

Yapım Maliyetlerinin Hesaplanmasında Yapı Bilgi Modelleme (YBM) Sisteminin Örnek Uygulama Üzerinden İrdelenmesi

Özlem PARLAK BİÇER¹ , Kaan ZONTUL² , Merve HASÖZHAN^{1*} 

¹Erciyes Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, Kayseri, Türkiye

²Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Kayseri, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Yapı Maliyeti,
Revit,
Yapı Bilgi
Modelleme (YBM),
Metraj

Özet

Yaşamın gereği olarak ortaya çıkan mekânların inşası için gereken mali bedeller, yapı maliyetini oluşturmaktadır. Yapı maliyeti proje verileri doğrultusunda hesaplanmaktadır. Hesaplamalarda oluşabilecek eksiklik ve yanlışlıklar, projenin yapılabilirliğini ve kalitesini etkilemektedir. Teknoloji ile birlikte insan hayatında sıklıkla yer alan bilgisayar sistemlerinin yapı sektörüne de girmiş olması ile Bilgisayar Destekli Tasarım [BDT] sistemleri ve bu sistemlerin bir sonraki aşaması olarak Yapı Bilgi Modelleme sistemleri oluşturulmuştur. Çalışmanın amacı; örnek olarak ele alınan Erciyes Üniversitesi Hukuk Fakültesi Ek Binası'nın Yapı Bilgisi Modelleme [YBM] sistemiyle dijital ortamda oluşturulması, elde edilen model üzerinden metraj bilgilerinin çıkartılması ve bu bilgilerin mevcut yöntemlerle karşılaştırılması sonucu YBM sistemlerinin maliyet hesaplamadaki fayda/zarar durumu ve yapı sektörüne sağlayacağı katkıların irdelenmesidir.

Examination of Building Information Modeling (BIM) System Through Example Application in Calculation of Construction Costs

Keywords:

Building Cost,
Revit,
Building
Information
Modeling,
Length in Metres

Abstract

The financial costs required for the construction of the spaces that arise as a necessity of life constitute the cost of the building. The cost of the building is calculated in line with the project data. The deficiencies and errors that may occur in the calculations affect the feasibility and quality of the project. Together with the introduction of computers systems, which frequently take place in human life due to advancing technology, to the construction sector, Computer Aided Design systems and as the next stage of the systems, Building Information Modeling systems were created. The purpose of this study; Establishing the Erciyes University Faculty of Law Annex Building, which is considered as an example, in digital environment with the Building Information Modeling [YBM] system, extracting the quantity information from the obtained model and comparing this information with the existing methods, the benefits / losses of YBM systems in cost calculation and their contribution to the building sector. is to be examined.

1 GİRİŞ

İnşaat sektöründe proje yönetimi; etkin maliyet yönetimi ve iş programlama gerektirmektedir. Yapı sektörü, teknoloji ile birlikte gelişmiş ve yapım sürecindeki yenilikleri yakından takip etmiştir. Her yeniliğin yapıyı oluşturmak için gerekli olan finansal destek üzerinde de etkisi olmuştur. Yapı sektöründe yüklenici ya da yatırımcının sağladığı finansal destek de kısıtlı olmakta ve işin yapılabilirliği buna göre belirlenmektedir. Bu açıdan bakıldığında yapı maliyeti, bina üretimi için önemli bir kavramdır.

Gelişen teknoloji ile birlikte yapı sektöründe, yapım sistemleri, yapı malzemeleri ve yapım yöntemi süreçlerinde değişiklikler olmuştur. Geleneksel yöntemlerde el ile yapılan çizimler yapı projeleri oluşturma sürecini

*e-Posta: mervehasozhan@gmail.com

uzatmakta, maliyeti ve iş yükünü arttırmaktadır. Teknolojinin gelişmesi ile beraber yapı sektöründe de bilgisayar sistemleri kullanılmaya başlanmış, projelendirme süreci için farklı organizasyonlar tarafından özel yazılımlar oluşturulmuştur. Oluşturulan bu yazılımlar sayesinde yapı sektörü katılımcıları [yüklenici, mal sahibi, mimar, mühendisler, taşeronlar vb.] Bilgisayar Destekli Tasarım [BDT] sistemine geçmeye başlamıştır. Bilgisayar Destekli Tasarım sistemleri, hızlı çizim imkânı sağlamış, kısa zamanda ve düşük maliyetle proje oluşturma sürecini başlatmıştır.

Teknolojinin sürekli gelişmesiyle birlikte Bilgisayar Destekli Tasarım sistemlerinin de çizim sürecinde yetersiz ve eksik kaldığı görülmüş ve alternatif olarak Yapı Bilgi Modelleme [YBM] sistemleri oluşturulmuştur. Yapı Bilgi Modelleme sistemleri sayesinde; proje oluşturma, proje sunumu hazırlama, projeyi anlatan çizimleri kısa sürede elde etme gibi zaman ve emek isteyen iş kalemleri kolaylaşmıştır. Bu sistemler analizler ile daha verimli tasarımlar oluşturma, maliyet hesaplama yöntemleri ile işin fizibilite çalışmalarına katkıda bulunma, plan üzerinden üçüncü boyuttaki projenin oluşturulması ile sunuma ve modele kolay erişme imkânı sağlamaktadır. Ayrıca Yapı Bilgi Modelleme sistemleri tasarlanan projenin inşaa aşamasındaki birleşimlerini detaylandırma, ortak veri tabanı oluşturarak her projenin kendine ait elemanlarının [statik proje- mekanik proje- elektrik proje] aynı ortamda çakıştırması sonucu projede olabilecek uyumsuzlukları gösterme gibi özelliklerle yapı sektörüne faydalı çözümler oluşturmaya çalışmaktadır.

Çalışmanın amacı; örnek olarak ele alınan Erciyes Üniversitesi Hukuk Fakültesi Ek Binası'nın üzerinden Yapı Bilgisi Modelleme sistemiyle dijital ortamda oluşturulması, elde edilen model üzerinden metraj bilgilerinin çıkartılması ve bu bilgilerin mevcut yöntemlerle karşılaştırılması sonucu yapı sektörüne sağlayacağı katkıların irdelenmesidir. Bu çalışma ile yapı sektöründe kullanılan Bilgisayar Destekli Tasarım sistemlerinin tasarım ve maliyet hesaplama yöntemleri ile Yapı Bilgi Modelleme sistemleri yöntemleri karşılaştırılarak, Yapı Bilgi Modelleme sistemlerinin yapı sektörüne katkıları ve avantajları ortaya koyulmaya çalışılmıştır.

Makalenin birinci bölümünde yapı maliyeti kavramı incelenmiş, yapı maliyetini oluşturan etmenler açıklamıştır. Maliyetin yapı sektörü için önemi, maliyet tahmininin proje oluşturmak için gerekliliği anlatılmıştır. Araştırmada ele alınan ve örnek yapıda kullanılan Bilgisayar Destekli Tasarım ve Yapı Bilgi Modelleme sistemlerinin gelişim ve mimari tasarım sürecine katkısı incelenerek aralarındaki farklar irdelenmiştir. Çalışmanın uygulama bölümü olan ikinci ve üçüncü bölümde, örnek olarak ele alınan Erciyes Üniversitesi Hukuk Fakültesi Ek Binası projesi yerleşim, tasarım kararları, malzeme bilgileri, proje yapım teknikleri ve projelendirme sistemi hakkında bilgi verilmiştir. Uygulama projesini Bilgisayar Destekli Tasarım sistemleri ile oluşturulması yöntemleri ve maliyetin hesaplanma yöntemleri açıklanmıştır. Yapının, Yapı Bilgi Modelleme ortamına aktarılarak modellenmesi sonucu, model üzerinden maliyet verisi elde etme yöntemi incelenmiştir. Yapı Bilgi Modelleme ile elde edilen sonuçlar ile mevcut sonuçlar karşılaştırılarak Yapı Bilgi Modellemenin avantajları, zorlukları ve yapı sektörüne katkıları bu bölümde irdelenmiştir.

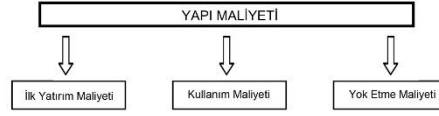
Çalışmada örnek proje metraj verileri ile Yapı Bilgi Modelleme verilerinin karşılaştırılması sonucunda YBM sistemlerinin daha faydalı olduğu görülmüştür. Elde edilen veriler sonucunda Yapı Bilgi Modelleme sistemlerinin maliyet hesaplama yöntemlerine etkileri ele alınmıştır. Bu makalenin Yapı Bilgi Modelleme sistemlerinin yapı sektörü içerisinde kullanımının maliyet ve metraj işlemlerinde getireceği düşünülen faydalar ile sektörde kullanımının artması yönünde cesaretlendirici olması ümit edilmektedir.

1.1 Yapı Maliyeti

Maliyet; çeşitli kaynaklarda, bir işlemi gerçekleştirmek için kullanılan tüm mal ve hizmetlerin maddi karşılığı [1], bir ürünü ortaya çıkarmak için sarf edilen tüm çabaların karşılığı [2], bir mal üretilene kadar yapılan harcamaların toplamı [3] olarak tanımlanmaktadır. Yapı maliyeti ise yapım aşamasında tasarım ve projelendirme, kullanım aşamasında işletme, bakım ve onarım giderlerinin ve yıkım aşamasında ortaya çıkan harcamaların toplamı olarak tanımlanmaktadır [3].

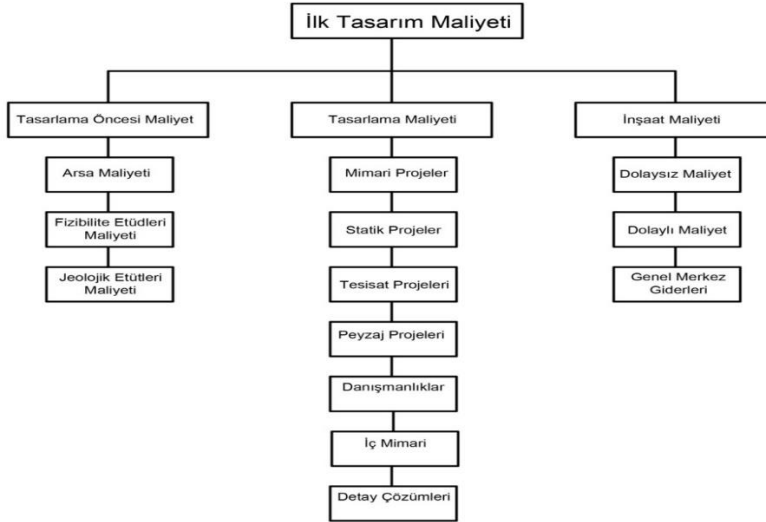
Yapı maliyetini; arazi, yapının büyüklüğü, planlama yeterliliği, plan biçimi, kat yüksekliği, yapının gruplandırılması, inşa edilebilirliği yapısal detaylar ve son düzenlemeler gibi projenin üstünde direkt etkiye sahip faktörler belirlemektedir [4]. Yapı maliyeti üzerinde Mimarlar, Mühendisler, Yapımcılar [Architecture, Engineering, Construction-AEC] ve kullanıcılardan oluşan proje katılımcıları etkili olmaktadır. Maliyetler malzeme miktarına, fiyatına, işçiliğe bağlılığının yanı sıra kullanıcının tercihi, idarelerin getirdiği kısıtlamalar, çevre şartları gibi pek çok unsurdan etkilenecek değişmektedir. Ayrıca projenin uygulanacağı yer, topoğrafya, uygulanacak teknoloji de farklı şekillerde maliyet çıkarılmasının nedenlerindedir [1, 3, 4].

Artan ihtiyaçlar karşısında sınırlı kaynakları en verimli şekilde kullanma zorunluluğu sebebiyle yapı üretim sürecinin her aşamasında maliyet planlamasına ve denetlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır [3]. Yapı maliyeti maddi kaynakları kullanmak için planlama ve denetleme mekanizmasına bağlı olan üretim kararları ile başlayıp ortaya çıkarılan yapı ürününün yaşamının sona ermesiyle biten süreçte kullanılan harcamaların bütünüdür. Bu harcamalar; Şekil 1’de ifade edildiği gibi ilk yatırım, kullanım ve yok etme maliyeti olarak üçe ayrılmaktadır [4].



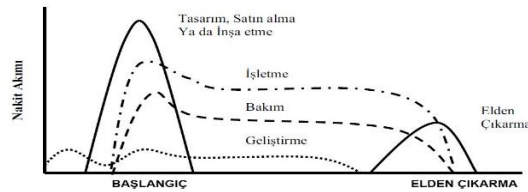
Şekil 1. Yapı Maliyetini Oluşturan Etmenler [4]

İlk yatırım maliyetini, yapı üzerinde tasarım aşamasında verilen kararlar ve inşaat sırasında öngörülemeyen harcamalar oluşturmaktadır. Yapılacak binanın tasarım aşamasında yeri, çevre ilişkileri, arsa verileri, bina kullanım amacı ve giderlerine karar verilmektedir. Bu aşamada yapı formu, konumu, kat âdeti, sirkülasyonu, yapım sistemi, kullanılacak malzeme, işçilik kararlaştırılmakta ve maliyeti büyük ölçüde etkilemektedir. İlk yatırım maliyetini oluşturan etmenler Şekil 2’de ifade edilmiştir [3, 5]. İlk yatırım maliyeti içerik olarak proje gerekliliklerini ve proje çizim süreçlerini kapsadığı için maliyeti büyük oranda etkilemektedir. Ülkemizde ilk yatırım maliyet kalemlerinin doğru belirlenmesi yatırımcının kar elde etmesi için önemlidir.



