

ERP SİSTEMİNİN BIM VERİ AKIŞINA DAHİL EDİLMESİ VE ÜRETİMSEL SÜREÇLERLE ENTEGRASYONU

Süleyman EYİĞÜN (ORCID: 0000-0002-6682-1421)

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
e-posta:suleymaneyigun@hotmail.com

ÖZET

BIM ile üretilen projelerin yönetimi, BIM modelindeki verilerin yönetimiyle eşdeğer duruma gelmektedir. Yapının dijital ikizini üretme sürecinde Yapı Bilgi Modeli birçok aşamadan geçer ve bu aşamaların gerekliliklerine göre modelin barındırdığı veri çeşidi, yoğunluğu ve uyulması gereken standartlar değişiklik göstermektedir. BIM süreçleri devam ederken işletmelerin kurumların kaynak yönetimleri eşgüdümlü olarak ilerlemek durumundadır. Bu yönetim süreci fizibilite ve erken tasarım aşamasından başlanıp işletme ve yıkım kısmına kadar sürmektedir. Kurumsal Kaynak Yönetiminin (ERP) sektörel olarak BIM modeliyle bütünleşik çalışması; işletmelerin ERP sistemine aktarılması gereken veriyi daha doğru, kayıpsız ve sürdürülebilir hale getirmektedir. Bu makalede iletişimin Yapı Bilgi Modeli, BIM Uygulama Planı ve BIM Raporlama Motorlarıyla gerçekleştirilme durumları ve bunlar arasındaki ilişkiler incelenecektir.

Anahtar Kelimeler: Bina Bilgi Modelleme; BIM; Kurumsal Kaynak Yönetimi; ERP.

ABSTRACT

The management of the projects produced with BIM is equivalent to the management of the data in the BIM model. In the process of producing the digital twin of the building, the Building Information Model goes through many stages and according to the requirements of these stages, the data type, density and standards to be followed vary. While all BIM processes are continuing, the resource management of the enterprises is proceeding in a coordinated manner. At this point, one of the most important problems faced by processing is the management of resources. This management process starts with the feasibility

and early design phase to the operation and demolition part. The sectoral integration of Enterprise Resource Planning (ERP) with the BIM model makes the data that needs to be transferred to businesses' ERP systems more accurate, lossless and sustainable. This article will examine the realization of the communication with the Building Information Model, the BIM Execution Plan and the BIM Reporting Engines and the relationships between them.

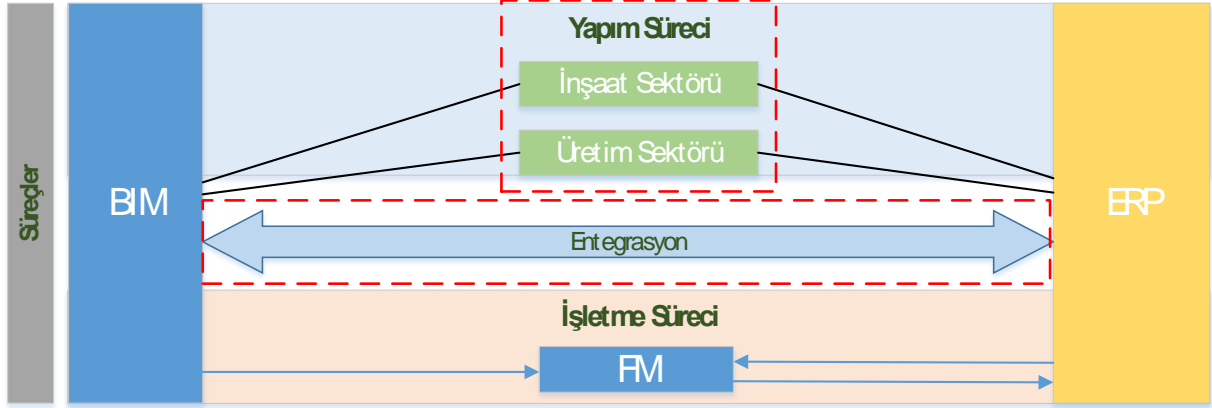
Keywords: Building Information Modelling; BIM; Enterprise Resource Planning; ERP.

1.GİRİŞ

İnşaat yönetim verisinin oluşturulması, yapının erken tasarım evresi ve fizibilite çalışmalarından itibaren başlamaktadır. Bu verilerin somutlaşması ve üretime katılması büyük ölçüde BIM modeliyle gerçekleşmektedir. BIM ile somutlaşan üretim akışı, veriyi de içerisinde barındırdığı için yapım işleminin sonuna kadar sürekli olarak dönüştürülür, değiştirilir ve kullanılır.

İnşaat işletmelerinin, sahip olunan fakat sistematik eksikliği nedeniyle etkin olarak kullanılmayan şirket içi birikimin herkes tarafından ulaşılabilir olmasının sağlanması, bir standartlaşma oluşturarak ve bilgiyi paylaşarak iş yapma kabiliyetinin artışına destek olunması gerekmektedir. Proje kapsamı büyüdükçe önemi ve zorluğu da artan disiplinler arası koordinasyon ve bilgi akışını ve geri bildirimlerin doğru bir şekilde sağlanması veri yönetiminin başarısı ile mümkündür.

Yapının dijital ikizini üretme süreciyle birlikte kaynakların yönetilmesi, işletmenin birimleri arasında (mimari-tasarım, üretim, planlama, satın alma, insan kaynakları, lojistik vb.) veri aktarımı gerçekleşmektedir. Verilerin yönetimi proje yönetim süreciyle birlikte yapılması, binanın dijital ikizinin üretilmesi esnasında önem kazanır. Bu noktada verilerin doğru, ilişkisel ve denetlenebilir olması; bu verilerin kullanılabilir bir bilgiye dönüşmesi yapılan işin analiz edilebilir hale gelmesine yardımcı olur.

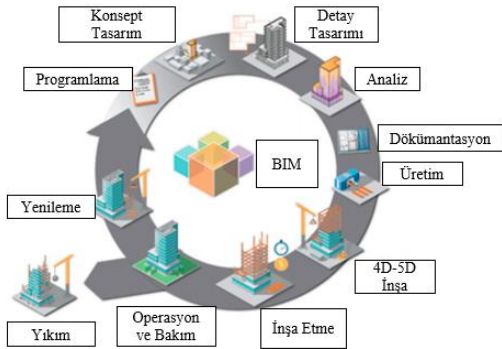


Şekil 1. Süreçlerin İlişkisel Akış Diyagramı

Şekil 1.'de görülmekte olan ve makalenin devamında incelenecek proje aşamaları ve binanın geçirdiği süreçler göz önüne alındığında; BIM ve ERP'nin bu zaman diliminde entegre çalışmasının gerekliliği ve birbirinden beslenmesi gereken iki sistem olduğu öne sürülmektedir. Şekil 1.'de seçili olan alanlar üzerine öneri çalışma sistematığı sürülecek olup FM (İşletme Yönetimi) süreciyle ilişkili noktalarda bahsedilecektir.

2. YAPI BİLGİ MODELLEMESİ / BIM

Yapı Bilgi Modelleme, bina ile ilgili grafik (geometri/biçim vb.) ve alfasayısal (malzeme, maliyet, fiziksel çevre kontrolü vb) veriden oluşan üç boyutlu bir model meydana getirerek, bu modelin yapı sektörü paydaşları tarafından ortak kullanımını sağlayan bir çalışma yaklaşımıdır.



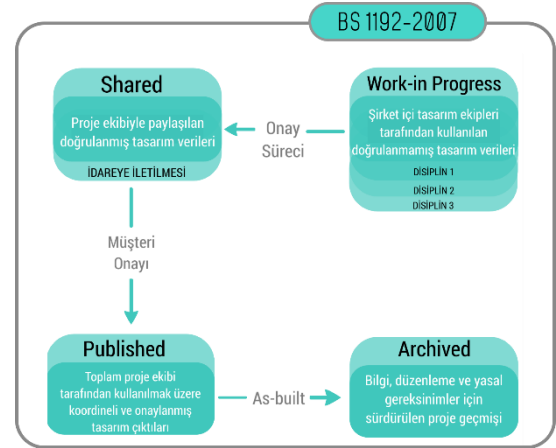
Şekil 2. BIM bina yaşam döngüsü evreleri (Autodesk)

Bu üç boyutlu model, planlama, tasarım, projelendirilme, yapım ve işletim gibi, Şekil 2'de görülen projenin tüm yaşam döngüsünü içeren süreçlerinde kullanılabilir. Farklı paydaşların aynı modeli kullanabilmesi temsilde tutarlılığı artırmakta, revizyon kolaylığı sağlamakta; veri dönüştürme işlemlerini, verinin tekrarlı üretimini (replikasyon) ve proje belgeleri arasında ilave ilişkilendirme veya koordinasyon ihtiyaçlarını önemli ölçüde azaltmaktadır (Ofloğlu, 2014).

