belirlemiştir. Mevcut çalışmada ise kalıp imalatı için AR sonuçlarının NA’ya göre ortalama $\%2,88$ daha düşük, beton imalatı içinse $\%0,94$ daha yüksek olduğu ifade edilebilir. Özetle, mevcut bulgular Eroğlu (2019)’nun bulguları ile uyusmakla birlikte, mevcut çalışmada hem beton, hem kalıp için sapma oranı bir miktar daha fazladır.

Çalışma kapsamında ele alınan apartman tipi konut projesinin modellemesi yapılırken, mimari ve statik projelerde çokça çakışma sorunu ile karşılaşmış olup, uygulamada bu çakışmaların zaman ve maliyet kaybına neden olacağı aşikârdır. Bu nedenle YBM yazılımlarının koordineli çalışabilirlik adına kurdukları ortak dijital temsil, çakışmaların ve değişikliklerin anında tespit edilip gerçekleştirilerek, uygulamada yaşanabilecek problemleri minimize edilebileceğini göstermektedir. Böylece, YBM yazılımlarının sadece tasarım aşamasında değil, uygulama aşamasında da verimlilik adına önemli avantajlar sağlayacağı görülmüştür. Bunun yanında, projede yer alan bütün objeler, yapısal ve yapısal olmayan elemanlar, YBM yazılımları kapsamında hesaplanabilir ve tablolananabilir bir altyapıya sahip olduklarından dolayı, projede gerçekleştirilecek küçük bir değişiklik dahi aynı anda bütün mahal ve metraj listelerine yansımakta olup, dolayısıyla imalat ekiplerinin daha kontrollü çalışmalarına da imkân sağlamış olacaktır. Modelleme açısından AR’nin geliştirilebilir yanları; duvar-kiriş-kolon-döşeme birleşim bölgelerinde duvar materyali kırılmasının ve kolon-kiriş yüzeylerine sıva tanımlanmasının zor olması olarak ifade edilebilir. NA açısından ise; arayüzünün alışlagelmiş Autodesk arayüzlerinden farklı olması, üst üste binen yapı elemanlarının metrajlarının değişken olabilmesi, metrajları elde etmek için her seferinde metraj çıkarma aracının çalıştırılması gereksinimi geliştirilebilir hususlar olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, YBM tasarımlarından elde edilen metraj verilerinin gerçek verilerle karşılaştırılması ile YBM tasarımlarının metraj hesaplarındaki geçerlilikleri ele alınmış olup, böylece tasarım aşamasındaki katkıları spesifik olarak değerlendirilmiştir. YBM tabanlı yazılımlar, Türkiye’de her ne kadar mimari tasarım açısından mimarlarca kabul görekerek farkındalık yaratmış olsalar da, statik tasarım açısından inşaat mühendislerinden henüz beklenen ilgiyi görmemektedirler. Bu çalışmanın, geleneksel metrajlar ile uzun süreler harcayan inşaat mühendislerinin YBM yazılımlarını kullanarak ve çok daha kısa sürede metraj değerlerini

5. TEŞEKKÜR

Yazar, katkıları için İnşaat Mühendisi Tayfun POLAT’a, İnşaat Mühendisi İzzettin TURĞAL’a, İnşaat Mühendisi Ayhan KARDOĞAN’a ve İnşaat Mühendisi Semih Burak SELÇUK’a teşekkür eder.

6.KAYNAKLAR

Altınay, Ş., 2014. *Merkez Ofis Giderlerinin Tespitinde Kullanılan Yöntemler ve İnşaat Sektöründe Bir Uygulama*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.

Atak Argun, A., 2017. İnşaat Sektöründe BIM Kullanımı ve Avantajları, <https://epy.com.tr/tr-insaat-sektorunde-bim-kullanimi-ve-avantajlari-95> (Son erişim Tarihi: 24.02.2021)

Bayram, S., 2019. Yaklaşık metraj birim ölçülerinin yapım işi projelerindeki geçerliliğinin araştırılması, *International Conference on Innovation, Sustainability, Technology and Education in Civil Engineering (iSTE-CE'2019)*, 13-15 Haziran, Hatay, 774-789.

BIMgenius, 2018. Türkiye BIM Raporu: Genel Eğilim ve Beklentiler Araştırma Raporu, <https://www.bimgenius.org/> (Son erişim Tarihi: 23.08.2019)

Çuhadar, F.G., 2017. *Mimarlık Hizmeti Kapsamında Bina Bilgi Modelleme: "G Villa" Konut Projesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.

Elmalı, Ö., Bayram, S., 2018. BIM kavramının Türk inşaat sektörüne entegrasyonu üzerine bir alan çalışması, *III. Uluslararası Mesleki ve Teknik Bilimler Kongresi*, 21-22 Haziran, Gaziantep, cilt 5, 3469-3479.