Şekil 2. İlk Yatırım Maliyetini Oluşturan Etmenler [6]

Kullanım maliyetleri, bina inşaatının bitiminden binanın yok olmasına kadar geçen zaman içerisinde yapının, yapıma amacı doğrultusunda kullanılmasıyla oluşan işletim, bakım, temizlik, değişim, yenileme maliyetleridir [4, 7, 8]. Ayrıca bina vergileri, bina temizliği, tesisat-elektrik işleri bahçe düzenlemesi-bakımı, ısıtma-soğutma maliyetleri gibi maliyetler de kullanım maliyetine girmektedir [6]. Kullanım maliyetleri, ilk yatırım maliyetlerinin uzun sürede elde edeceği kârı, yapının yaşamı boyunca oluşan maliyetlerini azaltacağı varsayımına dayanmaktadır. Üretimin başlayıp, ürünün yok edilme sürecine kadar geçen zamandaki işletme, bakım ve onarım maliyetleri, Şekil 3’de ifade edildiği gibi ilk yatırım maliyetlerine göre daha az olmaktadır [7].



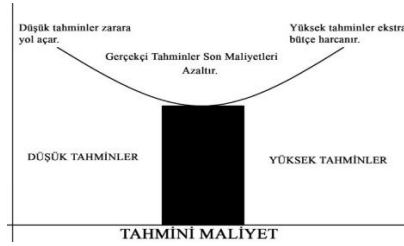
Şekil 3. Yapı Kullanım Maliyet Süreci [7]

Bina yıkım maliyeti ise yapının yok edilmesine ilişkin yıkım, sökülme ve atıklarının taşınması maliyetidir. Binanın kat sayısı, konumu ve yapısı yıkım maliyetini etkilemektedir [4, 8]. Bina yıkım maliyetine en az etki eden

değişken bina yaşıdır. Binanın konumu ise yasal yerlerden alınan izinler doğrultusunda yıkım maliyeti açısından önemlidir. Örnek olarak, cadde üzerindeki bir bina ile kırsal alandaki bir binanın yıkım maliyeti farklılık göstermektedir. Ülkemizde kırsalda görülen yığma yapı tekniği ile yapılmış olan binaların yıkım maliyetinin, betonarme ve çelik sistemlere göre daha az olduğu bilinmektedir [9]. Yıkım maliyeti miktar ve önem olarak toplam maliyet içerisinde çok az yer kaplamaktadır [4].

Yapı inşa süreci, çeşitli aşamalarda yapılan faaliyetlerin ve alınan kararların sürekli olarak değiştiği bir süreçtir [10]. Proje yapım sürecinde inşaat masrafları 19. yüzyıla kadar kaba maliyet tahminleri ile hesaplanmakta iken 19. yüzyıldan sonra bu tahminler, kaynak azlığının bir sorun haline gelmesiyle yetersiz kalmıştır. Bu sorunlar doğrultusunda maliyet tahmini, maliyet kontrolü ve belirlenen maliyet sınırları içerisinde kalabilmek gibi amaçlar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca bir bina ya da çoklu bir yapı oluşturmak için yüksek bütçelere ve yapı imalatının farklı aşamalarında maliyet bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapı planlama aşamasında müşteriye bilgi ve teklif verebilmek için maliyet tahmininin önceden bilinmesi önemlidir [2, 4]. Yönetim kararları, proje tasarımları, alım-satım maliyetleri bu tahmine göre hesaplanmaktadır. Maliyet tahmini yapmaktaki temel mantık yapı maliyetini belirlemek ve gelir-gider kalemlerinin düzenleyerek maliyeti yönetmektedir [11].

Yapı projesinin karmaşık ve çok katmanlı olması maliyet tahmininin doğruluğunu etkileyen faktörlerdendir. Şekil 4'te görüldüğü üzere maliyet, doğru tahmin edildiği gibi olması gerekenden düşük ya da yüksek tahmin edilebilmektedir [12]. Geleneksel yöntemler ile yapılan tahminin yerine bilgisayar destekli modeller kullanılarak daha doğru sonuçlar alınmaktadır. YBM sistemi maliyet analizleriyle projenin yapılabiliğine ilişkin bilgileri tasarım aşamasında kullanıcıya sunmaktadır. Proje inşa edilmeden önce her aşamada harcanacak çaba YBM sistemleriyle tahmin edilmektedir.



Şekil 4. Freiman Eğrisi [12]

Türkiye’de maliyet tahmini birim fiyat yöntemi ve birim alan maliyet yöntemi olarak iki farklı yöntemle yapılabilmektedir. Bu yöntemleri kullanabilmek için gerekli veriler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’ndan sağlanmaktadır. Birim fiyat yönteminde hammadde, işgücü, ekipman gibi parametreler temel alınmakta olup bunların her biri için özel numaralar atanarak işin özet olarak tanımlandığı bir fiyat listesi oluşturulmaktadır. Listelenen bu bilgiler her yıl güncellenmektedir. Bu sistemde iş için gerekli olan parametrelerin hesabı yapılmakta ve birim fiyat üzerinden çarpılarak tahmini maliyet ortaya çıkarılmaktadır [5]. Birim alan maliyet yöntemi ise projelerin tasarım aşamalarında inşaat maliyeti tahmini için tercih edilmektedir. Tasarım aşamasındaki maliyet tahmini ile yüklenicinin yatırım planını organize etmesi amaçlanmaktadır. İş başlamadan belirlenen maliyet tahmininin değişkenler üzerine kurulu olduğu için doğru ve dikkatli hesaplama yapılmalıdır [2]. Bu yöntem ile birim alan maliyeti hesaplamak için birim alan verileri baz alınmakta olup veriler her yıl enflasyon oranına göre güncellenmektedir [5].

Bilgisayar teknolojisinin gelişmesi, ortak veri tabanları, hızlı veri dokümanları oluşturulması, iletişimde kolaylıkların sağlanması ile maliyet sürecine etki ederek kolaylık ve avantajlar sağlanmıştır. Bu etki sayesinde maliyetlendirme yapılırken otomatik metraj bilgisine ulaşılmakta, maliyet veri tabanı oluşturulmakta ve maliyet tahminleri oluşturulan veri tabanı üzerinden görülebilmektedir. Bilgisayar destekli maliyetleme sistemleri, verimlilik, maliyet listesinin eksiksiz olması, işlem hatalarının azalması, rapor olarak çıktı alınması gibi avantajlar sağlamaktadır [11].

Yukarıda anlatılan maliyet hesaplama yöntemleri araştırma konusu olan YBM ile maliyet hesaplama sisteminin temelini oluşturmaktadır. Her yöntem ile belirlenen farklı nitelikler bu sistemler ile tek tabanda toplanılacağı düşünülmektedir.

1.2 YBM-BDT Karşılaştırılması

Tasarımcılar, uzun yıllar boyunca tasarım aracı olarak kâğıt ve kalem kullanmaktayken, Bilgisayar Destekli Tasarımın 20. yüzyılın 2. yarısında ortaya çıkmasıyla, geleneksel çizim ve hesap yöntemlerini kullanmayı bırakmışlardır. Tasarım mühendisleri tarafından en çok kullanılan araçlar Bilgisayar Destekli Tasarım-BDT

[Computer Aided Design-CAD] sistemleridir. Bu sistemlerin bir ileri adımı olarak Yapı Bilgi Modelleme-YBM [Building Information Modeling-BIM] sistemleri ile sadece bilgisayar grafikleri üretmenin yanında giderek daha hassas hesaplama yöntemleri kullanılmaya başlanmakta, geleneksel yöntemlerle yapılan deneyler ve hesaplamalardan vazgeçilmektedir [13].

BDT, 2 boyutlu çizim olarak başlamış daha sonra 3 boyutlu modelleme seçenekleriyle geliştirilmiştir. Bu modeller üzerine malzeme bilgileri tanımlanarak ilerletilmekte ve hareketli görselleştirmeler de eklenerek oluşturulan model içerisinde gezebilme imkânı sağlanmaktadır [14]. Bu sürecin ilerlemesi YBM sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. BDT sayesinde tasarım ve üretim süreçleri kısalmış, bilgi alışverişi kolaylaşmıştır. Ayrıca zaman ve emek tasarrufu sağlanmış, iş süresi kısalarak maddi kazancın artmasına bir etken olmuştur. Disiplinlerarası işbirliğinin ve iletişimin kolaylaşmasıyla daha karmaşık tasarımlar ve üretimler yapılması kolaylaşmıştır. BDT ile üretim kalitesi artırılmakta, elde edilecek ürün tasarım aşamasında öngörülerek sonuç üründe değişiklik yapılma kolaylığı sağlanmıştır. Ancak BDT programları, farklı rollerin ve uzmanlık alanlarının ihtiyaç duyduğu verileri aynı düzlemde bir araya getirememektedir. Proje verileri üzerinden çıkartılacak maliyet, inşaat ve proje yönetimi gibi bilgileri elde etmek için yardımcı yazılımlar gerekmekte, oluşturulan modellerinde bu yazılımlar için farklı formatları dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu eksiklerden dolayı BDT yazılımları, tek başlarına çok katılımcılı yapı tasarım ve inşaa süreçlerinde zaman ve emekten kayıp yaşatmaktadır [15].

Ekip çalışmasının tam olarak gerçekleştirilememesinden kaynaklanan sorunları çözmek için 1994 yılında Uluslararası Birlikte Çalışabilirlik Kurumu [International Interoperability Agency-IIA] kurulmuştur. 1997 yılında ise Industry Foundation Classes [IFC] adında veri transfer standardı oluşturulmuştur. YBM sistemlerinin mimari ve inşaat sektöründe yaygın olarak kullanılması IFC ile dosya gönderiminin geliştirilmesi ve yeni yazılımlar üretilmesi ile olmaktadır [15].

Günümüzde YBM'nin daha fazla sürdürülebilir çıktı elde etmek üzere çalışmalarda irdelendiği görülmektedir [16]. YBM'nin, sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesinde ne ölçüde katkıda bulunduğunun ortaya çıkarılması amacıyla McGraw Hill Yayınevi, 2010 yılı "Sürdürülebilir BIM Raporu" için internet üzerinden bir anket çalışması düzenlemiştir. Elde edilen sonuçlar, YBM'nin yakın zamanda pazarda geniş bir kullanıma sahip olacağını ve sürdürülebilir yapı için gerekli bir araç olduğunu ortaya koymaktadır. YBM'nin sürdürülebilir yapıların tasarım ve inşasında kullanımının gelişebilmesi için önemli olan alanlar; farklı bina sistemlerinden elde edilen bütünleşik çıktılar, modelleme standartları, yazılım bütünleşmesi, küçük ölçekli projelerde YBM kullanımının artırılması, bina performansı, bütünleşik tasarım için YBM kullanımıdır [17].

YBM, inşaat verileri oluşturmada, binanın yapılabirliğini incelemeye, maliyet kontrolünde, bina performans analizlerinde detaylı sonuçlar vermektedir. Yapı elemanlarını tanımlayan model, proje inşa edildiğinde ortaya çıkacak olan yapıyı yansıtmaktadır. YBM ile yapım sırasında meydana gelen çalışmalar fark edilmekte, tasarım aşamasındayken inşaa aşamaları görülebilmekte ve bu aşamalara zaman olgusunu ekleyerek iş planı yapılabilmektedir. Böylece inşaat başlamadan projenin tüm yönleri planlanabilmektedir [18, 19, 20, 21]. YBM tasarımında yer alan tüm üyelere doğru ve etkin bir şekilde iletişim kurma imkânı sağlamaktadır. Model meydana geldikçe proje üyeleri projenin özelliklerini ve revizyonlara göre çizimlerini güncellemektedir. Böylece proje üyeleri arası iletişim eksikliğinden kaynaklanan sorunlar önlenmektedir [16, 20].

YBM, projelerin daha detaylı bir şekilde modellenerek inşa edilebilirlik, maliyet tahmini, performans analizleri ve ölçekli bir fiziksel model yapımında kullanılabilen veriyi sağlayan modelden oluşmakta olup Şekil 5a'da YBM döngüsü ifade edilmiştir. YBM'nin mimaride kullanılması, tasarımcıya kesit ve izometrik grafikleri hızlı bir şekilde revize etme imkânı sağlayarak sözleşme öncesi mimar ve yapımcı arasındaki uyumsuzlukları ortadan kaldırmaktadır [18]. YBM, yapıyı oluşturan materyalleri tek bir veri tabanı altında toplayarak, yapı projelendirme süreçlerinde kullanılan parametreleri çok yönlü kullanılabilen bir modellemedir. Oluşturulan model sayesinde yapıya ait birçok parametreye ulaşılabilir ve Şekil 5b'de görüldüğü üzere diğer disiplinlerle eşzamanlı paylaşım yapılabilmektedir.

Kullanılmakta olan Revit, ArchiCAD ve Allplan gibi YBM sistemleri farklı ara yüzlere ve farklı işlevlere sahip olmakla beraber yazılımların temeli yapı, tasarım, inşaat ve yönetim süreci arasındaki verileri işlemek ve aktarmaktır [20]. YBM'nin şu ana kadarki gelişimi izlendiğinde gelecek dönemlerdeki gelişimi, diğer programlarla olan bağlantısı, veriler arası işbirliği sağlaması, proje sonucunun öngörülebilir olması, zaman ve kaynak kullanımında verimlilik sağlaması gibi gelişimlerin yapı sektörüne daha çok yardımcı olacağı açıktır.

BDT ve YBM sistemleri karşılaştırıldığında, BDT sistemleri geometrik tabanlı çizimler oluşturduğu için temel noktası; çizgiler, yaylar, noktalar gibi 2 boyutlu grafiksel elemanlar ile çizim oluşturmaktır [24, 25]. Yani iki çizgi bir duvarı ifade edebilmektedir. YBM sistemlerinde ise duvarın genişliği, yüksekliği, yapıya etki edeceği

yük miktarı, yangın dayanımı, malzemesi gibi parametreler belirlenerek duvar bir araç olarak oluşturulmaktadır [26].