Yapımın, fizibilite ve erken tasarım evrelerinden başlanarak üretim, inşa etme, işletme ve yıkım ya da yenileme işlemleri aşamalarında BIM yöntemiyle oluşturulan gerekli veri kullanılmaktadır. Yapımın geçirdiği bu süreç içerisinde, oluşturulan verinin yoğunluğu her aşama için değişiklik göstermektedir.

2.1 Ortak Veri Ortamı / CDE

Ortak Veri Ortamı veya yaygın bilinen adıyla CDE (Common Data Environment); tüm proje ekibine ait dokümanları, grafik modeli ve grafik olmayan verileri; toplamak, yönetmek ve yaymak için kullanılan bilgi paylaşım protokolüdür.



Şekil 3. Veri kaynaklarının dosyalanması ve isimlendirmesi (NBS, 2019)

Ortak veri kaynağını oluşturmak, proje ekibi üyeleri arasındaki işbirliğini kolaylaştırmaktadır. İş kayıpları ve hataları azaltmaya yardımcı olmaktadır. Genellikle CDE (Şekil 3), şantiyede veya ofiste oluşturulan bir sunucu veya bulut tabanlı bir veri saklama ve paylaşım sistemidir. Ortak Veri Ortamı klasörleme sisteminde geçerli ortak dil projenin hızlı, koordine ve en az hata ile işlenmesi ihtiyacına karşılık gelmektedir. (BSI, 2018)

| Statü | Açıklama | Modeller | Çizimler | Dokümanlar |
|---|--|------------------|----------|------------|
| WIP (Work In Progress) | | | | |
| S0 | Projenin ilk durumu veya WIP içersindeki dosyalar için | √ | √ | √ |
| SHARED | | | | |
| S1 | Koordinasyon için | √ | X | X |
| S2 | Bilgi için | X | √ | √ |
| S3 | Kurum içinde değerlendirme ve yorum için | İstenildiği gibi | √ | √ |
| S4 | İnşaat onayı için | X | X | √ |
| S6 | PIM (Proje Bilgi Modeli) nin kesin proje aşamasındaki (Brief-Concept-Definition aşamaları sonunda) alınacak ruhsat (izin-yetki) için | X | X | √ |
| S7 | AIM (Varlık Bilgi Modeli) nin devir tesliminde (tüm süreçlerin sonunda operasyonun başlangıcından önce projeye ait her türlü doküman) alınacak ruhsat (izin-yetki) için (Müteahhit tarafından kullanılır) | X | X | √ |
| WIP to PUBLISH (Projeler üzerinde üretilen ve herhangi bir kontrole ihtiyaç duymayan dokümanlar) | | | | |
| D1 | Fiyatlandırma için | √ | √ | √ |
| D2 | İhale için | X | √ | √ |
| D3 | Yüklenici tasarımı için | √ | √ | √ |
| D4 | Üretim / tedarik için | X | √ | √ |
| Published Documentation | | | | |
| A1, A2, A3... | Kabul edilen, onaylanan proje aşamasını verir. (A1A2... kontratsal aşamalarıdır; konsept, kesin, uygulama aşamaları gibi) | √ | √ | √ |
| B1, B2, B3... | İşveren tarafından minor yorumlar ile kısmi onaylanan uygulama projesi. Tüm yorumlar bir bulut içerisinde "askıda" ("in abeyance") açıklaması ile yayınlanmalı ve yorumlar düzenlendikten sonra açıklamalar kaldırılarak proje yeniden yayınlanmalı. (B1,B2... kontratsal aşamalarıdır; konsept, kesin, uygulama aşamaları gibi) | √ | √ | √ |
| C | İşveren tarafından reddedilen, Kabul edilmeyen, onaylanmayan doküman kodu | √ | √ | √ |
| AIM (Varlık Bilgi Modeli) Onayı için Yayınlanan Dokümanlar (Müteahhit tarafından kullanılır) | | | | |
| CR | (Construction Record) As-Built teslim dokümanları (PDF'ler, modeller vs) | √ | √ | √ |

Tablo 1. Klasör Kodları (NBS, 2019)

Ortak Veri Ortamında projenin bütün aşamaları tanımlanmaktadır. Bunlardan Tablo 1’de görülen ve ERP ile iletişimde bulunması gereken kısımlar büyük oranda PIM (Project Information Model) yani Proje Bilgi Modeli:

- Shared S6: statüsünde kesin proje aşamasında kullanılacak bilgi ile ilgili
- Shared S7: statüsündeki AIM (Asset Information Model) yani Varlık Bilgi Modelinin içerdiği projeye dair operasyondan önceki aşama olan ve proje ile ilgili her türlü doküman
- WIP to Publish: aşamasında fiyatlandırma, ihale, alt yüklenici tasarımı ve üretim/tedarik aşamalarında barındırdığı veri ile sağlanmalıdır.

Bütün bu aşamalar Varlık Bilgi Modeline geçildiği durumda iyi bir altlığa sahip olunabilmesi için düzenlenmelidir. Bu noktada işverenin bu bilgiyi yönetebilecek yetkinliğe sahip olması gerekmektedir çünkü varlık sahibi tesisi yönetme aşamasına geçildiğinde bilgi eksikliği ile karşı karşıya geldiğinde başa dönmeyen maliyetleri fazla olmaktadır. Bu noktada bahsi geçen Varlık Bilgi Modeli 7. Başlıkta incelenecektir.

2.2.BIM ile Oluşturulan Nesnelerin İçerdiği Veri Yapıları

BIM modelinin barındırdığı bilgi; inşaat projesinin, tasarımdan kuruluş ve tesis yönetimine kadar olan yaşam döngüsünü, veri ve bilgilerin tanımlandığı ve üretildiği çoklu proje yönetimi süreçlerinde kullanılır. Bu bilgi, çoğu zaman sadece format için veya süreç için yeterli ayrıntı düzeyinde geliştirilir ve saklanır. Oluşturulmasından daha sonraki proje süreçlerini desteklemek için gerekli bilgilerin tekrar

kullanılabilir olmasına yardımcı olmaktadır.



Şekil 4. BIM Objesi Yapısı

BIM modeli, içeriğinde geometrik ve alfanumerik olmak üzere birçok yapıyı barındırmaktadır. Bu yapıların format çeşitleri BIM modelinin birçok farklı program tarafından katkı sağlanabilir ve kullanılabilir yapısını oluşturmaktadır. Bu dosya formatları: DXF, DWF, ODBC, CIS/2, DWG, LandXML, gbXML, SAT, DGN, IFC, XML, SHP, WMS, WFS, GML, LAS vb. yanında imaj formatları olarak MrSID, ECW, TIF, DEM, DTED, PNG, JPEG formatları da BIM modelinde bulunabilir. Bu dosyalama formatlarının dışında açık kaynak veri değişim ve paylaşımı ‘Uygulama Programlama Arayüzü’ – API (Application Programming Interface) ile program bazlı veya programlar arası değişim sağlanabilmektedir.

3.KURUMSAL KAYNAK PLANLAMA /ERP

Kurumsal Kaynak Planlama veya ERP (Enterprise Resource Planning), tüm sektörlerin (inşaat, telekomünikasyon, perakende, medya, sağlık, kamu vb.) tüm faaliyet birimlerini (proje yönetimi, finans, bakım, onarım, insan kaynakları vb.) kapsayan, şirketlerde süregelen bilgi akışının entegrasyonunu sağlayan yazılımlar olarak tanımlanmaktadır. Müşteri siparişlerini karşılamak için kurum ve işletme genelindeki gereken kaynakları almak, imal etmek, sevk etmek ve hesaplamak üzere belirleyen ve planlama odaklı bir bilişim sistemidir. (APICS, 2001)

3.1.ERP Modülleri

İşletmeye uygun modüllerin seçilmesi, doğru sistem sağlayıcısından modüllerin satın alınması ve etkin bir planlama yapılması uygulama kararı almış işletme için ilk hazırlık sürecini oluşturmaktadır (Holzer, vd., 2016). Bu modüllerin başlıcaları; İnsan Kaynakları, Finans&Muhasebe, Satın Alma, Proje Yönetimi, ISG (İş Sağlığı ve Güvenliği) Yönetimi, Depo Yönetimi, Taşeron Sözleşme ve Hakediş Yönetimi vb.