Eroğlu, E., 2019. *Evaluation of the Reliability of BIM-Based Quantity Take-Off Processes in*

alabilmeleri, ön keşif ve iş programlaması yapabilmeleri için farkındalık yaratması ve YBM tasarımlarının avantajlarını somutlaştırarak pratiğe yönelik kullanıma yol göstermesi beklenmektedir. Zira Türkiye orijinli akademik çalışmalarda YBM kullanılarak taşıyıcı sistem tasarımına yönelik çalışma sayısı yok denecek kadar azdır. Öneri olarak ise, birçok ülkenin farklı seviyelerde yürütmekte oldukları YBM’ye geçiş süreci için Türkiye’de de planlama aşamasının kamu sektörü, özel sektör ve üniversitelerin katılımları ile tamamlanarak YBM’ye geçiş için bir yol haritası belirlenmesi üzerinde çalışılmalıdır.

Construction Projects. Master’s thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey.

EUBIM Taskgroup, 2019. Avrupa Kamu Sektörü tarafından Yapı Bilgi Modellemesinin tanıtımı için El Kitabı. http://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2019/05/EU_BIM_Task_Group_Handbook_Turkish.pdf (Son erişim Tarihi: 14.09.2019)

Gerçek, B., 2016. *BIM Execution Process of Construction Companies for Building Projects*. Master’s thesis, İzmir Institute of Technology, İzmir, Turkey.

Gerçek, B., İlal, M.E., Tokdemir, O.B., Günaydın, H.M., 2016. Yapı bilgi modellemesi yardımıyla metraj ve maliyet hesabı, *4. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi*, 03-05 Kasım, Eskişehir, 786-796.

INTES (Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası), 2019. İnşaat Sektörü Raporu, https://intes.org.tr/wp-content/uploads/2019/08/insaat_raporu-a%C4%9Fustos.pdf(Son erişim Tarihi: 06.10.2019)

Issa, R.R.A., Svetlana, O., 2015. *Building Information Modeling: Applications and Practices*. American Society of Civil Engineers, NY, USA.

Karagöz, M.E., 2019. BIM ile yapı yaklaşık maliyeti hesaplama önerisi, *Yapı Bilgi Modelleme*, 1(1), 39-45.

Karimi, H.A., Akıncı, B., 2009. *Current Trends and Future Directions in CAD and GIS Integration*. CRC Press, Taylor & Francis Group, London, UK.

Kim, K.P., Ma, T., Baryah, A.S., Zhang, C., Hui, K.M., 2016. Investigation of readiness for 4D and 5D BIM adoption in the Australian construction industry, *Management Review: An International Journal*, 11(2), 43-64.

Kumar, J.V., Mukherjee, M., 2009. Scope of building information modeling (BIM) in India, *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 2(1), 165-169.

Lkhagva-Erdene, S., 2018. *Yapı Bilgi Modellemesi Kapsamında Hesaplama Komplekslerinin Entegrasyonu*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.

McAuley, B., Hore, A., West, R., 2017. *BICP global BIM study - Lessons for Ireland's BIM programme*. Dublin Institute of Technology, Dublin, Ireland.

Nawari, N.O., 2012. BIM standard in off-site construction, *ASCE Journal of Architectural Engineering*, 18(2), 107-113.

NIBS (National Institute of Building Sciences), 2014. National BIM Standard-United States™ Version 2, <http://www.nationalbimstandard.org/> (Son erişim Tarihi: 24.01.2020)

Pekerçli, M.K., Sarı, R., Tanyer, A.M., 2017. Türkiye'deki mimarlık ve mühendislik firmalarında yapı bilgi modellemesi olgunluğu üzerine bir araştırma, *11. Mimarlıkta Tasarım Ulusal Sempozyumu*, 14-15 Haziran, Ankara, 214-227.

Polat, T., Turğal, İ., Kardoğan, A., 2019. *Yetkin Bir Proje Yönetimi için Yapı Bilgi Modellemesi (BIM) Yaklaşımı*. Yayımlanmamış Bitirme Ödevi Çalışması, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.

Sahil, A.Q., 2016. *Adoption of Building Information Modeling in Developing Countries: A Phenomenological Perspective*. Master's thesis, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, US.

Saleh, M.A.D., 2015. *Barriers and Driving Factors for Implementing Building Information Modelling (BIM) in Libya*. Master's thesis, Eastern Mediterranean University, Gazimağusa, North Cyprus.

Timuroğlu, M.B., 2017. *BIM ve Hakediş Yazılımları Arası Veri Paylaşım ve Değişim Yaklaşımları*. Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi, İstanbul.

Zontul, K., 2019. *Yapım Maliyetlerinin Hesaplanmasında Yapı Bilgi Modelleme (YBM) Sisteminin Örnek Uygulama Üzerinden İrdelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.