Şekil 5a. Yapı Bilgi Modelleme Döngüsü [22]



Şekil 5b. Yapı Bilgi Modellemenin Disiplinlerarası İlişkisi [23]

YBM sistemleri çizimleri nesnelere ile oluşturmaktadır. Farklı içerik ve katmandan meydana gelen nesnelere, proje veya yapı elemanı hakkında bilgi içermektedir [25]. BDT sistemlerinde gruplamalar yapılarak farklı çizimler oluşturulmasına rağmen proje elemanları arasındaki ilişkiler görülememektedir [24]. BDT sistemleri katılımcılar tarafından ayrı ayrı oluşturulan belgeler arasında bağlantı kuramamaktadır. YBM sistemleri verileri tek tabanda toplayarak gerekli bilgileri gerekli araçlarla ilişkilendirebilmektedir [26]. YBM sistemleri içeriğinde bulunan bilgileri proje anlatım tekniği olan plan-kesit-görünüşe çevirmekte, maliyet zaman gibi verileri de arka planda birbirleriyle ilişkilendirilmektedir [25]. Yapıyı oluşturan nesnelere davranışlarını gözlemlemek, nesnelere birbirleriyle ilişkilerinin anlamak BDT sistemleri ile mümkün olmamaktadır [24].

BDT sistemleri uzun kullanım süreleri olması ve her zaman başarılı olmamasına rağmen proje uyumunu gözlemlemek ve proje verilerini paylaşmak için geleneksel yöntemlere alternatif oluşturmuştur. YBM sistemleri ise proje üzerindeki pek çok görevi basitleştirmesi, para ve zamandan kazanç sağlaması ile BDT sistemlerine alternatif oluşturmaktadır [13]. YBM ve BDT sistemlerinden en çok kullanılan, Autodesk yazılımı olan Revit ve Autocad karşılaştırması Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Revit ve AutoCad Karşılaştırması

Revit	AutoCAD
Mimar, mühendis, yüklenici, kullanıcı ve tasarımcının ortak olarak kullanabildiği YBM yazılımıdır. Gerçekleşecek olan proje bilgilerini sanal model üzerinde işleyerek yapım sırasında meydana gelmesi mümkün olan problemleri tespit etmekte kullanılmaktadır. Revizyonların yapılmasını kolaylaştırır. Model nesne tabanlı tasarım araçları ile oluşturulmaktadır. Yapılan sanal model üzerinden çizimler elde edilebilir. Model iş akışına ve planlamasına, zaman ve maliyet yönetimine yardımcı olmaktadır. Model ile oluşturulan proje yapım, maliyet, zaman gibi bilgileri içermektedir.	2 boyutlu ve 3 boyutlu çizimler oluşturmaya yarayan temel geometrilere dayanan bir yazılımdır. Taslak çizimlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Revizyonlara izin vermez. Her katılımcı proje üzerindeki değişiklikleri kendi çizimine ayrı olarak işlemek zorundadır. Her katılımcının kendi alanıyla ilgili çizimleri bağımsız olarak oluşturduğu ve düzenlendiği bir sistemdir.

Araştırmanın temelini oluşturan YBM sistemlerinin günümüzde geldiği nokta ve bu sistemlerin gelecek planlaması ise araştırmada örnek olarak kullanılan Hukuk Fakültesi Ek Binasının incelemesi üzerinden irdelenmiştir.

2 MATERYAL VE METOT

Çalışma kapsamında YBM sistemi ile tasarım aşamasında bina maliyetinin doğru tahmin edilmesi hedeflenmiştir. YBM yazılımlarından Revit 2018 öğrenci sürümü kullanılarak bir inşaat projesi üzerinden çalışma yapılmıştır. Maliyet hesaplama yöntemi olarak, BDT ile yapılmış olan proje maliyet tahmini ile YBM yazılımı olan Revit ile maliyet tahmin sonucu karşılaştırılmış, çıkan sonuçlara göre YBM’nin maliyet tahmini üzerindeki etkisi yapı modeli üzerinden irdelenmiştir.

Erciyes Üniversitesi Hukuk Fakültesi projesinin makale çalışmasında kullanılması için proje müellifi olan Argeus Mimarlık Ltd. Şti.'den izin alınmıştır. Proje ihale onay tarihi 22.05.2014 olup proje, an itibariyle kullanımdadır. Bu bölümde alan çalışması verileri ele alınarak, proje Yapı Bilgi Modelleme programlarından olan Revit 2018 ile modellenmiş olup maliyet ve metraj bilgileri bu sistem ile elde edilmiştir. YBM sonuç verilerinin mevcut durumla karşılaştırılması ile Yapı Bilgi Modelleme sistemlerinin maliyet hesaplamadaki avantajları, zorlukları ve yapı sektörüne katkıları değerlendirilmiştir.

2.1 Alan Çalışması Erciyes Üniversitesi Hukuk Fakültesi Ek Binası

Makale kapsamında ele alınan proje yapısının da içerisinde bulunduğu ERÜ kampüsü, Şekil 6a'da görüldüğü üzere şehir merkezi ve Talas ilçe merkezi arasında güney batı kısmında bulunmaktadır [27]. Erciyes Üniversitesi [ERÜ] Hukuk Fakültesi 2004 yılında ERÜ merkez kampüsünde kurulmuştur. Fakülte binası dekanlık ve derslikler olarak 2 bölümden oluşmaktadır [28]. Şekil 7a ve Şekil 7b'de Hukuk Fakültesine bağlı olan ve model için seçilen proje, mevcut binanın artan öğrenci sayısına yeterli hizmeti sağlayamamasından dolayı 2015 yılında inşa edilmiş ve yine eğitim amaçlı kullanılmaktadır. Şekil 6b'de ek binanın batısında iletişim fakültesi, doğusunda ise bağlı olduğu mevcut Hukuk Fakültesi arasında konumlandığı görülmektedir. Yapının toplam inşaat alanı 4827 m² olup bodrum, zemin ve iki kat olmak üzere toplam 4 kattan oluşmaktadır. Erciyes Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı işverenliğinde, Argeus Mimarlık ofisi tarafından tasarlanan proje, geleneksel projelendirme sistemi olan BDT aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6a. ERÜ Konumu [29]



Şekil 6b. Hukuk Fakültesi Ek Yapının Konumu [30]



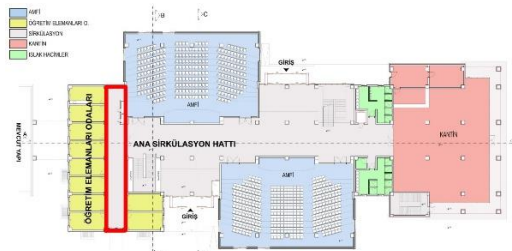
Şekil 7a. Hukuk Fakültesi Hava Fotoğrafı [31]



Şekil 7b. Hukuk Fakültesi Giriş [31]

Hukuk Fakültesi Ek Binası projesi, mevcut yapılar arasında ve Hukuk Fakültesi Binası'na bağlantılı olarak tasarlanmıştır. Mevcutta su, kanalizasyon, ulaşım altyapılarının bulunması ile altyapı maliyetleri azalmış bu da toplam maliyetin düşmesine etki etmiştir. Proje arazisi sahip olduğu kot farkı ile tesviyelere ihtiyaç duymuştur. Bu arazi mevcut altyapılara sahip olması ile maliyet üzerinde olumlu etki gösterirken, arazinin kendisinden kaynaklanan hafriyat gibi işlemleri ve yapı çevre içerisinde şantiyenin zor ilerlemesi ile maliyet açısından olumsuz etkiler göstermiştir.

Ana proje kararı mevcut Hukuk Fakültesi sirkülasyon aksının uzantısı olarak oluşturulan aksa eklenen işlevlerden oluşmaktadır. Yapı tasarımı, strüktürel olarak çözümü rasyonelleştirmek için amfileri farklı katlarda üst üste gelecek şekilde konumlandırılmıştır. Ana sirkülasyon hattından bu mekanlara dağılım sağlanmış, katlar arası ulaşımı sağlayan elemanlar da bu ana sirkülasyon hattına bağlanmıştır. Şekil 8'de öğretim elemanı odalarının ana sirkülasyon hattına bağlanan koridor aksına eklenildiği görülmektedir.



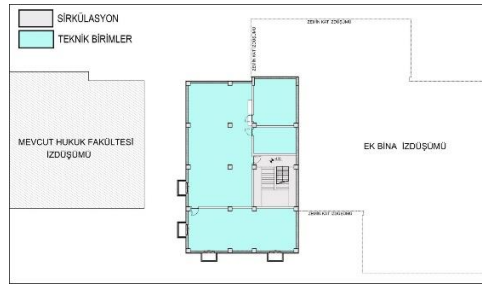
Şekil 8. Zemin Kat Planı Sirkülasyon Bağlantısı [32]

Hukuk Fakültesi Ek Binası'nda düşey sirkülasyon aracı olarak 3 adet merdiven, 1 adet asansör bulunmaktadır. Yapıda bulunan fonksiyonların metrekare dağılımları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Örnek Yapının Fonksiyonlara Göre Brüt Alan Dağılımı

Fonksiyonlara Göre Brüt Alan Dağılımı	Adet	Birim m ²	Toplam m ²
AMFİ	4	336,25	1345,00 m ²
Kütüphane	1	873,00	873,00 m ²
Toplantı Odası	1	55,00	55,00 m
Öğretim Elemanı Odaları	15	22,00	330,00 m ²
Kantin	1	361,00	361,00 m ²
Islak Hacimler	4	38,25	153,00 m ²
Teknik Birimler	1	352,00	352,00 m ²
Sirkülasyon	1	1117,00	1117,00 m ²
TOPLAM			4586,00 m ²

Teknik mekânların ihtiyaç duyduğu bodrum kat, yapı maliyeti de gözetilerek teknik gereksinimler doğrultusunda kısmi olarak tasarlanmıştır. Kısmi bodrumda yapının kullanımında gerekli olan pano odası, klima dairesi, kazan dairesi ve depo gibi teknik hacimler düzenlenmiştir. Bodrum kat ile tek bağlantı, Şekil 9'da görüldüğü üzere yapının kuzey tarafındaki merdiven sayesinde yapılmaktadır.



Şekil 9. Bodrum Kat Planı [32]

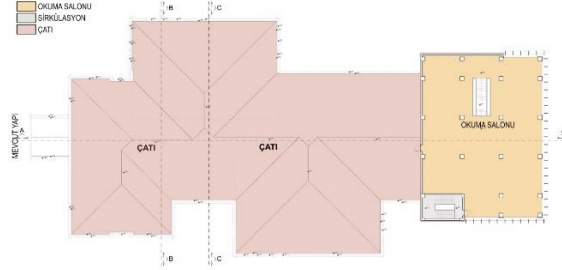
Zemin katta doğu ve batı aksında olmak üzere iki adet giriş kapısı bulunmaktadır. Giriş cephesinde geniş açıklıklar yapılarak mekânın gün ışığının girişe alınması hedeflenmiştir. İklim koşulları göz önünde bulundurularak rüzgârlık yapılması planlanmış, ısı kaybını en aza indirmek hedeflenmiştir. Şekil 8'de yer alan zemin katında; 2 adet amfi, 9 adet öğretim elemanı odası, kantin, satış ve depolama birimleri ve ıslak hacimler planlanmıştır. Yapının en yoğun kullanım fonksiyonunu oluşturan amfiler, giriş akslarını karşılayacak şekilde konumlandırılmıştır. Zemin kat toplam alanı 1914,00 m² olup, yükseklik 5,0 metre olarak planlanmış ve girişlerde oluşturulan galerilerle iç mekânın hacimsel boyutu artırılarak mekânsal algıya farklı perspektifler kazandırılmıştır.

Birinci kata, ana sirkülasyon aksıyla ilişkilendirilmiş olan merdiven ve asansör ile ulaşılmaktadır. Bu ana sirkülasyon aksının doğu ve batı bölümünde amfi yer almakta, kuzey aksı devamında ise mevcut Hukuk Fakültesi ile bağlantı köprüsü bulunmaktadır. Sirkülasyon hattının güney aksında ise içinde ikinci katla içerden bağlantılı bir kütüphane planlanmıştır. Yapının kuzey bölümünde ana sirkülasyon hattına eklenmiş bir koridor uzantısında 6 adet öğretim elemanı odası ve 1 adet toplantı odası bulunmakta olup birinci kat planı Şekil 10'da yer almaktadır. Zemin katta yer alan amfi ve ıslak hacim plan şeması birinci katta da devam etmekte, yapının güney tarafında bulunan kütüphane ise kısmi konsol çıkma yaparak zemin katta kantinde yer alan açık oturma alanları için saçak oluşturmaktadır. Birinci kat yüksekliği 4,0 metre olup amfi bölümlerinin kat yüksekliği ihtiyaç doğrultusunda 5,0 metre olarak yapılmıştır.



Şekil 10. Birinci Kat Planı [32]

Birinci katta bulunan kütüphane izdüşümü bir üst katta devam etmiş ve ikinci kat oluşturulmuştur. İkinci katın kısmı olarak devam etmesi kütlelerin bir araya geliş kompozisyonuna katkı sağlamakta, cephe etkisini güçlendirmektedir. Bu alanla bağlantı birinci katta bulunan kütüphaneden tek kollu bir merdiven ile içten bağlantı sayesinde yapılmaktadır. Kütüphanenin maksimum doğal ışığa ihtiyacı olduğundan geniş cam yüzeyler kullanılmıştır. Ayrıca Şekil 11'de görüldüğü gibi yangın merdiveni de acil durumlar için bu katla ilişkilendirilmiştir. İkinci kat 471,00 m² olup, kat yüksekliği 4,0 metredir. Bu bölümde ayrıca çatı içerisine ulaşmak için bir çatı çıkışı kapısı bulunmaktadır.