3.2.İnşaat Sektöründe Yaygın Olarak Kullanılan Kaynak Yönetim Modülleri

İnşaat sektörü, diğer sektörlerin de kullandığı birçok ERP modülünün yanında sektörün ihtiyaçlarına yönelik ortaya çıkmış farklı modülleri kullanmaktadır.

İnşaat sektöründe yoğun olarak kullanılan proje yönetimi, taşeron sözleşme ve hakediş yönetimi, satın alma ve süreç yönetimi ve insan kaynakları modülleridir. Bunların dışında sektörel olarak kullanılan birçok modül üretilmektedir. Bu modüller genellikle noktasal ihtiyaçlara yönelik olmakla birlikte bunlara örnek olarak teklif modülü, keşif modülü, hakediş modülü vb. örnek verilebilir

3.2.ERP Kullanımında İnşaat Sektörünün Farklılıkları

İnşaat şirketleri, kapsadıkları ve hizmet verdikleri alan nedeni ile detaylı yapıya sahip olması gereken ve proje detaylarının fazla işgücü kullanılmadan özet bilgi girişi ile takip edilmek istendiği şirketlerdir. Örneğin, ERP'nin yoğun ve detaylı kullanıldığı üretim sektöründe sürekli çalışan ve dış etkenlerin daha az olduğu veya daha kolay yönetildiği bir ortam bulunmaktadır. Seri üretim bantlarında ürün değişikliği olmadığı durumlarda sonucun değişmesi ve sistemin sektöre uğraması daha zordur. Bu gibi sektörlerde kaynak kullanımına yönelik lokasyon seçimi optimumdur ve tehditler büyük oranda ortadan kaldırılmıştır.

Diğer sektörlerden farklı olarak inşaat sektöründe veriler, lokasyonlar, girdiler ve dokümanlar; içerik olarak birçok farklılık göstermektedir. Bununla birlikte nicelik olarak da diğer sektörlerden fazladır ve yürütülen/tamamlanan her yeni proje ile katlanarak büyümektedir. Bu sebeple sistem, sürekli genişlemeye yetkin olmalıdır. Dokümanlar arasında önemli bir yer tutan çizimler, BIM yöntemiyle modellenmeye başlanmıştır ve son dönemde 3 boyutlu modele; 4. boyut olarak planlama, 5. Boyut olarak maliyet ilave edilerek tüm yapım sürecinin model üzerinden takip edilebilir olması sağlanmaktadır. ERP kullanımını için bu açıdan sistemler incelenip, son kullanıcıya yazılım kadar donanım desteği konusu da önem taşımaktadır. Donanım yetersizliği sebebi ile olan başarısızlık da yazılımla birlikte anılacaktır.

3.3.ERP Modüllerinin BIM ile İlişkilerinin Tespit Edilmesi

İnşaat firmalarının ana faaliyetleri olan tasarım, satın alma, uygulama, kalite kontrol, mali işler ve bu grupların senkronizasyonunu sağlayan planlama grupları arasında ve bu gruplarla birlikte çalışan diğer şirketler –işveren, altyükleniciler, malzeme temin edilen firmalar vb.- arasındaki yoğun evrak alışverişi bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Dokümantasyonun kayıt altına alınması, takip edilebilir ve geriye dönük kolaylıkla ulaşılabilir olması gerekmektedir. (Rapor, 2015)

BIM Modelinin sağladığı veri, ERP modülasyonuna projenin farklı aşamalarında entegre olması beklenir.

BIM modelinin teklif ve projelendirme seviyesindeki durumu ERP'nin ilgili proje yönetim modülleri (planlama, iş geliştirme-ihale teklif vb.) ile entegre çalışması beklenirken; yapım aşamasına gelindiğinde daha yoğun olarak satın alma, kalite kontrol ve şantiye uygulama takip raporlama gibi modüllere veri sağlaması beklenmektedir.

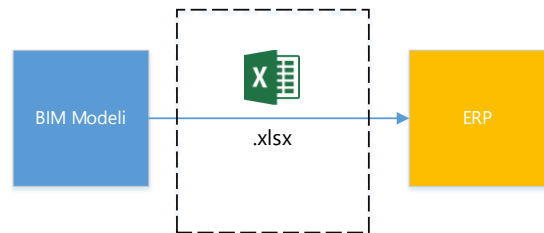
3.4.Türkiye İnşaat Sektöründe Erp Kullanımı

İnşaat şirketleri proje bazlı çalışması, birçok farklı lokasyonda (şehirde, bölgede, ülkede ve kıtada) projeler yönetmek durumunda olması; şirketin büyük oranda iş gücünün ve yükünün projelerde yer alması 'Proje Yönetimi' modülünün önemini artırmaktadır.

Türkiye'de kapsamı ve boyutu farklı birçok inşaat firmasının içinde bulunduğu durum, departmanlarının dağınık olarak yapılmasıdır. Süreçlerin bağımsız çalışması bununla birlikte bilginin kişiye bağımlı dağınık olarak bulunması ve istenildiği anda istenilen seviyede bilgiye ulaşılamaması sorun teşkil etmektedir. Bu durumların yanı sıra Türkiye'de inşaat sektöründe birim maliyelerin sağlanamaması ve bütçe kontrollerinin yapılamaması durumlarına karşı bazı özel yazılımlar veya Microsoft Excel çözümleri denenmiştir. Bu denemelerin sürdürülebilir olmaması düşünülen kurguyu başarılı kılmaya yeterli olamamıştır. ERP kullanımını şirket içerisinde yatay bir bilgi ağı kurarak bilginin yönetimini kişilere bağlı olmaktan kurtarıp kurumsal hale getirmesi sektörün birtakım ihtiyaçlarına çözüm olmakla birlikte proje yönetimi gibi önemli noktalarda etkili çözümler aranmaya devam edilmektedir.

4.BIM İLE ERP ENTEGRASYONU

BIM modeli oluşturulurken ihtiyaç duyulan veri, doğal bir süreç olarak özdevinimli olarak yapılır. Bu veri ERP'ye aktarıldıktan sonra uygulama süresince de özdevinimli olarak birçok şekilde kullanılmaktadır. İki sistem arası entegrasyon aşaması ise geleneksel yöntemlerle –BIM modelindeki verilerin Microsoft Excel, .txt dosyası olarak kaydedilmesi ve tabloların birer veri tabanı olarak kullanılması gerçekleştirilmektedir.

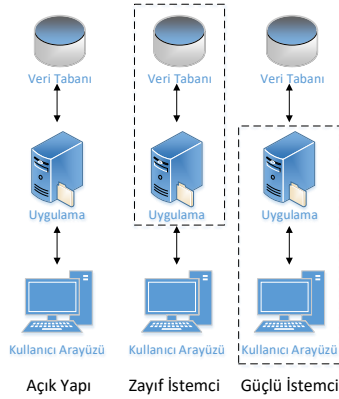


Şekil 5. Geleneksel Yöntemlerle BIM Verisinin ERP Ortamına Aktarımı

ERP'nin BIM modelinde bulunan bilgilerin ihtiyaca göre modül bazlı çakıştırarak sisteme veri girişinin yalın ve stabil olması sağlanmalıdır. Örneğin; BIM modelinde tasarım, yapım veya işletmeye yönelik birçok veri girişi yapılır. Bu işlemlerden birçoğu Şekil 4'te gösterilen grafik veriye karşılık gelmektedir. ERP'nin grafik veri ile çalışma şekli BIM'e göre farklıdır. Sistem mimarisine bakıldığında birçok benzerlik gösteren bu iki yapı içerisinde veriyi saklama, işleme alma ve kullanma işlemleri farklılıklar göstermektedir. ERP'nin yalın ve stabil çalışması, sisteminin gerektirdiği istemci türlerine göre daha büyük boyutlu ve tekil veri barındıran grafikten çok alfanumerik veri kullanılmaktadır. Gerektiği durumlarda veri tabanında bulunan bilgiyi de ilişkilendirmek ERP mimarisinin doğru kurgulanması açısından önemlidir. Şekil 5'da dikdörtgen ile işaretlenen aşamada yaşanan veri kayıpları sistemlerin etkin olarak iletişim kurmasına engel olmaktadır. Sistemin planlanması ve bunun uygulanması bu aşamada gerçekleştirilmelidir.

4.1. Sistem Mimarisi

ERP sistemleri, büyük ve karmaşık sistemler oldukları için genellikle 3 katmanlı bir mimariye göre düzenlenmiştir. Bunları monolitik uygulamalar olarak uygulamak; ciddi sürdürülebilirlik, ölçeklenebilirlik ve performans sorunları getirecektir. ERP mimarisini oluşturan üç katman; kullanıcı arayüzü katmanı, uygulama katmanı ve veri tabanı sunucusudur.

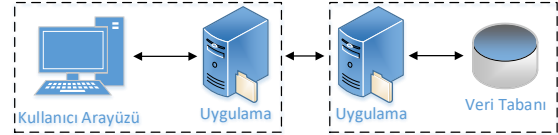


Şekil 6. ERP'nin 3 katmanlı sistem kullanım organizasyonu (Santos, 2009)

Bu, yalnızca çeşitli şekillerde fiziksel olarak uygulanabilen (kesikli kutular) mantıksal bir organizasyondur (Şekil 6). Bu sistem mimarisi ERP uygulaması için birçok avantaj sunar. Örneğin, veri tabanı katmanında farklı veri tabanı yönetim sistemlerinin (DBMS) kullanılmasını veya performans gerektiriyorsa, istemci talebini desteklemek için tüm veri tabanı sunucu kümesini kullanmayı sağlar. Arayüz katmanı, her kullanıcı

türü için ihtiyaçları ve uzmanlık düzeyi için özelleştirilmiş farklı bir kullanıcı arayüzünü destekleyebilir.

Mevcut standart BIM etkin tasarım yazılımı genellikle bağımsız bir birim olarak uygulanır. Bilgi alışverişi dosya tabanlıdır. Ancak, bu yekpare mimarinin yakın gelecekte kullanıcılarına hizmet etmeye devam edemeyeceği açıktır. BIM modellerinde temsil edilen ayrıntı düzeyi iyileştirildikçe, dosya boyutları pratik sınırların ötesine geçme eğilimindedir.



Şekil 7. Model Sunucusu tabanlı BIM ortamı sistem mimarisi (Santos, 2009)

Model sunucuları, yapı elemanı düzeyinde çalışan ve bir yapı modelinde veri tabanı benzeri işlemleri (sorgu, aktarma, güncelleme vb.) destekleyen nesne tabanlı DBMS'dir.(Veri Tabanı Yönetim Sistemi) IFC için Eurostep Model Sunucusu (EMS) buna bir örnektir.

4.2.BIM ve ERP'nin UML ile Entegrasyonu

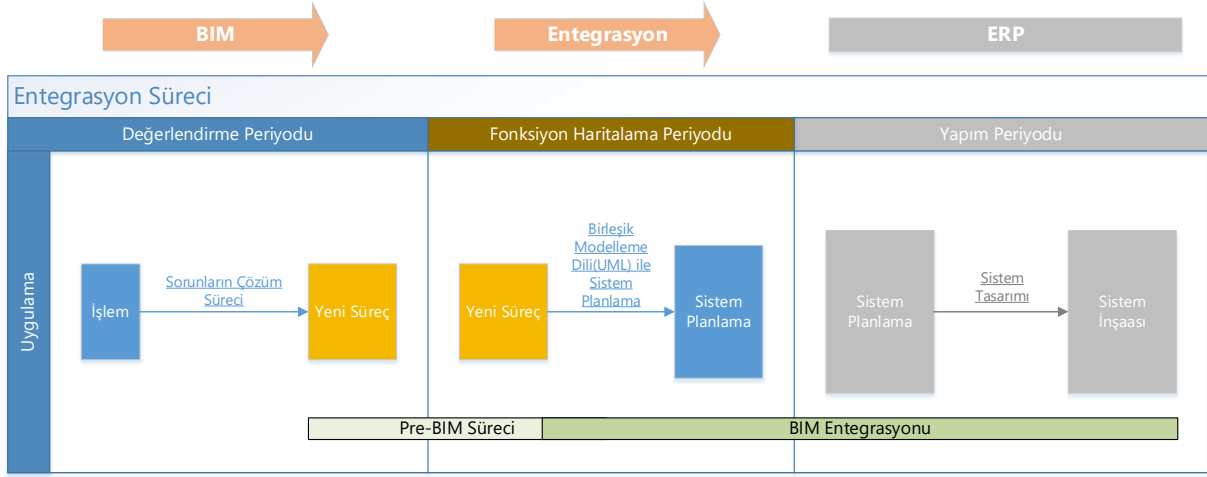
UML (Unified Model Language) diğer adıyla Birleşik Modelleme Dili, iş sistemlerinin modellenmesi amacıyla ortaya çıkmış bir dildir. Bir süreci veya herhangi bir işi grafikler ile açıklamak için kullanılmaktadır. İnşaat işletmesi, kaynak planlamasının uygulanması için BIM ve ERP sistemi arasında bir dönüşüm yönteminin nasıl oluşturulacağına odaklanmaktadır. İnşaat yönetiminin verimliliğini artırmak için, UML aracını kullanarak BIM ve ERP için dönüştürülebilirliği geliştirmek için Şekil 8'da bir metodoloji sunulmuştur. (Chen ve Tserng, 2017)

ERP kavramıyla ilgili:

1. İşletmenin hedefleri belirlenmesi
2. Kurumsal ihtiyaçlar açıklanması ve analiz edilmesi
3. Ana iş süreçlerinin değerlendirilmesi
4. Hâlihazırdaki iş süreçlerinin analizi
5. Daha iyi iş süreçlerinin tasarlanması

ERP uygulamasına ilişkin:

1. İş süreçlerinin ERP modülleriyle eşleştirilmesi
2. Sistem uygulama planının geliştirilmesi
3. Sistem planlamasının yapılması



Şekil 8. Kapsam Diyagramı (Chen ve Tserng, 2017)

| Problem | Problem Tanımı | Problem Açıklaması | | Çözüm |
|----------------|--|--------------------------|---|--|
| Bilgi Aktarımı | İnşaat işletmelerinde ERP uygulamasıyla bilgi gelişimi ve aktarımı | ERP konseptine ilişkin | İşletmenin çatışma sorunlarının onayı İşletmenin ihtiyaçlarının analizi ve tanımı Ana iş süreçlerinin değerlendirilmesi | İş süreçlerindeki çatışmaların bulunup BIM iş süreçleri ile sistem planlamaya entegrasyonu |
| | | ERP uygulamasına ilişkin | Sistem uygulama planlamasının geliştirilmesi Sistem planlamasına başlanması | |

Şekil 9. Problem Tanımı, Açıklaması ve Çözüm Önerisi (Chen ve Tserng, 2017)

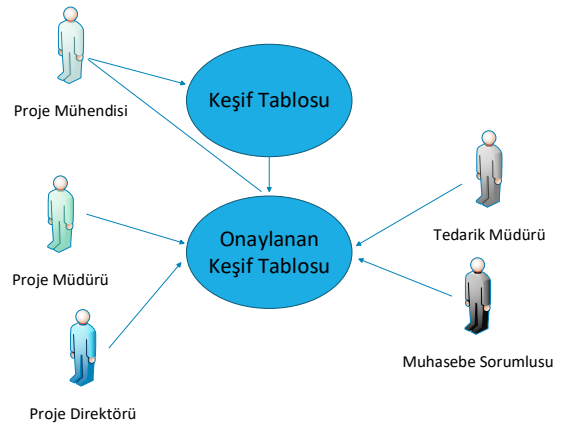
ERP kavramı ve ERP uygulamasıyla ilgili Şekil 9'da görüldüğü gibi çatışmaların tanımlanması ve tespit aşaması, süreçler ve sistem planlama uygulaması ve sistemin planlanması süreçleri BIM süreçleriyle birleştirilmelidir. İşletmenin BIM modelindeki bilgileri, sistem planlamasına entegrasyonu proje bazlı çalışan inşaat işletmelerinin daha esnek davranmasında etkili olacaktır.