Şekil 11. İkinci Kat Planı [32]

Yapının batı cephesinde geniş şeffaf yüzeyler tasarlanmıştır. Batı cephede yer alan amfi bölümleri kütleli hareketlerle özelleştirilmiş, farklı cephe kaplama malzemesi kullanılmış ve düşey yırtıklar oluşturularak içeriye doğal ışık alınmıştır. Şekil 12a'da kantin ve kütüphanenin bulunduğu kısımlarda yer alan yangın merdiveni dışardan kaplama malzemesi ile kaplanmış ve saçaklar boyunca devam ettirilerek bütünlük sağladığı görülmektedir. Yapının doğu cephesi, batı cephesiyle benzer özellikler göstermekte ve Şekil 12b'de kütüphane kısmında yer alan açıklıklar azalmaktadır. Şekil 13a, güney cephede mekânlarda iklim koşulları göz önünde bulundurularak geniş açıklıklar kullanıldığı görülmektedir. Yapının öğretim elemanları odalarının bulunduğu kuzey cephesi, mevcut Hukuk Fakültesi'yle bağlantılı cephesidir. Şekil 13b'de cephede iç mekânın ihtiyaçlarına yönelik açıklıklar bulunmakta ve kuzey cephesi olduğu için bu açıklıklar minimum düzeyde tutulan yalıtımlı geniş masif yüzeyler bulunmaktadır.



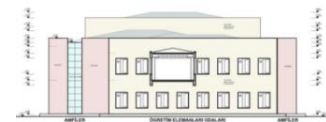
Şekil 12a. Batı Görünüşü [32]



Şekil 12b. Doğu Görünüşü [32]



Şekil 13a. Güney Görünüşü [32]



Şekil 13b. Kuzey Görünüşü [32]

2.1.1 Projenin Malzeme Bilgileri

Projelerde kullanılan yapı malzemeleri işçilik ve hammadde açısından yapı maliyetine etki etmektedir. Çalışma kapsamında proje malzemesi olarak kaba yapı malzemesine değinilememiştir. Kaba yapı hesaplamasında bu işin eğitiminin verildiği İnşaat Mühendisliği Bölümleri konu üzerinde uzman görülmektedir. Mimarlık Bölümlerinde alınmayan eğitim üzerinden bir bilgi üretilmesi bu çalışma kapsamında uygun görülmediği için yapım işlerinin %45 civarında maliyetini kapsayan kaba yapı maliyeti hesabına girilememiştir. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda ilgili meslek erbaplarının ve profesyonellerinin çalışma yapması önemli görülmüştür.

Projede bulunan kısmi bodrum katta, klima dairesi, pano dairesi, kazan dairesi ve depo gibi teknik birimler bulunmaktadır. Kullanım yeri ve süresi düşünüldüğünde, teknik hacimlerin zeminlerinde sert ve dayanıklı bir malzeme olan 50x50 cm ebatlarında seramik tercih edildiği görülmüştür. Duvar ve zeminin birleşim detayında kullanılan 50x12 cm ebatlarında süpürgelikler, duvar kaplaması olarak siva üzerine yapııştırıcı ile yapıştırılmıştır. Teknik birimlerin hepsinde duvar ve tavan kaplaması olarak siva üzeri boya tercih edilmiştir. Birimlerde 100 cm genişliğinde demir kapı kullanılmıştır. Havalandırması zorunlu olan kazan dairesi ve klima dairesinde kuranglez yapılmış, kuranglez penceresi olarak ısıcamlı PVC bant pencere kullanılmıştır. Bodrum kat dış duvarlarında 25 cm betonarme perde kullanılarak, dışardan gelen toprak yüklerine karşı önlem alınmıştır. Perde duvarların toprakla temas edecek dış yüzeylerine su yalıtımı yapılmış ve bu yalıtımı koruyacak koruyucu levha yerleştirilmiştir.

İncelenen projede 4 adet amfi bulunmaktadır. Amfi düzenini oluşturmak için çelik konstrüksiyon üzerine çimento yongalı levha ile yükseltilmiş döşeme uygulanmıştır. Amfiler derslik olarak kullanılacağı için ses yalıtımı sağlayan malzeme olarak zemin kaplamalarında yapıştırma sistemi ile 3 mm serilen PVC zemin kaplama malzemesi kullanılmıştır. Ses yalıtımının yanında ısı yalıtımı ve kaydırmaz yüzey sağlayan malzemenin, derslik olarak kullanılan amfilerde kullanım ve temizleme bakımından kolay olduğu için seçildiği düşünülmektedir. Duvar kaplaması olarak sıva üzeri plastik boya seçilen mahallerde süpürgelik detaylarında ise PVC malzeme kullanılmıştır. Amfi tavanlarında tesisatı ve taşıyıcı sistemi gizlemek için 60x60 cm ebatlarda alüminyum asma tavan yapılmıştır. Asma tavan sistemleri, tavandaki strüktür sistemini ve tesisat sistemini gizlemek için tercih edilmiştir. Alüminyum asma tavan sistemlerinin ses yutucu özelliği olduğu için amfi gibi akustik düzenleme gerektiren mekânlarda kullanımı tercih edilmiştir.

Kantinde, kullanım kolaylığı ve temizlik göz önünde bulundurularak, zeminde 45x90 cm ebatlarında seramik kaplama yapıştırma yöntemi ile yapılmıştır. Zemin üzerine yer seramikleri döşenerek, 45x12 cm ebatlarındaki süpürgelikler ile duvar birleşim detayları çözülmüştür. Duvarlar sıva üzeri boya tavan ise asma tavan olarak düşünülmüştür. Kantine servis veren bulaşık ve hazırlık alanlarında ise zeminde ve duvarda seramik kullanılmış, tavanda alüminyum asma tavan kullanılmıştır. Asma tavan kullanımı ile mahallere hizmet veren tesisatlar ve taşıyıcı elemanlar gizlenmiştir.

Zemin katta ve birinci katta yer alan öğretim elemanları odalarında aynı tip yapı malzemeleri kullanılmıştır. Odaların zemininde 15 cm olan betonarme döşeme üzerine 8 cm kalınlıktaki tesviye betonu ile düzeltme yapılmış zemin üzerine şilte serilerek laminat parke döşenmiştir. Laminat süpürgelikler ile duvar birleşim detayı çözülmüştür. Duvar kaplaması olarak plastik boya, tavanda ise 60x60 cm ölçülerde alüminyum asma tavan yapılmıştır. Mekânlara giriş kapıları 90 cm genişliğinde tek kanat panel kapı olarak yapılmıştır. Pencereler ise 180 cm genişliğinde, 240 cm yüksekliğinde ısı camlı PVC olarak yapılmıştır.

Birinci katta bulunan kütüphane birimi 120 cm genişliğinde tek kollu merdivenle ikinci katta bulunan okuma salonuna bağlanmaktadır. Kütüphane birimi de amfilerdeki gibi 3 mm PVC kaplama ile zemin döşemesi yapılmıştır. Kütüphane birimi kantin biriminin üstünde tasarlanmış olup kantin asma tavanı ile 15 cm kalınlıktaki betonarme kat döşemesinin arasına ses yalıtımı yapılarak kütüphanedeki ses yalıtımı sağlanmaya çalışılmıştır. Ayrıca ses yutucu özelliği bulunan PVC zemin döşemesinin de yalıtıma yardımcı olmak için seçildiği düşünülmektedir. Duvarlar plastik boya, tavan ise asma tavan olarak yapılmıştır. İkinci katta bulunan okuma salonunda tavan ve duvar kaplama malzemeleri olarak kütüphanede kullanılan plastik boya ve asma tavan kullanılmıştır. Zeminde ise 15 cm kalınlığındaki kat döşemesi üzerine 5 cm tesviye betonu ve şilte ile laminat parke kaplama yapılmış, duvar detayları laminat süpürgelikler ile çözülmüştür. Okuma salonu ve kütüphane birimi arasında da ses yalıtımı kullanılmış, yalıtım asma tavan ve betonarme döşeme arasına yapılarak ses geçişi önlenmiştir.

Makale kapsamında incelenen projede, 2 adet kat merdiveni ve 1 adet yangın merdiveni olmak üzere 3 adet merdiven bulunmaktadır. Merdivenlerde betonarme üzerine 3 cm kalınlığında doğal granit ile basamak kaplaması yapılmıştır. Merdiven korkulukları olarak 90 cm yüksekliğinde krom korkuluk kullanılmıştır. Birinci katta bulunan galerilerin korkulukları da merdiven korkuluklarının devamı olarak kromdan yapılmıştır.

%20 eğimle kırma çatı yapılan projede çatı kaplama malzemesi olarak arduazlı membran kullanılmıştır. 15 cm betonarme döşeme üzerine taş yünü ile yalıtım yapılmış ve nem membranı serilmiştir. Yalıtımlar üzerine ahşap malzeme ile çatı konstrüksiyonu kurulmuş, üzeri OSB [Oriented Strand Board-Yönlendirilmiş Yonga Levha] ve arduazlı membran ile kaplanmıştır.

Sirkülasyon alanı olan koridorlarda zeminde 45x90 cm ölçülerde seramik, duvarlarda sıva üzeri boya, tavanda gizli taşıyıcılı alüminyum asma tavan kullanılmıştır. Sirkülasyon akslarına yapılan metal asma tavanlar taşıyıcı sistemi gizlemekle birlikte, akustik görev de görmektedir.

Projede cephe malzemeleri olarak taş kaplama, alüminyum kompozit kaplama, sıva üzeri boya, cam yüzeyler, silikon cam giydirme cephe kullanımları görülmektedir. Yapının kuzey cephesinde öğretim elemanları odaları ve mevcut Hukuk Fakültesi binasına birinci kattan geçişi sağlayan köprü bulunmaktadır. Bu cephede yapı malzemesi olarak yalıtım üzeri sıva ve boya kullanılmıştır. Projede yalıtım malzemesi olarak kullanılan 8 cm taş yününün ısı ve ses yalıtımının yanı sıra yangına karşı dirençli olması sebebiyle tercih edildiği düşünülmektedir. Taş yünü yalıtımı çimento bazlı yapıştırma harcı ile düz duvar üzerinde uygulanmıştır.

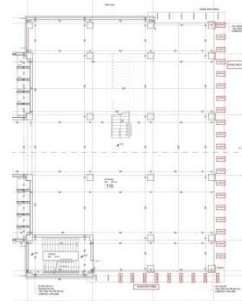
Yapının güney kısmında ise zemin katta kantin, birinci ve ikinci katta kütüphane-okuma salonu bulunmaktadır. Kantinin yer aldığı güney cephesinde taşıyıcı sistem kolonları dışında tamamen şeffaf yüzeyler oluşturmak için

faklı ebatlardaki alüminyum doğrama bölücüler ile şeffaf cam yüzeyler kullanılmıştır. Projede cephedeki şeffaflığı bozmamak için kantin ve yarı açık mekân arasında çift kanatlı cam kapı kullanıldığı düşünülmektedir.

Kütüphane ve okuma salonlarında ise taşıyıcı sistem kolonlarına yalıtım malzemesi olarak taş yünü ve üzerine kompozit kaplama yapılmıştır. Mekânlara gün ışığı alabilmek ve doğal aydınlatma sağlayabilmek için tasarlanan açıklıklarda da alüminyum doğrama bölücüler ile oluşturulan şeffaf cam yüzeylerin farklı ebatlarda kullanıldığı Şekil 14a'da görülmektedir. Şekil 14b'de yer alan BDT sistemleri ile çizilen mimari projede, projenin bu kısmında güneş kırıcılar tasarlanmış olarak görülse de yerinde yapılan uygulamada güneş kırıcılar bulunmamaktadır.



Şekil 14a. Kütüphane Cehesi [33]



Şekil 14b. Kütüphane Planı [32]

Projede doğu ve batı cephelerinde farklı fonksiyonların bir araya gelmesi ile cephe malzemelerinde çeşitlilik olmuştur. Şekil 15a'da kantin, kütüphane ve okuma salonunun bu cephelere bakan kısımlarında da yine alüminyum doğrama bölücüler ile oluşturulan şeffaf cam yüzeyler ve yalıtım üzeri kompozit kaplama kullanılmıştır. Islak hacimlerin cepheye bakan kısımlarında ise taş yünü yalıtım üzeri sıva ve boya kullanılırken bu mekânların ışık alması ve havalandırılması için gerekli olan açıklıklarda 95x240 ebatlarında ısı yalıtımlı pencereler kullanılmıştır. Projede özel olarak tasarlanan amfilerin cephede de farklılık oluşturması amacıyla bu mekânların dış cephelerinde taş kaplama tercih edilmiştir. Dış duvarlar 10 cm duvar-8 cm yalıtım-10 cm duvar olarak sandviç sistemde yapılmış, dış sıva üzerine ise yapıştırıcı malzeme ile taş kaplanmıştır. Şekil 15b'de aydınlatma ve gün ışığını mekân içerisine almak için tasarlanan açıklıklarda ise silikonlu giydirme cam cephe kullanılmıştır.



Şekil 15a. Batı Cehesi [33]



Şekil 15b. Amfi Cehesi [33]

Öğretim elemanları odalarının doğu ve batı cephelerinde ise taş yünü yalıtım üzerine su yalıtımlı sıva ve boya cephe malzemesi olarak kullanılmıştır. Projede bulunan galeriler ve sirkülasyon elemanları ile mekânı zenginleştirmek için iki cephede de girişlerin ve galerilerin olduğu kısımlardaki geniş açıklıklarda silikon cam cephe kullanılmıştır.

Islak hacimler mekân kullanımı ve hijyen gerekliliklerine uygun olarak zemin ve duvarlarda seramik, tavanda ise asma tavan yapılmıştır. Projede; zemin katta ve birinci katta 2 bayan 2 bay ve 2 engelli tuvaleti bulunmaktadır. Tüm ıslak hacimlerde toplamda 24 adet tuvalet kabini bulunmakta ve bu kabinlerde, kabin malzemesi ile aynı olan standart 80 cm genişliğinde 210 cm yüksekliğinde kompakt lamine kapı kullanılmaktadır. Erkek tuvaletinde 5 adet tuvalet kabini bulunurken, kadın tuvaletinde 7 adet kabin bulunmaktadır. Kabin genişlikleri 110 cm olup, 10 cm'lik duvarla ayrılmaktadır. Her katta 1 adet olmak üzere toplamda 2 adet bulunan engelli lavabo-tuvaletlerinde ise engelli standartlarına uyarak 100 cm genişliğinde panel kapı yapılmıştır. Islak hacimlerde 2 adet 95 cm genişliğinde 240 cm yüksekliğinde pencere planlanarak doğal havalandırma sağlanmıştır. Doğal havalandırma diğer mekanik havalandırmalara göre enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Döşeme, süpürgelik, duvar kaplamaları, tavan kaplamaları, zemin kaplamaları, merdivenler, kapı ve pencereler gibi yapı elemanları proje maliyetini etkileyen yapı unsurlarıdır. Farklı malzemelerin birbirleriyle olan birleşim detayları malzemenin görselini ve kullanım ömrünü etkilemektedir. Amaç projenin tasarım aşamasında malzeme ebatlarının hesaplanarak, malzeme kayıplarını aza indirmektir. Böylece maliyet de düşürülebilecektir.