4.3.Sistem Planlama

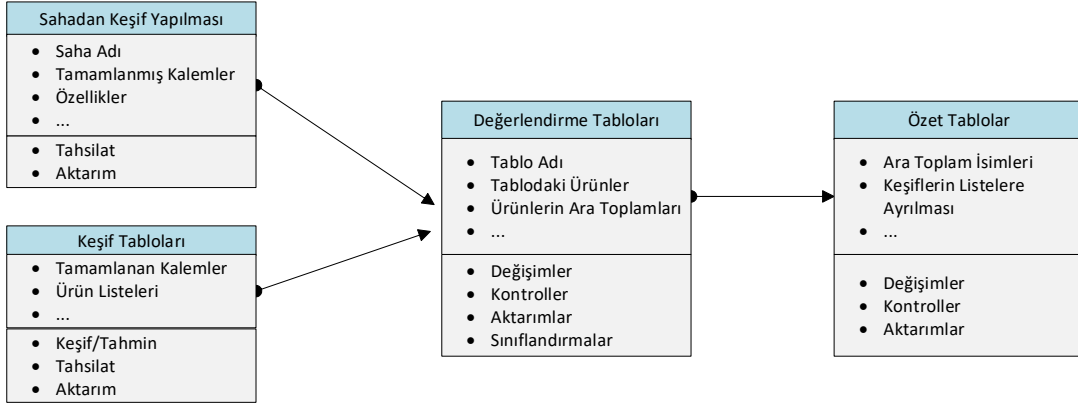
Statik ve dinamik sistem planlamasının UML modelleri hakkındaki doğruluğu, bileşenleri (Tablo 2, Şekil 10) ve kurumsal iş süreçlerinin sistem planlamasına dönüştürülmesi tamamlandıktan sonra sonuç alınabilmektedir. BIM ve ERP sisteminin entegrasyon uygulaması çok aşamalı bir süreç gerektirmektedir. Sistem planlamasında kullanım senaryosu, veri akışları, nesne ve sınıf planlaması bulunmaktadır. (Şekil 11)

| Sistem Planlama Bileşenleri | |
|-----------------------------|---|
| Aktör | Departman/Personel |
| Kullanım Gereklilikleri | Süreç Adı, organizasyon, birim veya bilgi kaynağı |
| Sınıf Adı | Departman Adı, Personel veya birim |
| Öznitelik | Öznitelik(Örn; Malzeme adı, Hesap tablosu adı vs.) |
| İşleme | Özellik(Örn; Hareket doğrulaması, Hareket hesabı vs.) |
| Bildiri | Enformasyon(Proje bölümlerinin malzeme keşifleri vs.) |

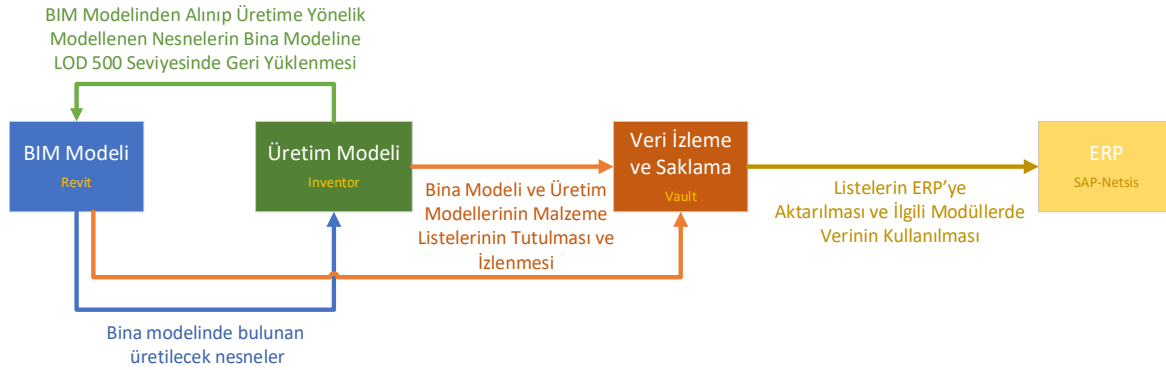
Tablo 2. Paydaş Kategori Tablosu



Şekil 10. Kullanım senaryosu diyagramı



Şekil 11. Veri tabanı kullanım diyagramı (Chen ve Tserng, 2017)



Şekil 12. Akıllı Dijital Nesnenin Kurgu İçerisindeki Akış Modeli

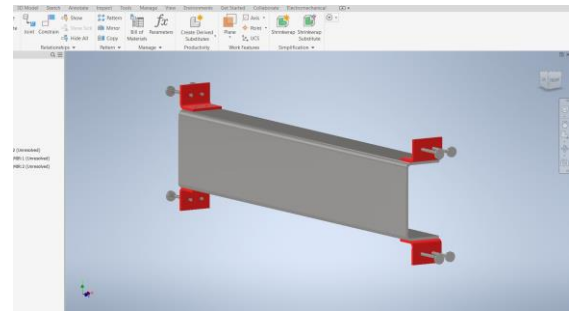
5. ERP VE BIM İLİŞKİLERİ

BIM süreci, BIM uygulama planıyla (BEP) çizilen çerçevede ilerlemektedir. Bu süreç esnasında BIM uygulama planında eksik kalan taraflar tespit edildikçe yeni versiyonlar yayınlanıp güncelleştirmeler yapılır. BEP içerisindeki bilgilerin ve uyulması gereken kuralların ERP'yi ilgilendiren kısımları da bulunmaktadır. ERP sisteminde oluşturulan reçeteler ve iş emirleri, BIM uygulama planı temel alınarak oluşturulan kodlama sistemi ve BIM modelindeki akıllı nesnelere elde edilen verilerden faydalanılarak oluşturulmaktadır.

5.1. Tasarım, Modelleme ve Veri Akışı: Benzersiz Bina Elemanlarının Yönetimi

Üretime yönelik tasarlanan ve modellenen elemanların BIM sürecine dâhil edilmesi, veri yönetimi için oldukça önemlidir. Binanın LOD 350-400 seviyelerindeki dijital ikizi için üretilmek üzere modellenen ve shop-drawing aşamalarından geçmiş akıllı nesnelere kullanılmaktadır. Bu nesnelere için kullanılacak parametreler bu model kullanılarak aktarılmaktadır. Bu bağlamda incelenecek ürün Şekil 13'te gösterilen 'C yapısal ikincil çelik, cephe kirişi' elemanıdır. Veri akışı, kiriş elemanının

barındırdığı parametreler ve BIM Uygulama Planı ile ERP entegrasyonu açıklanacaktır.

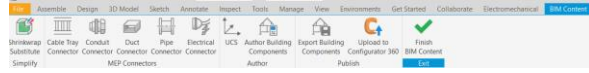


Şekil 13. Üretime Yönelik Autodesk Inventor'da Modellenen C Kirişi







| Parameter Name | Consumed by | Unit/Type | Equation | Nominal Value | Tol. | Model Value | Key | Comment |
|-------------------------|-------------|-----------|------------------|---------------|------|-------------|-----|---------|
| AAA_C_Plate_Panels_H... | Sheet1 | mm | 500 mm | 500.000000 | | 500.000000 | | |
| AAA_C_Plate_Side_Vis... | Sheet2 | mm | 200 mm | 200.000000 | | 200.000000 | | |
| AAA_C_Plate_Width_Stat | Sheet3 | mm | 15 mm | 15.000000 | | 15.000000 | | |
| AAA_C_Plate_Length | Sheet4 | mm | 80 mm | 80.000000 | | 80.000000 | | |
| AAA_IB | Sheet5 | mm | 18.426 mm | 18.426142 | | 18.426142 | | |
| AAA_IB | Sheet6 | mm | 18.426 mm | 18.426142 | | 18.426142 | | |
| AAA_IB | Sheet7 | mm | 18.426 mm | 18.426142 | | 18.426142 | | |
| AAA_IB | Sheet8 | mm | 18.426 mm | 18.426142 | | 18.426142 | | |
| AAA_IB | Sheet9 | mm | 18.426 mm | 18.426142 | | 18.426142 | | |
| AAA_C_Plate_Mat | | Text | Stainless Steel | | | | | |
| AAA_C_Plate_Mat | | Text | Galvanized Steel | | | | | |
| AAA_Side_Mat | | Text | Stainless Steel | | | | | |
| AAA_Top_Weight | | Text | 45.916 kg | | | | | |
| AAA_Manufacturer | | Text | Isot HCB | | | | | |
| AAA_Anchor_Type | | Text | Welding | | | | | |

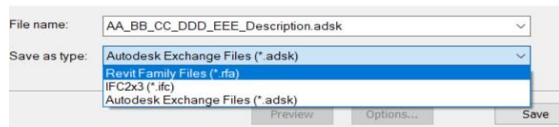
Şekil 14. Autodesk Inventor'da Kiriş Elemanına Girilen Parametreler

Şekil 14'da görülen akıllı dijital eleman, içeriğinde modelleme koşulları gereği bazı parametreler içermektedir. Bu çalışmada geometrik veri ile birlikte alfanumerik verinin akış diyagramını Şekil 12'teki biçimde uygulanmıştır. Burada görülen örnekte üretilmek üzere modellenen elemanda; uzunluk, ağırlık ve malzeme türü parametreleri gibi parametreleri BIM modelinde kullanılmak için:

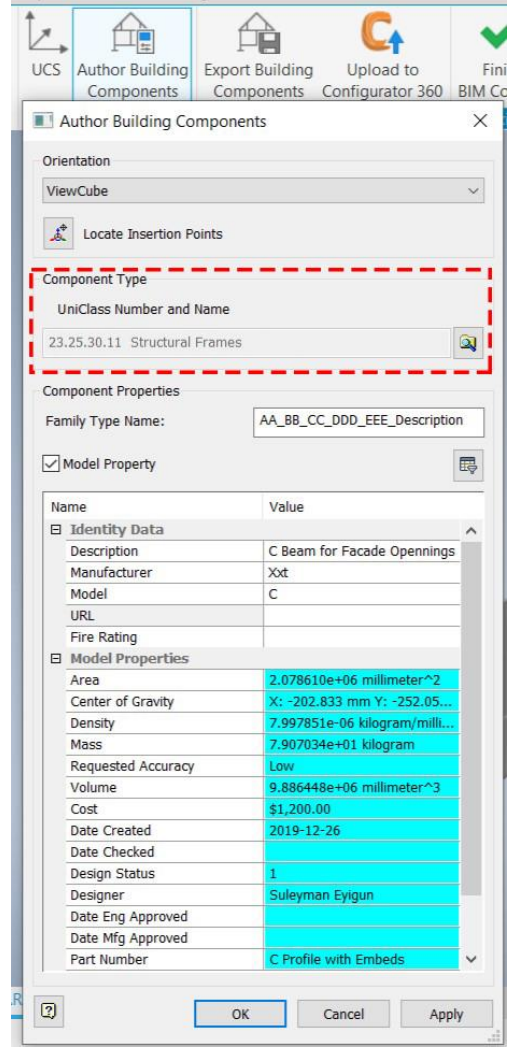


Şekil 15. Autodesk Inventor BIM Content Başlığı Altındaki Araçlar

- Elemanın modeli tamamlandıktan sonra Environments başlığı  seçilir.
- Environments başlığı altında bulunan 'BIM Content'  alt başlığı (Şekil 15) ile BIM ortamına alınacak elemanın ön hazırlığı yapılır. 'Shrinkwrap Substitute'  aracı ile modelin istenmeyen seviyedeki geometrik detay seviyesi düşürülür. Bu sayede BIM modelinin dosya boyutu istenen seviyelerde kalması sağlanır.
- 'Author Building Components' komutuyla  bina modeline aktarılmadan aktarılacak verileri barındıran parametreler görülmektedir. Bu alanda görülmekte olan parametreler değer içeren parametreler olup gerekli görülen diğer parametreler 'Model Property Filter'  aracı ile eklenebilmektedir. Şekil 17'de görülmekte olan Author Building Components penceresinde bileşenin eleman tipi (Component Type) OmniClass standardında numaralandırma sistemine uygun olarak seçilir.
- Bütün işlemler sonunda 'Export Building Components' aracıyla  BIM modeli export sayfasına ulaşılır. Bu alanda IFC2x3(.ifc), Revit Family Files(.rfa) ve Autodesk Exchange Files(.adsk) formatlarında aktarım sağlanabilmektedir. (Şekil 1)



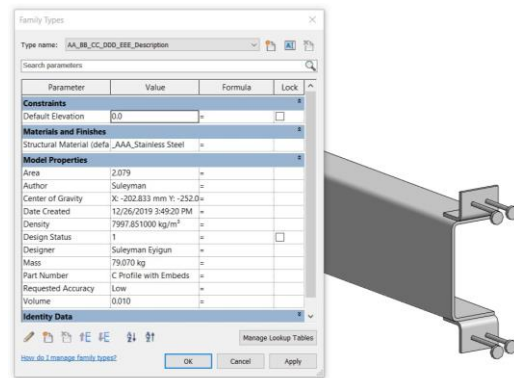
Şekil 16. Inventor Modelinin Dışa Aktarım Dosya Türleri



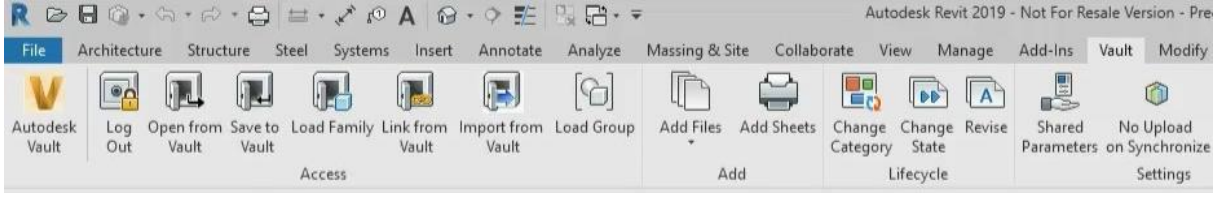
Şekil 17. Autodesk Inventor 'Author Building Components' Diyalog Ekranı

5.2. Üretim Modelinin BIM Süreci

IFC uzantılı dosya, BIM modeline aktarılabilir şekilde düzenlenip modele eklendiğinde Şekil 18'de görülen diyalog ekranında aktarılan numerik/alfanumerik veriler görülmektedir.



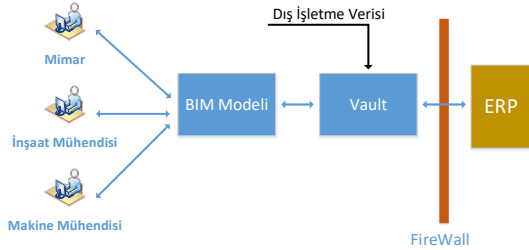
Şekil 18. Autodesk Revit Family Types Parametre Diyalog Ekranı



Şekil 19. Autodesk Revit ile Vault Bağlantısı

Inventor modelinin barındırdığı veri tekil olarak elemanın kendi özelliklerini aktarmada kullanılmasında herhangi kayıp yaşanmamıştır. Elemanın BIM modeline entegrasyonu durumunda; Project Parameters, Shared Parameters gibi eklenmesi gereken dış parametreler de bulunmaktadır. BIM modeline aktarılan eleman yapı ile ilişki kurma durumunda onun gerektirdiği bilgileri içermesi istenmektedir. Lokasyon için koordinat bilgisi (Shared Coordinates), kat bilgisi(Level) blok bilgisi(zone) sistem bilgisi(steel structure system) gibi dış parametreleri girilerek tekil olarak modellenen akıllı nesne bir BIM nesnesine dönüşmüş olur. Üretimden başlayan ve bina modeline eklenmesiyle devam eden akıllı nesne, sürecin devamında da kullanılmak üzere BEP çerçevesinde dönüşümüne devam edecektir.

Şekil 19’da görülen Vault, şirket dışı ve içi üretime yönelik daha iyi bir alt haberleşmeyi ve dış tasarım iş birliğini desteklemek için, mühendislik, tasarım verilerinin, imalat, tedarikçiler ve harici danışmanlarla eş zamanlama yapılması veri yönetimi ürün ailesi sayısal tasarım verilerini izlemeyi ve yönetilmesini sağlar. (Şekil 20)



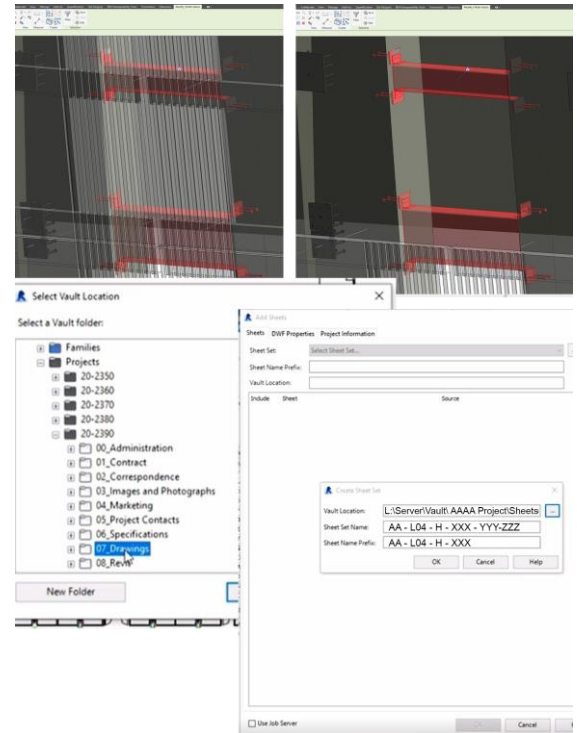
Şekil 20. BIM Modelinin Vault İle Çalışma İş Akışı

BIM Modelindeki bilgilerin kopyalanması ve verilerin tekrar kullanılabilir olması önem taşımaktadır. Dijital olarak üretilen bina modeli, BIM modeli ile doğrudan çalışmayan kurum içi birimler için bir engel teşkil etmektedir. Yoğun bir bilgi havuzu olan BIM Modelinde doğru veriyi doğru birim ile paylaşıp gerektiğinde şirket dışındaki proje ekipleriyle de iletişim halinde olunması gerekmektedir.