2.2 Örnek Projede Kullanılan Yöntemler

Örnek proje olarak ele alınan Erciyes Üniversitesi Hukuk Fakültesi ek binasının mimari projesi, BDT yazılımlarından olan AutoCAD programı üzerinden 2 boyutlu olarak oluşturulmuştur. Taslak projeler BDT ortamında oluşturulduktan sonra diğer 3B tabanlı programlar aracılığıyla modellenerek, Şekil 16a, Şekil 16b ve Şekil 16c'de yer alan 3 boyutlu görseller elde edilmiştir. Bu görseller üzerinde projeye yapılan kritikler doğrultusunda tekrar AutoCAD ortamında düzenlemeler yapılmış ve uygulama çizimi 3B den bağımsız bir şekilde devam etmiştir.



Şekil 16a. Kuzey Batı Cephe Modeli [34]



Şekil 16b. Güney Batı Cephe Modeli [34]



Şekil 16c. Batı Cephe Modeli [34]

Mimari uygulama projesi üzerinden statik, mekanik, elektrik projeleri hazırlanarak BDT sistemleri proje işleyişine uyulmuştur. Proje paydaşları ortak çalışma ve veri tabanı oluşturma gibi proje sürecini kolaylaştıran ve verimliliği arttıran etkenler örnek proje incelendiğinde görülememektedir. Ayrıca Hukuk Fakültesi Ek Binası projesinde mimari proje oluşturulurken her kat planı için gerekli elemanlar tek tek program kullanıcısı tarafından oluşturulmuştur. Birbirinden bağımsız oluşturulan çizimler arasında uyumsuzluklar görülmekte bu uyumsuzluklar BDT sisteminin zayıf yönünü göstermektedir.

BDT sisteminde oluşturulan projelendirme süreci sonunda, tüm disiplinlerdeki projeler, ilgili kurumlardan onay almıştır. BDT sistemlerinde maliyet hesaplaması proje üzerinden bağımsız olarak oluşturulduğundan, maliyet hesabı için projelerin son halini alması beklenmiştir. Son projeler üzerinden metraj listeleri çıkarılmış ve 2014 yılına ait Bayındırlık birim fiyat cetvelinden maliyet tahmini yapılmıştır. Bu tahmin üzerinden ihale süreci başlamıştır. BDT sistemlerinde kesin maliyet, iş bittikten sonra belli olmaktadır. YBM' de ise maliyetin tasarım aşamasından belirlenmesi yani ilk ve kesin maliyetin birbirine yakın çıkması söz konusudur.

Projelerin çakışmış 3 boyutlu hali BDT sistemleri ile görülememektedir. Hukuk Fakültesi Ek Binası projesinde Autocad programında modellenen 2 boyutlu CAD tabanlı çizim 3D Max programı aracılığıyla V-Ray render motorunda gerekli ışık ve açı ayarları yapılarak görselleştirilmiştir.

Seçilen projede maliyet hesaplama yöntemi olarak, birinci bölümde anlatılan birim fiyat yöntemi kullanılmıştır. Birim fiyat yöntemi kullanılması için projede kullanılan malzemelerin miktarının hesaplanması gerekmektedir. Proje BDT ortamında oluşturulduğu için bu miktar hesabı her katman için ayrı ayrı ölçüm yapılarak oluşturulmaktadır. Bu yöntemler toplama, çıkarma, çarpma gibi denklemlerle yapıldığından dolayı bazı parametreler hesaplanmamış olabilmektedir.

BDT sistemlerinde miktar hesabı için proje üzerinden iş kalemleri çıkartılmaktadır. Uzunluk olarak ölçülmesi gereken işler metre cinsinden tek boyut olarak hesaplanmaktadır. Alan olarak ölçülmesi gereken işlerin eni ve boyu ölçülerek çarpılır ve metrekare cinsinden alanı hesaplanmaktadır. Hacim olarak ölçülmesi gereken işlerin eni, boyu ve yüksekliği ölçülür, bu 3 boyutun ölçümü çarpılarak metreküp cinsinden hacmi hesaplanmaktadır.

Maliyet hesabı yapabilmek için iş kalemlerinin ayrıntılı bir şekilde metrajının çıkarılması gerekmektedir. Bina inşaatı başlamadan önce uygulama projeleri üzerinden yapıyı oluşturan elemanların belirlenmesine ve bunların miktarlarının kg, m³, m², m gibi birim cinsinden belirtilmesine metraj denir [35]. İnşaat yapılacak olan üretim miktarı [metraj] ile üretim için idareler tarafından belirlenen birim fiyatlarının çarpılması ile oluşan birimlerin toplamı inşaat maliyeti olup Denklem 1 ve Denklem 2'de sırasıyla belirtilmiştir [4].

$$X[\text{Miktar}] \times Y[\text{Birim Fiyat}] = Z1[\text{Malzeme Maliyeti}] \quad (1)$$

$$Z1+Z2+Z3+\dots+Zn = ZT [\text{Toplam Maliyet}] \quad (2)$$

Geleneksel yöntemlerde hesaplanan metrajlar ve metraj kalemleri metraj cetveline alt alta yazılır ve her kalem kendisi için belirlenmiş birim fiyat ile çarpılarak mekânı oluşturan malzemelerin maliyeti bulunur. Sonuçların alt alta toplanması ile yapı maliyeti ortaya çıkmaktadır.

Çalışma konusu için örnek olarak ele alınan Hukuk Fakültesi Ek Binası projesi Erciyes Üniversitesi Yapı İşleri Teknik Daire Başkanlığı tarafından yapım ihalesine çıkarılmıştır. Uygulama projeleri hazırlanan yapının ihale dosyası için özel teknik şartnameler, iş kalemlerin poz numaraları ve iş tarifleri gerekmektedir. Bu bilgilere Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın yayınladığı birim fiyat listesi üzerinden ulaşılmış özel imalatlar için özel poz numaraları oluşturulmuştur.

Projenin iş bedelinin hesaplanabilmesi için proje elemanları ya da malzemeleri üzerinden metraj listeleri çıkarılmakta ve birim fiyat cetvelinden belirlenen kat sayı ile çarpılmaktadır. Tüm işlerin bedellerinin toplamı yaklaşık maliyeti vermektedir. İş bedeli bu maliyet hesabı üzerinden çıkarılmaktadır. Yaklaşık maliyet için gerekli olan metraj listeleri ise Yapı İşleri Daire Başkanlığı'nda bulunan bu iş ile sorumlu olan kişiler tarafından çıkarılmaktadır. Uzman kişiler o işin metraj listesini hazırlayarak ortak kullanılan sistem olan AMP programına aktarmaktadır. Metraj listeleri oluşturmak için hazırlanmış olan bu yazılımda poz numaraları, poz tarifleri hazır olarak bulunmakta belirlenen işin belirlenen pozuna göre teknik şartnameler gösterilmektedir. Program tabanında toplanan bu listeler sonucu yapılacak yapının yaklaşık maliyeti ortaya çıkarılmaktadır. Metraj listeleri inşaat [mimari ve inşaat kalemleri], mekanik ve elektrik olmak üzere üç liste olarak hazırlanmaktadır.

2.3 Mevcut Maliyet Hesaplama Yöntem Problemleri

Makale kapsamında ele alınan uygulama projesi mevcutta BDT sistemleriyle hazırlanmıştır. Projeler incelendiğinde disiplinler arası uyumsuzluklar olduğu görülmektedir. Proje maliyet hesabı için oluşturulan metraj cetveli bu uyumsuzluklardan kaynaklı hatalı olabilmektedir.

Örnek olarak, duvar metrajı mimari proje üzerinden çıkarılmaktadır. Duvar metrajı oluşturmak için ilgili duvar tipinin uzunluk ve yüksekliğinin çarpımı sonucunda metrekare cinsinden değeri gereklidir. Statik ve mimari projeler incelendiğinde statik projede olan bir kirişin mimari projede olmadığı görülmektedir. Bunun sonucunda duvar metrajı için gerekli olan duvar yüksekliği bilgisi yanlış olduğundan duvar metrajında uyumsuzluklar olacaktır.

Metraj listeleri hazırlanırken bazı iş kalemlerinin metraj listesinde unutulduğu görülmektedir. Bu durum yaklaşık maliyeti ve iş listesini etkilemekte, işin yarımcısının zarara uğramasına neden olmaktadır. Örnek olarak ele alınan projede de amfilerin dış duvarlarında kullanılan 10 cm duvar- 8 cm taş yünü- 10 cm duvar olarak sandviç yöntemle tasarlanan duvarların metraj listesinde bulunmadığı bunun sonucunda metraj listelerine bağlı hesaplanan yaklaşık maliyetin yanlış hesaplandığı görülmektedir.

İş kalemlerinin eksik hesaplanması maliyeti olması gerekenden az göstereceği gibi fazla hesaplanması da daha yüksek fiyatlar ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Metraj listeleri miktara dayalı oldukları için işin adeti ya da cinsinde yapılacak hatalarda maliyetin yanlış hesaplanmasına neden olur. Hukuk Fakültesi Ek Binası proje metrajlarında da birim sayıları fazla girilerek metraj hatalı oluşturulmuştur. laminant parke bulunan mahaller +5.00 kotu metraj hesabında 10 adet girilen ofis sayısı projede 6 adettir. Bunun sonucunda metraj çarpanları yanlış olarak hesaplanmıştır.

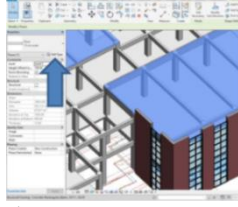
2.4 Örnek Projenin YBM Ortamına Aktarılması ve Modelin Oluşturulması

Tüm disiplinlerin ve verilerin birbirinden bağımsız bir şekilde çalışan BDT sistemlerinde oluşturulan projenin, YBM sistemine aktarılmasındaki amaç proje verilerinin tek bir veri tabanında toplanması ve bu verileri analiz etmek hedeflenmektedir. BDT sisteminde çizgilerle ifade edilen proje, YBM sisteminde modellemek için Autodesk Revit programı kullanılarak parametrik nesnelere yardımcıyla 3 boyutlu model haline getirilmiştir. Ele alınan projede BDT sistemlerinde projeler bağımsız oluşturulduğu için; statik, elektrik ve mekanik projeler makale kapsamında incelenememiştir.

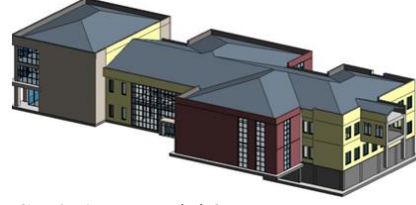
İncelenen proje, Autocad ortamında hazır olan mimari proje üzerinden veri aktarılarak YBM sistemlerinden Revit programına aktarılmıştır. Projenin modelinde ilk olarak projenin taşıyıcı sistemleri olan kolon ve kirişler oluşturulmuştur. Hazırlanan strüktür sistem üzerine Şekil 17a'da görüldüğü gibi katların döşemeleri yapılmıştır. Daha sonra mekânları, iç ve dış ortamı birbirinden ayıran bölücü duvar elemanlarının modeli oluşturulup mekânların kapı, pencereleri ve ıslak hacimlerde yer alan kabin panelleri yerleştirilmiştir. Islak hacimlerde yer alan vitriyeye elemanlarıyla ilgili mimari projede bir bilgi bulunmadığından model içerisine eklenememiştir. Yapının temel elemanları modellendikten sonra katlar arası ulaşımı sağlayan bir adet yangın merdiveni olmak üzere toplamda üç adet merdivenin modellenmesi gerçekleştirilmiştir. Uygulama projesinde iki farklı kotta kırma çatı yapılmış ve bu çatılar parapetler ile gizlenmiştir. Projeye uygun eğimde ve malzemede olan kırma çatı formu

program tarafından oluşturulmuştur. Uygulama projesinde çatı kaplama malzemesi arduazlımembran ve çatı eğimi %20 olarak belirlenerek çatı modeli oluşturulmuştur. Modellenen elemanların her biri projedeki ölçü ve parametrelere uygun olarak oluşturulmuştur.

Projedeki yapı elemanlarının tamamı model üzerine işlenerek makaleye konu olan Hukuk Fakültesi Ek Binası projesi Şekil 17b’de görüldüğü üzere YBM ile oluşturulmuştur. YBM sistemiyle oluşturulmuş model üzerinden çeşitli analizler ve maliyet hesap tabloları veri olarak alınabilmektedir. Tüm parametreler girilerek oluşturulan model üzerinden maliyet hesapları izleyen bölümlerde incelenmiştir.



Şekil 17a. Döşeme Parametreleri



Şekil 17b. Model 3B Kuzey Görünüşü

2.5 YBM ile Maliyet Hesabı [5D]

Revit ile oluşturulan projeler, yapı inşa ediliyormuş gibi modellendiği için program yapı metrajlarını otomatik olarak vermektedir. Tanımlı her nesne program tarafından yapısal eleman olarak sayılmakta ve listelenmektedir. Revit metraj listesini otomatik olarak oluşturmasına rağmen liste görünümünün ve düzenlenmesinin yapılmasını kullanıcıya bırakmaktadır. Yazılımın metraj çıkarmadaki kolaylığı ve zamandan sağladığı kazanca rağmen kullanıcıdan tamamen bağımsız olmaması Revit'in maliyet analizindeki zayıf yönünü göstermektedir. Oluşturulacak her metraj kalemi için kullanıcının parametre değiştirmesi ve girmesi gerekmektedir.