Yapı üzerinde çalışan departman sayısı artıp bununla birlikte kurum dışına aktarılan bilgiyi de takip edilmesi, tasarlanan ürün için revizyon olması durumunda aynı şeylerin tekrar edilmesi ve

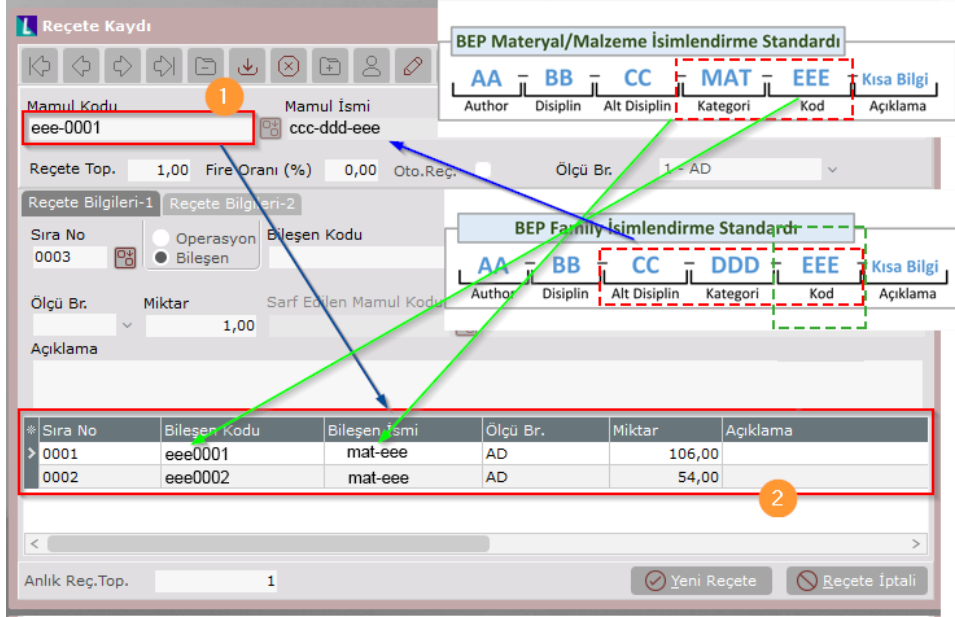
süreçlerin tekrar yaşanması işletmeler için iş kayıplarına sebep olmaktadır. Bu nedenle verinin güncelleştirilebilir olması, tekrar kullanılması için sürdürülebilir bir çift yönlü veri akışı oluşturulmalıdır.

Şekil 21’de görülmekte olan BIM modelinde, üretim için oluşturulan akıllı nesnenin yapı üzerinde konumlanışı görülmektedir. Cephede bulunan betonarme boşluğuna karşılık gelen perfore panellerin statik olarak yapıya bağlanması için bu noktalarda panelin bağlanacağı yüzeyi oluşturan ‘C Kiriş’ler tasarlanmıştır. Bu kirişler, yapının özgün yapısı sebebiyle daralan boşluğa uyum sağlayacak şekilde benzersiz olarak tasarlanmaktadır.



Şekil 21. BIM Modelinde Betonarme Cephe Boşluklarındaki Çelik Kirişlerin Vault Sistemine Entegrasyonu

BIM modeline aktarıldıktan sonra akıllı Revit Family dosyası halinde kullanılan nesne ve üretim için kullanılan Autodesk Inventor nesnesi Vault programı aracılığıyla yönetilmektedir. Vault, BIM modeli için oluşturulan Ortak Veri Ortamı (CDE) standardına uygun olarak yönetilmektedir.



Şekil 22. Öneri BEP Kodlamasının ERP Sisteminde Kullanımı

5.3 ERP Sistemine Veri Girişi

Bu aşamadan sonra Şekil 22'de görüldüğü gibi iş emrinin açılması ve reçete kayıtlarının yapılması için ERP programına veri girişi yapılmaktadır. Sahaya gidecek C kirişin üretime girmeden önce ürünün parça sayısı, bu sayıların tip çeşitleri, bu ürünlerdeki mamüllerin model parametrelerinden:

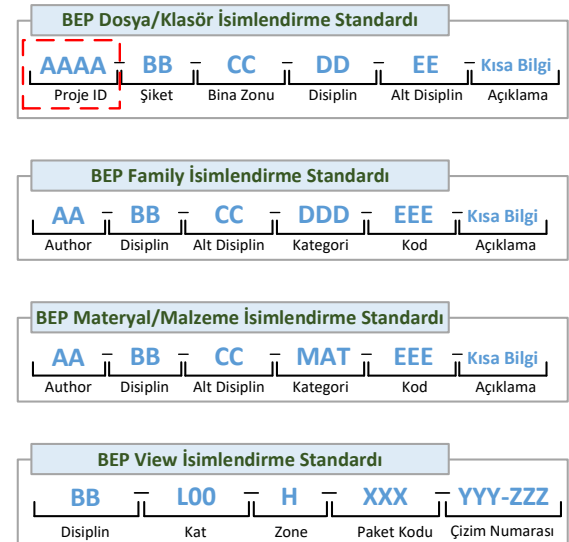
- Ağırlık
- Boyut bilgileri
- İçeriğindeki tip bileşenler
- Element ID vs. gibi bilgiler kullanılmaktadır.

Oluşturulan reçetelerde ürünün kodlaması BEP ile belirlenen standarda uygun olmalıdır. ERP'de istenen ve iş emrinin oluşturulması için gerekli bilgilerin %80 e yakın kısmı doğrudan BIM modelinde halihazırda bulunan parametrelerdir. Aynı parametrelerin farklı kodlama sistemleriyle yapılması işin saha ve üretim aşamasında karışıklıklara yol açmaktadır. Özellikle yukarıda örneklerle anlatılan benzersiz eleman tiplerinde sahada kullanılan BIM modeliyle aynı doğrultuda yapılmalıdır. (Ghosh et al., 2011)

BIM Uygulama Planı, BIM Modelinde yer alan nesnelere, materyal/malzemeler, dosyalar, klasörler, plan-kesit-görünüşlerin yanında; parametreler, metrajlar, kontrol listeleri, filtreler ve worksetlerin kodlamaları belirler. Bu kodlamaların tamamı BIM Modeli için oldukça önemliyken ERP için gerekli olmayabilir. Bu noktada ERP'nin gerek duyduğu bilgilerin belirlenmesi gereklidir.

Bu duruma örnek olarak ERP programları üretilecek veya satın alınacak ürün ile ilgili BIM modelinde

bulunan akıllı dijital nesnelere CSI ve UniClass kodlarının girilmiş olması gereklidir. Şekil 17'de işaretli alanda gösterilen UniClass kodu, tasarım veya üretim modelinin kaynak kodlarıyla sınıf tiplerini ERP sisteminde birbirlerine bağlanmasına ve ERP programı içerisinde ilişkiler kurulmasına yardımcı olmaktadır.



Şekil 23. BIM Uygulama Planı Kodlama Standardı

Şekil 23'de gösterilen BIM Uygulama Planı kodlama sistemi ERP programında ilgili bölümlerde kullanımı Şekil 22'de gösterilmiştir.

5.4. İmalat Organizasyonlarında Sistematüğün Kullanımı

İmalat organizasyonları; ticari işlemlerle bağlantısı, iş akışlarıyla birlikte incelenebilmesi için Şekil 24'de görülen örnek bir yönetim merkezinin güvenli

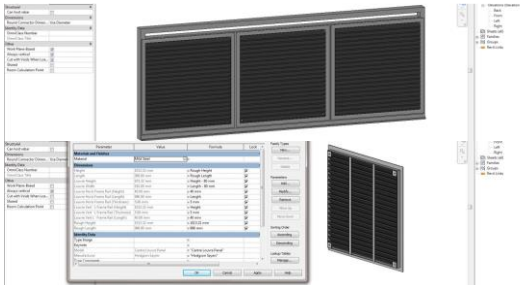
kapıları, panjur tasarımı ve restorasyonu ele alınmıştır.



Şekil 24. Yenileme Yapılacak Olan Merkez (Ma, vd., 2016)

5.4.1. İmalat-BIM İş Akışı Uygulama Süreci

Çizilen eskizlerle birlikte tasarımcılar Autodesk Revit'i kullanarak panjurlar için ayrıntılı bir tasarım gerçekleştirmiştir (Şekil 25). Bu nesne tabanlı model, daha sonra tartışılacak olan tasarımı daha iyi görebilmek için ve imalat, kurulum gibi aşamalarda dezavantajları görebilmek için uygulanmıştır. Panjur modeli yerinde model olarak birleştirilmiş ve bir çakışma testi yapılmıştır.