3 BULGULAR

3.1 YBM'nin Avantajları ve Zorlukları

Örnek alınan Hukuk Fakültesi Ek Binası'nın YBM ile modellenmesinde avantajlar olduğu görülmüştür. Bu yapıda YBM ile mimari proje çizimi ve inşaat maliyetlerinin hesaplanması yapı tasarımı, yapım ve kullanım maliyetlerinde avantaj sağlamaktadır. Günümüz hesaplama yöntemlerinde maliyet hesabı ve kontrollerinin yapılması bir iş kolu haline gelmiş olsa da YBM ile bu işlem proje üzerinden gerekli değerler girildikten sonra otomatik olarak oluşturulmaktadır. Proje modeli oluşturulduktan sonra yapılacak işin her aşaması için maliyet tahmini oluşturulabilmekte ve kullanıcının istediği her aşamada yapılacak olan iş miktarı hesaplanarak çıkarılabilmektedir. YBM sistemlerinin metraj listelerini otomatik olarak oluşturması kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır. Kullanıcı sadece program üzerinden hangi iş kalemlerinin metrajının listelenmesi gerektiğini ve liste düzenini seçmektedir. Hukuk Fakültesi Ek Binası projesinde metraj kalemleri belirlenmiş ve iş kalemleri listesi düzenlenerek metraj listeleri programdan elde edilmiştir.

YBM sistemlerinin ortak ağ bağlantısı sayesinde kurumlar ve kişiler arası görüşmelerden doğan zaman kayıpları önlenmiş olmaktadır. Mevcut maliyet hesaplama mantığı ile projeyi oluşturacak her disiplin kendisine ait metraj listesini oluşturmaktadır. Yatırımcı YBM sistemleri ile ortak veri tabanı içerisinde birbirine bağlanmış projelerden gerekli bilgiye ulaşabilmektedir. Bu sistemlerin kamu kurumlarında kullanılması inşaat sektörü açısından büyük fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Örnek alınan Hukuk Fakültesi Ek Bina projesi bu sistemle oluşturulsa idi statik, mekanik, elektrik ve mimari projeler aynı tabanda oluşacağından projelerdeki uyumsuzluklar belirlenerek buna göre düzeltmeler sonucu alınan metraj listeleri net olurdu. BDT sistemleri ile oluşturulan projeler incelendiğinde projeler arası uyumsuzluklar ve bunlara bağlı yanlış maliyet hesaplamaları görülmektedir.

Günümüzde kullanılan yöntemlerdeki malzeme bilgisi yetersizliği veya detayların çözümlerinde oluşacak malzeme farkları ve miktarları hesabı oluşturan kişi tarafından göz ardı edilmekte ya da bilinmemektedir. Oysa YBM ile oluşturulan modele işlenmiş her malzeme metraj listesinde iş kalemi olarak listelenmektedir. Bu sayede iş kalemi eksikliğinden ya da bilgi yetersizliğinden oluşabilecek hatalar önlenmiş olmaktadır. YBM yazılımları hem genel hem de detay metrajı oluşturmaktadır. Yapı elemanlarının metraj listesini oluşturduğu gibi modelde nesne olarak tanımlanan tekil elemanların da birleşenleri ile metraj listesi oluşturabilmektedir. Yani model oluşturulurken aslına uygun olarak kapı nesnesi kullanılarak metrajda hem kapı metrajı hem de kapı kulpu metrajı görülebilmektedir.

Model üzerine zaman olgusu da eklenerek ilerleyen proje aşamaları için maliyet izlemesi yapılan YBM sistemleri ile maliyet kontrolü sağlanmaktadır. Mevcut yöntemlerde projenin başında başlayan maliyet hesaplama işlemleri proje bitimine kadar kesin sonuç vermez iken [iş tahmin üzerinden yürütülür iken] YBM ile her aşamada gerekli metraj listeleri alınabilmektedir. Bu listelere bağlı olarak maliyet hesapları kesin maliyete yakın olacak şekilde oluşturulabilmektedir.

YBM sistemi ile metraj oluşturmak bu kadar kolay olmasına rağmen kullanıcı ve program kaynaklı hatalar da meydana gelmektedir. Uygulama modeli oluşturulurken yapı elemanlarının detaylarının parametrik olarak belirlenmesi konusunda sorun yaşanmıştır. Programın kullanıcılarının YBM sistemleri ve kullanılacak yazılımın arayüzü hakkında bilgi sahibi olması gerekmektedir. Revit programı yazılımı Türkiye standartlarına göre oluşturulmuş bir program olmadığı için örnek proje modellemede teknik çizim mantığında problemler ile karşılaşmıştır. Modelin kısa sürede oluşturulmasına rağmen meydana gelen [bilgi yetersizliği ve çizim standartlarının aynı olmamasından kaynaklı] sorunları çözmek kullanıcıya zaman kaybettirmektedir. Uygulaması yapılan Hukuk Fakültesi Ek Binası projesinde idarelerin belirlediği 1/50 ölçek standardındaki çizim tekniği Revit ile uygulanamamış ve oluşturulan modelde siva problemleri meydana gelmiştir. Bu sorunların çözümü için duvar parametresi olarak belirlenen siva dışında siva materyali ile yeni bir nesne oluşturulmuştur. Bu yeni nesne ile problem olan yerlerde siva çizimi yapılmıştır.

Oluşturulan modelin her elemanı bir nesne olarak tanımlaması ve ortak olarak kullanılan elemanların ortak nesne olarak hareket etmesi sonucunda herhangi bir nesne üzerinde yapılan değişiklik tüm projeyi ve metraj listeleri ile birlikte maliyeti etkilemekte ve yanlış sonuçlar elde edilmesine neden olmaktadır. Ayrıca YBM ile oluşturulan proje modelinde malzeme katmanlarının eksik ya da yanlış girilmesi metrajı hatalı çıkarmaktadır. Makaleye konu olan projede doğru sonuçlara ulaşabilmek için yapı elemanı katmanları uygulama projesine uygun olarak belirlenmiştir.

YBM sistemleri detaylı hesaplar yaparak metraj listesi oluşturmasına rağmen ülkemizdeki şantiye mantığı insan iş gücüne ihtiyaç duymaktadır. Ülkemizde oluşturulan projeler, şantiyede farklılıklara ya da malzemelerde değişimlere uğrayabilmektedir. Bu durumda YBM sistemleri ile oluşturulan maliyet tahmininin doğru çıkması beklenmemektedir. Ancak bu durum BDT sistemlerinde de meydana gelmektedir. Şantiyede verilen kararlar doğrultusunda değişen hesaplar kullanılan programlara bağlı olmaktan çok işin başında karar veren kişiye bağlı olmaktadır.

Yatırımcı ya da yüklenici her zaman yapılan işten daha çok kâr elde etmek istemekte bu sebeple projenin hangi sistemle oluşturulduğuna bakılmadan şantiyede malzeme ve işçilik üzerinden artırımlara gidebilmektedir. Bu da YBM sistemi ile alınan sonuçların kesin olmamasına neden olmaktadır. Referans olarak kullanılan projedeki pencere ölçüleri ile yerinde yapılmış yapıdaki ölçüler uyuşmamakta şantiyede değişikliklerin yapıldığı görülmektedir. Ancak araştırma konusu metraj ve maliyet hesabı üzerinden olduğu için uygulama projesi referans alınmıştır.

3.2 YBM Verilerini Mevcut Durumla Karşılaştırma

Çalışma kapsamında incelenen proje model oluşturulduktan sonra YBM üzerinden projeye ait metraj verileri alınmıştır. Elde edilen bu veriler, Hukuk Fakültesi Ek Binası için Yapı İşleri Daire Başkanlığı tarafından hazırlanmış olan metraj verileri ile karşılaştırılmıştır.

Mevcut yöntemler ile oluşturulan metraj hesabında bazı iş kalemlerinin eksik olduğu ya da unutulduğu görülmektedir. Projede amfi bölümlerinde bulunan duvar tiplerinde, 10 cm'lik iki duvar arasında yalıtım olduğu görülmektedir. Metraj listeleri karşılaştırıldığında duvarlar arası yalıtımın metraja katıldığı halde duvarların metraj listelerinde bulunmadığı belirlenmiştir. Mevcut hesaplama yöntemleri metraj hesabını yapan kişiye bağlı olduğu için bazı birimlerde hatalar yapıldığı ve metraj sonucunu etkilediği görülmektedir. Karşılaştırma sonunda Revit programı ile oluşturulan metraj listelerinden doğru sonuçlar alınmıştır. Örnek olarak Tablo-4'te zeminlerde kullanılan laminat kaplama metraj sonuçları YBM verileriyle uyuşmamaktadır.

Ülkemizde proje ve imalatların çok sık değişmesi sonucunda yapım işlerinde ihale bedeli üzerinden artırım ya da eksiltme yapılarak ihale teklifi verilmektedir. İş bedellerinin %10 fazlası ya da azı tolere edilebilir olarak görülür ve ihale teklif bedelleri bu değerler doğru olarak kabul edilerek maliyet hesapları bu orana göre yapılmaktadır. Tablo 3'te YBM ve BDT metraj verileri karşılaştırması yapılmıştır. Bu iki yönteme ait veriler denklem 3'te olduğu gibi formülize edilmiştir.

$$YBM-BDT/BDT*100$$

(3)

Bu formül ile yüzdelik hesapları yapılarak %10'u aşan iş kalemleri belirlenmiştir. Yapılan hesaplama sonucunda iş kalemlerindeki artışın yapının toplam maliyetini de arttırdığı görülmüştür.

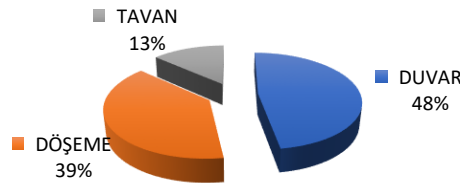
Tablo 3. YBM ve BDT Metraj Verilerinin Karşılaştırılması

İşlem No	Açıklama	BDT	YBM	FARK [%]
001	50*50 Cm Ebalarında Düz Yüzeyle Her Renk Ve Desende Sırlı Porsonel[Granit] Karo İle Fugalı Döşeme Kaplaması Yapılması [Seramik Yapıştırıcısı İle]	493,62 m ²	551,85 m ²	11
002	45*90 Cm Ebalarında Düz Yüzeyle Her Renk Ve Desende Sırlı Porsonel[Granit] Karo İle Fugalı Döşeme Kaplaması Yapılması [Seramik Yapıştırıcısı İle]	1.263,45 m ²	1.266,75 m ²	0,2
051	0.50 Mm+3.00 Mm +0.50 Mm Alüminyum Kompozit Panel İle Cephe Kaplaması Yapılması	808,76 m ²	964,27 m ²	19
075	Rendesiz Ve Çatı Örtüsünün Altı 15 Mm Osb Kaplamalı Ahşap Oturma Çatı Yapılması	2020,00 m ²	2055,00 m ²	1,7
084	Paslanmaz Krom Korkuluk Ve Küpeşte Yapılması [H=90 Cm]	161 m	163 m	1,2
18.140/A1	12.5 Mm Tek Kat Alçı Duvar Levhaları İle Çift İskeletli Askı Sistemli Asma Tavan Yapılması	1617,87 m ²	1538,20 m ²	-4,9
19.046/4	3mm Kal.Elast. Esas.Pol.Keçe Taş.3.3mm Kal.Bir Yüzü Min.Kapl.Elast.Esas.Pol.Keçe Taş.Pol.Bit.Ört.İki Kat Su Yal.Yap.	2060,40 m ²	2057,00 m ²	-0,1
19.055/A6	8 Cm.Taşyünü Isı Yalıtım Levhal.Dış Duvarların Dıştan Isı Yalıtımı.Isı Yalıtım Sıvası	1858,14 m ²	2046,75 m ²	10
23.243/12	Alüminyum Asma Tavan Yapılması [Akustik Kumaş Kaplı Delikli] Sarkmalı	1262,02 m ²	962,25 m ²	-23
FAT.004	Silikon Cephe Yapılması	361,17 m ²	322,00 m ²	-10
FAT.012	Her Renkte Klinker Pres Tuğla İle Cephe Kaplaması Yapılması	730,80 m ²	697,63 m ²	-4,5
MSB.414/A1	Taşyünü Tavan Karosu İle Asma Tavan Yapılması [60*60*1.5]	725,76 m ²	1566,17 m ²	115
PİYASAH.01	Laminat Parke Yapılması	407,33 m ²	343,78 m ²	-15
Y.18.110/01C04	10 Cm Kalınlığındaki TechizatsızGazbeton Duvar Blokları İle Duvar Yapılması [Gazbeton Tutkalı İle][G2 Sınıfı][2,50 N/Mm ² Ve 400 Kg/M ³]	92,64 m ²	101,44 m ²	9
Y.18.110/01C10	20 Cm Kalınlığındaki TechizatsızGazbeton Duvar Blokları İle Duvar Yapılması [Gazbeton Tutkalı İle][G2 Sınıfı][2,50 N/Mm ² Ve 400 Kg/M ³]	3242,42 m ²	3185,06 m ²	-1,7
18.467/2	4mm Ve 3mm Kalınlıkta Elastomer Esaslı Polyester Keçe Taş. Pol.Bit.Ört.İki Kat. Su Yalıtımı	2060,40 m ²	4633,00 m ²	124
25.048/3A	Saten Alçılı Yüzeyle Astar Çekilerek İki Kat İpekmat Su Bazlı Plastik Boya Yapılması	7234,56 m ²	5518,79	-23
25.116/A9	3MM Pvc Esaslı Yer Döşeme Mlz.Döş.Kap.Yap.[Heterojen][Grupt-04.443/B1]	1886,89 m ²	1578,54	-16
27.528/2	Sıva Üzerine Saten Alçı Kaplama Yapılması	1617,87 m ²	6.575,91	306

İş değerinin %10'u aştığı durumlar

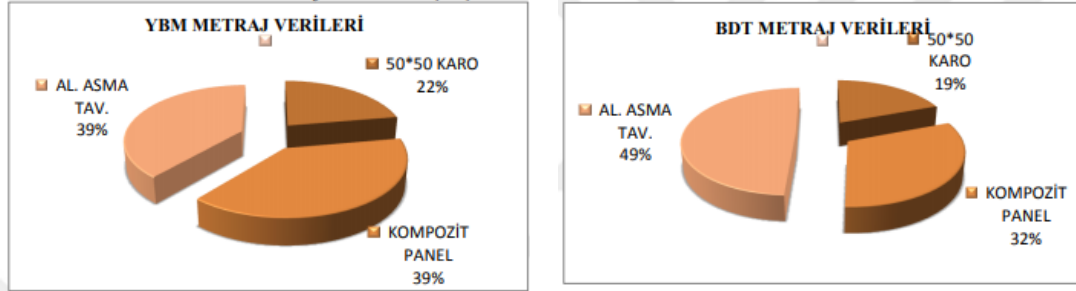
Elde edilen veriler incelendiğinde; bazı yapı malzemelerinin metraj listesinde eksik ya da fazla olarak hesaplandığı görülmüştür. YBM verileri sonuçlarının kontrolü sağlandığında bu sistemlerin kesin maliyete daha yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir [Tablo-4]. Ancak yanlış modelleme veya parametrelerin yanlış tanımlanması sonucu metraj listelerinin otomatik olarak değişerek yanlış sonuçlara sebebiyet verebileceği unutulmamalıdır.