Şekil 25. Panjur Sisteminin Tasarım Modeli (Ma, vd., 2016)

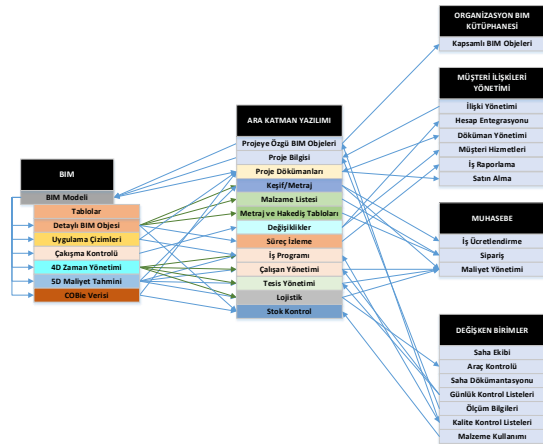
Tasarım hataları tespit edilip çözüldükten sonra BIM'den (model) kurulum yöntemlerini içeren 2D imalat çizimleri üretildikten sonra teklifler için tedarikçilere gönderilmiştir.

| Uygulama Adı | Kapsam |
|----------------------|--|
| CRM Uygulamaları | Şirketin mevcut ve gelecekteki müşterileri ve dış tedarikçilerle etkileşimini yönetir. |
| Muhasebe Yazılımları | Microsoft Excel'den dinamik olarak bağlanarak finansal raporları otomatikleştirir ve zamanlar. |
| Saha Uygulamaları | Elektronik site belgelerini aktarmak için zamandan ve evrak azaltmak için kullanımı. |
| BIM Uygulamaları | Revit, AutoCAD ve Navisworks |
| Diğer | Google Earth, Microsoft Office. |

Tablo 3. Organizasyon İçindeki Geçerli Sistemler (Ma, vd., 2016)

BIM'in belirli organizasyonel işlevler (satış, finans, satın alma, vb.) için bir dizi mevcut süreç ve teknolojinin (Tablo 3) uygulanmasının ardından, parçalanma ve çoğalmaya yol açabilecek bilgi siloları oluşturma riski vardır. Aynı zamanda, çeşitli iş işlevlerini desteklemek ve etkin bir operasyon ve proje yönetimi sağlamak için BIM iş akışının dijital bilgisinden yararlanma fırsatı vardır. Böyle bir entegrasyonu elde etmek için, Tablo 2'de yer alan önceden var olan sistemlere ek olarak yeni bir sistem gerekmektedir. Yeni sistem, her bir uygulama çifti arasında gömülü arayüzler ve dönüşüm yoluyla entegrasyonun sağlandığı bir yaklaşımdan kaçınmak için gerekmektedir. Gömülü arayüzlere sahip çözümler, veri formatlarındaki değişiklikler ve kaynak ve hedef uygulamaların karmaşıklığı nedeniyle zaman içinde sürdürülmesi zordur.

Şekil 26'da, BIM de dahil olmak üzere mevcut tüm sistemler arasında -burada "ara katman yazılımı" olarak adlandırılan- yeni uygulamanın konumunu göstermektedir. Farklı sistemleri entegre etmenin yanı sıra, "ara katman yazılımı" her bilgi ve veri ögesi için tek ve güncel bir kaynağa erişim sağlamada önemli role sahiptir. PAS 1192-2013'ten (BSI, 2013) bilgi paylaşımının temel ilkeleri bu hedefi destekleyecek şekilde uyarlanmıştır.



Şekil 26. Önerilen ERP Çözümü İçerisindeki Bağımlılıklar ve Veri Akışı. (Ma, vd., 2016)

Entegre çözümün genel mimarisi Şekil 7'de gösterilmektedir. Bağlı iş fonksiyonlarını ve bunlara karşılık gelen veri ve bilgi alışverişini gösterir. BIM'in böyle bir entegrasyondaki önemli rolü, bilgilerini tüketen veya BIM çıktılarının tamamlanmasıyla tetiklenen diğer iş işlevleriyle etkileşimlerin miktarından açıkça görülmektedir. Belirli bir BIM iş akışını ve diğer iş işlevleriyle etkileşimleri gösteren bir örnek Şekil 8'de verilmiştir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

BIM genel olarak bilginin yönetimi işidir. Üretilen modele ne kadar bilgi işlenir ise o kadar yönetilebilecek bilgi elde edilir. Diğer platformlara bu bilgileri aktarmak ve kullanmak aynı doğrultuda gerçekleşebilir.

BIM kullanımları ve diğer kurumsal sistemlerle entegrasyon hala doğru bir sistematığe sahip olmamakla birlikte, uyulması istenen ve birlikte ele alınan bir çalışma yolu da henüz tanımlanmamıştır. Net somut faydalar (yani malzeme, zaman ve maliyetteki israfların azaltılması; RFI'lerin azaltılması) BIM iş akışlarının uygulanmasının doğrudan bir sonucu olarak gösterilmiştir. Bu avantajlar, BIM iş akışları ve teknolojileri tarafından desteklenen üretici, yüklenici, dış tedarikçiler, sövreyörler ve saha operatörleri arasındaki erken katılım nedeniyle mümkün olmuştur. Tasarım risklerinin tespitini ve ortadan kaldırılmasını, doğru ürün ve malzemelerin tedarikini ve kurulum stratejileri ile yöntem ifadelerinin tanımlanmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada BIM'in diğer iş sistemleri ve işlevleriyle entegrasyonu için bir taslak yaklaşım önerilerek ele alındı.

İşletmelerin yapması gereken; öncelikle BIM Uygulama Planlarını binanın bütün süreçlerini kontrol edebilecek şekilde ortaya koymaktır. BIM süreçlerini doğru belirleyip süreçlerin ihtiyaçlarına yönelik modellerin oluşturulması ile ERP'nin ihtiyaç duyduğu yoğun bilgi ihtiyacına karşılık verilmiş olacaktır. BEP ile oluşturulan standardın ardından uluslararası CSI, UniClass, OmniClass, COBie gibi formatların ve kodlama standartlarının üretilen modele işlenmesi modelin; ERP'nin kullanabileceği hale getirilmesine yardımcı olacaktır. Satın alma, muhasebe vs. gib ilgili modüllerin modelden gelen verileri doğrudan kullanabilmesine olanak sağlayacaktır.

Bu çalışma, BIM gibi içinde yoğun veri barındıran yapının, kurumların ERP gibi diğer sistemlerine entegre edilerek kullanılması, analizler yapılması ve paylaşılması gerekliliğinden yola çıkmıştır. Entegrasyon açısından incelendiğinde iki farklı yapıyı belirli bir standarda ulaştırarak daha iyi iş akışlarının kurabilir hale getirilmesi önerilmektedir.

7. KAYNAKLAR

APICS. (2001) American Production and Inventory Control Society

BSI. (2018). *BSI 19650-1:2019, Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works , including building information modelling (BIM) - Information management using*

building information modelling, Part 1: Concepts and principles. 1–46.

Chen, Y. R., & Tserng, H. P. (2017). An integrated methodology for construction BIM & ERP by using UML tool. *ISARC 2017 - Proceedings of the 34th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, Isarc*, 793–798.

Ghosh, S., Negahban, S., Kwak, Y. H., & Skibniewski, M. J. (2011). Impact of sustainability on integration and interoperability between BIM and ERP - A governance framework. *Proceedings of the 1st International Technology Management Conference*,

Holzer, D., Shuichi, B. I. M., Gurumoorthy, B., Bouras, A., International, I., & Holzer, D. (2016). *Fostering the Link from PLM to ERP via BIM, The AEC Industry in Transition.* 0–10.

Ma, K., Dawood, N., & Kassem, M. (2016). BIM for manufacturing: a case study demonstrating benefits and workflows and an approach for Enterprise Application Integration (EAI). *13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality*, Ocak.

NBS. (2019). *Common Data Environments | NBS.* <https://www.thenbs.com/knowledge/common-data-environments>

Ofluoğlu, S. (2014). *Yapı Bilgi Modelleme : Gereksinim ve Birlikte Çalışabilirlik. Mimarist, January 2014*, 5.

Rapor, E. R. P. K. (2015). *İnşaat Sektöründe ERP Kullanımı.*

Santos, E. T. (2009). BIM and ERP: Finding similarities on two distinct concepts. *5th CIB W102 Conference: Deconstructing Babel: Sharing Global Construction Knowledge*, Haziran 11.