YBM ve BDT metraj verileri; zemin, duvar ve tavan malzemeleri olarak gruplandırılarak yapının ince inşaat maliyetleri karşılaştırılmıştır. YBM sistemleri ile elde edilen sonuçlara göre zemin malzemeleri metraj verileri toplam olarak 19.147,68 m² iken duvar malzemeleri metraj verileri 23.415,07 m²'dir. Tavan malzemeleri metrajı 6.615,51 m² olarak bulunmuştur. Bu veriler doğrultusunda elde edilen zemin, duvar ve tavan malzemeleri metraj yüzdeleri Şekil 18'de ifade edilmiştir. BDT sistemleri için aynı malzeme gruplarının metraj verilerine malzemelerin zemin, duvar, tavan gibi elemanlarda ayırım olmadığından ulaşılamamıştır. Mevcut metraj listelerinden her malzeme grubu için tek tek işlem yapmak işlem hatasına yol açacağı için işleme katılmamıştır.



Şekil 18. YBM Sistemi Metraj Yüzdeleri

Şekil 19’da, YBM ve BDT sistemleri metraj verileri; 50*50 cm ebatlarında düz yüzeyle her renk ve desende sırlı porsonel [granit] karo ile fugalı döşeme kaplaması yapılması, alüminyum asma tavan yapılması [akustik kumaş kaplı delikli] sarkmalı ve 0.50 mm+3.00 mm +0.50 mm alüminyum kompozit panel ile cephe kaplaması yapılması üzerinden karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma için malzeme seçimi yapılmasında %10’luk sınırı etkili olmuştur. Bu malzemelerin karşılaştırılması sonucu YBM ve BDT sistemlerinin farklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Maliyet değeri birbirine yakın olarak belirlense de malzeme miktarındaki farklılıklar şantiye sırasında gerekli görülecek herhangi bir değişiklik durumunda maliyeti artırıcı etki gösterecektir.



Şekil 19. YBM ve BDT Metraj Verileri Karşılaştırması

BDT sistemleri ile oluşturulan Hukuk Fakültesi Ek Bina uygulama projelerinin eksik kaldığı veya uyumsuzluklardan kaynaklanan revizyonlar, yapım esnasında yapılmış ve proje verilerine işlenmemiştir. YBM sisteminde ise yapım esnasındaki değişikliklerin anında proje aktarımı ve metraj-maliyet hesaplarını yapmak mümkündür.

Makaleye konu olan yapının yapım yılı 2014 olduğu için BDT ve YBM uygulamasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığının 2014 yılı birim fiyat listesi baz alınmıştır. Makale kapsamında sadece mimari model yapıldığı için Tablo 4’te yer alan belirli malzemeler üzerinden maliyet hesaplanmış, ancak yapının toplam yaklaşık maliyeti hesaplanamamıştır. Malzemelerin belirlenmesinde ulaşılabilir ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın belirlediği poz numaraları ile birim fiyat listelerinde olmasına dikkat edilmiştir. Çalışmada tüm malzemelerin incelenme isteğine karşın bu kısıt sebebi ile çalışmanın eksik yönü ortaya çıkmıştır.

Tablo 4. YBM ve BDT Birim Fiyat Karşılaştırma

İşlem No	BDT			YBM		
	Birim	Birim Fiyat	Tutar TL	Birim	Birim Fiyat	Tutar TL
001	493,62 m ²	Özel Poz		551,85 m ²	Özel Poz	
002	1.263,45 m ²	Özel Poz		1.266,75 m ²	Özel Poz	
051	808,76 m ²	Özel Poz		964,27 m ²	Özel Poz	
075	2020 m ²	Özel Poz		2055 m ²	Özel Poz	
084	161 m	Özel Poz		163 m	Özel Poz	
18.140/A1	1617,87 m ²	36,29	58.712,50	1538,20 m ²	36,29	55.821,27
19.046/4	2060,40 m ²	29,13	60.019,45	2057 m ²	29,13	60.126,11
19.055/A6	1858,14 m ²	57,71	107.233,25	2046,75 m ²	57,71	118.117,94
23.243/12	1262,02 m ²	53,70	67.707,47	962,25 m ²	53,70	51.672,82
FAT.004	361,17 m ²	Özel Poz		322 m ²	Özel Poz	
FAT.012	730,80 m ²	Özel Poz		697,63 m ²	Özel Poz	
MSB.414/A1	725,76 m ²	26,36	19131,03	1566,17 m ²	26,36	41.284,24
PİYASAH.01	407,33 m ²	Özel Poz		343,78 m ²	Özel Poz	
Y.18.110/01C04	92,64 m ²	24,26	2.247,44	101,44 m ²	24,26	2.451,23
Y.18.110/01C10	3242,42 m ²	40,41	131.026,19	3185,06 m ²	40,41	128.708,27
18.467/2	2060,40 m ²	32,95	67.890,18	4.633,00	32,95	152.657,35
25.048/3A	7234,56 m ²	6,68	48.326,86	5518,79	6,68	36.865,51
25.116/A9	1886,89 m ²	57,25	108.024,45	1578,54	57,25	90.371,41
27.528/2	1617,87 m ²	6,83	11.050,05	6.575,91	6,83	44.913,46
	TOPLAM		681.368,87	TOPLAM		782.989,61

* Özel Pozlar Hesap Dışı Tutulmuştur.

Belirlenen malzemelerin birim fiyatlar ile çarpılması sonucu ortaya çıkan kısmi maliyetlerde YBM-BDT/BDT*100 formülü ile yüzde hesaplaması yapıldığında; sonuç %14 çıkarak kabul gören %10 sınırının aşıldığı tespit edilmiştir. Bu durumun sonuç maliyette de yatırımcıyı zarara uğrattığı görülmüştür. BDT sistemleri ile yapılan maliyet hesabının daha düşük hesaplanması sonucunda ihaleye girecek kişi ve kurumlar bu hesaba göre yatırım kararı almaktadır. Ancak YBM sistemleri maliyet hesabının daha yüksek çıkması sonucunda yatırımcının ve /veya ihaleyi veren kurumların zarara uğradığı düşünülmektedir.

Tasarım ve inşaa sürecinde, BDT ve YBM sistemlerinin karşılaştırılması Tablo 5 ve Tablo 6’da verilmiştir. Yapı BDT sistemleri ile oluşturulduğu için kullanım sürecinde YBM ile ilgili veri oluşturulamamıştır.

Tablo 5. Tasarım Aşamasında BDT ve YBM Karşılaştırması

		BDT	YBM
TASARIM SÜRECİNDE YBM KULLANIMI	ESKİZ	Çizgiler ile iki boyutlu oluşturulabilmektedir.	Nesneler ile iki ve üç boyutlu oluşturulabilmektedir.
	PLAN	Yapı elemanları çizgiler ile ifade edilir. Katman farklarıyla birbirinden ayrılır.	Yapı elemanları nesnelere ifade edilir. Her elemanın kendine parametre özellikleri nesneye tanımlanır.
	KESİT	Plan üzerinden taşınarak çizgiler ile ifade edilir.	Plan üzerinden otomatik olarak elde edilmektedir.
	GÖRÜNÜŞ	Plan ve kesit üzerinden taşınarak çizgiler ile ifade edilir.	Plan üzerinden otomatik olarak elde edilmektedir.
	DETAY	Her eleman için ayrı olarak detay çizimleri yapılmaktadır.	Nesneler parametrelerle oluşturulduğu için detay bilgileri proje içerisinde mevcuttur.
	MODEL	3B Arayüzü programlar aracılığıyla bağımsız olarak üretilir.	Model tabanlı olduğu için model kendiliğinden çıkmaktadır.
	ANALİZ	Analiz yapılamamaktadır.	Çeşitli analiz imkanı sunmaktadır.
	İŞ BİRLİĞİ	Projeler birbirinden bağımsızdır.	Tek bir model üzerinden farklı disiplinler katlı sağlamaktadır.
	METRAJ	Metraj verileri çizim üzerinden tek tek çıkarılmaktadır.	Metraj verileri otomatik olarak program tarafından verilmektedir.
	ZAMAN	Projeler birbirinden bağımsız olduğu için proje süreçleri uzun zaman almaktadır.	Model üzerinden ortak çalışma imkanı sağladığı için zamandan kazanç sağlamaktadır.

Tablo 6. Yapım Aşamasında BDT ve YBM Karşılaştırması

		BDT	YBM
YAPIM SÜRECİNDE YBM KULLANIMI	PROJE	Her disipline ait projeye ayrı ayrı bakılmaktadır.	Tüm disiplinlere ait projeler tek bir model üzerinden incelenmektedir.
	MODEL	Model yapım sistemleriyle ilgili bilgi barındırmamaktadır.	Model tüm yapım sistemlerini içermektedir.
	UZAKTAN ERİŞİM	Tüm projelere aynı anda erişim imkanı bulunmamaktadır.	Projelere bulut sistemleriyle uzaktan erişim sağlanabilmektedir.
	ORTAK VERİTABANI	Ortak bir veritabanı bulunmamaktadır.	Ortak veritabanı sayesinde oluşacak tüm çakışmalar imalat öncesi görülmektedir.
	İŞ PLANI	İlgili kişi iş sıralamasını kendi oluşturmaktadır.	Yapılacak imalat sırası program tarafından oluşturulmaktadır.
	REVİZYONLAR	Revizyonlar birbirinden bağımsız olarak yapılmaktadır.	Model tabanlı olduğu revizyonlar modele işlenmektedir.
	PROJE	Her disipline ait projeye ayrı ayrı bakılmaktadır.	Tüm disiplinlere ait projeler tek bir model üzerinden incelenmektedir.
	MODEL	Model yapım sistemleriyle ilgili bilgi barındırmamaktadır.	Model tüm yapım sistemlerini içermektedir.
	UZAKTAN ERİŞİM	Tüm projelere aynı anda erişim imkanı bulunmamaktadır.	Projelere bulut sistemleriyle uzaktan erişim sağlanabilmektedir.
	ORTAK VERİTABANI	Ortak bir veritabanı bulunmamaktadır.	Ortak veritabanı sayesinde oluşacak tüm çakışmalar imalat öncesi görülmektedir.

4 SONUÇLAR

Yapı sektörü, yapıyı oluşturmak için bir araya gelen bütün iş kollarını kapsamaktadır. Yapıyı oluşturmak için kullanılan tüm emek ve kaynakların maliyeti söz konusudur. Bu maliyetleri karşılamak için yatırımcıların, yapı sektörüne yapacağı yatırımlar ile ekonomiye katkı sağlanmaktadır. Bu açıdan bakıldığında yapı sektörü ülke ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır. Yapı için yapılacak tüm iş bedellerinin toplamı, yapının toplam

maliyetini oluşturmaktadır. Yatırımcı, sağlayacağı finansmanın toplam değerini bilerek ödeme planını oluşturmak istemektedir.

Geleneksel yöntemler ile maliyet hesaplama sistemleri teknoloji ile birlikte karmaşıklaşan yapı oluşturma süreçlerine adapte olamamakta, bunun sonucunda yatırımcı ile beraber yapı sektörü de zarara uğramaktadır. Yapı sektörünün sayısal vektörel çizim ortamına geçmesi ile YBM yazılımları oluşturulmuştur. YBM sistemleri, yapı sektörü için birçok yeniliği beraberinde getirerek, sektörün gelişmesine katkı sağlamaktadır. YBM sistemlerinin yapı sektörü için avantajları; ortak veritabanı oluşturması, çizim aşamasında iş yükünü azaltması, proje katılımcıları arasında iş birliği sağlaması ve zamandan kazanç sağlamasıdır. Bunların yanı sıra sistemin içerisinde bulunan analizler ile fiziksel çevre verileri doğrultusunda yapılar üretme imkânı sağlamıştır.

Örnek olarak seçilen Hukuk Fakültesi Ek Bina projesi oluşturulan YBM modeli üzerinden irdelenmiştir. Mevcutta BDT sistemleri ile oluşturulmuş yapı, mimari uygulama projesi üzerinden tasarım ve malzeme bilgileri YBM sistemlerinden Revit programına parametreler aracılığı ile tanımlanmıştır. Projenin Revit ile modellenmesinin BDT sistemlerinden farklı olarak plan oluşturma aşamasında daha çok zaman harcanmasına rağmen projeyi anlatan kesit-görünüş-üç boyutlu model gibi unsurları otomatik olarak oluşturması ile zamandan kazanç sağladığı görülmüştür. Projede kullanılan yapı elemanları nesne olarak tanımlandığından dolayı revizyonlar tüm projede otomatik olarak güncellenmektedir. Planda yapılan değişikliğin kesit ve görünüşlerde otomatik olarak düzelmesi projeyi oluşturan teknik personel açısından iş gücünden kazanç anlamına gelmektedir. Mevcut çizimlerin oluşturulduğu BDT sistemleri incelendiğinde ise; projedeki her eleman için yeni çizim şablonları oluşturulduğu ve planlar oluşturulduktan sonra aynı yöntemler kullanılarak kesit ve görünüşlerin ortaya çıkarıldığı, üç boyutlu modelin ayrı olarak modellendiği ve render alınarak görsel oluşturulduğu görülmüştür. Bu sistem ile oluşturulan projelerin zaman ve iş yükünün artmasında program kaynaklı etkenler de olduğu anlaşılmıştır. BDT sistemlerinin bireysel çalışma mantığına karşı YBM sistemlerinin ortak çalışma alanları oluşturması YBM sistemlerinin faydalı yönü olarak tanımlanmaktadır.

ERÜ Hukuk Fakültesi Ek Binası üzerinden yapılan BDT ve YBM analizleri sonucu elde edilen veriler karşılaştırıldığında; BDT sistemleri ile oluşturulan projelerin birbirinden bağımsız olduğu ve projeler arası uyumsuzluklar yaklaşık maliyet hesapları oluşturmak için hazırlanan metraj listelerine yansımış ve hatalar tespit edilmiştir. Bu hataların proje yapım aşamasından önce düzeltilmesi yatırımcıya fayda sağlayacaktır. YBM ve BDT sistemleri ile oluşturulan metraj hesaplarının karşılaştırmalar yapılarak kontrol edilmesi sonucunda YBM sistemlerinin sektöre ve yatırımcıya daha faydalı olacağı düşünülmektedir. YBM sistemleri ile oluşturulan maliyet hesaplarının ekonomik dalgalanmaların olduğu ülkelerdeki yapı sektöründe dahi kesin maliyete yakın olarak elde edilebileceği görülmüştür. YBM sistemlerinin yatırımcıya doğru kararlar vermesinde yardımcı olacağı bu sayede de yapı sektörüne bağlı ülke ekonomisine katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

Makale kapsamında yapılan çalışmalar bütünüyle incelendiğinde YBM sistemlerinin proje oluşturma, proje tasarım parametreleri yardımıyla tasarıma yardımcı olma, kullanıcıya iş yükü ve zaman kazandırma açısından BDT sistemlerinden daha faydalı olduğu görülmüştür. Maliyet ve metraj oluşturmada ise YBM sistemleri parametrik temelli olduğu için projenin herhangi bir aşamasında oluşturulan model üzerinden metraj listesi vererek maliyet kontrolünü sağladığı, sistemin ortak veri tabanından tüm metrajı oluşturması ile metraj ve maliyet erişimine daha kolay ulaşılmasıyla BDT sistemleri ile oluşturulan metraj ve maliyet hesaplama sistemlerinden faydalı olduğu düşünülmektedir. YBM ile metraj listesi oluşturma kolay, basit ve hızlı olmasına rağmen modelde unutulmuş ya da işlenmeyen elemanların metraj listesinde yer almayacağı bunun sonucunda maliyet sonuçlarının eksik çıkacağı görülmüştür.

Ülkemizdeki proje üretim sürecinde, proje elemanlarının birbirinden bağımsız bir şekilde üretim yapması sonucu aralarında uyumsuzluklar olduğu görülmektedir. Bu uyumsuzluklar, proje imalat aşaması olan şantiyede ortaya çıkmakta ve üretimde oluşan hatalardan dolayı yapı maliyetini arttırmaktadır. Yapı imalatı sırasında fark edilen eksiklikler ya da yanlışlar şantiyede düzeltilerek projeden bağımsız olarak çözülmektedir. Dolayısıyla inşa edilen yapı ve oluşturulan proje arasında farklılıklar olmakta ve tasarım unsurlarına uygun imalat yapılmayarak maliyet artmaktadır. YBM sistemleri ile proje oluşturma süreçleri proje inşa sürecini de kapsadığından, modeli oluşturulan proje imalata göre çizilmektedir. Örnek yapının incelenmesi sonucunda uygulama projelerinden kaynaklı eksiklerin yapım aşamasında bir takım teknik uygulamalarla çözüldüğü görülmektedir. Bu durum, toplam yapı maliyeti üzerinde artırıcı etki göstermektedir.

YBM sistemleri proje oluşturma sürecini sadece proje çizimleri olarak ele almamakta, projenin yapım ve kullanım aşaması ile maliyet hesapları gibi gerekli verileri de içermektedir. Yapım sürecinde olduğu gibi YBM sistemleri içerisinde de iş sırası oluşturulmakta ve bunun sonucunda iş programı ve zaman çizelgesi proje üzerinden kullanıcıya verilebilmektedir. Çalışmanın uygulama kısmında YBM'de model oluşturulurken şantiye

mantığı kullanılmıştır. Bu mantık üzerinden iş sıralaması ve planlaması bu sistemler ile yapılmaktadır. YBM sistemlerinin proje katılımcılarına projeye dair her veriyi gerekli listelere işleyerek verdiği, BDT sistemi ile yapılan karşılaştırılma sonucu görülmüştür.

Ülkemizde kamu yapıları ihale yöntemiyle yapılmaktadır. Kamu kurumları, kullanıcı ihtiyaçları doğrultusunda yapının uygulama projelerini ilgili uzman kişilere hazırlamaktadır. Bu projelere göre yapının metraj listeleri çıkarılarak yaklaşık maliyeti hesaplanmaktadır. Kamu kurumları tarafından hesaplanan yaklaşık maliyet, gizli tutularak proje yapım ihalesine çıkmaktadır. Yaklaşık maliyet hesabının eksik ya da hatalı olması ihale sürecinin yanlış ilerlemesine ve ilgili kurum için maddi kayıplara yol açmaktadır. Yaklaşık maliyet hesaplarının YBM sistemleriyle oluşturulması sonucunda kesin maliyete yakın sonuçlar alınabilecektir. Böylece kamu kaynakları etkin ve verimli kullanılarak, ihale süreçleri daha doğru yönetilebilecektir.

YBM sistemlerinin kamuda kullanımının yaygın hale getirilmesinden önce, yapı sektöründe yer alan meslek disiplinlerinin lisans düzeyindeki eğitim programlarında yer alması önemlidir. Böylece sektördeki YBM kullanımının ilerleyen süreçte konusuna hakim teknik personel tarafından yapılarak kamu ve özel sektörde yaygınlaşması sağlanmalıdır. Konu üzerinde yapılacak çalışmalar ile YBM sistemlerinin gelişmesine yönelik ve dolayısıyla yapı sektöründe kullanılan YBM sistemlerinin problem ve açıkları giderilebilecektir. Bu çalışmanın konu üzerinde katkı sağlaması beklenmektedir.

Kaynakça

- [1] H. Yaman, and E. Taş, “A building cost estimation model based on functional elements,” *A/Z ITU Journal of the Faculty of Architecture*, 4 (1), pp. 73-87, 2007.
- [2] R. Kanit, ve U. N. Baykan, “Bina yaklaşık maliyetinin çoklu doğrusal regresyon ile belirlenmesi,” *Politeknik Dergisi*, 7 (4), pp. 359-367, 2004.
- [3] Z. Y. İlerisoy, “Betonarme konut projelerinde “form-yükseklik-maliyet” irdelenmesi ve optimal formun belirlenmesi,” Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2014.
- [4] L. O. Uğur, “Yapı maliyetinin yapay sinir ağı ile analizi,” Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- [5] S. Bayram, M. E. Öcal, E. L. Oral ve C. D. Atış, “Yapım maliyeti tahmininde birim fiyat yöntemi-yapı yaklaşık maliyetleri kıyaslaması,” *Politeknik Dergisi*, 19 (2), pp. 175-183, 2016.
- [6] İ. Göktürk, “İnşaat sektöründe fizibilite aşamasında maliyet tahmini yapmakta karşılaşılan zorluklar ve çözüm önerileri üzerine bir değerlendirme,” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
- [7] F. Otlu, ve S. Karaca, “Maliyet yönetimi ve yaşam seyri maliyet analizi,” *Süleyman Demirel Üniversitesi İkt. ve İ. Bil. Fak.*, 10 (2), pp. 245-270, 2005.
- [8] E. Bostancıoğlu, “Konut binalarının ön tasarımı evresinde maliyeti etkileyen faktörler ve faktörlere dayalı bir maliyet tahmin yöntemi,” Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1999.
- [9] Z. Yılmaz, F. Çankaya, ve A. Karakaya, “Yıkım ve yeniden yapım maliyetlerini etkileyen faktörlerin bina maliyet oranı açısından önemi,” *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 7 (2), pp. 395-412, 2017.
- [10] J. Frank, *Contract Administration and Practice*. BT Batsford LTD, 1994.
- [11] B. Seyyar, “Bina tasarım sürecinde bilgisayar destekli maliyet tahmin sistemleri,” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2000.
- [12] K. Phaobunjong, “Parametric cost estimating model for conceptual cost estimating of building construction projects,” Doktora Tezi, The University of Texas at Austin, Teksas, 2002.
- [13] I. Czmocho, ve A. Pekala, “Traditional design versus bım based design,” *XXIII R-S-P Seminar, Theoretical Foundation of Civil Engineering, Warszawa-Poland*, 2014, pp. 210-215.
- [14] R. Olgun, ve T. Yılmaz, “Peyzaj mimarlığı bilgisayar destekli tasarım ve tasarım aşamaları,” *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3 (1), pp.48-59, 2014.
- [15] S. Ofluoğlu, “Yapı bilgi modelleme: yeni nesil mimari yazılımlar,” Mimar Sinan Üniversitesi, İstanbul, 2009.

- [16] S. Azhar, "Building Information Modelling (BIM): Trends, Benefits, Risks and Challenges for the AEC Industry," *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), pp.241-252, 2011.
- [17] B. İlhan, "BIM ve Sürdürülebilir Yapım Bütünleşme: IFC-Tabanlı Bir Model Öneri," Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul, 2015.
- [18] O. Çetiner, "Mimarlıkta Yapı Bilgi Modelleme Ve Örnekler," *XII Akademik Bilişim Konferans Bildirileri*, 2010, Muğla, pp. 549-556.
- [19] H. Yaman, ve B. İlhan, "İnşaat Sektöründe Bina Enformasyonu Modellemesi Kavramına Genel Bir Bakış," *1. Proje Yapım ve Yönetim Kongresi*, 2010, Ankara, pp.962-976.
- [20] M. Yalçınkaya, G. B. Öztürk, ve D. Arditi, "Yapı İşletmesi ve Bakımı İçin Bilgi Gereksinimlerinin Belirlenmesi Ve Yapı Bilgi Modelleme Araçları İle Otomatik Transferi," *3. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi*, 2014, Antalya.
- [21] A. Holt, J. Benham, and B. Bigelow, "Emerging Technology In The Construction Industry: Perceptions From Construction Industry Professionals," *12nd ASEE Annual Conference & Exposition*, 2015, Seattle. Paper ID: #12604.
- [22] S. Koruk, "BİM olgunluk seviyesi (BIM Maturity)," 2017. [Online]. Available: <https://inovabim.com/bim-olgunluk-seviyesi-bim-maturity/> [Accessed: Ocak 2018].
- [23] T. Sharif, "Information is Key," 2015. [Online]. Available: <https://thebimhub.com/2015/07/28/information-key/#.WlIGPN9l-Uk> [Accessed: Ocak 2018].
- [24] I. Howell, B. Batcheler, "Building Information Modeling Two Years Later – Huge Potential, Some Success and Several Limitations" 2005.
- [25] M. O. Savaşkan, "Yüksek enerji performanslı konut yapıları için bim tabanlı bir açık kaynak bilgi sistemi modeli," Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.
- [26] J. V. Kumar, M. Mukherjee, "Scope of building information modeling (BIM) in India," *Journal of Engineering Science and Technology Review*, 2 (1), pp. 165-169, 2009.
- [27] Kampüsler-Ulaşım.[Online].Available: <https://www.erciyes.edu.tr/kategori/ERU-HAKKINDA/Ulasim-veHaritalar/2/61> [Accessed: December 2018].
- [28] ERÜ Hukuk Fakültesi. [Online].Available: <https://hukuk.erciyes.edu.tr/fakultemiz/Tarihce/Erciyes-Universitesi-HukukFakultesi/3/18>[Accessed: November 2018].
- [29] Google Earth, Koordinat: : 38°42'32.57"K, 35°32'05.85"D, 2018.
- [30] Google Earth, Koordinat: : 38°42'31.58"K, 35°32'20.38"D, 2018.
- [31] ERÜ Hukuk Fakültesi, 2018. [Online].Available: <https://hukuk.erciyes.edu.tr/GaleriDetay/Erciyes-Universitesi-Hukuk-Fakultesi/Hukuk-Fakultesi/8>[Accessed: November 2018].
- [32] Erciyes Üniversitesi, "Hukuk Fakültesi Ek Binası," Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı, Çizim Arşivi, 2018.
- [33] K. Zontul, "Erciyes Üniversitesi Hukuk Fakültesi Ek Binası," Fotoğraf Arşivi, 2018.
- [34] Argeus Mimarlık, "Hukuk Fakültesi Ek Binası," Proje Arşivi, 2015.
- [35] M. H. Çelik, R. Kanit, ve U. N. Baykan, "Kamuya ait bina inşaatlarında tahmin edilen maliyet ile gerçekleşen maliyet arasındaki ilişkinin belirlenmesi," *Politeknik Dergisi*, 6 (4), pp. 677-692, 2003.